

Волгоградский государственный технический университет

Кафедра строительных конструкций, оснований и надёжности сооружений

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

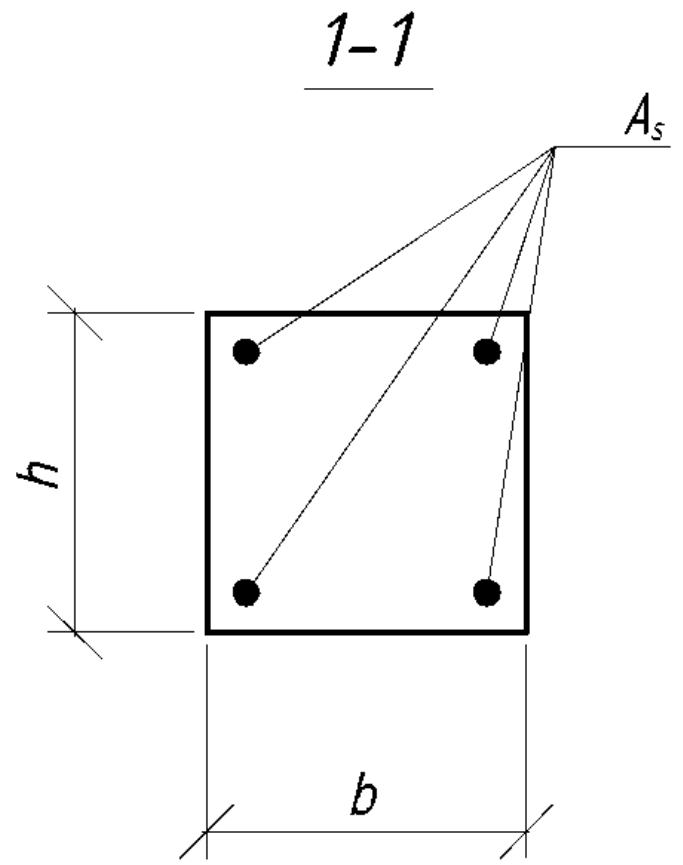
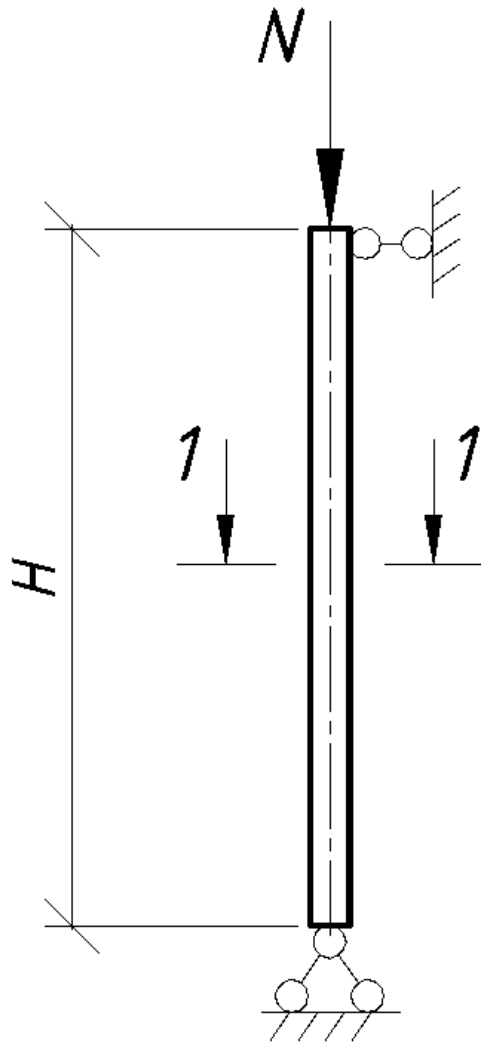
*Кандидат технических наук, доцент
Рекунов Сергей Сергеевич*

Курсовая работа по дисциплине
«РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

Расчёт усиления железобетонной колонны

Для заданной железобетонной колонны необходимо:

1. Выполнить оценку необходимости усиления;
2. Определить несущую способность усиленной конструкции и, в случае необходимости, откорректировать исходные параметров элементов усиления с последующим перерасчётом;
3. Изобразить схему усиления конструкции.



