АРХИТЕКТУРНО — ПЛАНИРОВОЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ Г. МОСКВЫ
ИНСТИТУТ „МОСПРОЕКТ“
ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

СПРАВОЧНИК
ИНЖЕНЕРА—КОНСТРУКТОРА

ВТОРОЕ ИЗДАНИЕ

МОСКВА
1960

Редактор Дыховичный Ю. А. Технический редактор Гершензон Г. Е.

Сдано в производство 17 июня 1959 г. Подписано в печать 31 августа 1960 г.
А 133745. Тираж 5100 экз. Зак. № 548. Бумага 70 × 108¹/₁₆. Объем 29 п. л.

Типография «Красный пролетарий» Госполитиздата Министерства культуры СССР.
Москва, Краснопролетарская, 16.

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Справочник инженера-конструктора» предназначен для инженеров и техников, работающих в области проектирования жилых и гражданских зданий в институте Моспроект.

Справочник содержит материалы по расчету и конструированию строительных конструкций, общие справочные данные, необходимые для проектирования, основные технические данные по строительным материалам, выпускаемым московской промышленностью.

Справочник составлен в соответствии со СНиПом и действующими техническими условиями.

В основу положен метод расчета конструкций по предельным состояниям.

Выпуск настоящего справочника ставит целью в известной степени восполнить пробел в справочных материалах по современному жилищно-гражданскому проектированию и методах расчета конструкций по предельным состояниям.

В соответствующих разделах справочника приведены примеры расчета элементов конструкций, наиболее часто встречающихся в практике проектирования жилых и гражданских зданий.

Справочник состоит из следующих разделов:

1. Математика.
2. Статика.
3. Нагрузки.
4. Железобетонные конструкции.
5. Каменные конструкции.
6. Деревянные конструкции.
7. Стальные конструкции.
8. Грунты, фундаменты, свайные основания, подпорные стенки.
9. Гидроизоляция жилых и общественных зданий.
10. Звукоизоляция жилых и общественных зданий.
11. Строительные материалы.

Справочник составлен в Техническом отделе института «Моспроект».

Автор-составитель справочника инженер **Мичурин В. Ф.**

Общая редакция инженера **Дыховичного Ю. А.**

Справочник рассмотрен и одобрен редакционной комиссией под председательством главного инженера института «Моспроект» **Г. Н. Львова** в составе: **Л. И. Богаткина, Н. Д. Вишневского, А. И. Гохбаума, М. Ф. Гунгера, Л. М. Гохмана, Ю. А. Дыховичного, А. Н. Кондратьева, Н. В. Никитина, А. А. Румянцева.**

Технический отдел института «Моспроект».

ОГЛАВЛЕНИЕ

		стр
Математика	**М**	5
Статика	**С**	25
Нагрузка	**Н**	73
Железобетонные конструкции	**ЖБ**	87
Каменные конструкции	**КК**	159
Деревянные конструкции	**ДК**	269
Стальные конструкции	**СК**	311
Грунты, фундаменты, свайные основания, подпорные стенки	**Г**	385
Гидроизоляция жилых и общественных зданий	**ГИ**	403
Звукоизоляция жилых и общественных зданий	**ЗИ**	417
Строительные материалы	**СМ**	431

M

МАТЕМАТИКА

ОГЛАВЛЕНИЕ

Алгебра:

Формулы сокращенного умножения и деления М1
Степени и корни М1
Уравнение 2-й степени с одним неизвестным М1
Детерминанты М1
Решение системы линейных уравнений М1
Логарифмы. Прогрессии. Соединения. Бином Ньютона . . . М2

Тригонометрия:

Функции одного угла М2
Функции суммы и разности двух углов М2
Функции двойного и половинного углов М3
Функции отрицательного угла М3
Сумма и разность функций двух углов М3
Формулы приведения М3
Значение тригонометрических функций для углов первой четверти М3
Натуральные тригонометрические функции (для α от 0° до 45°) М4

Геометрия:

Решение треугольников. Трапеция. Ромб М5
Пятиконечная звезда. Правильные многоугольники М5
Геометрические данные фигур и тел М6
Геометрические данные правильных многоугольников . . . М6
Тела вращения М7
Длина дуги, стрелки, хорды и площадь сегмента круга радиуса равного 1 . . . . . М8, М9

Аналитическая геометрия:

Уравнения некоторых кривых в декартовых координатах . . М10
Таблица значений y и $tg\ \varphi$ для параболы, окружности и эллипса М11
Решение уравнений при помощи построения графиков функций М11

Дифференциальное исчисление:

Основные правила дифференцирования М12
Геометрический смысл производной М12
Нахождение максимума (минимума) функции М12
Производные основных элементарных функций М12

Интегральное исчисление:

Общие правила интегрирования М13
Геометрический смысл определенного интеграла М13
Интегралы основных функций М13
Значения определенных интегралов для некоторых функций М14

Вспомогательные таблицы:

Некоторые постоянные величины М15
Числовые значения некоторых функций М16, М17

Формулы сокращенного умножения и деления

$(a+b)^2 = a^2+2ab+b^2$ $\quad (a-b)^2 = a^2-2ab+b^2$

$(a+b)^3 = a^3+3a^2b+3ab^2+b^3$ $\quad (a-b)^3 = a^3-3a^2b+3ab^2-b^3$

$a^2-b^2 = (a+b)(a-b)$

$a^3+b^3 = (a+b)(a^2-ab+b^2)$

$a^3-b^3 = (a-b)(a^2+ab+b^2)$

Степени и корни

$a^m \cdot a^n = a^{m+n}$ $\quad \frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$ $\quad a^0 = 1$ $\quad \frac{1}{a^n} = a^{-n}$

$(a^m)^n = a^{mn}$ $\quad \sqrt[n]{a^m} = a^{\frac{m}{n}}$

Уравнение 2й степени с одним неизвестным

$x^2 + px + q = 0$ $\quad x = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}$

$ax^2 + bx + c = 0$ $\quad x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2-4ac}}{2a}$

Детерминанты

2го порядка

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} \begin{matrix} - \\ + \end{matrix} = a_{11}a_{22} - a_{21} \cdot a_{12}$$

3го порядка

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \\ a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{vmatrix} \begin{matrix} - \\ - \\ - \\ + \\ + \\ + \end{matrix} = a_{11}a_{22}a_{33} + a_{21}a_{32}a_{13} + a_{31}a_{12}a_{23} - a_{31}a_{22}a_{13} - a_{11}a_{32}a_{23} - a_{21}a_{12}a_{33}$$

Решение системы линейных уравнений

$$\begin{aligned} a_1x + b_1y - c_1 &= 0 \\ a_2x + b_2y - c_2 &= 0 \end{aligned}$$

$$x = \frac{\Delta x}{\Delta} \qquad y = \frac{\Delta y}{\Delta}$$

$$\Delta_x = \begin{vmatrix} c_1 & b_1 \\ c_2 & b_2 \end{vmatrix} \qquad \Delta_y = \begin{vmatrix} a_1 & c_1 \\ a_2 & c_2 \end{vmatrix} \qquad \Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}$$

$$\begin{aligned} a_1x + b_1y + c_1z - d_1 &= 0 \\ a_2x + b_2y + c_2z - d_2 &= 0 \\ a_3x + b_3y + c_3z - d_3 &= 0 \end{aligned}$$

$$\Delta_x = \begin{vmatrix} d_1 & b_1 & c_1 \\ d_2 & b_2 & c_2 \\ d_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} \qquad \Delta_y = \begin{vmatrix} a_1 & d_1 & c_1 \\ a_2 & d_2 & c_2 \\ a_3 & d_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$\Delta_z = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & d_1 \\ a_2 & b_2 & d_2 \\ a_3 & b_3 & d_3 \end{vmatrix} \qquad \Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}$$

$$x = \frac{\Delta x}{\Delta} \quad y = \frac{\Delta y}{\Delta} \quad z = \frac{\Delta z}{\Delta}$$

Логарифмы

$\lg 1 = 0 \quad \lg(N_1 \cdot N_2) = \lg N_1 + \lg N_2 \quad \lg \frac{N_1}{N_2} = \lg N_1 - \lg N_2$

$\lg(N^n) = n \lg N \qquad \lg \sqrt[n]{N} = \frac{1}{n} \lg N$

Прогрессии

Арифметическая прогрессия $a_n = a_1 + (n-1) \cdot 2 \qquad S_n = \frac{(a_1 + a_n) n}{2}$

Геометрическая прогрессия $a_n = a_1 \cdot q^{n-1} \qquad S_n = \frac{a_1 (q^n - 1)}{q - 1}$

Бесконечно убывающая геометрическая прогрессия $\lim_{n \to \infty} S_n = \frac{a_1}{1 - q}$

Соединения

Размещения $A_n^m = n(n-1)(n-2) \cdots (n-m+1)$

Перестановки $P_n = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdots n = n!$ (факториал)

Сочетания $C_n^m = \frac{n(n-1)(n-2) \ldots (n-m+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdots m} = \frac{A_n^m}{P_m}$

$C_n^1 = n \quad C_n^m = C_n^{n-m} \quad C_n^n = C_n^0 = 1$

Бином Ньютона

$(a+b)^n = a^n + n a^{n-1} b + \frac{n(n-1)}{2!} a^{n-2} b^2 + \cdots + n a b^{n-1} + b^n$

$(a+b)^n = C_n^0 a^n + C_n^1 a^{n-1} b + C_n^2 a^{n-2} b^2 + \cdots C_n^{n-1} a b^{n-1} + C_n^n b^n$

Основные формулы тригонометрии

Функции одного угла

$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$

$1 + \operatorname{tg}^2\alpha = \sec^2\alpha$

$1 + \operatorname{ctg}^2\alpha = \csc^2\alpha$

$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$

$\operatorname{ctg}\alpha = \frac{\cos\alpha}{\sin\alpha}$

$\sin\alpha \cdot \csc\alpha = 1$

$\cos\alpha \cdot \sec\alpha = 1$

$\operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{ctg}\alpha = 1$

Функции суммы и разности двух углов

$\sin(\alpha+\beta) = \sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta$

$\sin(\alpha-\beta) = \sin\alpha\cos\beta - \cos\alpha\sin\beta$

$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta$

$\cos(\alpha-\beta) = \cos\alpha\cos\beta + \sin\alpha\sin\beta$

$\operatorname{tg}(\alpha+\beta) = \frac{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta}{1 - \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\beta} \qquad \operatorname{tg}(\alpha-\beta) = \frac{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta}{1 + \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\beta}$

$\operatorname{ctg}(\alpha+\beta) = \frac{\operatorname{ctg}\alpha \operatorname{ctg}\beta - 1}{\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta} \qquad \operatorname{ctg}(\alpha-\beta) = \frac{\operatorname{ctg}\alpha \operatorname{ctg}\beta + 1}{\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha}$

Функции двойного и половинного углов

$$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha$$

$$\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\operatorname{tg}\alpha}{1-\operatorname{tg}^2\alpha}.$$

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}}$$

$$\cos\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}}$$

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{1+\cos\alpha}}$$

Функции отрицательного угла

$$\sin(-\alpha) = -\sin\alpha \qquad \cos(-\alpha) = \cos\alpha$$

$$\operatorname{tg}(-\alpha) = -\operatorname{tg}\alpha \qquad \operatorname{ctg}(-\alpha) = -\operatorname{ctg}\alpha$$

Сумма и разность функций 2^х углов

$$\sin\alpha + \sin\beta = 2\sin\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2}$$

$$\sin\alpha - \sin\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}\sin\frac{\alpha-\beta}{2}$$

$$\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2}$$

$$\cos\alpha - \cos\beta = -2\sin\frac{\alpha+\beta}{2}\sin\frac{\alpha-\beta}{2}$$

$$\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta = \frac{\sin(\alpha+\beta)}{\cos\alpha\cos\beta} \qquad \operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta = \frac{\sin(\alpha-\beta)}{\cos\alpha\cos\beta}$$

$$\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta = \frac{\sin(\alpha+\beta)}{\sin\alpha\sin\beta} \qquad \operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta = \frac{\sin(\alpha-\beta)}{\sin\alpha\sin\beta}$$

Формулы приведения

Функция	Данный угол						
	$90-\alpha$	$90+\alpha$	$180-\alpha$	$180+\alpha$	$270-\alpha$	$270+\alpha$	$360-\alpha$
Sin	$+\cos\alpha$	$+\cos\alpha$	$+\sin\alpha$	$-\sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$-\cos\alpha$	$-\sin\alpha$
Cos	$+\sin\alpha$	$-\sin\alpha$	$-\cos\alpha$	$-\cos\alpha$	$-\sin\alpha$	$+\sin\alpha$	$+\cos\alpha$

