

## РАЗРЕЗНИ УСИЛИЯ В СТОМАНОБЕТОННИ СТЕНИ С РАЗЛИЧНИ КОРАВИНИ – ЧАСТ ПЪРВА

Станислав Цветков<sup>1</sup>, Георги Янчев<sup>2</sup>

## INTERNAL FORCES IN R.C. SHEAR WALLS WITH DIFFERENT STIFFNESS – PART ONE

Stanislav Tsvetkov, Georgi Yanchev

### Abstract:

*To implement the idea, wall lengths (in plan) of 3 and 6 m were used, height of 6 and 12 floors for the building. All analyzed models have the same: materials (concrete grade), thicknesses and seismic forces. Specialized software for the solutions is used. The internal forces values are first compared between the models with a dense cross section at different stiffnesses. The same are done for the models with holes (regular, in one column, central). Finally, the internal forces between the two groups of structural elements are compared. Scientific and applied guidance for analysis of such walls is given, given the difference in the values of the internal forces.*

### Keywords:

*R.C. shear walls, rectangular cross section (densely and with holes), internal forces*

### 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Стоманобетонните конструктивни стени (шайби) са основен елемент от носещата конструкция на сградите със стенна и смесена конструктивна системи. От особена важност е начина на компютърно моделиране (симулации) на стените, както и получаване (тълкуване) на разрезните усилия в тях, необходими за техния анализ. Ето защо, проектантите-конструктори трябва внимателно да избират редукиционният коефициент  $\alpha_f$ , чрез който се определя ефективната коравина на огъване. Точен метод е анализът, отчитащ пукнатините в конструктивните елементи. Подобни изследвания са извършени в:

---

<sup>1</sup> Станислав Цветков, гл. ас. д-р инж., катедра „Строителни конструкции“, Строителен факултет, Висше строително училище „Любен Каравелов“, София, ул. „Суходолска“ № 175, e-mail: [st.cvetkov@vsu.bg](mailto:st.cvetkov@vsu.bg); Stanislav Tsvetkov, Chief Assistant Eng., PhD, Department “Building Structures”, Faculty of Construction, University of Structural Engineering & Architecture (VSU) “Lyuben Karavelov” Sofia, 175 Suhodolska str., e-mail: [st.cvetkov@vsu.bg](mailto:st.cvetkov@vsu.bg)

<sup>2</sup> Георги Янчев, студент IV курс, специалност „Строителство и архитектура на сгради и съоръжения“, Висше строително училище „Любен Каравелов“ гр. София, ул. „Суходолска“ № 175, e-mail: [g.n.yanchev@abv.bg](mailto:g.n.yanchev@abv.bg) Georgi Yanchev, student, 4 course, specialty “Construction and architecture of buildings and facilities”, University of Structural Engineering & Architecture (VSU) “Lyuben Karavelov” Sofia, 175 Suhodolska str., e-mail: [g.n.yanchev@abv.bg](mailto:g.n.yanchev@abv.bg)

[2], [4], чрез разработването на сложни компютърни модели, с различни програмни продукти и отчитането на взаимно свързани фактори (премествания и усилия). *Идеята за представените анализи е за „бърза“ проверка при начало на проектирането, чрез различен по вид анализ, на съществуващата научна база.*

В доклада е представено изследване на вертикални носещи елементи - стени. Съставени са три групи изчислителни модели. Използван е програмен продукт Tower 6 [12]. Направени са сравнения на стойностите от получените резултати (разрезни усилия в характерни хоризонтални сечения по височина на конструктивните стоманобетонни стени). За числените експерименти е приет клас бетон C25/30 по БДС EN 206:2013+A1:2016/NA:2017 [1]. Стените за всички модели са с ширина 25 cm.

Резултатите за: огъващите моменти  $M$ , нормалните сили  $N$  и напречните (срязващи) сили  $V$ , са представени в табл. 1 – табл. 12 (директно от програмния продукт). **Необходимо е (допълнително) капацитивно коригиране на усилията, ако те се използват за анализ на носещите армировки за елементите!**

Базова информация за разработване на моделите, показани в доклада, е използвана от: [3], [5], [6], които са онагледени с примери и теоретични постулати. Също така са проучени и изследванията в [9], [10], като „класически“ източници по сеизмично инженерство.

## 2. ИНФОРМАЦИЯ ЗА ГРУПИТЕ ИЗЧИСЛИТЕЛНИ МОДЕЛИ

Всяка група изчислителни модели съдържа 6 и 12 – етажни стени, с височина на етажите 3 m, т.е. 18 и 36 – метрови стени.