1. Проверка прочности существующей колонны.

Стержни продольной арматуры железобетонной конструкций работают совместно с бетоном. Поэтому, для проверки прочности сечения необходимо определить, какая доля от общего усилия, возникающего в колонне, приходится на арматуру.

Уравнение равновесия для колонны

$$\sum Z = 0, \quad N_a + N_b - F = 0, \quad (1)$$

где N_b – усилие в бетоне, N_a – усилие в продольной арматуре.

В уравнении (1) имеется два неизвестных, следовательно, необходимо составить уравнение перемещений. При совместной работе арматуры и бетона величины их абсолютного удлинения (укорочения) будут равны

$$\Delta \cdot l_a = \Delta \cdot l_b. \quad (2)$$

Используя закон Гука, равенство (2) можно записать следующим образом:

$$\frac{N_a}{E_a A_a} = \frac{N_b}{E_b A_b}. \quad (3)$$

Учитывая, что $\sigma = N / A$, равенство (3) приобретет следующий вид

$$\frac{\sigma_a}{E_a} = \frac{\sigma_b}{E_b}. \quad (4)$$

Из (4) выразим напряжение в арматуре

$$\sigma_a = \frac{\sigma_b E_a}{E_b}. \quad (5)$$

Зная зависимость между модулями упругости арматуры и бетона $E_a = 10E_b$, напряжение в арматуре также можно записать в виде

$$\sigma_a = 10\sigma_b. \quad (6)$$

Подставив в уравнение (1) значения усилий, выраженные через напряжения, получим следующее равенство

$$\sigma_a A_a + \sigma_b A_b = F. \quad (7)$$

С учетом зависимости (6) равенство (7) приобретет следующий вид:

$$10\sigma_b A_a + \sigma_b A_b = F. \quad (8)$$

Площадь бетона приблизительно равна площади всего поперечного сечения колонны: $A_b = A_k = b \cdot h$, площадь арматуры берется из сортамента арматуры.

Проверка прочности проводится по формуле

$$\sigma_b = \frac{F}{10A_a + A_b} \leq [\sigma].$$

2. Усиление колонны с помощью железобетонной обоймы.

Зададимся толщиной обоймы d . Суммарные размеры сечения:

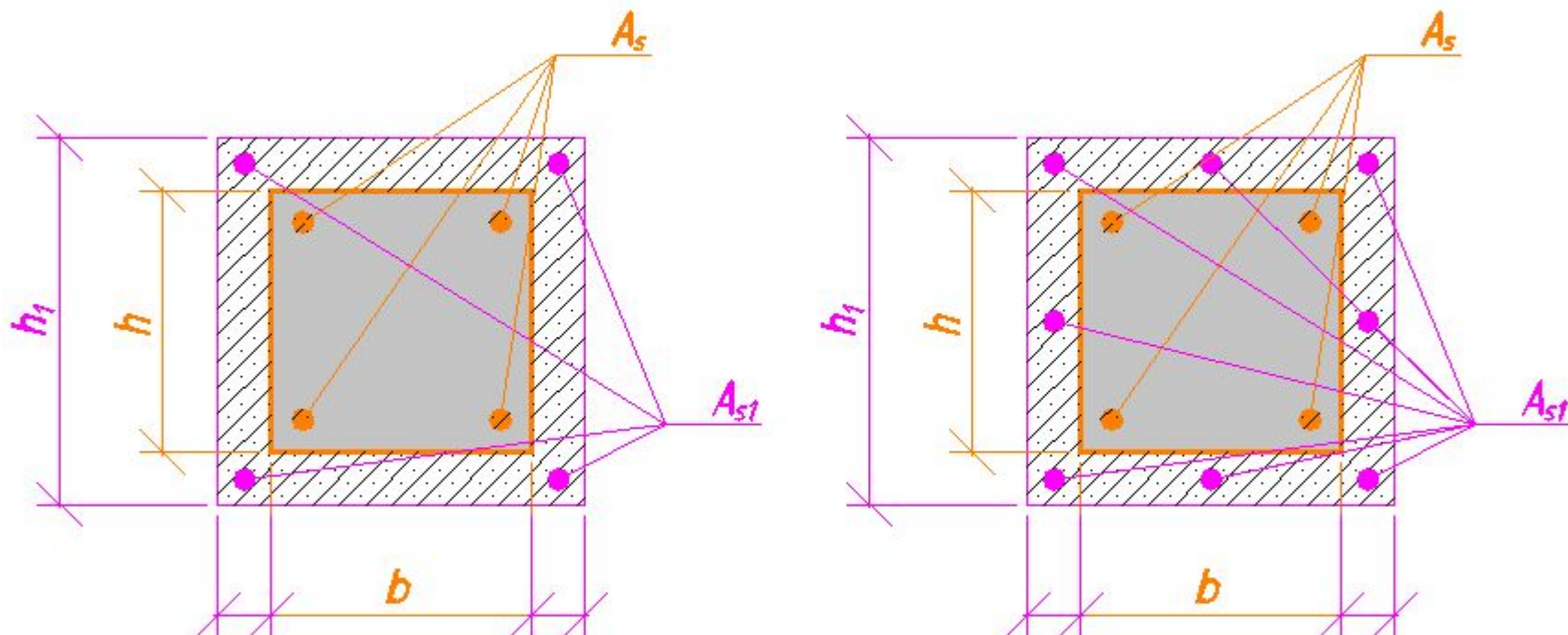
$$b_1 = b + 2 \cdot d,$$

$$h_1 = h + 2 \cdot d$$

Минимальная величина требуемой площади сечения продольной арматуры будет равна

$$A_a = \frac{F - \sigma_b \cdot A_{1b}}{10\sigma_b}.$$

По таблицам сортамента арматурного проката принимаем в качестве продольной арматуры колонны 4 стержня или 8 стержней, суммарная площадь которых должна превышать требуемую.



Для продольной рабочей арматуры в колонне толщина защитного слоя должна быть не менее диаметра стержня и не менее 30 мм.

Диаметр продольных стержней в колоннах должен быть не менее 10мм и не должен превышать для бетона тяжелого и мелкозернистого марки менее В25 - 40мм.

Пример расчёта

Исходные данные:

Железобетонная колонна сечением $b \times h = 0,3 \times 0,3$ м.

Бетон класса В15. Рабочая продольная арматура $4\emptyset 12$ АII.

Эксцентриситет приложения нагрузки $e_0 = 0$.

Нагрузка $F = 1400$ кН.

Решение

По сортаменту арматуры для $4\varnothing 12\text{AII}$ – площадь $A'_s = 4,52\text{см}^2$.

По СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные понятия» для бетона класса В15 $R_b = 8,5\text{МПа}$.

Проверка прочности проводится по формуле

$$\sigma_{\sigma} = \frac{F}{10A_a + A_{\sigma}} = \frac{1400 \cdot 10^3}{10 \cdot 4,52 \cdot 10^{-4} + 0,3 \cdot 0,3} = 14,812\text{МПа} > 8,5\text{МПа}.$$

Следовательно, требуется усиление.

Диаметр, мм	Расчетные площади поперечного сечения, см ² , при числе стержней									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	0.071	0.14	0.21	0.28	0.35	0.42	0.49	0.57	0.64	0.71
4	0.126	0.25	0.38	0.5	0.63	0.76	0.88	1.01	1.13	1.26
5	0.196	0.39	0.59	0.79	0.98	1.18	1.37	1.57	1.77	1.96
6	0.283	0.57	0.85	1.13	1.42	1.7	1.98	2.26	2.55	2.83
8	0.503	1.01	1.51	2.01	2.51	3.02	3.52	4.02	4.53	5.03
10	0.785	1.57	2.36	3.14	3.93	4.74	5.5	6.28	7.07	7.85
12	1.131	2.26	3.39	4.52	5.65	6.79	7.92	9.05	10.18	11.31
14	1.539	3.08	4.62	6.16	7.69	9.23	10.77	12.31	13.85	15.39
16	2.011	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.1	20.11
18	2.545	5.09	7.63	10.18	12.72	15.27	17.81	20.36	22.90	25.45
20	3.142	6.28	9.41	12.56	15.71	18.85	21.99	25.14	28.28	31.42
22	3.801	7.6	11.4	15.2	19.0	22.81	26.61	30.41	34.21	38.01
25	4.909	9.82	14.73	19.63	25.54	29.45	34.36	39.27	44.18	49.09
28	6.157	12.32	18.47	24.63	30.79	36.94	43.1	49.266	55.41	61.575
32	8.043	16.08	24.18	32.17	40.21	48.25	56.3	64.34	72.38	80.42
36	10.18	20.36	30.54	40.72	50.9	61.08	71.26	81.44	91.62	101.8
40	12.56	25.12	37.68	50.24	62.8	75.36	87.92	100.5	113.04	125.6