Значение тригонометрических функций для углов 1^й четверти

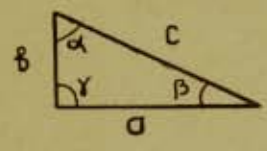
$\alpha=$	0	30°	45°	60°	90°
$\sin\alpha$	0	$\frac{\sqrt{1}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos\alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{1}}{2}$	0
$\operatorname{tg}\alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	$\pm\infty$
$\operatorname{ctg}\alpha$	$\pm\infty$	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0

Натуральные тригонометрические функции

Угол	sin	cos	tg	ctg		Угол	sin	cos	tg	ctg	
0° 0'	0,000	1,000	0,000	∞	90° 0'	23° 0'	0,391	0,921	0,424	2,356	67° 0'
20'	0,006	1,000	0,006	171,885	40'	20'	0,396	0,918	0,431	2,318	40'
40'	0,012	1,000	0,012	85,940	20'	40'	0,401	0,916	0,438	2,282	20'
1° 0'	0,017	1,000	0,017	57,290	89° 0'	24° 0'	0,407	0,914	0,445	2,246	66° 0'
20'	0,023	1,000	0,023	42,964	40'	20'	0,412	0,911	0,452	2,211	40'
40'	0,029	1,000	0,029	34,368	20'	40'	0,417	0,909	0,459	2,177	20'
2° 0'	0,035	0,999	0,035	28,636	88° 0'	25° 0'	0,423	0,906	0,466	2,145	65° 0'
20'	0,041	0,999	0,041	24,542	40'	20'	0,428	0,904	0,473	2,112	40'
40'	0,047	0,999	0,047	21,470	20'	40'	0,433	0,901	0,481	2,081	20'
3° 0'	0,052	0,999	0,052	19,081	87° 0'	26° 0'	0,438	0,899	0,488	2,050	64° 0'
20'	0,058	0,998	0,058	17,169	40'	20'	0,444	0,896	0,495	2,020	40'
40'	0,064	0,998	0,064	15,605	20'	40'	0,449	0,894	0,502	1,991	20'
4° 0'	0,070	0,998	0,070	14,301	86° 0'	27° 0'	0,454	0,891	0,510	1,963	63° 0'
20'	0,076	0,997	0,076	13,197	40'	20'	0,459	0,888	0,517	1,935	40'
40'	0,081	0,997	0,082	12,251	20'	40'	0,464	0,886	0,524	1,907	20'
5° 0'	0,087	0,996	0,087	11,430	85° 0'	28° 0'	0,469	0,883	0,532	1,881	62° 0'
20'	0,093	0,996	0,093	11,712	40'	20'	0,475	0,880	0,539	1,855	40'
40'	0,099	0,995	0,099	10,078	20'	40'	0,480	0,877	0,547	1,829	20'
6° 0'	0,105	0,995	0,105	9,514	84° 0'	29° 0'	0,485	0,875	0,554	1,804	61° 0'
20'	0,110	0,994	0,111	9,010	40'	20'	0,490	0,872	0,562	1,780	40'
40'	0,116	0,993	0,117	8,556	20'	40'	0,495	0,869	0,570	1,756	20'
7° 0'	0,122	0,993	0,123	8,144	83° 0'	30° 0'	0,500	0,866	0,577	1,732	60° 0'
20'	0,128	0,992	0,129	7,770	40'	20'	0,505	0,863	0,585	1,709	40'
40'	0,133	0,991	0,135	7,429	20'	40'	0,510	0,860	0,593	1,686	20'
8° 0'	0,139	0,990	0,141	7,115	82° 0'	31° 0'	0,515	0,857	0,601	1,664	59° 0'
20'	0,145	0,989	0,146	6,827	40'	20'	0,520	0,854	0,609	1,643	40'
40'	0,151	0,989	0,152	6,561	20'	40'	0,525	0,851	0,617	1,621	20'
9° 0'	0,156	0,988	0,158	6,314	81° 0'	32° 0'	0,530	0,848	0,625	1,600	58° 0'
20'	0,162	0,987	0,164	6,084	40'	20'	0,535	0,845	0,633	1,580	40'
40'	0,168	0,986	0,170	5,871	20'	40'	0,540	0,842	0,641	1,560	20'
10° 0'	0,174	0,985	0,176	5,671	80° 0'	33° 0'	0,545	0,839	0,649	1,540	57° 0'
20'	0,179	0,984	0,182	5,485	40'	20'	0,550	0,835	0,658	1,520	40'
40'	0,185	0,983	0,188	5,309	20'	40'	0,554	0,832	0,666	1,501	20'
11° 0'	0,191	0,982	0,194	5,145	79° 0'	34° 0'	0,559	0,829	0,675	1,483	56° 0'
20'	0,197	0,981	0,200	4,989	40'	20'	0,564	0,826	0,683	1,464	40'
40'	0,202	0,979	0,206	4,843	20'	40'	0,569	0,822	0,692	1,446	20'
12° 0'	0,208	0,978	0,213	4,705	78° 0'	35° 0'	0,574	0,819	0,700	1,428	55° 0'
20'	0,214	0,977	0,219	4,574	40'	20'	0,578	0,816	0,709	1,411	40'
40'	0,219	0,976	0,225	4,449	20'	40'	0,583	0,812	0,718	1,393	20'
13° 0'	0,225	0,974	0,231	4,331	77° 0'	36° 0'	0,588	0,809	0,727	1,376	54° 0'
20'	0,231	0,973	0,237	4,219	40'	20'	0,592	0,806	0,735	1,360	40'
40'	0,236	0,972	0,243	4,113	20'	40'	0,597	0,802	0,744	1,343	20'
14° 0'	0,242	0,970	0,249	4,011	76° 0'	37° 0'	0,602	0,799	0,754	1,327	53° 0'
20'	0,248	0,969	0,256	3,914	40'	20'	0,606	0,795	0,763	1,311	40'
40'	0,253	0,967	0,262	3,821	20'	40'	0,611	0,792	0,772	1,295	20'
15° 0'	0,259	0,966	0,268	3,732	75° 0'	38° 0'	0,616	0,788	0,781	1,280	52° 0'
20'	0,264	0,964	0,274	3,647	40'	20'	0,620	0,784	0,791	1,265	40'
40'	0,270	0,963	0,280	3,566	20'	40'	0,625	0,781	0,800	1,250	20'
16° 0'	0,276	0,961	0,287	3,487	74° 0'	39° 0'	0,629	0,777	0,810	1,235	51° 0'
20'	0,281	0,960	0,293	3,412	40'	20'	0,634	0,773	0,819	1,220	40'
40'	0,287	0,958	0,299	3,340	20'	40'	0,638	0,770	0,829	1,206	20'
17° 0'	0,292	0,956	0,306	3,271	73° 0'	40° 0'	0,643	0,766	0,839	1,192	50° 0'
20'	0,298	0,955	0,312	3,204	40'	20'	0,647	0,762	0,849	1,178	40'
40'	0,303	0,953	0,319	3,140	20'	40'	0,652	0,759	0,859	1,164	20'
18° 0'	0,309	0,951	0,325	3,078	72° 0'	41° 0'	0,656	0,755	0,869	1,150	49° 0
20'	0,315	0,949	0,331	3,018	40'	20'	0,660	0,751	0,880	1,137	40'
40'	0,320	0,947	0,338	2,960	20'	40'	0,665	0,747	0,890	1,124	20'
19° 0'	0,326	0,946	0,344	2,904	71° 0'	42° 0'	0,669	0,743	0,900	1,111	48° 0'
20'	0,331	0,944	0,351	2,850	40'	20'	0,673	0,739	0,911	1,098	40'
40'	0,337	0,942	0,357	2,798	20'	40'	0,678	0,735	0,922	1,085	20'
20° 0'	0,342	0,940	0,364	2,747	70° 0'	43° 0'	0,682	0,731	0,933	1,072	47° 0'
20'	0,347	0,938	0,371	2,699	40'	20'	0,686	0,727	0,943	1,060	40'
40'	0,353	0,936	0,377	2,651	20'	40'	0,690	0,723	0,955	1,048	20'
21° 0'	0,358	0,934	0,384	2,605	69° 0'	44° 0'	0,695	0,719	0,966	1,036	46° 0'
20'	0,364	0,931	0,391	2,560	40'	20'	0,699	0,715	0,977	1,024	40'
40'	0,369	0,929	0,397	2,517	20	40'	0,703	0,711	0,988	1,012	20'
22° 0'	0,375	0,927	0,404	2,475	68° 0'	45° 0'	0,707	0,707	1,000	1,000	45° 0'
20'	0,380	0,925	0,411	2,434	40'						
40'	0,385	0,923	0,418	2,394	20'						
23° 0'	0,391	0,921	0,424	2,356	67° 0'						
	cos	Sin	ctg	tg	Угол		Cos	Sin	ctg	tg	Угол

Решение треугольников

Прямоугольный треугольник

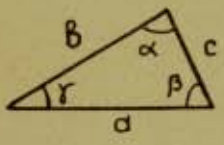


$\gamma = 90°$

$a = c \sin\alpha \quad b = c \sin\beta \quad a = b\, tg\alpha$

$a = c \cos\beta \quad b = c \cos\alpha \quad b = a\, tg\beta$

Любой треугольник



$\alpha + \beta + \gamma = 180°$

$$\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma} = 2R$$

R – радиус описанного круга

$a = b\cos\gamma + c\cos\beta \qquad a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos\alpha$

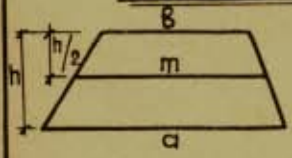
$$p = \frac{a+b+c}{2} \quad \text{(полупериметр)}$$

$$\sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{bc}} \qquad \cos\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{p(p-a)}{bc}} \qquad tg\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}}$$

S – площадь треугольника

$$S = \frac{1}{2}ab\sin\gamma = 2R^2\sin\alpha\sin\beta\sin\gamma = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} = \frac{abc}{4R}$$

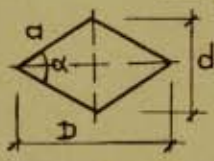
Трапеция



$$m = \frac{a+b}{2}$$

$$S = \frac{a+b}{2}\cdot h = mh$$

Ромб



$D^2 + d^2 = 4a^2$

$$S = \frac{Dd}{2}$$

$S = a^2\sin\alpha$

Пятиконечная звезда

R – радиус описанного круга

πR^2 – площадь описанного круга

$\Omega_3 = 1{,}12255\, R^2 = 0{,}35732\, \pi R^2$, $a = 0{,}725R$

Ω_3 – площадь пятиконечной звезды

Правильные многоугольники

$\mathcal{L}_0 = 2\pi R$ – длина вписанной окружности

$\Omega_0 = \pi R^2$ – площадь вписанного круга

$\mathcal{L}$ – периметр многоугольника.

