

**ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НОСИМОСПОСОБНОСТТА НА НОСЕЩИ  
ТУХЛЕНИ СТЕНИ, АРМИРАНИ В ХОРИЗОНТАЛНИТЕ ФУГИ,  
ПОДЛОЖЕНИ НА ВЕРТИКАЛЕН ТОВАР СЪГЛАСНО  
„НОРМИТЕ ЗА ПРОЕКТИРАНЕ НА ЗИДАНИ КОНСТРУКЦИИ”  
И ЕВРОКОД 6**

**Д. Кръстева<sup>1</sup>**

*Ключови думи:* носещи зидани стени, армировка в хоризонталните фуги, носимоспособност, частен коефициент на сигурност  $\gamma_M$

*Научна област:* строителни конструкции (зидани конструкции)

**РЕЗЮМЕ**

Предложена е методика съгласно Еврокод 6 за определяне на носимоспособността на подложени на натиск носещи тухлени зидове, армирани с мрежи, разположени в хоризонталните фуги. Методиката се основава на „Нормите за проектиране на зидани конструкции” 1986 г. Получените резултати са потвърдени експериментално.

**1. Въведение**

Предназначението на армировката, поставена във вид на мрежи в хоризонталните фуги на зидарията, е да се ограничи развитието на напречни деформации в нея, да повиши нейната носимоспособност при натоварването ѝ с вертикални товари.

Вертикалните натискови сили създават допълнително триене и сцепление между напречната армировка и разтвора и работят съвместно със зидарията срещу нейното разрушение. Армировката има значително по-голям модул на еластичност от зидарията и голямо изчислително съпротивление, лесно поема значителните напречни напрежения на опън, които възникват в зидарията, а едновременно с това задържа и развитието на напречни деформации.

<sup>1</sup> Диляна Кръстева, инж., кат. „Масивни конструкции”, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: d.krasteva@mail.bg

## 2. Експериментален модел

Експерименталните резултати са постигнати при изследване на стена (Модел 1), натоварена с вертикален товар, изградена с единични плътни тухли при редуване на редове с напречни и напречни и надлъжни фуги, в които през два реда са поставени армировъчни мрежи с диаметър  $\varnothing 4$  от стомана В420. Размерите на стената са: дължина 50 cm, дебелина 25 cm и височина 200 cm. Разтворът е с якост М6,3 МПа.

## 3. Материали

При експерименталния модел (Модел 1) и при теоретичните изчисления се използват следните материали:

- единични плътни тухли с размери 25/12/6,5 cm с нормализирана якост на натиск на блоковете 14 МПа;
- разтвор: цименто-варов разтвор с якост на натиск М6,3 МПа.
- стомана клас А-III (В420), с диаметър  $\varnothing 4$ .

## 4. Изчисляване

### 4.1. Изчисляване на тухлен зид с армировка в хоризонталните фуги по методиката, залегнала в „Нормите за проектиране на зидани конструкции“ 1986 г.

Материалите, използвани в теоретичните изчисления, са: единични плътни тухли с размери 25/12/6,5 cm с нормализирана якост на натиск на блоковете  $R_T = 14$  МПа; цименто-варов разтвор с якост на натиск  $R_p = 6,3$  МПа и стомана клас А-III (В420), с диаметър  $\varnothing 4$  и  $R_s = 375$  МПа;

Изчисляване на общата носимоспособност се осъществява съгласно чл. 76 (1), формула (26) [1]:

$$N_{Ed} \leq N_{Rd};$$

$$N \leq m_g \cdot \phi \cdot R \cdot \gamma_c \cdot A + m_g \cdot \phi \cdot \frac{R_s \cdot k_3 \cdot \mu}{100} A, \quad (1)$$

където:

**1) С първия член на формулата се отчита носимоспособността на тухлената зидария**

$$N_{Rdm} = m_g \cdot \phi \cdot R \cdot \gamma_c \cdot A, \quad (2)$$

където:  $m_g$  отчита влиянието на продължително действащия товар

$$m_g = 1 - \eta \cdot \frac{N_g}{N} \quad (3)$$

$\eta$  – коефициент на зидарията (табл. 20 [1])

$$\lambda_h = \frac{200}{25} = 8 \rightarrow \eta = 0 \rightarrow m_g = 1.$$

От табл. 15 [1] за глинени тухли с  $R_p = 6,3$  МПа се отчита еластичната характеристика на зидарията  $\acute{a} = 1000$ , а от табл. 18 [1]  $\rightarrow \phi$  – коефициент на изкълчване;  $\phi = 0,95$ ;

$$A = 25.50 = 1250 \text{ cm}^2 = 0,125 \text{ m}^2 \text{ – площта на сечението на елемента;}$$

$\gamma_c$  – коефициент за условие на работа:

$$\gamma_c = 1 \text{ при площ } A \geq 0,30 \text{ m}^2;$$

$$\gamma_c = 0,8 \text{ при площ } A < 0,30 \text{ m}^2.$$

$R$  – изчислително съпротивление на натиск на зидарията (табл. 2 от [1]).

