

ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ

Първа научно-приложна конференция с международно участие
„СТОМАНОБЕТОННИ И ЗИДАНИ КОНСТРУКЦИИ – ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА“

22 – 23 октомври 2015

22 – 23 October 2015

First Scientific-Applied Conference with International Participation

“REINFORCED CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES – THEORY AND PRACTICE”

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY – SOFIA

48 ^{ТОМ}
vol.

2015

св. 12 – I
fasc.

НОМОГРАМИ ЗА ОРАЗМЕРЯВАНЕ НА СИМЕТРИЧНИ 2Т СТОМАНОБЕТОННИ СЕЧЕНИЯ, ПОДЛОЖЕНИ НА ДЕЙСТВИЕТО НА ОГЪВАЩ МОМЕНТ И ОСОВА СИЛА ПО ЕВРОКОД 2

В. Янчев¹, К. Русев²

Ключови думи: деформации, напрежения, номограми

Научна област: стоманобетон и стоманобетонни конструкции

РЕЗЮМЕ

В НПБСК е приета правоъгълна диаграма за разпределение на напреженията в натисковата зона на стоманобетонни сечения, подложени на огъващ момент и осова сила. Съгласно Еврокод 2 в статията е приета правоъгълна работна диаграма на бетона и работна диаграма на армировъчната стомана – билинейна с хоризонтален горен клон. При тези работни диаграми са изведени зависимости за определяне на носещата способност на симетрични 2Т-стоманобетонни сечения, подложени на действието на огъващ момент и осова сила по Еврокод 2 при симетрична армировка. На базата на тези зависимости са разработени номограми за оразмеряване на разглеждания тип сечения при различни фиксирани стойности на d_1/h , $B = b_f/b$ и $H = h_f/h$. Разгледан е конкретен пример, който нагледно показва работата с номограмите.

1. Въведение

Стоманобетонните елементи с 2Т-напречно сечение се срещат често в строителната практика.

¹ Владимир Янчев, доц. д-р инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: vladimir_yanchev@abv.bg

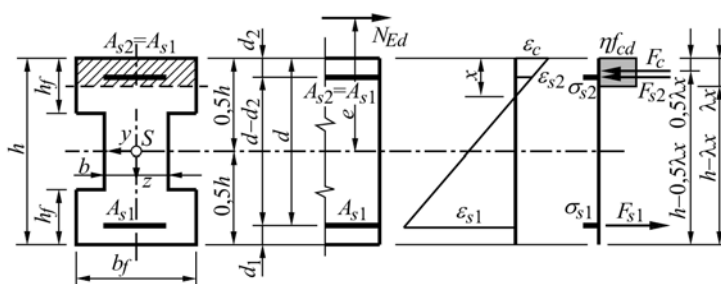
² Константин Русев, проф. д-р инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски” № 1, 1046 София, e-mail: irb_irb@abv.bg

Задачата за оразмеряване се състои в избиране на такава деформирана равнина на сечението, при която да бъдат изпълнени условията на равновесие – фиг. 1.

$$N_{Ed} = N_{Rd}, \quad (1a)$$

$$M_{Ed} = M_{Rd}, \quad (1b)$$

където N_{Ed} и M_{Ed} са изчислителните разрезни усилия от външни въздействия при различни комбинации на натоварване, а N_{Rd} и M_{Rd} са нормална сила и момент на носимоспособност, които съответстват на избраната деформирана равнина на сечението.



Фиг. 1. Симетрично 2Т-сечение

Приета е правоъгълната работна диаграма на бетона от [2] при $\varepsilon_{cu3} = -3,5\text{‰}$ – фиг. 2a, която може да бъде описана с изразите:

$$\sigma_c = 0 \quad \text{за} \quad 0 \leq |\varepsilon_c| < (1-\lambda)|\varepsilon_{cu3}|,$$

$$\sigma_c = \eta f_{cd} \quad \text{за} \quad (1-\lambda)|\varepsilon_{cu3}| \leq |\varepsilon_c| \leq |\varepsilon_{cu3}|, \quad \text{където} \quad (2)$$

$$\lambda = 0,8 \quad \text{за} \quad f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}, \quad (3a)$$

$$\lambda = 0,8 - (f_{ck} - 50)/400 \quad \text{за} \quad 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}, \quad (3b)$$

$$\eta = 1,0 \quad \text{за} \quad f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}, \quad (4a)$$

$$\eta = 1,0 - (f_{ck} - 50)/200 \quad \text{за} \quad 50 < f_{ck} \leq 90 \text{ MPa}. \quad (4b)$$

Работната диаграма на армировъчната стомана е приета билинейна с хоризонтален горен клон, без да се ограничава деформацията на стоманата – фиг. 2b.