Ω – площадь многоугольника

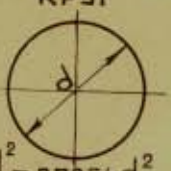
$\mathcal{L} = K\mathcal{L}_0 \qquad \Omega = K\Omega_0$

Значения коэффициента K в зависимости от числа сторон n

n	3	4	5	6	8	10	12
K	1,653982	1,273236	1,156326	1,102654	1,054784	1,034250	1,023487

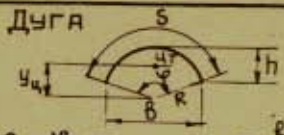
Геометрические данные фигур и тел

Круг



$$F = \frac{\pi d^2}{4} = 0{,}7854\,d^2$$

Дуга



$$S = \frac{\varphi}{180}\pi \cdot R \qquad y_ц = R\frac{b}{S}$$

$$h = 2R \cdot \sin^2\frac{\varphi}{4}$$

$$b = 2R \sin\frac{\varphi}{2}$$

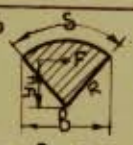
Сегмент

$$F = \frac{2}{3}bh + \frac{h^3}{2b} \text{ (точн. 1\%)}$$

$$F = \frac{R^2}{2}\left(\frac{\varphi}{180}\pi - \sin\varphi\right)$$

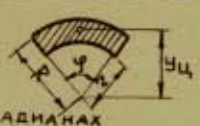
$$y_ц = \frac{b^3}{12 \cdot F} = \frac{2}{3}R^3\frac{\sin^3\frac{\varphi}{2}}{F}$$

Сектор



$$F = \frac{\varphi}{360}\pi \cdot R^2 = \frac{S \cdot R}{2}$$

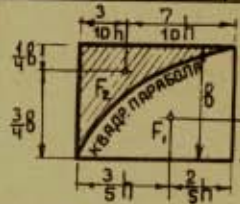
$$y_ц = \frac{2}{3}\frac{b}{S}R = \frac{R^2 b}{3F}$$



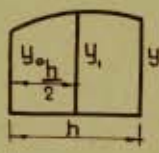
φ в радианах

$$F = \frac{\varphi}{360}\pi(R^2 - r^2)$$

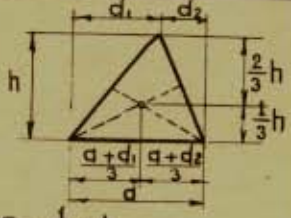
$$y_ц = \frac{4}{3}\frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \cdot \frac{\sin\frac{\varphi}{2}}{\varphi}$$



$$F_1 = \frac{2}{3}bh \qquad F_2 = \frac{bh}{3}$$

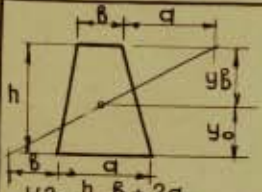


$$F \approx \frac{h}{6}(y_0 + 4y_1 + y_2)$$



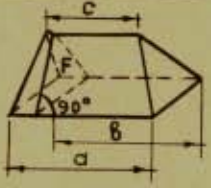
$$F = \frac{1}{2}ah$$

$$F_1 = \frac{3}{4}b \cdot h \qquad F_2 = \frac{bh}{4}$$



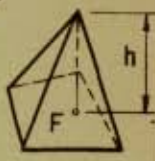
$$y_B = \frac{h}{3}\frac{b + 2a}{a + b}$$

$$y_0 = \frac{h}{3}\frac{a + 2b}{a + b} \qquad F = \frac{a+b}{2}h$$



$$V = F\frac{a + b + c}{3}$$

Пирамида

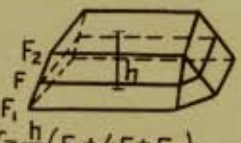


$$V = \frac{1}{3}F \cdot h$$

Усеченная пирамида

$$V = \frac{h}{3}\left(F_1 + F_2 + \sqrt{F_1 F_2}\right)$$

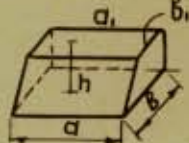
Призматоид



$$V = \frac{h}{6}(F_1 + 4F + F_2)$$

F — на половине высоты

Обелиск



$$V = \frac{h}{6}[(2a + a_1)b + (2a_1 + a)b_1]$$

Острый клин $b_1 = 0$

$$V = \frac{bh}{6}(2a + a_1)$$

Геометрические данные правильных мн-ков

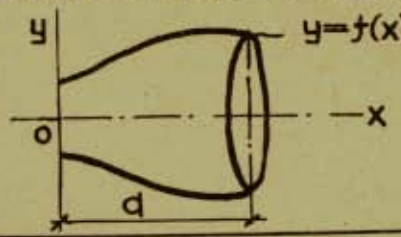
(R — радиус описанного круга)

	5-угольн.	6-угольн.	8-угольн.	10-угольн.
Площадь	$2{,}378 \cdot R^2$	$2{,}598 \cdot R^2$	$2{,}828 \cdot R^2$	$2{,}939 \cdot R^2$
Периметр	$5{,}878 \cdot R$	$6{,}0\,R$	$6{,}123 \cdot R$	$6{,}18 \cdot R$
Сторона	$1{,}176 \cdot R$	R	$0{,}765 \cdot R$	$0{,}618 \cdot R$
Апофема	$0{,}809 \cdot R$	$0{,}866 \cdot R$	$0{,}924 \cdot R$	$0{,}951 \cdot R$

Тела вращения

Поверхность тела вращения — S

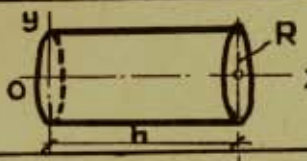
Объем тела вращения — V



$$S = 2\pi \int_0^d y\sqrt{1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2}\,dx$$

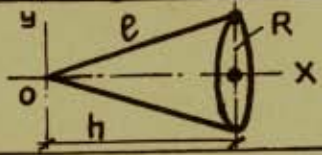
$$V = \pi \int_0^d y^2\,dx$$

Цилиндр



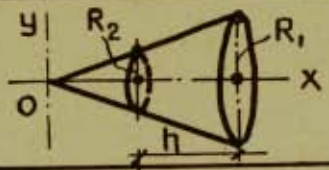
$$S = 2\pi Rh \qquad V = \pi R^2 h$$

Конус



$$S = \pi R\ell \qquad V = \pi R^2 \frac{h}{3}$$

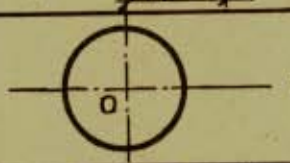
Усеченный конус



$$S = \pi (R_1+R_2)\sqrt{(R_1-R_2)^2+h^2}$$

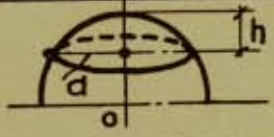
$$V = \frac{\pi h}{3}(R_1^2 + R_1R_2 + R_2^2)$$

Шар



$$S = 4\pi R^2 \qquad V = \frac{4}{3}\pi R^3$$

Шаровой сегмент

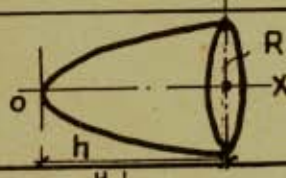


$$S = \pi(a^2+h^2) \qquad V = \frac{\pi h}{6}(3a^2+h^2)$$

Шаровой сектор

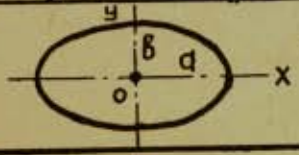
$$S = \pi R(2h+a) \qquad V = \frac{2\pi R^2 h}{3}$$

Параболоид вращения



$$S = \frac{\pi R}{6h^2}\left[\sqrt{(4h^2+R^2)^3} - R^3\right] \qquad V = \frac{\pi R^2 h}{2}$$

Эллипсоид вращения



Относительно оси X-X: $V = \frac{4}{3}\pi a\beta^2$

Относительно оси Y-Y: $V = \frac{4}{3}\pi a^2\beta$

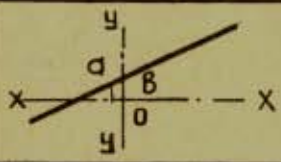
Длина дуги, стрелки, длина хорды и площадь сегмента для круга радиуса равного 1

Центр. угол в град.	Длина дуги	Стрелка	Длина хорды	Площ. сегмента	Центр. угол в град.	Длина дуги	Стрелка	Длина хорды	Площ. сегмент.
1	0,0175	0,0000	0,0175	0,00000	46	0,8029	0,0795	0,7815	0,04176
2	0,0349	0,0002	0,0349	0,00000	47	0,8203	0,0829	0,7975	0,04448
3	0,0524	0,0003	0,0524	0,00001	48	0,8378	0,0865	0,8135	0,04731
4	0,0698	0,0006	0,0698	0,00003	49	0,8552	0,0900	0,8294	0,05025
5	0,0873	0,0010	0,0872	0,00006	50	0,8727	0,0937	0,8452	0,05331
6	0,1047	0,0014	0,1047	0,00010	51	0,8901	0,0974	0,8610	0,05649
7	0,1222	0,0019	0,1221	0,00015	52	0,9076	0,1012	0,8767	0,05978
8	0,1396	0,0024	0,1395	0,00023	53	0,9250	0,1051	0,8924	0,06319
9	0,1571	0,0031	0,1569	0,00032	54	0,9425	0,1090	0,9080	0,06673
10	0,1745	0,0038	0,1743	0,00044	55	0,9599	0,1130	0,9235	0,07039
11	0,1920	0,0046	0,1917	0,00059	56	0,9774	0,1171	0,9389	0,07417
12	0,2094	0,0055	0,2091	0,00076	57	0,9948	0,1212	0,9543	0,07808
13	0,2269	0,0064	0,2264	0,00097	58	1,0123	0,1254	0,9696	0,08212
14	0,2443	0,0075	0,2437	0,00121	59	1,0297	0,1296	0,9848	0,08629
15	0,2618	0,0086	0,2611	0,00149	60	1,0472	0,1340	1,0000	0,09059
16	0,2793	0,0097	0,2783	0,00181	61	1,0647	0,1384	1,0151	0,09502
17	0,2967	0,0110	0,2956	0,00217	62	1,0821	0,1428	1,0301	0,09958
18	0,3142	0,0123	0,3129	0,00257	63	1,0996	0,1474	1,0450	0,10428
19	0,3316	0,0137	0,3301	0,00302	64	1,1170	0,1520	1,0598	0,10911
20	0,3491	0,0152	0,3473	0,00352	65	1,1345	0,1566	1,0746	0,11408
21	0,3665	0,0167	0,3645	0,00408	66	1,1519	0,1613	1,0893	0,11919
22	0,3840	0,0184	0,3816	0,00468	67	1,1694	0,1661	1,1039	0,12443
23	0,4014	0,0201	0,3987	0,00539	68	1,1868	0,1710	1,1184	0,12982
24	0,4189	0,0219	0,4158	0,00607	69	1,2043	0,1759	1,1328	0,13535
25	0,4363	0,0237	0,4329	0,00686	70	1,2217	0,1808	1,1472	0,14102
26	0,4538	0,0256	0,4499	0,00771	71	1,2392	0,1859	1,1614	0,14683
27	0,4712	0,0276	0,4669	0,00882	72	1,2566	0,1910	1,1756	0,15279
28	0,4887	0,0297	0,4838	0,00961	73	1,2741	0,1961	1,1896	0,15889
29	0,5061	0,0319	0,5008	0,01067	74	1,2915	0,2014	1,2036	0,16514
30	0,5236	0,0341	0,5176	0,01180	75	1,3090	0,2066	1,2175	0,17154
31	0,5411	0,0364	0,5345	0,01301	76	1,3265	0,2120	1,2313	0,17808
32	0,5585	0,0387	0,5513	0,01429	77	1,3439	0,2174	1,2450	0,18477
33	0,5760	0,0412	0,5680	0,01566	78	1,3614	0,2229	1,2586	0,19160
34	0,5934	0,0437	0,5847	0,01711	79	1,3788	0,2284	1,2722	0,19859
35	0,6109	0,0463	0,6014	0,01864	80	1,3963	0,2340	1,2856	0,20573
36	0,6283	0,0489	0,6180	0,02027	81	1,4137	0,2396	1,2989	0,21301
37	0,6458	0,0517	0,6346	0,02198	82	1,4312	0,2453	1,3121	0,22045
38	0,6632	0,0545	0,6511	0,02378	83	1,4486	0,2510	1,3252	0,22804
39	0,6807	0,0574	0,6676	0,02568	84	1,4661	0,2569	1,3383	0,23578
40	0,6981	0,0603	0,6840	0,02767	85	1,4835	0,2627	1,3512	0,24367
41	0,7156	0,0633	0,7004	0,02976	86	1,5010	0,2686	1,3640	0,25171
42	0,7330	0,0664	0,7167	0,03195	87	1,5184	0,2746	1,3767	0,25990
43	0,7505	0,0696	0,7330	0,03425	88	1,5359	0,2807	1,3893	0,26825
44	0,7679	0,0728	0,7492	0,03664	89	1,5533	0,2867	1,4018	0,27675
45	0,7854	0,0761	0,7654	0,03915	90	1,5708	0,2929	1,4142	0,28540