№ профиля арматуры, диаметр в мм	Площадь поперечного сечения, кв.см.
6	0,283
8	0,503
10	0,785
12	1,131
14	1,54
16	2,01
18	2,54
20	3,14
22	3,8
25	4,91
28	6,16
32	8,04
36	10,18
40	12,57
45	15,00
50	19,63
55	23,76
60	28,27
70	38,48
80	50,27

Таблица 6.8

Вид	Бетон	Расчетные сопротивления бетона R_b, R_{br} , МПа, для предельных состояний первой группы при классе бетона по прочности на сжатие																					
		B1,5	B2	B2,5	B3,5	B5	B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60	B70	B80	B90	B100
Сжатие осевое (призмента прочность) R_b	Тяжелый, мелкозернистый и напрягающий	—	—	—	2,1	2,8	4,5	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5	30,0	33,0	37,0	41,0	44,0	47,5
	Легкий	—	—	1,5	2,1	2,8	4,5	6,0	7,5	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ячеистый	0,95	1,3	1,6	2,2	3,1	4,6	6,0	7,0	7,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Растяжение осевое R_{br}	Тяжелый, мелкозернистый и напрягающий	—	—	—	0,26	0,37	0,48	0,56	0,66	0,75	0,90	1,05	1,15	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,10	2,15	2,20
	Легкий	—	—	0,20	0,26	0,37	0,48	0,56	0,66	0,75	0,90	1,05	1,15	1,30	1,40	—	—	—	—	—	—	—	—
	Ячеистый	0,09	0,12	0,14	0,18	0,24	0,28	0,39	0,44	0,46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания

- 1 Значения сопротивлений приведены для ячеистого бетона средней влажностью 10 %.
- 2 Для мелкозернистого бетона на песке с модулем крупности 2,0 и менее, а также для легкого бетона на мелком пористом заполнителе значения расчетных сопротивлений R_b следует принимать с умножением на коэффициент 0,8.
- 3 Для поризованного бетона, а также для керамзитоперлитобетона на вспученном перлитовом песке значения расчетных сопротивлений R_b следует принимать как для легкого бетона с умножением на коэффициент 0,7.
- 4 Для напрягающего бетона значения R_{br} следует принимать с умножением на коэффициент 1,2.
- 5 Для тяжелых бетонов классов В70–В100 расчетные значения сопротивления осевому сжатию R_b и осевому растяжению R_{br} приняты с учетом дополнительного понижающего коэффициента $\gamma_{b,br}$, учитывающего увеличение хрупкости высокопрочных бетонов в связи с уменьшением деформаций ползучести

и равного $\gamma_{b,br} = \frac{360 - B}{300}$, где B – класс бетона по прочности на сжатие.

Принимаем толщину обоймы $d = 5$ см.