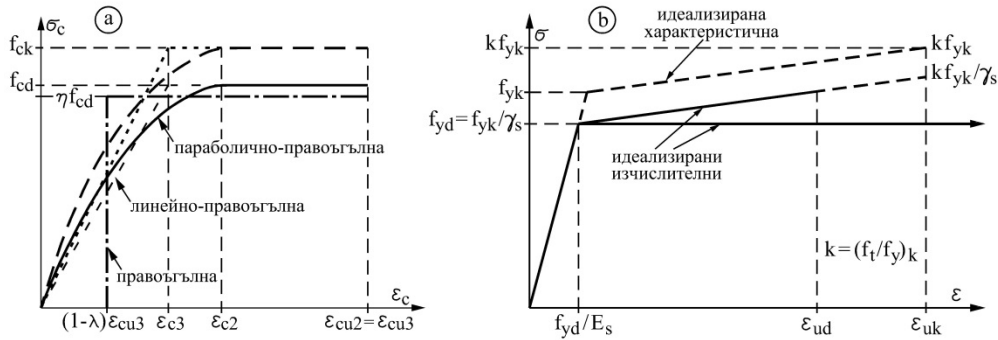
Разгледан е случаят на симетрично 2Т-сечение, като са въведени величините:

$$m_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_f h^2 \eta f_{cd}}; n_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{b_f h \eta f_{cd}}; \omega_{tot} = \frac{A_{s,tot} f_{yd}}{b_f h \eta f_{cd}}; B = \frac{b_f}{b}; H = \frac{h_f}{h},$$

M_{Ed} – изчислителна стойност на огъващия момент в разглежданото сечение;

N_{Ed} – изчислителна стойност на нормалната сила (опън или натиск) в разглежданото сечение;

f_{cd} – изчислителна стойност на цилиндричната якост на натиск на бетона;
 b, b_f, h_f – геометрични размери на 2Т-сечението;
 $A_{s,tot}$ – площ на напречното сечение на цялата армировка, като е възприето кон-
 струиране със симетрична армировка, т.е. $A_{s1} = A_{s2} = 0,5 A_{s,tot}$.



Фиг. 2. Работни диаграми на бетона и стоманата

2. Гранични прави на деформациите и основни зависимости

За всяка от разгледаните по-долу гранични прави при дадена стойност на ω_{tot} и фиксирани стойности на $d_1/h = d_2/h$, $B = b_f/b$, $H = h_f/h$ могат да се намерят съответните стойности на m_{Ed} и n_{Ed} .

– права А' – минава през т. В и е с параметри:

$$\xi_{A'} = 0; \quad \epsilon_{s1} = \epsilon_{s2} = \infty; \quad \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}; \quad m_{Ed} = 0; \quad n_{Ed} = \omega_{tot},$$

$\xi_{A'}$ – относителна височина на натисквата зона;

– права В' – минава през т. В и е с параметри: $\epsilon_c = \epsilon_{cu3} = -3,5\text{‰}$:

$$\xi_{B'} = \frac{|\epsilon_{cu3}|}{|\epsilon_{cu3}| + \epsilon_{yd}} \cdot \frac{d_1/h}{1 - d_1/h}; \quad \epsilon_{s1} = \left(|\epsilon_{cu3}| + \epsilon_{yd} \right) \frac{1 - d_1/h}{d_1/h} - |\epsilon_{cu3}| > \epsilon_{yd};$$

$$\epsilon_{s2} = \epsilon_{yd}; \quad \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}; \quad m_{Ed} = 0,5 \frac{\lambda |\epsilon_{cu3}|}{|\epsilon_{cu3}| + \epsilon_{yd}} \cdot \frac{d_1}{h} \left[1 - \frac{\lambda |\epsilon_{cu3}|}{|\epsilon_{cu3}| + \epsilon_{yd}} \cdot \frac{d_1}{h} \right];$$

$$n_{Ed} = \omega_{tot} - \frac{\lambda |\epsilon_{cu3}|}{|\epsilon_{cu3}| + \epsilon_{yd}} \cdot \frac{d_1}{h};$$

– права С' – минава през т. В и е с параметри: $\epsilon_c = \epsilon_{cu3} = -3,5\text{‰}$:

$$\xi_{C'} = \frac{d_1/h}{1-d_1/h}; \quad \varepsilon_{s1} = |\varepsilon_{cu3}| \frac{1-2d_1/h}{d_1/h} > \varepsilon_{yd}; \quad \varepsilon_{s2} = 0; \quad \sigma_{s1} = f_{yd}; \quad \sigma_{s2} = 0;$$

$$m_{Ed} = 0,5 \left(0,5 - \frac{d_1}{h} \right) \omega_{tot} + 0,5\lambda \frac{d_1}{h} \left[1 - \lambda \frac{d_1}{h} \right]; \quad n_{Ed} = 0,5\omega_{tot} - \lambda \frac{d_1}{h};$$