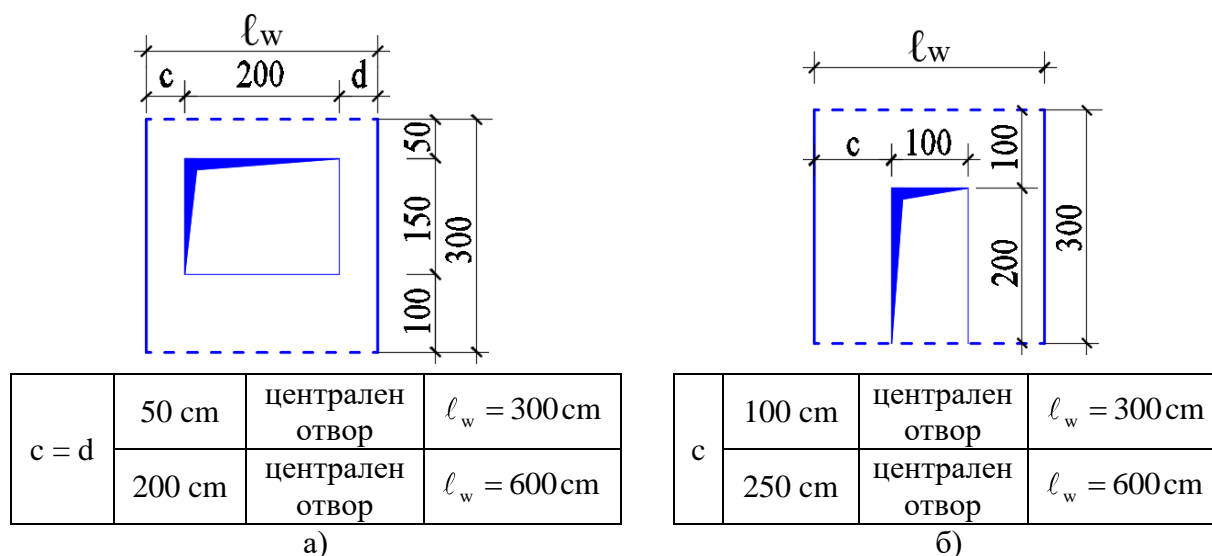
### Групи модели:

Група А. Плътни стени: разгледани са решенията на правоъгълни напречни сечения в план, при дължини 3 и 6 m.

Група Б. Стени с дължина в план 3 m, с отвори за прозорци и врати: разгледани са решенията на централно разположени отвори.

Група В. Стени с дължина в план 6 m, с отвори за прозорци и врати: разгледани са решенията на централно разположени отвори.

Отворите за прозорци са приети с размери  $b/h = 2/1,5$  m (подпрозоречена кола от ниво – 1 m), а отворите за врати -  $b/h = 1/2$  m (фиг. 1).



Фигура 1. Размери на отворите: а). за прозорци; б). за врати

Прието е стените да са запънати в основите си.

Модел 1. Модел с (чисто) еластична коравина, без критични зони по височина.

Използва се  $E = 3,1 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$  и Коефициент на Poisson  $\nu = 0,2$ .

Модел 2. Модел с коригирана коравина само за:

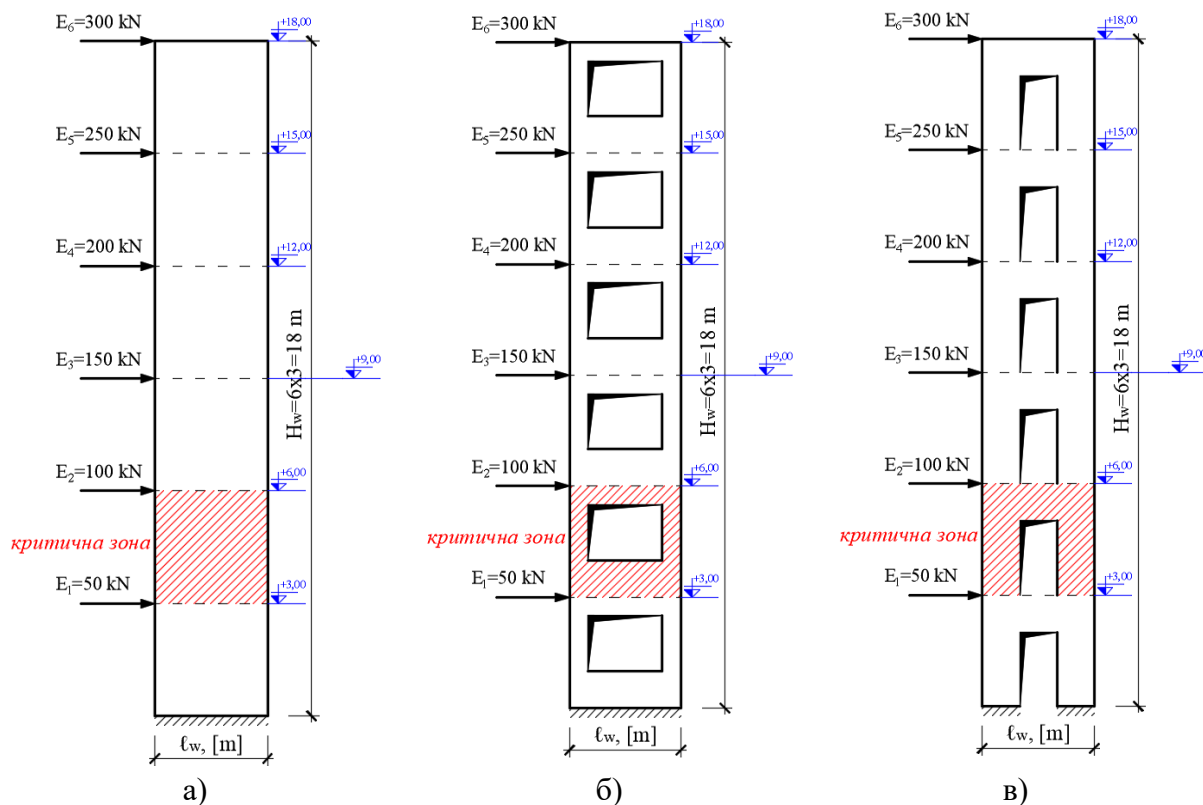
- второ ниво (за стените с дължина в план – 3 m, 6 етажни);
- второ и трето нива (за стените с дължина в план – 3 m, 12 етажни);
- второ ниво (за стените с дължина в план – 6 m, 6 етажни);
- второ и трето нива (за стените с дължина в план – 6 m, 12 етажни)