Длина дуги, стрелки, длина хорды и площадь сегмента для круга радиуса равного 1

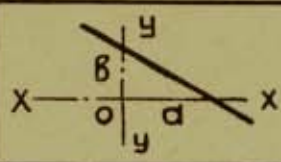
Центр угол в град.	Длина дуги	Стрел-ка	Длина хорды	Площ. сегм	Центр угол в град.	Длина дуги	Стрел-ка	Длина хорды	Площ. сегм
91	1,5882	0,2991	1,4265	0,29400	136	2,3736	0,6254	1,8544	0,83949
92	1,6057	0,3053	1,4387	0,30316	137	2,3911	0,6333	1,8608	0,85455
93	1,6232	0,3116	1,4507	0,31226	138	2,4086	0,6416	1,8672	0,86971
94	1,6406	0,3180	1,4627	0,32152	139	2,4260	0,6498	1,8733	0,88497
95	1,6581	0,3244	1,4746	0,33093	140	2,4435	0,6580	1,8794	0,90034
96	1,6755	0,3309	1,4863	0,34050	141	2,4609	0,6662	1,8853	0,91580
97	1,6930	0,3374	1,4979	0,35021	142	2,4784	0,6744	1,8910	0,93135
98	1,7104	0,3439	1,5094	0,36008	143	2,4958	0,6827	1,8966	0,94700
99	1,7279	0,3506	1,5208	0,37009	144	2,5133	0,6910	1,9021	0,96274
100	1,7453	0,3572	1,5321	0,38026	145	2,5307	0,6993	1,9074	0,97858
101	1,7628	0,3639	1,5432	0,39058	146	2,5482	0,7076	1,9126	0,99449
102	1,7802	0,3707	1,5543	0,40104	147	2,5656	0,7160	1,9176	1,01050
103	1,7977	0,3775	1,5652	0,41166	148	2,5831	0,7244	1,9225	1,02658
104	1,8151	0,3843	1,5760	0,42242	149	2,6005	0,7328	1,9273	1,04275
105	1,8326	0,3912	1,5867	0,43333	150	2,6180	0,7412	1,9319	1,05900
106	1,8500	0,3982	1,5973	0,44439	151	2,6354	0,7496	1,9363	1,07532
107	1,8675	0,4052	1,6077	0,45560	152	2,6529	0,7581	1,9406	1,09171
108	1,9850	0,4122	1,6180	0,46695	153	2,6704	0,7666	1,9447	1,10818
109	1,9024	0,4193	1,6282	0,47845	154	2,6878	0,7750	1,9487	1,12472
110	1,9199	0,4264	1,6383	0,49008	155	2,7053	0,7836	1,9526	1,14132
111	1,9373	0,4336	1,6483	0,50187	156	2,7227	0,7921	1,9563	1,15799
112	1,9548	0,4408	1,6581	0,51379	157	2,7402	0,8006	1,9598	1,17472
113	1,9722	0,4481	1,6678	0,52586	158	2,7576	0,8092	1,9633	1,19151
114	1,9897	0,4554	1,6773	0,53806	159	2,7751	0,8178	1,9665	1,20836
115	2,0071	0,4627	1,6868	0,55041	160	2,7925	0,8264	1,9696	1,22525
116	2,0246	0,4701	1,6981	0,56289	161	2,8100	0,8350	1,9726	1,24221
117	2,0420	0,4775	1,7053	0,57551	162	2,8274	0,8436	1,9754	1,25921
118	2,0595	0,4850	1,7143	0,58827	163	2,8449	0,8522	1,9780	1,27626
119	2,0769	0,4925	1,7233	0,60116	164	2,8623	0,8608	1,9805	1,29335
120	2,0944	0,5000	1,7321	0,61418	165	2,8798	0,8695	1,9829	1,31049
121	2,1118	0,5076	1,7407	0,62734	166	2,8972	0,8781	1,9851	1,32766
122	2,1293	0,5152	1,7492	0,64063	167	2,9147	0,8868	1,9871	1,34487
123	2,1468	0,5228	1,7576	0,65404	168	2,9322	0,8955	1,9890	1,36212
124	2,1642	0,5305	1,7659	0,66759	169	2,9496	0,9042	1,9908	1,37940
125	2,1817	0,5383	1,7740	0,68125	170	2,9671	0,9128	1,9924	1,39671
126	2,1991	0,5460	1,7820	0,69505	171	2,9845	0,9215	1,9938	1,41404
127	2,2166	0,5538	1,7899	0,70897	172	3,0020	0,9302	1,9951	1,43140
128	2,2340	0,5616	1,7976	0,72301	173	3,0194	0,9390	1,9969	1,44878
129	2,2515	0,5695	1,8052	0,73716	174	3,0369	0,9477	1,9973	1,46617
130	2,2689	0,5774	1,8126	0,75144	175	3,0543	0,9564	1,9981	1,48359
131	2,2864	0,5853	1,8199	0,76584	176	3,0718	0,9651	1,9988	1,50101
132	2,3038	0,5933	1,8271	0,78034	177	3,0892	0,9738	1,9993	1,51845
133	2,3213	0,6013	1,8341	0,79497	178	3,1067	0,9825	1,9997	1,53589
134	2,3387	0,6093	1,8410	0,80970	179	3,1241	0,9913	1,9999	1,55334
135	2,3562	0,6173	1,8478	0,82454	180	3,1416	1,0000	2,0000	1,57080

Уравнения некоторых кривых в декартовых координатах

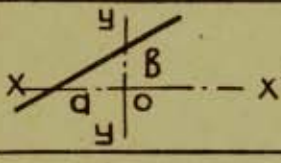


$y = kx + b$

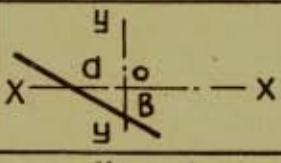
$k = tg\alpha$



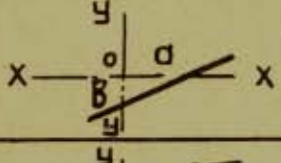
$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1$



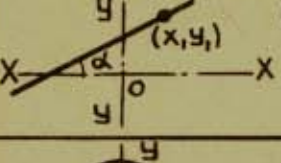
$\frac{x}{-a} + \frac{y}{b} = 1$



$\frac{x}{-a} + \frac{y}{-b} = 1$

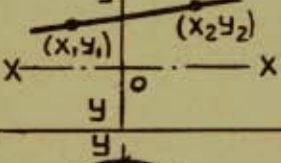


$\frac{x}{a} + \frac{y}{-b} = 1$

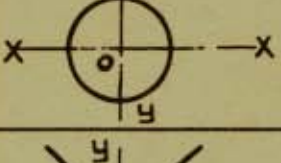


$y - y_1 = k(x - x_1)$

$k = tg\alpha$

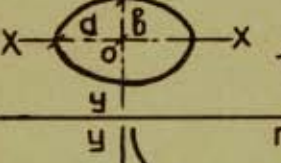


$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$



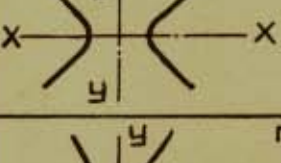
КРУГ

$x^2 + y^2 = R^2$



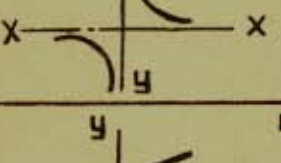
ЭЛЛИПС

$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$



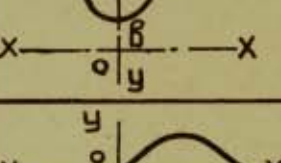
ГИПЕРБОЛА

$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$



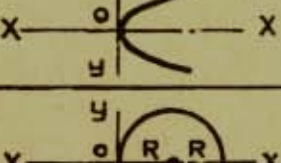
ГИПЕРБОЛА

$xy = a$



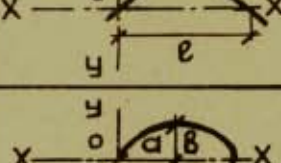
ПАРАБОЛА

$y = ax^2 + b$



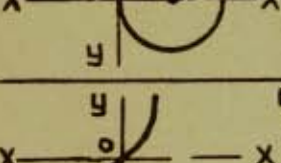
ПАРАБОЛА

$y^2 = ax$



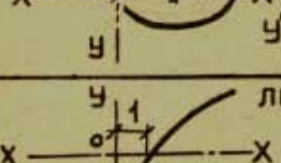
ПАРАБОЛА

$y = ax(\ell - x)$



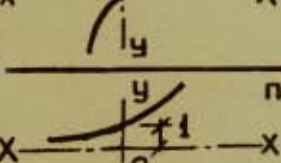
КРУГ

$y^2 = x(2R - x)$



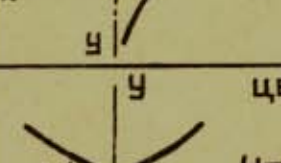
ЭЛЛИПС

$y^2 = \frac{b^2}{a^2}x(2a - x)$



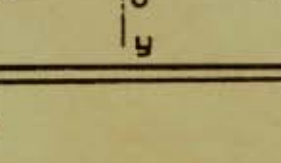
КУБИЧЕСКАЯ ПАРАБОЛА

$y = ax^3$



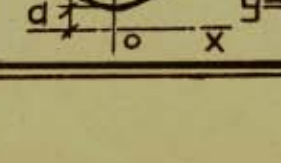
ЛОГАРИФМИКА

$y = \ell g_a x$



ПОКАЗАТЕЛЬНАЯ КРИВАЯ

$y = a^x$



ЦЕПНАЯ ЛИНИЯ

$y = \frac{a}{2}\left(e^{\frac{x}{a}} + e^{\frac{-x}{a}}\right)$

Таблица значений y и tgφ для параболы, круга и эллипса

Парабола $y = \frac{4f}{\ell^2} x(\ell - x)$ $\quad tg\varphi = \frac{4f(\ell - 2x)}{\ell^2}$

Окружность $f = 0{,}5\ell$ $\quad y^2 = x(\ell - x)$ $\quad tg\varphi = \frac{\ell - 2x}{2\sqrt{x(\ell - x)}}$

Эллипс $\quad y^2 = \frac{4f^2}{\ell^2} x(\ell - x)$ $\quad tg\varphi = \frac{f}{\ell} \frac{\ell - 2x}{\sqrt{x(\ell - x)}}$

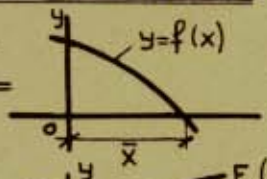
f – малая полуось

Величина	Номера сечений											Множитель
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
x	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	ℓ
	Парабола											
y	0,00	0,19	0,36	0,51	0,64	0,75	0,84	0,91	0,96	0,99	1,00	f
tgφ	4,00	3,60	3,20	2,80	2,40	2,00	1,60	1,20	0,80	0,40	0,00	f:ℓ
	Окружность											
y	0,000	0,218	0,300	0,357	0,400	0,433	0,458	0,477	0,494	0,497	0,500	ℓ
tgφ	∞	2,064	1,333	0,980	0,750	0,577	0,436	0,314	0,202	0,101	0,000	1
	Эллипс											
y	0,000	0,436	0,600	0,714	0,800	0,866	0,916	0,954	0,988	0,994	1,000	f
tgφ	∞	4,128	2,666	1,960	1,500	1,154	0,872	0,628	0,404	0,202	0,000	f:ℓ

Решение уравнений при помощи построения графиков функций

Одно уравнение с одним неизвестным

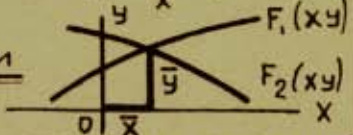
$f(x) = 0$ Строим кривую $y = f(x)$



$\bar{x}$ – корень уравнения

Два уравнения с двумя неизвестными

$F_1(xy) = 0$, $F_2(xy) = 0$

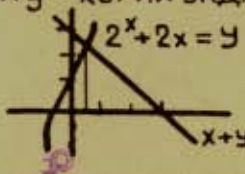


Строим обе кривые. $\bar{x}$ и $\bar{y}$ – корни заданных уравнений

Пример:

Дано $x + y = 3$

$2^x + 2x = y$



$x \simeq 0{,}5$

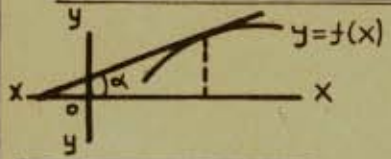
$y \simeq 2{,}5$

Основные правила дифференцирования

Принятые обозначения: $y=f(x)$ $y'=f'(x)=\frac{dy}{dx}$ $\frac{d^2y}{dx^2}=\frac{df'(x)}{dx}$