– **права FL2** – минава през т. В и е с параметри:

$$\varepsilon_c = \varepsilon_{cu3} = -3,5\text{‰}; \quad \xi_{FL2} = \frac{H}{\lambda(1-d_1/h)}; \quad \varepsilon_{s1} = |\varepsilon_{cu3}| \left(\frac{1-d_1/h}{H/\lambda} - 1 \right) > \varepsilon_{yd};$$

$$|\varepsilon_{s2}| = |\varepsilon_{cu3}| \left(1 - \lambda \frac{d_1/h}{H} \right); \quad \sigma_{s1} = f_{yd}; \quad \sigma_{s2} \leq f_{yd};$$

$$m_{Ed} = 0,5 \left[0,5 - \frac{d_1}{h} + \chi_5 \left(1 - \lambda \frac{d_1/h}{H} \right) \left(0,5 - \frac{d_1}{h} \right) \right] \omega_{tot} + 0,5H[1-H];$$

$$n_{Ed} = 0,5 \left[1 - \chi_5 \left(1 - \lambda \frac{d_1/h}{H} \right) \right] \omega_{tot} - H; \quad \chi_5 \left(1 - \lambda \frac{d_1/h}{H} \right) \leq 1; \quad \chi_5 = \frac{E_s |\varepsilon_{cu3}|}{f_{yd}};$$

– **права E** – минава през т. В и е с параметри: $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu3} = -3,5\text{‰}$:

$$\xi_E = \frac{|\varepsilon_{cu3}| / (|\varepsilon_{cu3}| - |\varepsilon_{yd}|)}{(d_1/h)^{-1} - 1}; \quad \varepsilon_{s1} = |\varepsilon_{cu3}| \frac{1 - \xi_E}{\xi_E} > \varepsilon_{yd};$$

$$|\varepsilon_{s2}| = |\varepsilon_{yd}|; \quad \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd};$$

$$m_{Ed} = 0,5(1-2d_1/h)\omega_{tot} + 0,5\lambda\xi_E(1-d_1/h)[1-\lambda\xi_E(1-d_1/h)]/B +$$

$$+ 0,5(1-1/B)\min[H; \lambda\xi_E(1-d_1/h)]\{1 - \min[H; \lambda\xi_E(1-d_1/h)]\};$$

$$n_{Ed} = -\lambda\xi_E(1-d_1/h)/B - (1-1/B)\min[H; \lambda\xi_E(1-d_1/h)].$$

– **права F** – минава през т. В и е с параметри: $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu3}$; $\xi_F = \frac{|\varepsilon_{cu3}|}{|\varepsilon_{cu3}| + \varepsilon_{yd}}$:

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{yd}; \quad |\varepsilon_{s2}| = |\varepsilon_{yd}| \frac{\xi_F - (d_1/h)/(1-d_1/h)}{1 - \xi_F} > |\varepsilon_{yd}|; \quad \sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd};$$

$$m_{Ed} = 0,5(1-2d_1/h)\omega_{tot} + 0,5\lambda\xi_F(1-d_1/h)[1-\lambda\xi_F(1-d_1/h)]/B +$$

$$+ 0,5(1-1/B)H(1-H);$$

$$n_{Ed} = -\lambda \xi_F (1 - d_1/h) / B - (1 - 1/B) H ;$$

– **права G** – правата минава през т. В и се характеризира от параметрите:

$$\varepsilon_c = \varepsilon_{cu3} = -3,5\text{‰} ; \quad \xi_G = 1 ; \quad \varepsilon_{s1} = 0 ; \quad |\varepsilon_{s2}| > |\varepsilon_{yd}| ; \quad \sigma_{s1} = 0 ; \quad \sigma_{s2} = f_{yd} ;$$

– при $H < 1 - \lambda(1 - d_1/h)$:

$$m_{Ed} = 0,5(0,5 - d_1/h)\omega_{tot} + 0,5\lambda(1 - d_1/h)[1 - \lambda(1 - d_1/h)]/B + \\ + 0,5(1 - 1/B)H(1 - H) ;$$

$$n_{Ed} = -0,5\omega_{tot} - \lambda(1 - d_1/h)/B - (1 - 1/B)H ;$$

– при $H \geq 1 - \lambda(1 - d_1/h)$:

$$m_{Ed} = 0,5(0,5 - d_1/h)\omega_{tot} + 0,5\lambda(1 - d_1/h)[1 - \lambda(1 - d_1/h)]/B + \\ + 0,5(1 - 1/B)H(1 - H) - 0,5(1 - 1/B)[\lambda(1 - d_1/h) - 1 + H][\lambda(1 - d_1/h) - H] ;$$

$$n_{Ed} = -0,5\omega_{tot} - \lambda(1 - d_1/h)/B - (1 - 1/B)H - (1 - 1/B)[\lambda(1 - d_1/h) - 1 + H] .$$