Модел 3. Модел с коригирана коравина по цялата височина (за всички нива).

Модел 4. Модел с коригирана коравина само за второ и трето нива (за стените с дължина в план – 6 m, 6 етажни).

Корекцията на коравината се изразява в 50% - но намаляване на  $E$  – модула на материала и нулиране на Коефициента на Poisson.

Анализът е линеен (статичен), с нарастващи по стойност хоризонтални сили от  $E_1 = 50 \text{ kN}$  (за първо ниво) до  $E_6 = 300 \text{ kN}$  (за последно, шесто ниво за 6 – етажните стени) или  $E_{12} = 600 \text{ kN}$  (за последно, дванадесето ниво за 12 – етажните стени), през  $50 \text{ kN}$  (фиг. 2). [11]



Фигура 2. Геометрия и приложени въздействия за:

а). плътни стени; б) и в). стени с отвори за прозорци и врати  
(схемите важат за всички разгледани решения, описани по-горе)

Размерността на крайните елементи 10/10 cm. Програмният продукт предлага опция за автоматично „Генериране“. Такава гъстота на дискретизационната мрежа предполага висока точност на резултатите, както в: [7], [8].

### 3. РЕЗУЛТАТИ ОТ ЧИСЛЕНИТЕ ЕКСПЕРИМЕНТИ

#### ГРУПА А – Плътни стени

Таблица 1. Стени с дължина в план 3 m – 6 етажни

кота, [m]	Модел 1			Модел 2			Модел 3		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
18,00	84,63	<b>41,85**</b>	<b>301,31</b>	84,63	<b>41,85**</b>	<b>301,31</b>	<b>447,26</b>	<b>302,64**</b>	300,04
15,00	893,74	<b>63,95</b>	<b>424,96</b>	893,74	63,94	<b>424,96</b>	<b>903,96</b>	56,75	424,94
12,00	2546,07	<b>118,64</b>	<b>649,95</b>	2546,07	118,63	<b>649,95</b>	<b>2554,02</b>	112,88	649,90
9,00	4798,74	<b>173,35</b>	<b>824,93</b>	4798,75	<b>173,35</b>	<b>824,93</b>	<b>4804,37</b>	169,04	824,88
6,00	7501,68	228,07	<b>949,92</b>	<b>7520,31</b>	<b>228,78</b>	940,72	7504,92	225,19	949,86
3,00	10504,80	282,78	1024,92	<b>10513,01</b>	<b>283,36</b>	<b>1027,11</b>	10505,61	281,34	1024,85
0,1*	13896,71	339,05	1062,45	<b>13896,73</b>	<b>339,06</b>	1062,45	13818,41	337,58	<b>1067,76</b>
запъване	13765,33	338,67	1049,29	13765,34	338,69	1049,29	<b>13883,29</b>	<b>339,01</b>	<b>1056,45</b>

Таблица 2. Стени с дължина в план 3 m – 12 етажни

кота, [m]	Модел 1			Модел 2			Модел 3		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
36,00	169,27	<b>84,14**</b>	<b>602,66</b>	169,27	<b>84,14**</b>	<b>602,66</b>	<b>894,53</b>	<b>605,66**</b>	600,14
33,00	1786,18	<b>73,13</b>	<b>874,92</b>	1786,19	73,12	<b>874,92</b>	<b>1808,66</b>	57,31	874,86
30,00	5239,56	<b>127,79</b>	<b>1399,88</b>	5239,57	<b>127,79</b>	<b>1399,88</b>	<b>5259,57</b>	113,42	1399,79
27,00	10193,82	<b>182,50</b>	<b>1874,84</b>	10193,82	182,49	<b>1874,84</b>	<b>10211,17</b>	169,57	1874,72
24,00	16498,86	<b>237,21</b>	<b>2299,81</b>	16498,87	237,20	<b>2299,81</b>	<b>16513,41</b>	225,70	2299,66
21,00	24004,60	<b>291,91</b>	<b>2674,78</b>	24004,61	291,90	<b>2674,78</b>	<b>24016,20</b>	281,84	2674,60
18,00	32560,97	346,61	<b>2999,75</b>	32560,97	<b>436,59</b>	<b>2999,75</b>	<b>32569,48</b>	337,97	2999,56
15,00	42017,85	<b>401,31</b>	<b>3274,73</b>	42017,86	401,29	<b>3274,73</b>	<b>42023,19</b>	394,10	3274,52
12,00	52225,18	<b>456,01</b>	<b>3499,71</b>	52225,22	455,99	<b>3499,71</b>	<b>52227,25</b>	450,23	3499,49
9,00	63032,86	510,70	<b>3674,70</b>	<b>63158,21</b>	<b>511,78</b>	3621,16	63031,58	506,36	3674,46
6,00	<b>74290,80</b>	<b>565,39</b>	<b>3799,69</b>	74286,09	562,51	3799,44	74286,13	562,49	3799,44
3,00	85848,98	620,09	3874,69	<b>85951,77</b>	<b>621,16</b>	<b>3908,78</b>	85840,81	618,61	3874,43
0,1*	99502,92	<b>679,64</b>	3986,91	<b>99503,11</b>	679,60	3986,91	98953,71	676,62	<b>4023,98</b>
запъване	98344,42	677,82	3895,93	98344,56	677,86	3895,93	<b>99131,24</b>	<b>678,49</b>	<b>3946,45</b>