При якост на натиск на тухлата –  $R_T = 14$  МПа и якост на натиск на разтвора –  $R_p = 6,3$  МПа се отчита изчислителната якост на натиск на зидарията:

$$R = 1,9 \text{ МПа} = 0,19 \text{ kN/cm}^2.$$

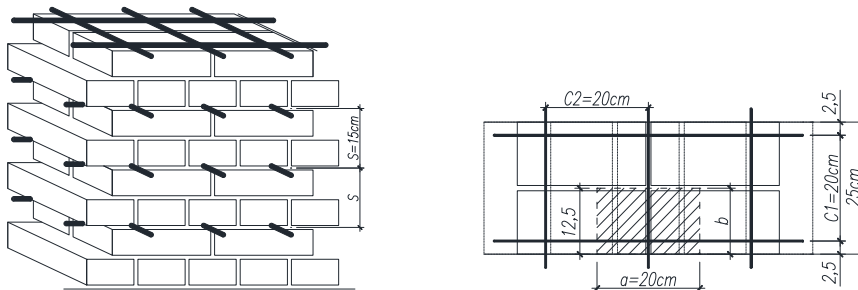
Носимоспособността на тухлената зидария изчислена по формула (2), е

$$N_{Rdm} = m_g \cdot \phi \cdot R \cdot \gamma_c \cdot A = 1.0 \cdot 0,95 \cdot 0,19 \cdot 0,8 \cdot 25.50 = 180,5 \text{ kN}.$$

**2) С втория член на формула (1) се отчита носимоспособността на армировката в хоризонталните фуги**

$$N_{Rds} = m_g \cdot \phi \cdot \frac{R_s \cdot k_3 \cdot \mu}{100} \cdot A, \quad (4)$$

$k_3$  е коефициент за условия на работа за армировката.



Фиг. 1. (Модел 1)

Приема се:  $c_1 = c_2 = 20 \text{ cm}$ ;  $b = \frac{c_1}{2} + 2,5 = 12,5 \text{ cm}$ ;  $a = c_2 = 20 \text{ cm}$ ;  $s = 15 \text{ cm}$ .

Обем на армировката  $\varnothing 4$  с  $A_{s1} = A_{s2} = 0,125 \text{ cm}^2$ :

$$V_s = A_{s1} \cdot b + A_{s2} \cdot a = 0,125 \cdot 12,5 + 0,125 \cdot 20 = 4,06 \text{ cm}^3. \quad (5)$$

Обем на зидарията

$$V_k = a \cdot b \cdot s = 12,5 \cdot 20 \cdot 15 = 3750 \text{ cm}^3. \quad (6)$$

Обемен процент на армиране

$$\mu = \frac{V_s}{V_k} = \frac{4,06}{3750} \cdot 100 = 0,108\% ; \mu_{\min} = 0,1\% ; \mu_{\max} = 50 \cdot \frac{R}{R_s} = 50 \cdot \frac{0,19}{37,5} = 0,25\% ;$$

$$k_3 = \gamma_{si} = 0,6 \text{ – според таблица 13 [1].}$$

Елементите, армирани с мрежи, се изпълняват с височина на реда на зидарията не по-голяма от 150 mm, на разтвор с клас не по-нисък от 5 MPa [1].

**Носимоспособност на армировката в хоризонталните фуги**

$$N_{Rds} = m_g \cdot \phi \cdot \frac{R_s \cdot k_3 \cdot \mu}{100} \cdot A = 1,0,95 \cdot \frac{37,5 \cdot 0,6 \cdot 0,108}{100} \cdot 25 \cdot 50 = 28,85 \text{ kN} .$$

**3) Носимоспособност на тухлен зид с дължина 50 cm, височина 200 cm, дебелина 25 cm с армировка  $\varnothing 4$  (мрежи) в хоризонталните фуги през два реда;  $s = 15 \text{ cm}$ :**