– **права H** – правата минава през т. В и се характеризира от параметрите:

$$\xi_H = 1/(1 - d_1/h) ; \quad |\varepsilon_{s1}| = |\varepsilon_{cu3}|d_1/h < |\varepsilon_{yd}| ; \quad |\varepsilon_{s2}| = |\varepsilon_{cu3}|(1 - d_1/h) > |\varepsilon_{yd}| ;$$

$$\varepsilon_c = \varepsilon_{cu3} = -3,5\text{‰} ; \quad \sigma_{s1} = E_s |\varepsilon_{cu3}|d_1/h < f_{yd} ; \quad \sigma_{s2} = f_{yd} ;$$

– при $H < 1 - \lambda$:

$$m_{Ed} = 0,5(0,5 - d_1/h)[1 - \chi_5 d_1/h]\omega_{tot} + 0,5\lambda(1 - \lambda)/B + 0,5(1 - 1/B)H(1 - H) ;$$

$$n_{Ed} = -0,5(1 + \chi_5 d_1/h)\omega_{tot} - \lambda/B - (1 - 1/B)H ;$$

– при $H \geq 1 - \lambda$:

$$m_{Ed} = 0,5(0,5 - d_1/h)[1 - \chi_5 d_1/h]\omega_{tot} + \\ + 0,5\lambda(1 - \lambda)/B + 0,5(1 - 1/B)H(1 - H) - 0,5(1 - 1/B)(\lambda - 1 + H)(\lambda - H) ;$$

$$n_{Ed} = -0,5(1 + \chi_5 d_1/h)\omega_{tot} - \lambda/B - (1 - 1/B)H - (1 - 1/B)(\lambda - 1 + H) ;$$

– **права FL1** – характеризира се от параметрите: $\xi_{FL1} = (1 - H)/[\lambda(1 - d_1/h)]$:

– при $H < 1 - \lambda$, т.е. правата минава през т. С и $\xi_{FL1} > \xi_H$:

$$m_{Ed} = 0,5(0,5 - d_1/h) \left[1 - \chi_4 \frac{1 - H - \lambda(1 - d_1/h)}{1 - H - 3\lambda/7} \right] \omega_{tot} + \frac{H(1 - H)}{2} ;$$

$$n_{Ed} = -0,5 \left(1 + \chi_4 \frac{1-H-\lambda(1-d_1/h)}{1-H-3\lambda/7} \right) \omega_{tot} - \frac{1-H}{B} - \frac{B-1}{B} H; \quad \chi_4 = \frac{E_s |\varepsilon_{c3}|}{f_{yd}};$$

– при $H \geq 1-\lambda$, т.е. правата минава през т. В и $\xi_{FL1} \leq \xi_H$:

$$m_{Ed} = 0,5(0,5-d_1/h) \left[1 - \chi_5 \frac{1-H-\lambda(1-d_1/h)}{1-H} \right] \omega_{tot} + \frac{H(1-H)}{2};$$

$$n_{Ed} = -0,5 \left(1 + \chi_5 \frac{1-H-\lambda(1-d_1/h)}{1-H} \right) \omega_{tot} - \frac{1-H}{B} - \frac{B-1}{B} H; \quad \chi_5 = \frac{E_s |\varepsilon_{cu3}|}{f_{yd}};$$

– **права I** – минава през т. С и се характеризира от следните параметри:

$$\xi_I = \frac{1}{\lambda(1-d_1/h)}; \quad |\varepsilon_{s1}| = \frac{7|\varepsilon_{c3}|[1-\lambda(1-d_1/h)]}{(7-3\lambda)} < |\varepsilon_{yd}|; \quad |\varepsilon_{c3}| = |-2,0|\%;$$

$$|\varepsilon_{s2}| = \frac{|\varepsilon_{c3}|[\xi_I - (d_2/h)/(1-d_1/h)]}{\xi_I - 3/[7(1-d_1/h)]} > |\varepsilon_{yd}|; \quad \sigma_{s1} = |\varepsilon_{s1}| E_s < f_{yd}; \quad \sigma_{s2} = f_{yd};$$

$$m_{Ed} = 0,5 \left(0,5 - \frac{d_1}{h} \right) \left[1 - \chi_4 \frac{1-\lambda(1-d_1/h)}{1-3\lambda/7} \right] \omega_{tot};$$

$$n_{Ed} = -0,5 \left(1 + \chi_4 \frac{1-\lambda(1-d_1/h)}{1-3\lambda/7} \right) \omega_{tot} - \frac{1}{B} [1 + 2H(B-1)]; \quad \chi_4 = \frac{E_s |\varepsilon_{c3}|}{f_{yd}} \leq 1$$