Таблица 3. Стени с дължини в план 6 m – 6 етажни

кота, [m]	Модел 1			Модел 2		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
18,00	145,12	<b>39,83**</b>	301,30	145,12	<b>39,83**</b>	<b>301,31</b>
15,00	881,78	<b>120,14</b>	<b>424,99</b>	881,79	<b>120,14</b>	<b>424,99</b>
12,00	2535,70	<b>231,17</b>	<b>649,99</b>	2535,71	<b>231,17</b>	<b>649,99</b>
9,00	4789,71	342,12	<b>824,98</b>	4789,72	342,11	<b>824,98</b>
6,00	7493,78	453,08	<b>949,98</b>	<b>7510,53</b>	<b>453,82</b>	944,05
3,00	10497,80	564,03	<b>1024,98</b>	10499,25	564,72	1022,56
0,1*	<b>13768,32</b>	<b>675,10</b>	1053,64	13768,25	675,01	1053,64
запъване	13721,28	<b>676,08</b>	1049,66	13721,26	676,05	1049,66

Таблица 3. Стени с дължини в план 6 m – 6 етажни – продължение

кота, [m]	Модел 3			Модел 4		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
18,00	<b>901,80</b>	<b>302,28**</b>	300,04	145,12	<b>39,83**</b>	<b>301,31</b>
15,00	<b>902,87</b>	112,96	<b>424,99</b>	881,81	120,13	<b>424,99</b>
12,00	<b>2552,52</b>	225,41	649,98	2535,73	231,15	<b>649,99</b>
9,00	<b>4802,24</b>	337,81	824,97	4801,54	<b>343,08</b>	819,59
6,00	7502,00	450,20	949,97	7502,01	450,21	949,96
3,00	<b>10501,77</b>	562,60	1024,96	10499,27	<b>564,75</b>	1022,56
0,1*	13698,97	673,11	<b>1054,82</b>	13768,25	675,01	1053,64
запъване	<b>13775,69</b>	676,05	<b>1051,70</b>	13721,27	676,06	1049,66

Таблица 4. Стени с дължини в план 6 m – 12 етажни

кота, [m]	Модел 1			Модел 2			Модел 3		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
36,00	290,35	<b>80,66**</b>	602,65	290,35	<b>80,66**</b>	<b>602,66</b>	<b>1803,63</b>	<b>605,28**</b>	600,13
33,00	1760,01	<b>129,28</b>	<b>874,98</b>	1760,03	129,27	<b>874,98</b>	<b>1806,38</b>	113,49	874,97
30,00	5214,20	<b>240,38</b>	<b>1399,96</b>	5214,22	240,37	<b>1399,96</b>	<b>5256,25</b>	226,00	1399,94
27,00	10168,61	<b>351,33</b>	<b>1874,96</b>	10168,62	351,32	<b>1874,96</b>	<b>10206,29</b>	338,39	1874,93
24,00	16473,20	<b>462,29</b>	<b>2299,95</b>	16473,22	462,28	<b>2299,95</b>	<b>16506,47</b>	450,78	2299,91
21,00	23977,98	<b>573,25</b>	<b>2674,94</b>	23977,99	573,24	<b>2674,94</b>	<b>24006,80</b>	563,18	2674,90
18,00	32532,92	<b>684,20</b>	<b>2999,94</b>	32532,93	<b>684,20</b>	<b>2999,94</b>	<b>32557,26</b>	675,57	2999,89
15,00	41987,98	<b>795,16</b>	<b>3274,93</b>	41988,00	<b>795,16</b>	<b>3274,93</b>	<b>42007,82</b>	787,97	3274,88
12,00	52193,16	<b>906,12</b>	<b>3499,93</b>	52193,19	906,10	<b>3499,93</b>	<b>52208,47</b>	900,36	3499,87
9,00	62998,43	1017,08	<b>3674,92</b>	<b>63104,65</b>	<b>1018,34</b>	3648,91	63009,20	1012,75	3674,86
6,00	74253,78	<b>1128,03</b>	<b>3799,92</b>	<b>74260,05</b>	1125,17	3799,86	74259,97	1125,15	3799,86
3,00	85808,61	1238,96	<b>3874,93</b>	<b>85868,30</b>	<b>1240,24</b>	3871,39	85810,66	1237,54	3874,85
0,1*	98575,29	<b>1354,08</b>	3924,61	<b>98575,32</b>	1353,91	3924,59	98093,65	1349,96	<b>3932,38</b>
запъване	98029,55	<b>1353,02</b>	3897,97	98030,17	1352,98	3897,96	<b>98350,25</b>	1352,94	<b>3911,92</b>