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} ;$$

$$N \leq m_g \cdot \phi \cdot R \cdot \gamma_c \cdot A + m_g \cdot \phi \cdot \frac{R_{sh} \cdot k_3 \cdot \mu}{100} \cdot A ;$$

$$N \leq 1,0,95 \cdot 0,19 \cdot 0,8 \cdot 25 \cdot 50 + 1,0,95 \cdot \frac{37,5 \cdot 0,6 \cdot 0,108}{100} \cdot 25 \cdot 50 = 209,35 \text{ kN} .$$

#### **4.2. Изчисляване на носимоспособността на тухлен зид с армировка в хоризонталните фуги въз основа на теорията, дадена в Еврокод 6 и проведени експериментални изследвания**

**В Еврокод 6** липсва методика за изчисляване на носимоспособността на носещи тухлени стени, армирани с надлъжна и напречна армировка (мрежи) в хоризонталните фуги, подложени на вертикален товар, но се препоръчва да се проведат експериментални изследвания, които да послужат за създаването ѝ. На база на експериментално изследване, което включва натоварване на тухлена стена Модел 1, са получени резултати, чрез които могат да се направят препоръки за изчисляване на носещи зидани конструкции с напречна и надлъжна армировка в хоризонталните фуги, подложени на вертикален товар.

**Модел 1:** Натоварена е тухлена стена с дължина 50 cm, височина 200 cm и дебелина 25 cm, изпълнена с единични плътни тухли с якост  $f_b = 14 \text{ MPa}$ , иззидани с редуване на редове с напречни и напречни и надлъжни вертикални фуги. Иззидана е с разтвор с якост М6,3 MPa. Армирана е с надлъжна и напречна армировка (мрежи) в хоризонталните фуги през разстояние  $s = 15 \text{ cm}$ . При проведеното натоварване първа пукнатина в тухлите от зидарията се появява при вертикален товар от 470 kN.

Носимоспособността на тухлен зид с армировка в хоризонталните фуги се определя като сума от носимоспособността на тухления зид и носимоспособността на армировката.

Материали:

– единични плътни тухли с размери 25/12/6,5 cm с нормализирана якост на натиск на блоковете  $f_b = 14$  МПа;

– разтвор: М6,3 МПа с  $f_m = 6,3$  МПа – якост на натиск на цименто-варов разтвор.

– стомана клас В420, с диаметър  $\varnothing 4$ ;  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{420}{1,15} = 365$  МПа .

1) Носимоспособността на тухления зид се дава с израз (7)

$$N_{Edm} \leq \Phi_m \cdot t \cdot l \cdot f_d, \quad (7)$$

където:

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}; \quad (8)$$

$f_k$  е характеристичната якост на натиск на зидарията в N/mm<sup>2</sup>;

$K = 0,55$  – константа, отчетена от табл. 3.3 [2], коригирана с 0,8 при зидария с редуване на напречни и напречни и надлъжни редове тухли;

$f_b = 14$  N/mm<sup>2</sup> – нормализираната средна якост на натиск на блоковете за зидария в направлението на ефекта от приложеното въздействие;

$f_m = 6,3$  N/mm<sup>2</sup> – якостта на натиск на разтвора;

$\gamma_M$  – частен коефициент за материали (табл. 2.1 [3]);

$\Phi_m$  – коефициент отчитащ деформациите от II ред;

$f_d$  – изчислителната якост на натиск на зидарията.

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}, \quad (9)$$

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} = 0,55 \cdot 14^{0,7} \cdot 6,3^{0,3} = 6,06 \text{ N/mm}^2 .$$

2) Носимоспособността на армировката

$$N_{Rds} = \Phi_m \cdot A \cdot k_3 \cdot \frac{\rho \cdot f_{yd}}{100}. \quad (10)$$

Както в „Нормите за проектиране на зидани конструкции”, и тук се предлага използване на обемния процент на армиране съгласно формули (5) и (6).

$$\text{Обемн процент на армиране } \rho = \frac{V_s}{V_k} = \frac{4,06}{3750} \cdot 100 = 0,108\% .$$

– Носимоспособността само на зида е

$$N_{Rdm} = \Phi_m \cdot A \cdot f_d = 0,85 \cdot 25 \cdot 50 \cdot \frac{0,8 \cdot 0,606}{\gamma_M};$$

– Носимоспособността на армировката

$$N_{Rds} = \Phi_m \cdot A \cdot k_3 \cdot \frac{\rho \cdot f_{yd}}{100} = 0,85 \cdot 25 \cdot 50 \cdot k_3 \cdot \frac{0,108 \cdot 36,5}{100},$$

$k_3$  е коефициентът за условие на работа на стоманата при армирани зидарии с мрежи в хоризонталните фуги.