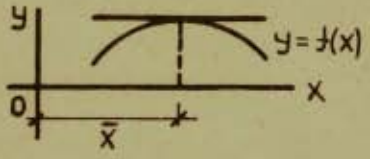
Функция равная постоянной величине	$y=C$	$y'=0$
Функция с постоянным множителем	$y=Cf(x)$	$y'=Cf'(x)$
Алгебраическая сумма функций	$y=f(x)=u+v-w$	$y'=u'+v'-w'$
Произведение функций	$y=f(x)=u\cdot v$	$y'=uv'+vu'$
Частное двух функций	$y=f(x)=\frac{u}{v}$	$y'=\frac{vu'-uv'}{v^2}$
Логарифм функции	$y=f(x)=\ln u$	$y'=\frac{u'}{u}$
Функция степени	$y=f(x)=u^n$	$y'=nu^{n-1}u'$
Сложная показательная функция	$y=u^v$	$y'=vu^{v-1}u'+u^v v'\ln u$
Функция от функции	$y=f(u)$ $u=\varphi(x)$	$y'=f'(u)\cdot u'$
Функция от функции	$y=f(u)$ $u=\varphi(v)$ $v=\Psi(x)$	$y'=\frac{dy}{du}\cdot\frac{du}{dv}\cdot\frac{dv}{dx}$
Неявная функция	$f(xy)=0$	$y'=-\frac{\frac{\partial f}{\partial x}}{\frac{\partial f}{\partial y}}$
Функция в параметрической форме	$x=\varphi(t)$ $y=\Psi(t)$	$y'=\frac{\frac{d\Psi}{dt}}{\frac{d\varphi}{dt}}=\frac{\Psi'(t)}{\varphi'(t)}$

Геометрический смысл производной



$y=f(x)$ $\quad \frac{dy}{dx}=f'(x)=tg\alpha$

Нахождение максимума(минимума) функции



$y=f(x)$

Значение абсциссы $\bar{x}$, при которой функция достигает максимума, определяется из уравнения

$$\frac{dy}{dx}=0$$

Производные основных элементарных функций

$y=x^n$ $y'=nx^{n-1}$	$y=e^x$ $y'=e^x$	$y=a^x$ $y'=a^x\ln a$	$y=\ln x$ $y'=\frac{1}{x}$
$y=\sin x$ $y'=\cos x$	$y=\cos x$ $y'=-\sin x$	$y=tgx$ $y'=\frac{1}{\cos^2 x}$	$y=ctgx$ $y'=-\frac{1}{\sin^2 x}$

Общие правила интегрирования

$\int F(x)\,dx = f(x) + C$ Поверка: $\frac{df(x)}{dx} = f'(x) = F(x)$

$\int aF(x)\,dx = a\int F(x)\,dx$

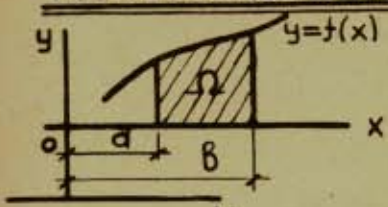
$\int (u+v-w)\,dx = \int u\,dx + \int v\,dx - \int w\,dx$

$\int F(x)\,dx,\ x=\varphi(t),\ dx=\varphi'(t)\,dt \quad \int F(x)\,dx = \int F[\varphi(t)]\,\varphi'(t)\,dt$

$\int u\,dv = uv - \int v\,du$

$$\int_a^b F(x)\,dx = f(x)\Big|_a^b = f(b) - f(a)$$

Геометрический смысл определенного интеграла



$$\int_a^b F(x)\,dx = \Omega$$

Интегралы основных функций

$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C$

$\int \frac{dx}{x} = \ln x + C$

$\int \sin x\,dx = -\cos x + C$

$\int \cos x\,dx = \sin x + C$

$\int \operatorname{tg} x\,dx = -\ln \cos x + C$

$\int \operatorname{ctg} x\,dx = \ln \sin x + C$

$\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \operatorname{tg} x + C$

$\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\operatorname{ctg} x + C$

$\int \frac{dx}{1+x^2} = \operatorname{arctg} x + C$

$\int e^x dx = e^x + C$

$\int a^x dx = \frac{a^x}{\ln a} + C$

$\int \operatorname{sh} x\,dx = \operatorname{ch} x + C$

$\int \operatorname{ch} x\,dx = \operatorname{sh} x + C$

$\int \operatorname{th} x\,dx = \ln \operatorname{ch} x + C$

$\int \operatorname{cth} x\,dx = \ln \operatorname{sh} x + C$

$\int \frac{dx}{\operatorname{ch}^2 x} = \operatorname{th} x + C$

$\int \frac{dx}{\operatorname{sh} x} = -\operatorname{cth} x + C$

$\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} = \operatorname{arc}\sin x + C$

Значения определенных интегралов для некоторых функций

$\int_0^{\frac{\pi}{2}} d\alpha = + \frac{\pi}{2}$	$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \alpha\, d\alpha = + \frac{\pi^2}{8}$
$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin\alpha\, d\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos\alpha\, d\alpha = + 1$	
$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^2\alpha\, d\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2\alpha\, d\alpha = + \frac{\pi}{4}$	
$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin^3\alpha\, d\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^3\alpha\, d\alpha = + \frac{2}{3}$	
$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin\alpha \cdot \cos\alpha\, d\alpha = + \frac{1}{2}$	
$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin\alpha \cdot \cos^2\alpha\, d\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos\alpha \cdot \sin^2\alpha\, d\alpha = + \frac{1}{3}$	
$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin\alpha \cdot \cos^n\alpha\, d\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos\alpha \cdot \sin^n\alpha\, d\alpha = + \frac{1}{n+1}$	
$\int_0^{\frac{\pi}{2}} (1-\sin\alpha)\, d\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} (1-\cos\alpha)\, d\alpha = \frac{\pi}{2} - 1$	
$\int_0^{\frac{\pi}{2}} (1-\sin\alpha)^2\, d\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} (1-\cos\alpha)^2\, d\alpha = \frac{3\pi}{4} - 2$	
$\int_0^{\frac{\pi}{2}} (1-\sin\alpha)\cos\alpha\, d\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} (1-\cos\alpha)\sin\alpha\, d\alpha = + \frac{1}{2}$	
$\int_0^{\frac{\pi}{2}} (1-\sin\alpha)\cos^2\alpha\, d\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} (1-\cos\alpha)\sin^2\alpha\, d\alpha = \frac{\pi}{4} - \frac{1}{3}$	
$\int_0^{\frac{\pi}{2}} (1-\sin\alpha)^2\cos\alpha\, d\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} (1-\cos\alpha)^2 \sin\alpha\, d\alpha = + \frac{1}{3}$	
$\int_0^{\frac{\pi}{2}} (1-\sin\alpha)(1-\cos\alpha)\, d\alpha = \frac{\pi-3}{2}$	
$\int_0^{\frac{\pi}{2}} (1+\sin\alpha)(1+\cos\alpha)\, d\alpha = \frac{\pi+5}{2}$	
$\int_0^{\frac{\pi}{2}} (1+\sin\alpha)(1-\cos\alpha)\, d\alpha = \int_0^{\frac{\pi}{2}} (1-\sin\alpha)(1+\cos\alpha)\, d\alpha = \frac{\pi-1}{2}$	

НЕКОТОРЫЕ ПОСТОЯННЫЕ ВЕЛИЧИНЫ

$\pi = 3{,}141593$

$\pi^2 = 9{,}869604$

$\frac{1}{\pi} = 0{,}318310$

$\frac{1}{2\pi} = 0{,}159155$

$\sqrt{\pi} = 1{,}772454$

$\sqrt{2\pi} = 2{,}506628$

$\sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1{,}253314$

$\sqrt{\frac{2}{\pi}} = 0{,}797846$

$\sqrt[3]{\pi} = 1{,}464592$

$\frac{1}{\sqrt{\pi}} = 0{,}564190$

$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} = 0398942$

$e = 2{,}718282$

$e^2 = 7{,}389056$

$\frac{1}{e} = 0{,}367879$

$\frac{1}{e^2} = 0{,}135335$

$\sqrt{e} = 1{,}648721$

$\sqrt[3]{e} = 1{,}395612$

$\frac{1}{\sqrt{e}} = 0{,}606531$

$\frac{180^\circ}{\pi} = \text{Радиан} = 57{,}^\circ 29578 \simeq 57^\circ 17' 44''$

n	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	$\frac{1}{n}$	$\frac{1}{\sqrt{n}}$	$n!$ (факториал)
1	1.0000000	1,0000000	1.0000000	1,0000000	1
2	1.4142136	1.2599210	0.5000000	0,7071068	2
3	1,7320508	1.4422496	0.3333333	0,5773503	6
4	2.0000000	1.5874011	0.2500000	0,5000000	24
5	2,2360680	1.7099759	0.2000000	0,4472136	120
6	2,4494897	1.8171206	0.1666667	0,4082483	720
7	2,6457513	1.9129312	0.1428571	0,3779645	5040
8	2,8284271	2.0000000	0.1250000	0,3535534	40320
9	3,0000000	2.0800838	0.1111111	0,3333333	362880
10	3,1622777	21544347	0.1000000	0.3162278	3628800

n	n^2	n^3	n^4	n^5	n^6	n^7	n^8	n^9
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	4	8	16	32	64	128	256	512
3	9	27	81	243	729	2187	6561	19683
4	16	64	256	1024	4096	16384	65536	262144
5	25	125	625	3125	15625	78125	390625	1953125
6	36	216	1296	7776	46656	279936	1679616	10077696
7	49	343	2401	16807	117649	823543	5764801	40353607
8	64	512	4096	32768	262144	2097152	16777216	134217728
9	81	729	6561	59049	531441	4782969	43046721	387420489

Таблица числовых значений некоторых функций в зависимости от угла α

α°	$\sin\alpha$	$\sin^2\alpha$	$\sin^3\alpha$	$1-\sin\alpha$	$(1-\sin\alpha)^2$	$(1-\sin\alpha)^3$	$1+\sin\alpha$	$(1+\sin\alpha)^2$	$(1+\sin\alpha)^3$	$\sin\alpha+\cos\alpha$	
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	90
5	0.08716	0.00760	0.00066	0.91284	0.83328	0.76065	1.08716	1.18192	1.28494	1.08335	85
10	0.17365	0.03015	0.00524	0.82635	0.68285	0.56427	1.17365	1.37745	1.61664	1.15846	80
15	0.25882	0.06699	0.01734	0.74118	0.54935	0.40717	1.25882	1.58463	1.99477	1.22475	75
20	0.34202	0.11698	0.04000	0.65798	0.43294	0.28487	1.34202	1.80102	2.41700	1.28171	70
25	0.42262	0.17861	0.07548	0.57738	0.33337	0.19248	1.42262	2.02385	2.87917	1.32893	65
30	0.50000	0.25000	0.12500	0.50000	0.25000	0.12500	1.50000	2.25000	3.37500	1.36603	60
35	0.57358	0.32899	0.18870	0.42642	0.18183	0.07754	1.57358	2.47615	3.89642	1.39273	55
40	0.64279	0.41318	0.26559	0.35721	0.12760	0.04558	1.64279	2.69876	4.43350	1.40883	50
45	0.70711	0.50000	0.35356	0.29289	0.08578	0.02512	1.70711	2.91422	4.97489	1.41422	45
50	0.76604	0.58682	0.44953	0.23396	0.05474	0.01281	1.76604	3.11890	5.50810	1.40883	40
55	0.81915	0.67101	0.54966	0.18085	0.03271	0.00592	1.81915	3.30931	6.02013	1.39273	35
60	0.86603	0.75000	0.64952	0.13397	0.01795	0.00240	1.86603	3.48821	6.50910	1.36603	30
65	0.90631	0.82140	0.74444	0.09369	0.00878	0.00082	1.90631	3.63402	6.92757	1.32893	25
70	0.93969	0.88302	0.82977	0.06031	0.00364	0.00022	1.93969	3.76240	7.29789	1.28171	20
75	0.96593	0.93302	0.90123	0.03407	0.00116	0.00004	1.96593	3.86488	7.59808	1.22475	15
80	0.98481	0.96985	0.95512	0.01519	0.00023	0.00000_{35}	1.98481	3.93947	7.81910	1.15846	10
85	0.99619	0.99239	0.98861	0.00381	0.00001_4	0.00000_{805}	1.99619	3.98477	7.95436	1.08335	5
90	1	1	1	0	0	0	2	4	8	1	0
	$\cos\alpha$	$\cos^2\alpha$	$\cos^3\alpha$	$1-\cos\alpha$	$(1-\cos\alpha)^2$	$(1-\cos\alpha)^3$	$1+\cos\alpha$	$(1+\cos\alpha)^2$	$(1+\cos\alpha)^3$	$\cos\alpha+\sin\alpha$	α°