## ГРУПА Б – Стени с дължини в план 3 m, с отвори за прозорци и врати

Таблица 5. Стени с отвори за прозорци (централно) – 6 етажни

кота, [m]	Модел 1			Модел 2			Модел 3		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
18,00	66,71	<b>22,07**</b>	<b>301,60</b>	66,71	<b>22,07**</b>	<b>301,60</b>	<b>452,57</b>	<b>302,57**</b>	300,50
15,00	876,04	<b>45,28</b>	425,52	876,05	<b>45,28</b>	425,52	<b>889,72</b>	38,06	<b>425,95</b>
12,00	2525,66	<b>81,31</b>	650,71	2525,26	<b>81,31</b>	650,71	<b>2537,60</b>	75,52	<b>651,28</b>
9,00	4779,10	<b>117,50</b>	825,84	4778,98	<b>117,52</b>	825,84	<b>4788,56</b>	113,11	<b>826,52</b>
6,00	7485,92	153,68	950,92	<b>7528,12</b>	<b>154,01</b>	942,30	7492,24	150,69	<b>951,66</b>
3,00	10495,68	189,91	1025,93	10495,10	<b>191,86</b>	<b>1029,30</b>	<b>10498,34</b>	188,31	1026,68
0,1*	<b>13933,12</b>	<b>227,12</b>	1065,29	<b>13933,12</b>	227,18	1065,29	13894,02	<b>225,97</b>	<b>1072,31</b>
запъване	13766,35	226,22	1050,57	13766,36	226,25	1050,57	<b>13932,97</b>	<b>227,59</b>	<b>1059,69</b>

Таблица 6. Стени с отвори за прозорци (централно) – 12 етажни

кота, [m]	Модел 1			Модел 2			Модел 3		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
36,00	133,46	<b>45,70**</b>	603,23	133,46	<b>45,70**</b>	<b>603,24</b>	<b>905,17</b>	<b>605,53**</b>	600,05
33,00	1748,95	<b>54,35</b>	876,08	1748,96	<b>54,35</b>	876,08	<b>1778,72</b>	38,51	<b>876,97</b>
30,00	5193,65	<b>90,23</b>	1401,54	5193,66	<b>90,23</b>	1401,54	<b>5222,64</b>	75,86	<b>1402,81</b>
27,00	10145,20	<b>126,42</b>	1876,95	10145,21	126,41	1876,95	<b>10172,06</b>	113,44	<b>1878,54</b>
24,00	16453,18	<b>162,59</b>	2302,29	16453,18	162,58	2302,29	<b>16476,67</b>	151,01	<b>2304,15</b>
21,00	23967,07	<b>198,76</b>	2677,56	23967,07	198,74	2677,56	<b>23986,06</b>	188,57	<b>2679,63</b>
18,00	32536,37	<b>234,92</b>	3002,76	32536,37	234,90	3002,76	<b>32549,83</b>	226,13	<b>3004,99</b>
15,00	42010,56	<b>271,08</b>	3277,90	42010,56	271,06	3277,90	<b>42017,55</b>	263,68	<b>3280,23</b>
12,00	<b>52239,15</b>	<b>307,24</b>	3502,98	52238,63	<b>307,24</b>	3503,00	52238,81	301,23	<b>3505,36</b>
9,00	63071,61	343,40	3678,00	<b>63216,66</b>	<b>343,58</b>	3617,82	63063,22	338,78	<b>3680,37</b>
6,00	74357,45	<b>379,55</b>	3802,96	<b>74340,62</b>	376,35	3805,27	74340,35	376,33	<b>3805,28</b>
3,00	85945,76	<b>415,79</b>	3877,87	<b>86176,07</b>	419,56	<b>3926,92</b>	85919,84	413,95	3880,09
0,1*	<b>99728,02</b>	455,95	4003,89	99728,01	<b>455,98</b>	4003,84	99144,06	453,54	<b>4051,06</b>
запъване	98355,65	452,97	3903,33	98356,17	453,04	3903,30	<b>99431,18</b>	<b>455,84</b>	<b>3965,51</b>