– **права J (Ст B500)** – минава през т. С и се характеризира от величините:

$$\xi_J = \frac{3|\varepsilon_{yd}|}{7(1-d_1/h)(|\varepsilon_{yd}| - |\varepsilon_{c3}|)} - \frac{|\varepsilon_{c3}| d_2/h}{(1-d_1/h)(|\varepsilon_{yd}| - |\varepsilon_{c3}|)}; \quad \varepsilon_{s2} = \varepsilon_{yd} = -2,174\%;$$

$$|\varepsilon_{s1}| = \frac{7(1-d_1/h-d_2/h)|\varepsilon_{c3}| - (4-7d_1/h)|\varepsilon_{yd}|}{3-7d_2/h} < |\varepsilon_{yd}|; \quad \sigma_{s2} = f_{yd};$$

$$\sigma_{s1} < f_{yd}; \quad m_{Ed} = 0,5(0,5-d_1/h) \left[1 - \frac{7(1-2d_1/h)\chi_4 - (4-7d_1/h)}{3-7d_1/h} \right] \omega_{tot};$$

$$n_{Ed} = -0,5 \left(1 + \frac{7(1-2d_1/h)\chi_4 - (4-7d_1/h)}{3-7d_1/h} \right) \omega_{tot} - \frac{1}{B} [1 + 2H(B-1)];$$

– **права К** – минава през т. С и се характеризира от следните параметри:

$$\xi_K = \infty; \quad \varepsilon_{s1} = \varepsilon_{c3} = -2\text{‰}; \quad \varepsilon_{s2} = \varepsilon_{c3} = -2\text{‰}; \quad |\varepsilon_c| = |\varepsilon_{c3}| < |\varepsilon_{cu3}| = |-3,5|\text{‰};$$

$$\sigma_{s1} \leq f_{yd}; \quad \sigma_{s2} \leq f_{yd}; \quad m_{Ed} = 0; \quad n_{Ed} = -\chi_4 \omega_{tot} - [1 + 2H(B-1)]/B.$$

3. Номограми и пример

Като се използват зависимостите, дадени по-горе, за фиксирани стойности на d_1/h , $B = b_f/b$ и $H = h_f/h$ се получават поредица от фамилии от криви за различни стойности на ω_{tot} . На базата на фамилиите от криви са съставени номограми за оразмеряване на нецентричен натиск и нецентричен опън на разглеждания тип сечения за различни стойности на отношението d_1/h , $B = b_f/b$ и $H = h_f/h$, които важат за стомана B500 и бетон клас от C12/15 до C50/60 включително. Номограми от разглеждания вид са показани на фиг. 3, фиг. 4 и фиг. 5.

Пример. Да се оразмери симетрично 2Т-сечение от колона с параметри $\frac{d_1}{h} = \frac{50\text{mm}}{1000\text{mm}} = 0,05$, $\frac{b_f}{b} = \frac{450\text{mm}}{300\text{mm}} = 1,5$, $\frac{h_f}{h} = \frac{200\text{mm}}{1000\text{mm}} = 0,2$ при огъващ момент $M_{Ed} = 550\text{ kNm}$, натискова нормална сила $N_{Ed} = -4000\text{ kN}$. Използва се бетон клас C20/25 ($f_{cd} = 11,33\text{ MPa}$) и стомана клас B500 ($f_{yd} = 435\text{ MPa}$).

1. Определяне на n_{Ed} и m_{Ed}

$$n_{Ed} = -\frac{N_{Ed}}{b_f h \eta f_{cd}} = -\frac{4000 \cdot 10^3}{450 \cdot 10^3 \cdot 11,33} = -0,785; \quad m_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b_f h^2 \eta f_{cd}} = \frac{550 \cdot 10^6}{450 \cdot 1000^2 \cdot 11,33} = 0,108.$$