3) Общата носимоспособност на тухления зид и армировката се дава с израз (11):

$$N_{Rd} = \Phi_m \cdot A \cdot (f_d + k_3 \cdot \frac{\rho \cdot f_{yd}}{100}) = 0,85 \cdot 25 \cdot 50 \cdot (\frac{0,8 \cdot 0,606}{\gamma_M} + k_3 \cdot \frac{0,108 \cdot 36,5}{100}); \quad (11)$$

$$N_{Rd} = \frac{515,10}{\gamma_M} + 41,88 \cdot k_3.$$

В табл. 1 е дадена носимоспособността на тухлената зидария  $N_{Rdm}$  при различни стойности на коефициента на сигурност на зидарията  $\gamma_M$ .

**Таблица 1**

	$N_{Rdm}$ (kN) ( $l = 50$ cm)
$\gamma_M = 1,4$	367,93
$\gamma_M = 1,5$	343,40
$\gamma_M = 2$	257,55
$\gamma_M = 2,2$	234,14
$\gamma_M = 2,5$	206,04

В табл. 2 е дадена носимоспособността само на армировката  $N_{Rds}$  в хоризонталните фуги при различни стойности на коефициента  $k_3$ .

**Таблица 2**

$N_{Rds}$ ( $l = 50$ cm)			
$k_3 = 1$	$k_3 = 0,8$	$k_3 = 0,6$	$k_3 = 0,5$
41,88	33,51	25,13	20,94

В табл. 3 е дадена общата носимоспособност на зидарията и армировката  $N_{Rd}$ .

**Таблица 3**

	$N_{Rd} = N_{Rdm} + N_{Rds}$ (kN) ( $l = 50$ cm)			
	$k_3 = 1$	$k_3 = 0,8$	$k_3 = 0,6$	$k_3 = 0,5$
$\gamma_M = 1,4$	409,81	401,44	393,06	388,87
$\gamma_M = 1,5$	385,28	376,91	368,53	364,34
$\gamma_M = 2$	299,43	291,06	282,68	278,49
$\gamma_M = 2,2$	276,02	267,64	259,27	255,08
$\gamma_M = 2,5$	247,92	239,55	231,17	226,98
Експеримент	470 kN			

**Извод:** От така получените стойности за  $N_{Rd}$  се установява, че при  $\gamma_M=1,4$  и  $k_3=1$  носимоспособността, получена по теоретичен път, е най-близка по стойност с експерименталните резултати. В ЕС6 минималната стойност на частния коефициент на сигурност за този вид зидария от блокове II категория с предписан разтвор е  $\gamma_M = 2$ .

Най-близки стойности на носимоспособността, получена по „Нормите за проектиране на зидани конструкции” 1986 [1] е  $N = 209,35$  kN и по Еврокод 6 [2] –  $N_{Rd} = 231,10$  kN, се получават при  $\gamma_M=2,5$  и  $k_3=0,6$ . И двете стойности са по-малки от експериментално получената –  $N=470$  kN.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нормите за проектиране на зидани конструкции, С., 1986.
2. Еврокод 6. Проектиране на зидани конструкции.
3. Бараков, Т. Зидани конструкции. С., 2002.
4. Баракова, Н. Т. Бараков. Зидани конструкции Еврокод 6.

Постъпила: април 2015 г.

### CALCULATING THE BEARING CAPACITY OF LOAD-BEARING MASONRY REINFORCED WITH STEEL WIRE IN HORIZONTAL MORTAR JOINTS UNDER VERTICAL PRESSURE ACCORDING TO THE “STANDARDS FOR THE DESIGN OF MASONRY STRUCTURES” AND EUROCODE 6

D. Krasteva<sup>1</sup>

*Keywords:* brick masonry, reinforced masonry in horizontal mortar joints, partial safety factors for material properties of masonry  $\gamma_M$

*Research area:* building structures (masonry structures)

#### ABSTRACT

A methodology is proposed for calculating the bearing capacity of load-bearing masonry, reinforced with steel wire in horizontal mortar joints, according to Eurocode 6. This methodology is based on "Standards for the design of masonry structures" 1986. The results are confirmed experimentally.

---

<sup>1</sup> Dilyana Krusteva, Assist. Eng., Dept. “Reinforced Concrete Structures”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd, Sofia 1046, e-mail: d.krasteva@mail.bg