Таблица числовых значений некоторых функций в зависимости от угла α

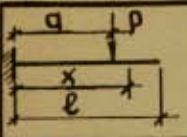
α°	$\sin\alpha\cos\alpha$	$\sin\alpha\cos^2\alpha$	$\sin\alpha(1-\sin\alpha)$	$\sin\alpha(1+\sin\alpha)$	$\sin\alpha(1-\cos\alpha)$	$\sin\alpha(1+\cos\alpha)$	$\frac{1}{\sin\alpha}=\operatorname{cosec}\alpha$	$\frac{1}{\sin^2\alpha}$	$\frac{1}{\sin^3\alpha}$	
0	0	0	0	0	0	0	∞	∞	∞	90
5	0.08683	0.08650	0.07956	0.09476	0,00033	0,17399	11,47367	131,64510	1510,45243	85
10	0.17101	0.16841	0.14350	0.20380	0.00264	0.34466	5.75871	33,16274	190.97460	80
15	0.25000	0.24148	0.19183	0.32581	0.00882	0.50882	3.86369	14.92810	57.67755	75
20	0.32139	0.30201	0.22504	0.45900	0.02063	0.66341	2.92381	8.54866	24,99466	70
25	0.38302	0.34713	0.24401	0.60123	0.03960	0.80564	2.36619	5,59886	13,24797	65
30	0.43301	0.37500	0.25000	0.75000	0.06699	0.93302	2.00000	4.00000	8.00000	60
35	0.46985	0.38488	0.24459	0.90257	0.10373	1.04343	1.74344	3.03958	5.29933	55
40	0.49240	0.37720	0.22961	1.05597	0.15039	1.13519	1.55572	2,42026	3.76525	50
45	0.50000	0.35356	0.20711	1.20711	0.20711	1.20711	1.41421	2.00000	2.82842	45
50	0.49240	0.31651	0.17922	1.35286	0.27364	1.25844	1.30541	1,70410	2,22455	40
55	0.46985	0.26950	0.14814	1.49016	0.34930	1.28900	1.22078	1,49030	1.81933	35
60	0.43301	0.21651	0.11602	1.61604	0.43302	1.29905	1.15469	1,33331	1.53956	30
65	0.38302	0.16187	0.08491	1.72771	0.52329	1.28933	1.10338	1,21745	1.34331	25
70	0.32139	0.10992	0.05667	1.82271	0.61830	1.26108	1.06418	1,13248	1.20516	20
75	0.25000	0.06471	0.03291	1.89895	0.71593	1.21593	1.03627	1,07178	1.10958	15
80	0.17101	0.02970	0.01496	1.95466	0.81380	1.15582	1.01542	1,03108	1.04698	10
85	0.08683	0,00757	0.00380	1.98858	0.90936	1.08302	1.00382	1,00765	1.01150	5
90	0	0	0	2	1	1	1	1	1	0
	$\cos\alpha\sin\alpha$	$\cos\alpha\sin^2\alpha$	$\cos\alpha(1-\cos\alpha)$	$\cos\alpha(1+\cos\alpha)$	$\cos\alpha(1-\sin\alpha)$	$\cos\alpha(1+\sin\alpha)$	$\frac{1}{\cos\alpha}=\sec\alpha$	$\frac{1}{\cos^2\alpha}$	$\frac{1}{\cos^3\alpha}$	α°

СТАТИКА

ОГЛАВЛЕНИЕ

Консольные балки. Однопролетные балки С1
Балки с одним заделанным концом С2
Балки с заделанными концами С3
Деформации однопролетных балок постоянного сечения (y и φ) С4, С5
Определение деформаций в балках (метод моментов высших степеней) . . . . . С6—С8
Неразрезные балки С9
Таблица моментов для неразрезных равнопролетных балок С10, С11
Моменты в неразрезных балках с двумя неравными пролетами С12
Таблица моментов для балок с тремя неравными пролетами С13, С14
Неразрезные балки с равными пролетами, нагруженные моментами на опорах С15
Эквивалентная по опорному моменту нагрузка С16, С17
Расчет балок с учетом пластических деформаций С18
Перекрытия с перекрестными балками С19
Балки с изогнутой в плане осью С20, С21
Плиты, опертые по контуру С22, С23
Плита, заделанная по трем сторонам со свободно висячей четвертой стороной С24
Четырехсторонняя плита с частичной нагрузкой С25, С26
Плита, заделанная по двум сторонам С26
Расчет балок на упруго вращающихся опорах С27
Расчет рам методом угловых деформаций С28, С29
Метод сил. Примеры С30, С31
Таблицы интегралов $\int M_1 M_2 dx$ С32, С33
Формулы для расчета рам . . . . . С34—С36
Формулы для расчета простейших рам . . . . . С37—С39
Пологие двухшарнирные арки постоянного сечения С40
Пологая параболическая арка С41
Полуциркульная арка С42
Момент инерции, момент сопротивления и радиус инерции (для различных сечений) С43, С44
Таблица для вычисления y_o, F, S_x, J_x и J_x^- кругового сегмента С45

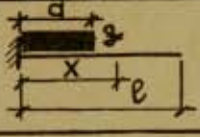
Консольные балки



$M = Pa$

$y_x = \frac{Pa^2}{2EJ}\left(X - \frac{a}{3}\right)$ при $a < x < \ell$

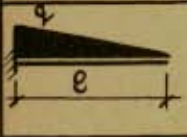
$y_a = \frac{Pa^3}{3EJ}$ при $X = a$



$M = \frac{qa^2}{2}$

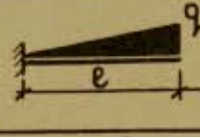
$y_x = \frac{qa^3}{6EJ}\left(X - \frac{a}{4}\right)$ при $a < x < \ell$

$y_a = \frac{qa^4}{8EJ}$ при $X = a$



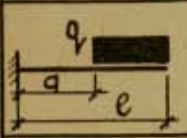
$M = \frac{q\ell^2}{6}$

$y_\ell = \frac{q\ell^4}{30EJ}$



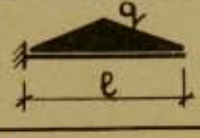
$M = \frac{q\ell^2}{3}$

$y_\ell = \frac{11}{120} \cdot \frac{q\ell^4}{EJ}$



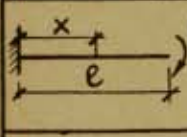
$M = \frac{q(\ell^2 - a^2)}{2}$

$y_\ell = \frac{q\ell^4}{24EJ}\left[3 - 4\frac{a^3}{\ell^3} - \frac{a^4}{\ell^4}\right]$

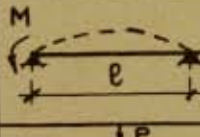


$M = \frac{q\ell^2}{4}$

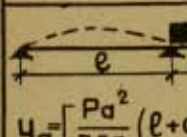
$y_\ell = \frac{11}{192} \cdot \frac{q\ell^4}{EJ}$



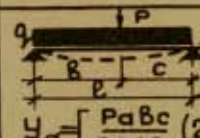
$y_\ell = \frac{M\ell^2}{2EJ}$; $y_x = \frac{Mx^2}{2EJ}$



$y_a = \frac{M\ell a}{6EJ}$

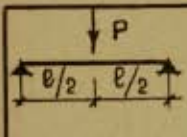


$y_a = \left[\frac{Pa^2}{3EJ}(\ell + a)\right] + \left[\frac{qa^3}{24EJ}(4\ell + 3a)\right]$



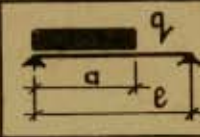
$y_a = \left[\frac{Pabc}{6EJ\ell}(2b + c)\right] + \frac{qa\ell^3}{24EJ}$

Однопролетные балки



$M = \frac{P\ell}{4}$

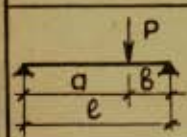
$y = \frac{P\ell^3}{48EJ}$



$M_{max} = \frac{qa^2}{8\ell^2}\left(2\ell - a\right)^2$

при $X = a - \frac{a}{2\ell}$

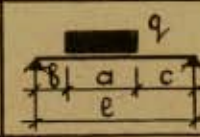
$M = \frac{9q\ell^2}{128}$ при $a = \frac{\ell}{2}$



$M_{max} = \frac{Pab}{\ell}$

$y_{max} = \frac{Pb\ell^2}{27EJ}\left(1 - \frac{b^2}{\ell^2}\right)X$

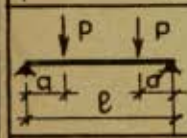
где $X = \sqrt{3\left(1 - \frac{b^2}{\ell^2}\right)}$



$M = A\left(b + \frac{A}{2q}\right)$ при $X = \frac{A}{q} + a$

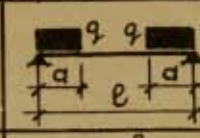
где $A = \frac{qa}{2\ell}(a + 2c)$

$M = \frac{q}{2}\left(\frac{\ell^2}{4} - b^2\right)$ при $b = c$



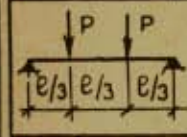
$M = Pa$

$y = \frac{Pa^3}{24EJ}\left(3\frac{\ell^2}{a^2} - 4\right)$



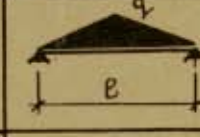
$M = \frac{qa^2}{2}$

$y = \frac{qb}{384EJ}\left[\frac{5\ell^4}{b} - b^3 - 8b^3 + 48\ell^2\right]$



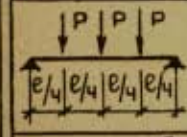
$M = \frac{P\ell}{3}$

$y = \frac{23}{648}\frac{P\ell^3}{EJ}$



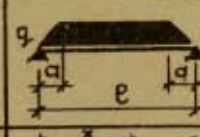
$M = \frac{q\ell^2}{12}$

$y = \frac{q\ell^4}{120EJ}$

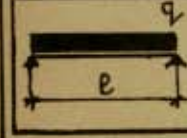


$M = \frac{P\ell}{2}$

$y = \frac{19}{384}\frac{P\ell^3}{EJ}$

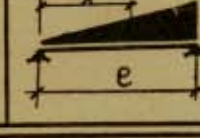


$M = \frac{q\ell^2}{8} - \frac{qa^2}{6}$



$M = \frac{q\ell^2}{8}$

$y = \frac{5}{384}\frac{q\ell^4}{EJ}$

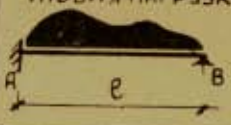


$M_{max} = \frac{q\ell^2}{15,6}$ при $X = 0{,}58\ell$

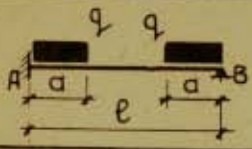
$y_{max} = 0{,}0065\ell\frac{q\ell^4}{EJ}$

БАЛКИ С ОДНИМ ЗАДЕЛАННЫМ КОНЦОМ

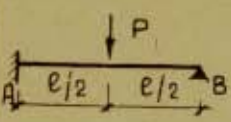
Любая нагрузка



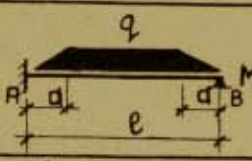
$$M_A = -\frac{3\varphi_A EJ}{\ell}$$



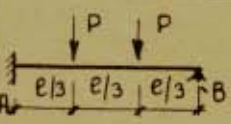
$$M_A = -\frac{qa^2}{4\ell}(3\ell - 2a)$$



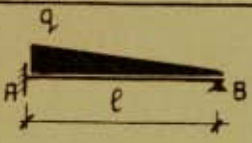
$$M_A = -\frac{3}{16}P\ell$$



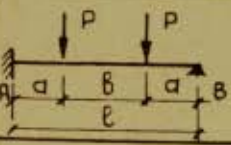
$$M_A = \frac{q}{8\ell}\left[\ell^3 - 2\ell a^2 + a^3\right]$$



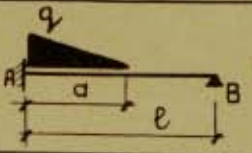
$$M_A = -\frac{P\ell}{3}$$



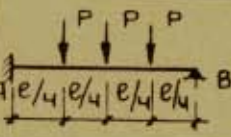
$$M_A = -\frac{q\ell^2}{15}$$



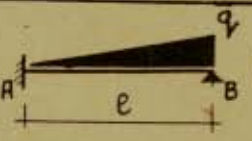
$$M_A = -\frac{3Pa(\ell - a)}{2\ell}$$



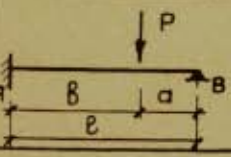
$$M_A = -\frac{qa^2}{120}\left[20 - 15\frac{a}{\ell} + 3\frac{a^2}{\ell^2}\right]$$