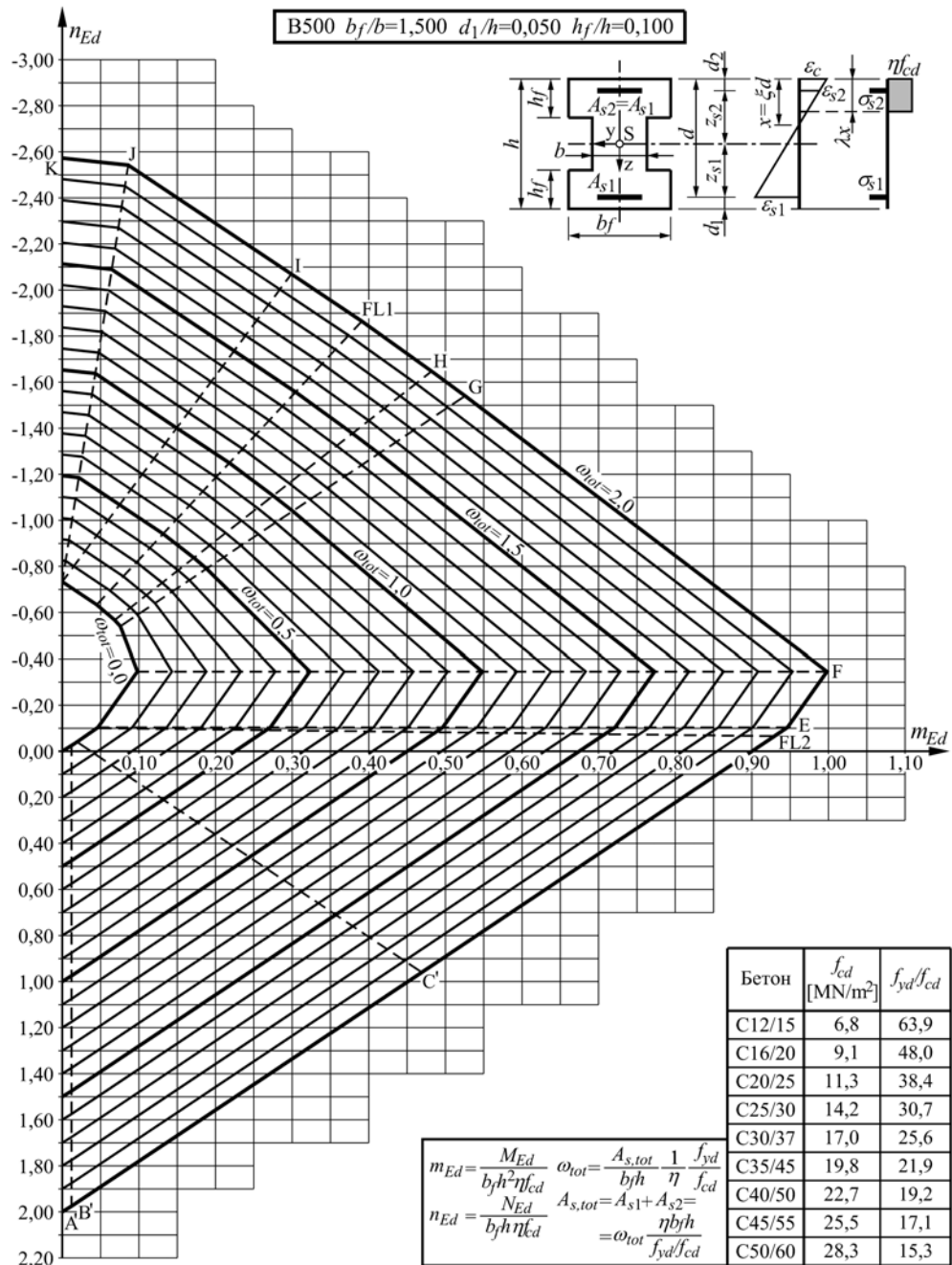
2. Отчет на ω_{tot} – за $n_{Ed} = -0,785$; $m_{Ed} = 0,108$ при $d_1/h = 0,05$; $b_f/b = 1,5$; $h_f/h = 0,2$ от фиг. 5 се отчита $\omega_{tot} = 0,24$.