Таблица 7. Стени с отвори за врати (централно) – 6 етажни

кота, [m]	Модел 1			Модел 2			Модел 3		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
18,00	70,59	<b>40,91**</b>	<b>301,32</b>	70,58	<b>40,91**</b>	<b>301,32</b>	<b>448,20</b>	<b>302,63**</b>	300,06
15,00	815,73	<b>54,23</b>	573,22	815,72	<b>54,23</b>	<b>573,26</b>	<b>862,62</b>	42,10	569,42
12,00	2423,73	<b>99,61</b>	878,14	2423,47	99,60	<b>878,81</b>	<b>2489,70</b>	89,24	872,32
9,00	4644,25	141,55	1115,51	4639,22	<b>141,58</b>	<b>1128,28</b>	<b>4727,45</b>	134,65	1107,97
6,00	7328,07	<b>183,92</b>	<b>1283,14</b>	<b>7579,60</b>	174,40	1250,51	7425,68	180,25	1274,21
3,00	10322,33	<b>226,26</b>	<b>1361,51</b>	<b>10560,99</b>	226,23	1342,04	10434,80	225,97	1351,98
0,1*	13969,21	<b>267,39</b>	1066,72	<b>13969,63</b>	267,38	1066,81	13892,00	265,83	<b>1075,96</b>
запъване	13788,24	264,59	1049,22	13788,38	264,60	1049,23	<b>13945,44</b>	<b>266,60</b>	<b>1058,14</b>

Таблица 8. Стени с отвори за врати (централно) – 12 етажни

кота, [m]	Модел 1			Модел 2			Модел 3		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
36,00	141,00	<b>82,81**</b>	602,68	141,00	<b>82,81**</b>	<b>602,69</b>	<b>869,43</b>	<b>605,63**</b>	600,17
33,00	1626,59	<b>66,43</b>	<b>1180,22</b>	1626,60	<b>66,43</b>	<b>1180,22</b>	<b>1724,88</b>	39,14	1172,35
30,00	4977,89	<b>114,73</b>	<b>1890,98</b>	4977,90	<b>114,73</b>	<b>1890,98</b>	<b>5122,89</b>	87,74	1878,41
27,00	9844,59	<b>156,32</b>	<b>2534,64</b>	9844,59	<b>156,32</b>	<b>2534,64</b>	<b>10037,24</b>	132,97	2517,49
24,00	16078,03	198,74	<b>3108,72</b>	16078,04	<b>198,75</b>	<b>3108,72</b>	<b>16318,48</b>	178,61	3087,15
21,00	23527,69	<b>241,06</b>	<b>3613,25</b>	23527,69	<b>241,06</b>	<b>3613,25</b>	<b>23815,62</b>	224,20	3587,46
18,00	32042,89	<b>283,39</b>	4048,38	32042,83	<b>283,39</b>	<b>4048,54</b>	<b>32377,56</b>	269,78	4018,59
15,00	41473,00	<b>325,71</b>	4414,28	41471,75	325,70	<b>4417,43</b>	<b>41853,23</b>	315,36	4380,73
12,00	51667,34	368,02	4711,11	51643,66	<b>368,08</b>	<b>4771,11</b>	<b>52091,52</b>	360,94	4674,08
9,00	62475,35	410,34	<b>4938,82</b>	<b>63093,37</b>	<b>411,74</b>	4739,11	62941,37	406,52	4898,60
6,00	73748,01	<b>452,64</b>	<b>5093,46</b>	<b>74260,42</b>	452,07	5003,27	74251,99	452,06	5050,43
3,00	85365,63	494,99	5096,68	85422,76	493,41	<b>5164,10</b>	<b>85878,13</b>	<b>497,91</b>	5052,97
0,1*	99902,77	<b>535,73</b>	3986,81	<b>99903,94</b>	535,67	3987,06	99344,96	532,52	<b>4035,17</b>
запъване	98472,05	529,52	3898,09	98472,45	529,54	3898,10	<b>99476,37</b>	<b>533,54</b>	<b>3945,30</b>

**ГРУПА В** – Стени с дължини в план 6 m, с отвори за прозорци и врати

Таблица 9. Стени с отвори за прозорци (централно) – 6 етажни

кота, [m]	Модел 1			Модел 2		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
18,00	90,44	<b>38,66**</b>	301,30	90,33	<b>38,66**</b>	<b>301,31</b>
15,00	879,85	<b>101,23</b>	425,02	879,84	<b>101,23</b>	425,02
12,00	2532,99	<b>193,64</b>	650,02	2532,88	193,63	650,02
9,00	4786,86	<b>285,85</b>	825,02	4786,25	285,84	825,03
6,00	7491,28	378,08	950,02	<b>7552,77</b>	<b>378,68</b>	944,22
3,00	10497,26	470,30	1025,01	10461,31	471,16	1022,77
0,1*	13817,96	<b>563,16</b>	1054,50	13820,81	563,05	1054,56
запъване	13743,17	563,83	1049,67	13744,00	563,78	1049,67

Таблица 9. Стени с отвори за прозорци (централно) – 6 етажни - продължение

кота, [m]	Модел 3			Модел 4		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
18,00	<b>901,71</b>	<b>302,30**</b>	300,04	89,84	<b>38,65**</b>	<b>301,31</b>
15,00	<b>901,25</b>	94,08	<b>425,04</b>	879,77	101,22	425,02
12,00	<b>2550,25</b>	187,89	<b>650,03</b>	2532,38	193,62	650,02
9,00	4799,85	281,54	<b>825,04</b>	<b>4839,92</b>	286,78	819,83
6,00	7499,90	375,20	<b>950,04</b>	7500,14	375,22	950,02
3,00	<b>10501,25</b>	468,87	<b>1025,02</b>	10460,08	<b>471,22</b>	1022,81
0,1*	13745,72	561,38	<b>1056,20</b>	<b>13821,47</b>	563,07	1054,58
запъване	<b>13818,85</b>	<b>564,23</b>	<b>1052,21</b>	13744,20	563,81	1049,68