Суммарные размеры сечения:

$$b_1 = 0,3 + 2 \cdot 0,05 = 0,4 \text{ м}, \quad h_1 = 0,3 + 2 \cdot 0,05 = 0,4 \text{ м}.$$

Минимальная величина требуемой площади сечения продольной арматуры будет равна

$$A_a = \frac{1400 \cdot 10^3 - 8,5 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,4}{10 \cdot 8,5 \cdot 10^6} = 0,000471 \text{ м}^2 = 4,71 \text{ см}^2.$$

Масса 1погонного метра кг.	Диаметр арматуры	Расчетная площадь (см ²) 1 стержня	Расчетная площадь (см ²) 2 стержня	Расчетная площадь (см ²) 3 стержня	Расчетная площадь (см ²) 4 стержня	Расчетная площадь (см ²) 5 стержня	Расчетная площадь (см ²) 6 стержня	Расчетная площадь (см ²) 7 стержня	Расчетная площадь (см ²) 8 стержня	Расчетная площадь (см ²) 9 стержня
0,055	3	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,57	0,64
0,099	4	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,01	1,13
0,154	5	0,20	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77
0,222	6	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54
0,395	8	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52
0,617	10	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07
0,888	12	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18
1,208	14	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85
1,578	16	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10
1,998	18	2,54	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90
2,466	20	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27
2,984	22	3,80	7,60	11,40	15,21	19,01	22,81	26,61	30,41	34,21
3,853	25	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18
4,834	28	6,16	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42
6,313	32	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38
7,990	36	10,18	20,36	30,54	40,72	50,89	61,07	71,25	81,43	91,61
9,865	40	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10
12,485	45	15,90	31,81	47,71	63,62	79,52	95,43	111,33	127,23	143,14
15,413	50	19,63	39,27	58,90	78,54	98,17	117,81	137,44	157,08	176,71
18,650	55	23,76	47,52	71,27	95,03	118,79	142,55	166,31	190,07	213,82
22,195	60	28,27	56,55	84,82	113,10	141,37	169,65	197,92	226,19	254,47
30,210	70	38,48	76,97	115,45	153,94	192,42	230,91	269,39	307,88	346,36
39,458	80	50,27	100,53	150,80	201,06	251,33	301,59	351,86	402,12	452,39

Масса 1 погонно го метра кг.	Диаметр армату ры	Расчетная площадь (см ²) 1 стержня	Расчетная площадь (см ²) 2 стержней	Расчетная площадь (см ²) 3 стержней	Расчетная площадь (см ²) 4 стержней	Расчетная площадь (см ²) 5 стержней	Расчетная площадь (см ²) 6 стержней	Расчетная площадь (см ²) 7 стержней	Расчетная площадь (см ²) 8 стержней	Расчетная площадь (см ²) 9 стержней	Расчетная площадь (см ²) 10 стержней
0,055	3	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,57	0,64	0,7
0,099	4	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,01	1,13	1,3
0,154	5	0,20	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	2,0
0,222	6	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,8
0,395	8	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,0
0,617	10	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,9
0,888	12	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,3
1,208	14	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,4
1,578	16	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,1
1,998	18	2,54	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90	25,4
2,466	20	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,4
2,984	22	3,80	7,60	11,40	15,21	19,01	22,81	26,61	30,41	34,21	38,0
3,853	25	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,1
4,834	28	6,16	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42	61,6
6,313	32	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,4
7,990	36	10,18	20,36	30,54	40,72	50,89	61,07	71,25	81,43	91,61	101,8
9,865	40	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	125,7
12,485	45	15,90	31,81	47,71	63,62	79,52	95,43	111,33	127,23	143,14	159,0
15,413	50	19,63	39,27	58,90	78,54	98,17	117,81	137,44	157,08	176,71	196,3
18,650	55	23,76	47,52	71,27	95,03	118,79	142,55	166,31	190,07	213,82	237,6
22,195	60	28,27	56,55	84,82	113,10	141,37	169,65	197,92	226,19	254,47	282,7
30,210	70	38,48	76,97	115,45	153,94	192,42	230,91	269,39	307,88	346,36	384,8
39,458	80	50,27	100,53	150,80	201,06	251,33	301,59	351,86	402,12	452,39	502,7

1 вариант:

$4\varnothing 14\text{AII}$ – площадь $A_s = 6,16 \text{ см}^2$.

2 вариант:

$8\varnothing 10\text{AII}$ – площадь $A_s = 6,28 \text{ см}^2$.

Принимаем первый вариант.