3. Определяне на $A_{s,\min}$ и $A_{s,tot}$

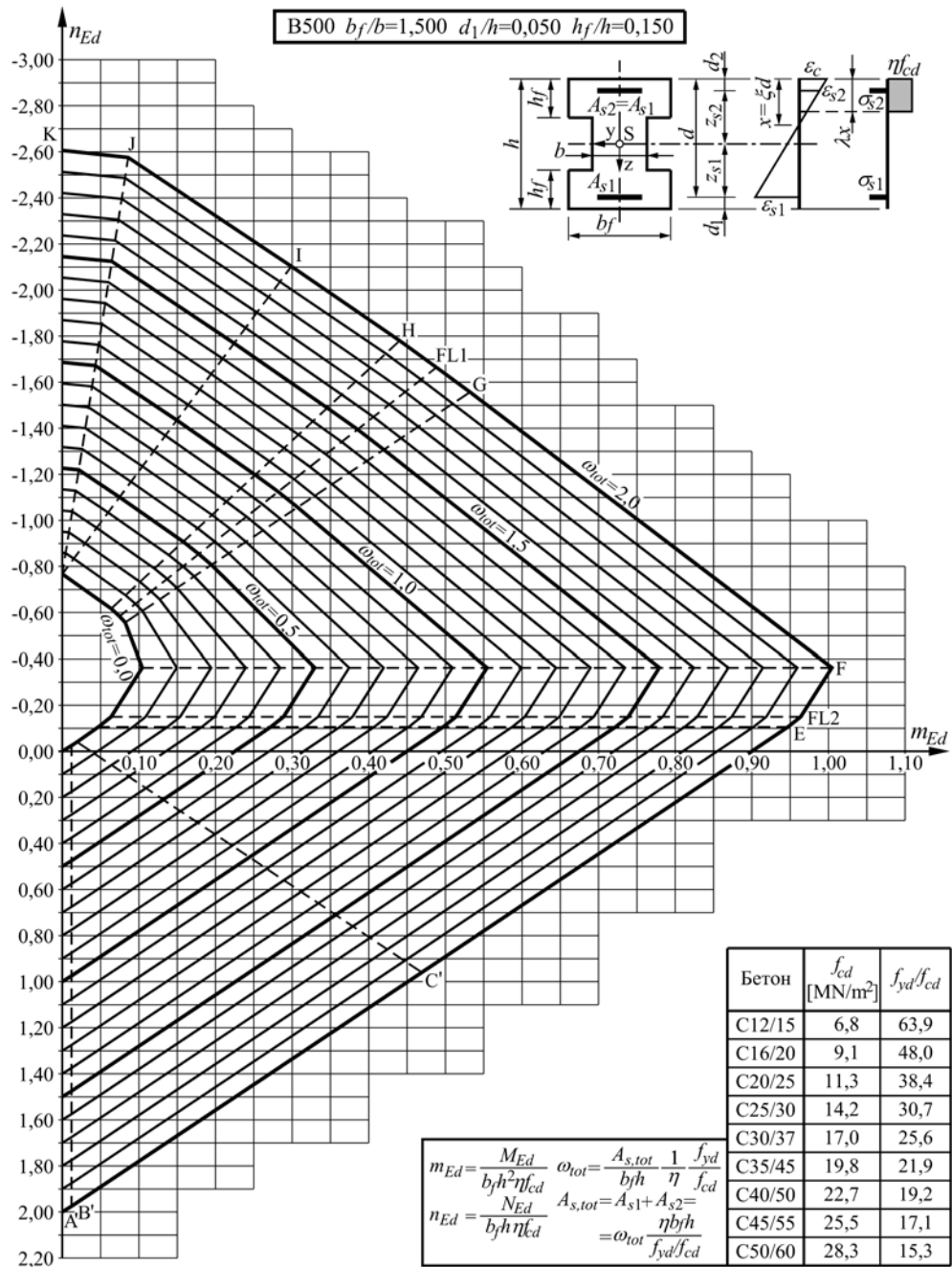
$$A_{s,\min} = \max\left(0,1N_{Ed}/f_{yd}; 0,002A_c; A_{s,8\phi12}\right) = \max(919,5; 720; 904) = 919,5\text{ mm}^2;$$

$$A_{s,tot} = \frac{\omega_{tot} \eta b_f h}{f_{yd}/f_{cd}} = 0,24 \cdot \frac{1 \cdot 450 \cdot 1000}{38,4} = 2812,5\text{ mm}^2 > A_{s,\min} = 919,5\text{ mm}^2.$$