Таблица 10. Стени с отвори за прозорци (централно) – 12 етажни

кота, [m]	Модел 1			Модел 2			Модел 3		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
36,00	178,82	<b>78,51**</b>	602,64	178,82	<b>78,51**</b>	<b>602,65</b>	<b>1803,47</b>	<b>605,32**</b>	600,13
33,00	1755,75	<b>110,21</b>	875,04	1755,77	<b>110,21</b>	875,04	<b>1802,81</b>	94,48	<b>875,07</b>
30,00	5207,83	<b>202,79</b>	1400,03	5207,85	202,78	1400,03	<b>5250,94</b>	188,42	<b>1400,06</b>
27,00	10161,24	<b>294,99</b>	1875,04	10161,25	<b>294,99</b>	1875,04	<b>10200,13</b>	282,06	<b>1875,08</b>
24,00	16465,22	<b>387,21</b>	2300,06	16465,23	<b>387,21</b>	2300,06	<b>16499,79</b>	375,72	<b>2300,11</b>
21,00	23969,61	<b>479,44</b>	2675,07	23969,60	<b>479,44</b>	2675,07	<b>23999,78</b>	469,39	<b>2675,13</b>
18,00	32524,35	<b>571,67</b>	3000,08	32524,26	<b>571,67</b>	3000,08	<b>32550,06</b>	563,05	<b>3000,15</b>
15,00	41979,41	<b>663,90</b>	3275,09	41978,86	<b>663,90</b>	3275,09	<b>42000,60</b>	656,71	<b>3275,17</b>
12,00	52184,78	<b>756,13</b>	3500,10	52181,69	756,11	3500,13	<b>52201,40</b>	750,37	<b>3500,18</b>
9,00	62990,56	848,36	3675,11	<b>63280,56</b>	<b>849,50</b>	3649,55	63002,55	844,03	<b>3675,19</b>
6,00	74247,39	<b>940,59</b>	3800,10	<b>74255,51</b>	937,73	3800,12	74254,60	937,70	<b>3800,19</b>
3,00	85809,16	1032,80	3875,07	85723,02	<b>1034,26</b>	3872,68	<b>85810,86</b>	1031,36	<b>3875,11</b>
0,1*	98787,86	<b>1130,30</b>	3928,28	<b>98799,01</b>	1130,17	3928,53	98295,46	1126,61	<b>3938,31</b>
запъване	98123,11	1128,54	3897,96	98126,52	1128,52	3897,99	<b>98535,75</b>	<b>1129,38</b>	<b>3914,11</b>

Таблица 11. Стени с отвори за врати (централно) – 6 етажни

кота, [m]	Модел 1			Модел 2		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
18,00	121,15	40,49**	301,30	120,97	40,49**	301,31
15,00	831,34	116,39	511,50	830,89	116,38	512,38
12,00	2466,10	213,09	769,15	2464,30	213,08	772,59
9,00	4703,23	311,56	972,17	4695,81	311,82	986,34
6,00	7398,41	409,86	1111,32	7463,24	410,69	1085,88
3,00	10412,08	508,31	1166,78	10414,56	507,68	1143,22
0,1*	13795,00	603,87	1055,32	13796,19	603,89	1055,44
запъване	13731,58	602,45	1049,52	13731,88	602,46	1049,51

Таблица 11. Стени с отвори за врати (централно) – 6 етажни - продължение

кота, [m]	Модел 3			Модел 4		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
18,00	901,92	302,29**	300,04	120,34	40,47**	301,31
15,00	872,96	106,24	509,32	829,27	116,36	515,45
12,00	2511,28	205,61	766,12	2457,99	213,48	784,64
9,00	4750,79	306,43	968,41	4756,54	311,73	957,22
6,00	7445,02	407,28	1107,09	7452,11	406,91	1087,77
3,00	10448,99	508,20	1162,69	10410,52	507,91	1147,79
0,1*	13723,88	601,05	1057,74	13796,66	603,88	1055,49
запъване	13796,33	603,35	1052,44	13732,01	602,47	1049,51

Таблица 12. Стени с отвори за врати (централно) – 12 етажни

кота, [m]	Модел 1			Модел 2			Модел 3		
	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]	M, [kN.m]	N, [kN]	V, [kN]
36,00	240,73	82,23**	602,64	240,73	82,23**	602,65	1803,89	605,30**	600,12
33,00	1654,56	134,39	1056,51	1654,58	134,39	1056,51	1744,26	111,82	1051,94
30,00	5062,05	229,63	1661,75	5062,06	229,63	1661,77	5166,85	209,82	1655,12
27,00	9967,31	328,34	2219,86	9967,29	328,34	2219,93	10087,76	310,66	2211,13
24,00	16227,02	426,74	2721,38	16226,90	426,75	2721,64	16362,02	411,57	2710,71
21,00	23692,67	524,98	3164,09	23692,13	524,98	3165,16	23840,68	512,40	3151,67
18,00	32214,58	623,20	3547,44	32212,29	623,19	3551,85	32373,92	613,20	3533,46
15,00	41642,86	721,43	3871,08	41633,36	721,41	3889,28	41811,72	714,01	3855,75
12,00	51827,97	819,66	4134,00	51788,58	820,13	4209,26	52004,20	814,81	4117,52
9,00	62621,98	917,87	4332,07	62931,76	921,50	4239,90	62802,23	915,61	4314,69
6,00	73883,75	1016,10	4448,17	74089,45	1015,19	4350,74	74059,85	1016,42	4430,32
3,00	85500,02	1114,78	4411,74	85540,11	1113,33	4368,61	85644,17	1117,38	4394,66
0,1*	98694,59	1210,95	3928,15	98700,56	1210,97	3928,68	98199,19	1205,19	3940,98
запъване	98078,16	1205,52	3898,01	98080,09	1205,56	3897,99	98439,64	1207,27	3912,82