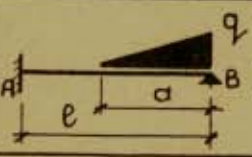
$$M_A = -\frac{15}{32}P\ell$$



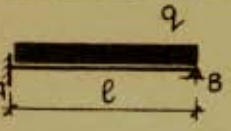
$$M_A = -\frac{7}{120}q\ell^2$$



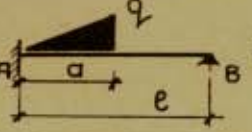
$$M_A = -\frac{Pab(\ell + a)}{2\ell^2}$$



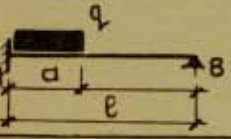
$$M_A = -\frac{qa^2}{120}\left(10 - 3\frac{a^2}{\ell^2}\right)$$



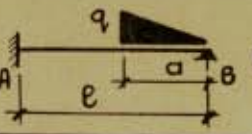
$$M_A = -\frac{q\ell^2}{8}$$



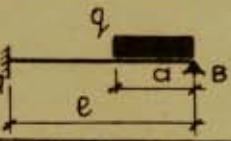
$$M_A = -\frac{qa^2}{120}\left[12\frac{a^2}{\ell^2} - 45\frac{a}{\ell} + 40\right]$$



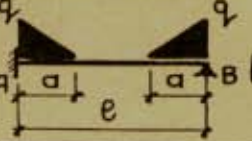
$$M_A = -\frac{qa^2}{8\ell^2}(2\ell - a)^2$$



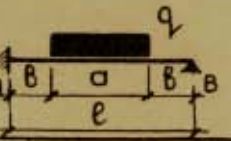
$$M_A = -\frac{qa^2}{30}\left(5 - 3\frac{a^2}{\ell^2}\right)$$



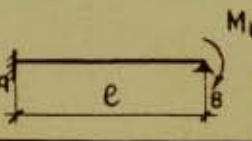
$$M_A = -\frac{qa^2}{8\ell^2}(2\ell^2 - a^2)$$



$$M_A = -\frac{qa^2}{8\ell}(2\ell - a)$$



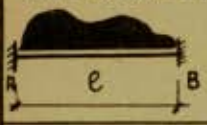
$$M_A = -\frac{qa}{16\ell}(3\ell^2 - a^2)$$



$$M_A = +\frac{M_K}{2}$$

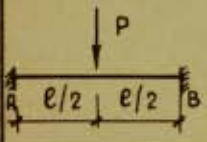
БАЛКИ С ЗАДЕЛАННЫМИ КОНЦАМИ

Любая нагрузка

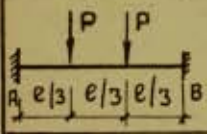


$$M_A = -\frac{2(2\varphi_A - \varphi_{пр})EJ}{\ell}$$

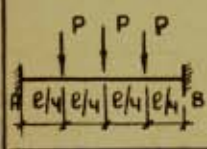
$$M_B = -\frac{2(2\varphi_{пр} - \varphi_A)EJ}{\ell}$$



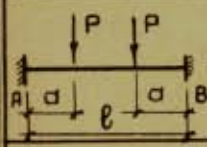
$$M_A = M_B = -\frac{P\ell}{8}$$



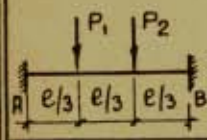
$$M_A = M_B = -\frac{2P\ell}{9}$$



$$M_A = M_B = -\frac{5P\ell}{16}$$

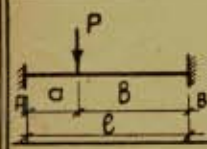


$$M_A = M_B = -\frac{Pa(\ell - a)}{\ell}$$



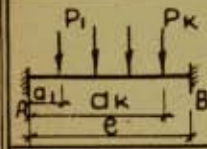
$$M_A = -\frac{2(2P_1 + P_2)\ell}{27}$$

$$M_B = -\frac{2(P_1 + 2P_2)\ell}{27}$$



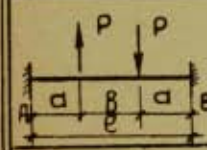
$$M_A = -\frac{Pab^2}{\ell^2}$$

$$M_B = -\frac{Pa^2b}{\ell^2}$$



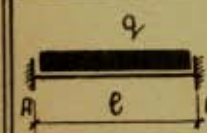
$$M_A = -\frac{\Sigma P_k a_k (\ell - a_k)^2}{\ell^2}$$

$$M_B = -\frac{\Sigma P_k a_k^2 (\ell - a_k)}{\ell^2}$$

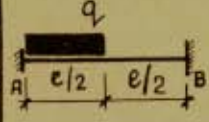


$$M_A = +\frac{Pab(\ell - a)}{\ell^2}$$

$$M_B = -\frac{Pab(\ell - a)}{\ell^2}$$

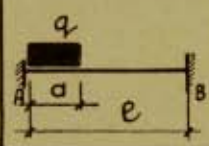


$$M_A = M_B = -\frac{q\ell^2}{12}$$



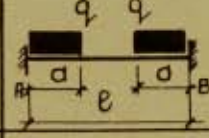
$$M_A = -\frac{11}{192}q\ell^2$$

$$M_B = -\frac{5}{192}q\ell^2$$

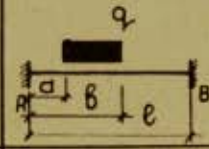


$$M_A = -\frac{qa^2}{12\ell^2}\left[6\ell^2 - 8a\ell + 3a^2\right]$$

$$M_B = -\frac{qa^3}{12\ell^2}\left[4\ell - 3a\right]$$

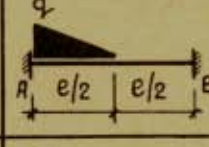


$$M_A = M_B = -\frac{qa^2}{6\ell}\left[3\ell - 2a\right]$$



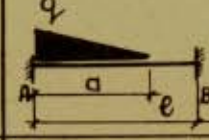
$$M_A = -\frac{q}{\ell^2}\left[\frac{\ell^2(b^2 - a^2)}{2} - \frac{2\ell(b^3 - a^3)}{3} + \frac{b^4 - a^4}{4}\right]$$

$$M_B = -\frac{q}{\ell^2}\left[\ell\frac{b^3 - a^3}{3} - \frac{b^4 - a^4}{4}\right]$$



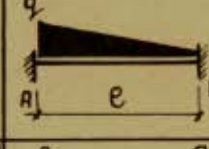
$$M_A = -\frac{23}{960}q\ell^2$$

$$M_B = -\frac{7}{960}q\ell^2$$



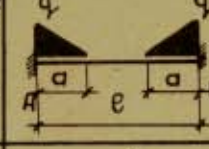
$$M_A = -\frac{qa^2}{60\ell^2}\left[10\ell^2 - 10a\ell + 3a^2\right]$$

$$M_B = -\frac{qa^3}{60\ell^2}\left[5\ell - 3a\right]$$

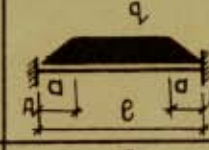


$$M_A = -\frac{q\ell^2}{20}$$

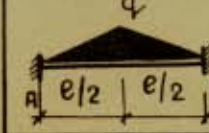
$$M_B = -\frac{q\ell^2}{30}$$



$$M_A = M_B = -\frac{qa^2}{12\ell}\left[2\ell - a\right]$$

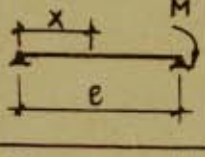
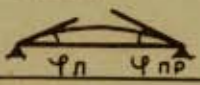
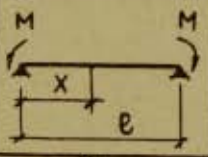
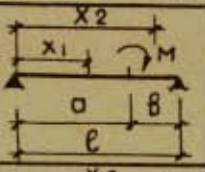
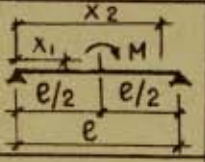
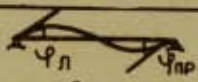
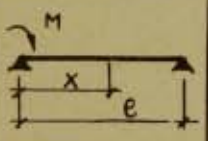
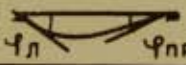
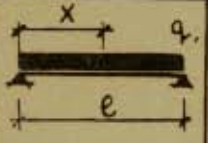
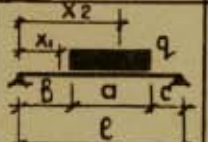
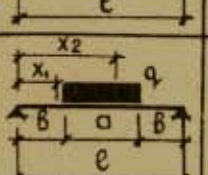
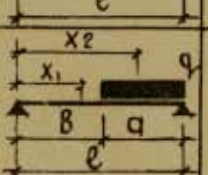


$$M_A = M_B = -\frac{q}{12\ell}\left[\ell^3 - 2\ell a^2 + a^3\right]$$

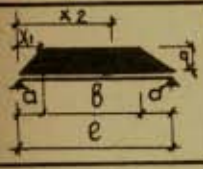
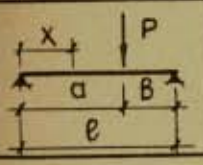
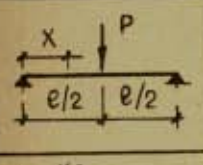
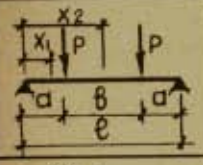
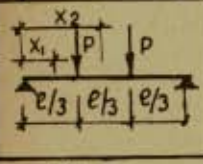
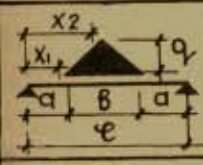
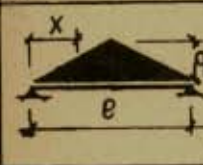
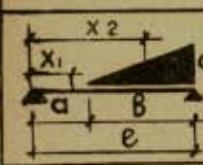
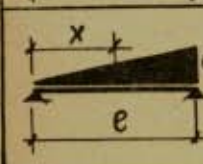


$$M_A = M_B = -\frac{5}{96}q\ell^2$$

ДЕФОРМАЦИИ ОДНОПРОЛЕТНЫХ БАЛОК ПОСТОЯННОГО СЕЧЕНИЯ

Схема нагрузки	Уравнение упругой линии $y=f(x)$	Углы поворота $\varphi_л$ и $\varphi_{пр}$
	$y=-\frac{M}{6EJe}(e^2-x^2)x$ 	$\varphi_л=-\frac{Me}{6EJ}$ $\varphi_{пр}=-\frac{Me}{3EJ}$
	$y=-\frac{M}{2EJ}(e-x)x$ $y_{max}=\frac{Me^2}{8EJ}$	$\varphi_л=-\frac{Me}{2EJ}$ $\varphi_{пр}=-\frac{Me}{2EJ}$
	$y_1=\frac{M}{6EJe}\left[(3b^2-e^2)x+x^3\right]$ $y_2=\frac{M}{6EJe}\left[(3b^2-e^2)x+x^3-3(x-a)^2e\right]$	$\varphi_л=-\frac{M}{6EJe}(3b^2-e^2)$ $\varphi_{пр}=+\frac{M}{6EJe}(3a^2-e^2)$
	$y=\frac{M}{24EJe}(4x^2-e^2)x$  $y_2=\frac{M}{24EJe}\left[(4x^2-e^2)x-12e(x-\frac{e}{2})^2\right]$	$\varphi_л=-\frac{Me}{24EJ}$ $\varphi_{пр}=+\frac{Me}{24EJ}$
	$y=\frac{M}{6EJe}(2e^2-3ex+x^2)x$ 	$\varphi_л=+\frac{Me}{3EJ}$ $\varphi_{пр}=+\frac{Me}{6EJ}$
	$y=\frac{q}{24EJ}(e^3-2ex^2+x^3)x$ $y_{max}=\frac{5}{384}\cdot\frac{qe^4}{EJ}$	$\varphi_л=\frac{qe^3}{24EJ}$ $\varphi_{пр}=\frac{qe^3}{24EJ}$
	$y_1=\frac{q}{24EJe}\left[2a(2c+a)(e^2-x^2)-(c+a)^4+c^4\right]x$ $y_2=\frac{q}{24EJe}\left\{\left[2a(2c+a)(e^2-x^2)-(c+a)^4+c^4\right]x+(x-b)^4e\right\}$	$\varphi_л=\frac{q}{24EJe}\left[2ae^2(2c+a)-(c+a)^4+c^4\right]$ $\varphi_{пр}=\frac{q}{24EJe}\left[2ae^2(2b+a)-(b+a)^4+b^4\right]$
	$y_1=\frac{qa}{48EJ}\left[(3e^2-a^2)x-4x^3\right]$ $y_2=\frac{qa}{48EJ}\left[(3e^2-a^2)x-4x^3+2\frac{(x-b)^4}{a}\right]$	$\varphi_л=\frac{qa}{48EJ}(3e^2-a^2)$ $\varphi_{пр}=\frac{qa}{48EJ}(3e^2-a^2)$
	$y=\frac{q}{24EJ}\left[2a^2(e^2-x^2)-a^4\right]x$ $y_2=\frac{q}{24EJ}\left\{\left[2a^2(e^2-x^2)-a^4\right]x+(x-b)^4e\right\}$	$\varphi_л=\frac{qa^2e}{24EJ}(2-\frac{a^2}{e^2})$ $\varphi_{пр}=\frac{qa^2e}{24EJ}(2-\frac{a}{e})^2$

Деформации однопролетных балок постоянного сечения (продолжение).