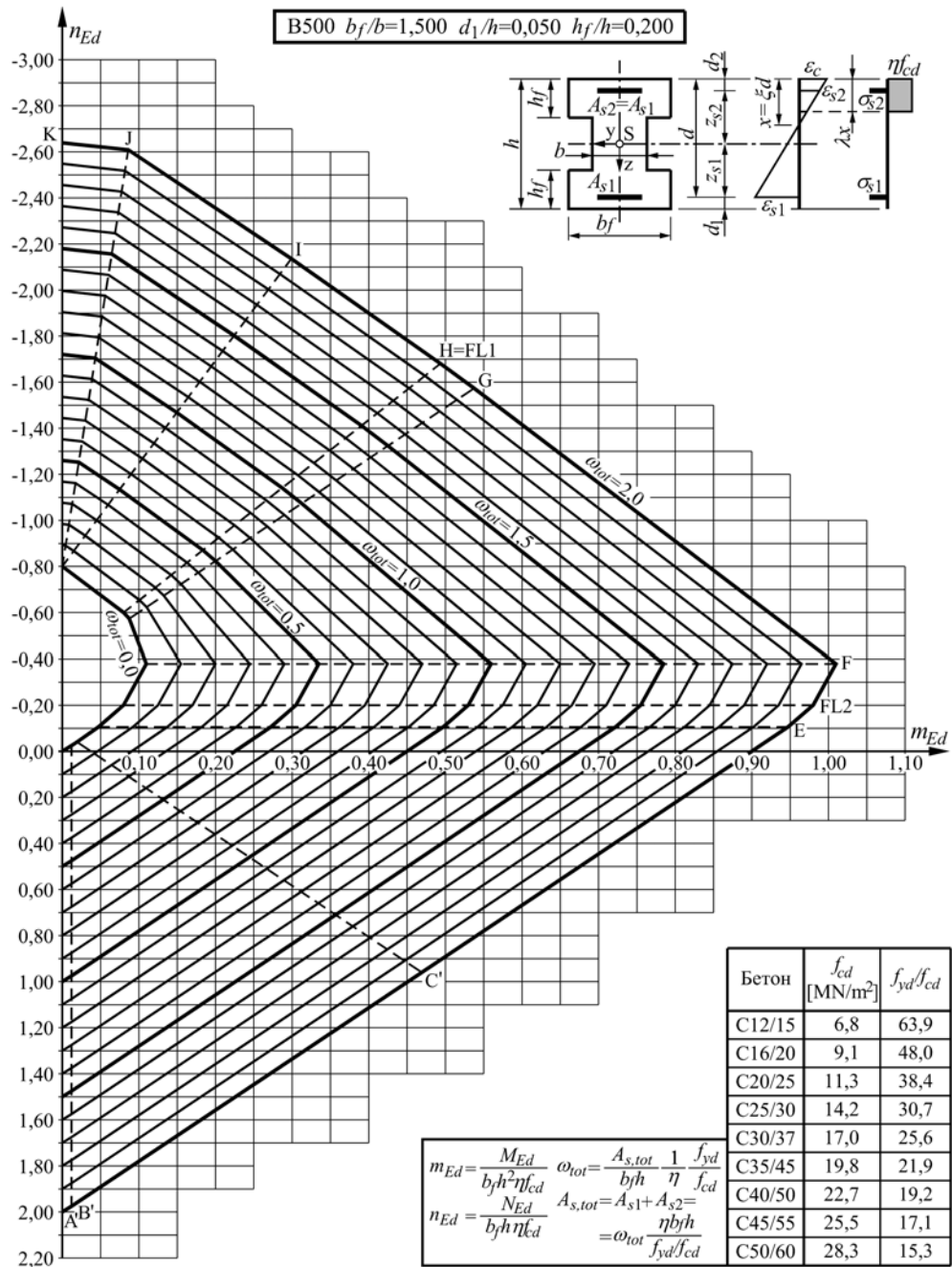
При избрания начин на конструиране със симетрична армировка се получава $A_{s1} = A_{s2} = 0,5A_{s,tot} = 0,5 \cdot 2812,5 = 1406,3\text{ mm}^2$. Приемат се $2 \times 4\phi22$ с общо напречно сечение $A_s = 2 \cdot 4 \cdot 380,1 = 3041,1\text{ mm}^2 > A_{s,tot} = 2812,5\text{ mm}^2$.



Фиг. 3. Номограма при $B = b_f/b = 1,500$; $d_1/h = 0,050$ и $H = h_f/h = 0,100$



Фиг. 4. Номограма при $B = b_f/b = 1,500$; $d_1/h = 0,050$ и $H = h_f/h = 0,150$



Фиг. 5. Номограма при $B = b_f/b = 1,500$; $d_1/h = 0,050$ и $H = h_f/h = 0,200$

ЛИТЕРАТУРА

1. БДС EN1992-1-1. ЕВРОКОД 2: Проектиране на бетонни и стоманобетонни конструкции, Част 1-1: Общи правила и правила за сгради, 2005.
2. Русев, К. и др. Ръководство по стоманобетон Еврокод 2, КИИП, София, 2013.
3. Русев, К., В. Янчев. ЕС2. Оразмеряване на стоманобетонни конструкции по нормални сечения, АВС Техника, София, 2011.

DESIGN CHARTS FOR REINFORCED CONCRETE SYMMETRIC 2T CROSS-SECTIONS UNDER BENDING MOMENT AND AXIAL FORCE ACCORDING TO EUROCODE 2

V. Yanchev¹, K. Roussev²

Keywords: strains, stresses, design charts

Research area: reinforced concrete structures

ABSTRACT

Rectangular stress distribution diagram within the compression zone of RC-sections to resist the bending moment and axial force is adopted in the Bulgarian norms. According to Eurocode 2, rectangular constitutive law for concrete has been admitted along with a bilinear stress-strain relationship with horizontal upper branch for steel. Design equations have been derived to serve for the determination of carrying capacity of reinforced concrete symmetric 2T cross-sections with symmetric reinforcement under bending moment and axial force according to Eurocode 2. Design charts have been derived to serve for the design of considered reinforced concrete cross-sections with different fixed values of parameters d_1/h , $B = b_f/b$ and $H = h_f/h$. A practical example has been considered to show clearly the application of design charts.

¹ Vladimir Yanchev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Reinforced Concrete Structures", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd, Sofia 1046, e-mail: vladimir_yanchev@abv.bg

² Konstantin Roussev, Prof. Dr. Eng., Dept. "Reinforced Concrete Structures", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd, Sofia 1046, e-mail: irb_irb@abv.bg