Забележки, отнасящи се за всички таблици с данни:

1. Ред втори (отдолу нагоре), отбелязан със \*, се отнася за хоризонтално сечение/разрез през стената или операция с опция „Редуктор“ – за височина 10 cm (0,1 m), колкото е размерността на един краен елемент, т.е. за 0,1 m над запъването.



2. Колоните от таблиците със стойности за  $N$  – силите на етажи 6 и 12, отбелязани с \*\* и с **червен цвят**, означават ОПЪН. Всички неотбелязани по този начин  $N$  – сили, т.е. въведени с черен цвят, означават НАТИСК.
3. Предвид знакопроменливия характер на сеизмичното въздействие, усилията:  $M$  и  $V$ , са показани без знаци.
4. Оцветените (със сив фон) клетки в таблиците и с удебелен текст (**Bold**), показват максималните стойности за даденото разрезно усилие, от разглежданите модели.

#### 4. ИЗВОДИ ОТ ПОЛУЧЕНИТЕ СТОЙНОСТИ НА РАЗРЕЗНИТЕ УСИЛИЯ

Модел 3 показва максимални разрезни усилия ( $M$  и  $V$ ) винаги при запъването. При Модел 1 и Модел 2 максимумите са на ниво 0,1 m над запъването. При б – етажните стени с дължина в план 6 m, стойностите на разрезните усилия от Модел 4 са сходни с тези от Модел 2. От прегледа на резултатите може да се види, че се появява опън (+  $N$ ) във върха при последното ниво на съответната кота. При увеличаване на дължината на стените в план, се наблюдава намаляване на стойностите на огъващите моменти (за всички модели). Може да се каже, че напрегнатото състояние на стоманобетонните конструктивни стени, не се влияе от геометричната им височина, при сравняване на изчислителните модели.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] БДС EN 206:2013+A1:2016/NA:2017 – Български институт по стандартизация, 2017
- [2] Богданов Н., Баракова Н., Анализ при изчисляване на стенна стоманобетонна конструкция със и без отчитане на общата дуктиленост на сградата, Годишник на УАСГ София, том 51, 2018 г., бр. 3, стр. 37-47
- [3] Георгиев Г., Цветков Ст., Методическо ръководство за разработване на курсов проект по Стоманобетонни конструкции по Еврокод, част Първа, глава Втора: Сеизмично проектиране на стоманобетонни стенни конструкции, ВСУ, С., 2013
- [4] Махмуд Е., Абдулахад Е., Ефективна коравина на стоманобетонни елементи при сеизмичен анализ, X Международна научна конференция „Проектиране и строителство на сгради и съоръжения“ 20-22 септември 2018 г. Варна DCB 2018, стр. 633-643
- [5] Милев, Й., Сеизмично проектиране на стоманобетонни конструкции. Част първа: Практическо ръководство. София: КИИП, 2012
- [6] Сотиров, П., Н. Игнатиев, Д. Михалева, И. Павлов, Практическо ръководство с решени примери по прилагането на ЕВРОКОД 8-1 - Проектиране на конструкциите за сеизмични въздействия (Нови сгради). София: КИИП, 2012
- [7] Хандрулева Ан., Матуски Вл., Казаков К., Банков Б., Ръководство за решаване на задачи по теория на еластичността, устойчивост и динамика на строителните конструкции, С., 2011
- [8] Хандрулева Ан., Янакиева А., Казаков К., Анализ на плочи по метода на еластичната схема чрез коректурни коефициенти получени по метода на крайните елементи, DCB'2010 МНК „Проектиране и строителство на сгради и съоръжения и приложение на Еврокодовете“, 9-11 септември 2010, Варна, България (стр. 299-304)
- [9] Bertero V., Seismic behavior of R/C wall structural systems. University of California, Berkeley
- [10] Paulay, T. & M. Priestley, Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1992
- [11] [https://tower.bg/wp-content/uploads/2018/10/Ex\\_2\\_Wall-system.pdf](https://tower.bg/wp-content/uploads/2018/10/Ex_2_Wall-system.pdf) (06.2020)
- [12] Tower 6 Програма за статичен и динамичен анализ на конструкции – Ръководство с инструкции за работа с програмата, [http://www.vag.bg/dl/Tower6\\_user\\_manual\\_BUL.pdf](http://www.vag.bg/dl/Tower6_user_manual_BUL.pdf) (07.2020)