Схема нагрузки	Уравнение упругой линии $y=f(x)$	Углы поворота $\varphi_л$ и $\varphi_{пр}$
	$y_1=\frac{q}{192EJ}\left[(\ell+\beta)(5\ell^2-\beta^2)x-8(\ell+\beta)x^3+\frac{8}{\alpha}x^5\right]$ $y_2=\frac{q}{192EJ}\left[(\ell+\beta)(5\ell^2-\beta^2)x-8(\ell+\beta)x^3+8(x-\alpha)^4+\right.$ $\left.+8\alpha(2x^3-4x^2\alpha+3x\alpha^2-0{,}8\alpha^3)\right]$	$\varphi_л=\frac{q}{192EJ}(\ell+\beta)(5\ell^2-\beta^2)$ $\varphi_{пр}=\frac{q}{192EJ}(\ell+\beta)(5\ell^2-\beta^2)$
	$y=\frac{P\beta}{6EJ\ell}\left[(\ell^2-\beta^2)x-x^3\right]$: при $x=a$ $y=\frac{Pa^2\beta^2}{3EJ\ell}$ $y_{max}=\frac{P\beta}{9EJ\ell}(\ell^2-\beta^2)\sqrt{\frac{\ell^2-\beta^2}{3}}$ при $x=\sqrt{\frac{\ell^2-\beta^2}{3}}$	$\varphi_л=\frac{P\beta\ell}{6EJ}\left(1-\frac{\beta^2}{\ell^2}\right)$ $\varphi_{пр}=\frac{Pa\ell}{6EJ}\left(1-\frac{a^2}{\ell^2}\right)$
	$y=\frac{P}{12EJ}\left(\frac{3}{4}\ell^2x-x^3\right)$ $y_{max}=\frac{P\ell^3}{48EJ}$ при $x=\frac{\ell}{2}$	$\varphi_л=\frac{P\ell^2}{16EJ}$ $\varphi_{пр}=\frac{P\ell^2}{16EJ}$
	$y_1=\frac{P}{6EJ}\left[3a(\ell-a)x-x^3\right]$; $y_{max}=\frac{Pa^3}{24EJ}\left(3\frac{\ell^2}{a^2}-4\right)$ $y_2=\frac{P}{6EJ}\left[3a(\ell-a)x-x^3+(x-a)^3\right]$	$\varphi_л=\frac{Pa}{2EJ}(\ell-a)$ $\varphi_{пр}=\frac{Pa}{2EJ}(\ell-a)$
	$y_1=\frac{P}{18EJ}(2\ell^2x-3x^3)$: $y_{max}=\frac{23}{648}\frac{P\ell^3}{EJ}$ $y_2=\frac{P}{18EJ}\left[2\ell^2x-3x^3+3\left(x-\frac{\ell}{3}\right)^3\right]$	$\varphi_л=\frac{P\ell^2}{9EJ}$ $\varphi_{пр}=\frac{P\ell^2}{9EJ}$
	$y_1=\frac{q\beta}{24EJ}\left[\frac{1}{8}(6\ell^2-\beta^2)x-x^3\right]$ $y_2=\frac{q\beta}{24EJ}\left[\frac{1}{8}(6\ell^2-\beta^2)x-x^3+\frac{2}{5}\frac{(x-a)^5}{\beta^2}\right]$	$\varphi_л=\frac{q\beta}{192EJ}(6\ell^2-\beta^2)$ $\varphi_{пр}=\frac{q\beta}{192EJ}(6\ell^2-\beta^2)$
	$y=\frac{q\ell^4}{24EJ}\left(\frac{5}{8}\frac{x}{\ell}-\frac{x^3}{\ell^3}+\frac{2}{5}\frac{x^5}{\ell^5}\right)$ $y_{max}=\frac{q\ell^4}{120EJ}$ при $x=\frac{\ell}{2}$	$\varphi_л=\frac{5}{192}\frac{q\ell^3}{EJ}$ $\varphi_{пр}=\frac{5}{192}\frac{q\ell^3}{EJ}$
	$y_1=\frac{q\beta^2\ell^2}{360EJ}\left[\left(10-3\frac{\beta^2}{\ell^2}\right)\frac{x}{\ell}-10\frac{x^3}{\ell^3}\right]$ $y_2=\frac{q\beta^2\ell^2}{360EJ}\left[\left(10-3\frac{\beta^2}{\ell^2}\right)\frac{x}{\ell}-10\frac{x^3}{\ell^3}+3\frac{(x-a)^5}{\beta^3\ell^2}\right]$	$\varphi_л=\frac{q\beta^2\ell}{360EJ}\left(10-3\frac{\beta^2}{\ell^2}\right)$ $\varphi_{пр}=\frac{q\beta^2\ell}{360EJ}\left[20-15\frac{\beta}{\ell}+3\frac{\beta^2}{\ell^2}\right]$
	$y=\frac{q\ell^4}{360EJ}\left[7\frac{x}{\ell}-10\frac{x^3}{\ell^3}+3\frac{x^5}{\ell^5}\right]$	$\varphi_л=\frac{7}{360}\frac{q\ell^3}{EJ}$ $\varphi_{пр}=\frac{8}{360}\frac{q\ell^3}{EJ}$

Определение деформаций в балке
(метод моментов высших степеней)

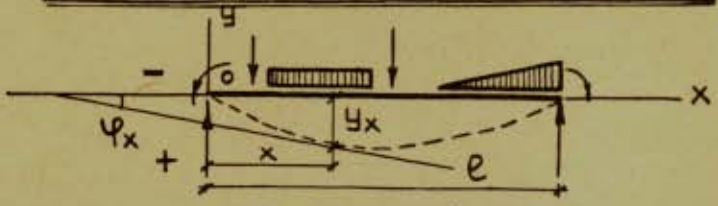


Схема загрузки пролета e с учетом опорных реакций и опорных моментов (если таковые имеются)

Начало координат принимаем на левом конце бруса.

Уравнение углов поворота

$$\varphi_x = \varphi_o - \frac{M''_x}{2EJ}$$

Уравнение упругой линии

$$y_x = y_o + \varphi_o x - \frac{M'''_x}{6EJ}$$

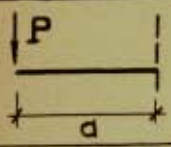
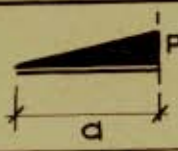
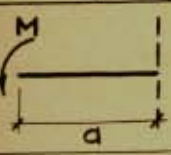
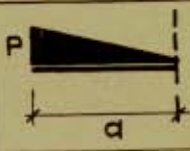
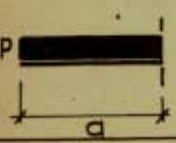
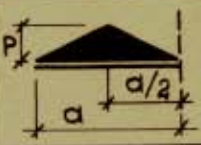
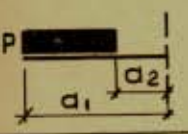
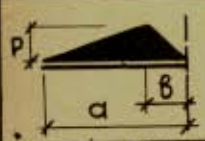
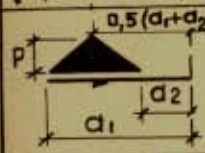
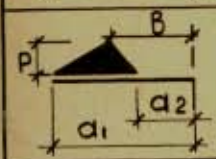
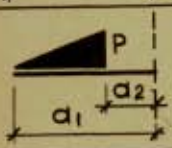
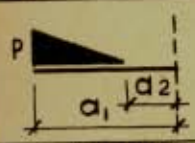
Принятые обозначения:

- φ_x – Угол наклона касательной к упругой линии для произвольного сечения, находящегося на расстоянии X от начала координат
- φ_o – Угол наклона касательной к упругой линии для сечения, принятого за начало координат
- y_x – Прогиб для произвольного сечения, находящегося на расстоянии X от начала координат
- y_o – Прогиб для сечения, принятого за начало координат
- M''_x – Момент 2-й степени всех сил и моментов, действующих левее произвольного сечения, (находящегося на расстоянии X от начала координат) относительно этого сечения
- M'''_x – Момент 3-й степени всех сил и моментов, действующих левее произвольного сечения, (находящегося на расстоянии X от начала координат) относительно этого сечения

Формулы для определения моментов 2-й и 3-й степени (M'' и M''') для различных нагрузок см ст. С 7

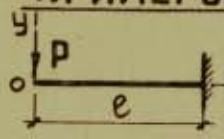
Заимствовано из статьи профессора Б. Н. Жемочкина «Труды МИИТ», выпуск XXIV. 1932 г.

Формулы для определения M'' и M''' от различных нагрузок

	$M''_a = Pa^2$ $M'''_a = Pa^3$
	$M''_a = \frac{Pa^3}{12}$ $M'''_a = \frac{Pa^4}{20}$
	$M''_a = 2Ma$ $M'''_a = 3Ma^2$
	$M''_a = \frac{Pa^3}{4}$ $M'''_a = \frac{Pa^4}{5}$
	$M''_a = \frac{Pa^3}{3}$ $M'''_a = \frac{Pa^4}{4}$
	$M''_a = \frac{7}{48}Pa^3$ $M'''_a = \frac{3}{32}Pa^4$
	$M''_a = \frac{P(a_1^3 - a_2^3)}{3}$ $M'''_a = \frac{P(a_1^4 - a_2^4)}{4}$
	$M''_a = \frac{Pa^3}{5}$ $M'''_a = \frac{2Pa^4}{15}$
	$M''_a = \frac{Pa}{12}(a^2 + a\beta + \beta^2)$ $M'''_a = \frac{Pa}{20}(a+\beta)(a^2+\beta^2)$
	$M''_a = \frac{P}{48}(a_1 - a_2)(7a_1^2 + 10a_1a_2 + 7a_2^2)$ $M'''_a = \frac{P}{32}(a_1^2 - a_2^2)(3a_1^2 + 2a_1a_2 + 3a_2^2)$
	$M''_a = \frac{P}{12}\left[a_1(a_1^2 + a_1\beta + \beta^2) - a_2(\beta^2 + \beta a_2 + a_2^2)\right]$ $M'''_a = \frac{P}{20}\left[a_1(a_1+\beta)(a_1^2+\beta^2) - a_2(\beta+a_2)(\beta^2+a_2^2)\right]$
	$M''_a = \frac{P}{12}(a_1 - a_2)(a_1^2 + 2a_1a_2 + 3a_2^2)$ $M'''_a = \frac{P}{20}(a_1 - a_2)(a_1^3 + 2a_1^2a_2 + 3a_1a_2^2 + 4a_2^3)$
	$M''_a = \frac{P}{12}(a_1 - a_2)(3a_1^2 + 2a_1a_2 + a_2^2)$ $M'''_a = \frac{P}{20}(a_1 - a_2)(4a_1^3 + 3a_1^2a_2 + 2a_1a_2^2 + a_2^3)$
	$M''_a = \frac{P}{15}(a_1 - a_2)(3a_1^2 + 4a_1a_2 + 3a_2^2)$ $M'''_a = \frac{P}{15}(a_1 - a_2)(2a_1^3 + 3a_1^2a_2 + 3a_1a_2^2 + 2a_2^3)$

Правила знаков см. примеры на стр. С-8

Примеры применения метода

1 

Определение прогиба на конце консоли

$$\varphi_x = \varphi_o - \frac{M''_x}{2EJ}\ ;\ y_x = y_o + \varphi_o x - \frac{M'''_x}{6EJ}$$

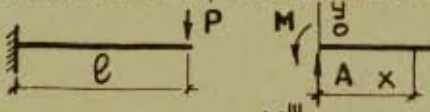
при $x=e$ $\quad \varphi_e = \varphi_o - \frac{M''_e}{2EJ}\ ;\ y_e = y_o + \varphi_o e - \frac{M'''_e}{6EJ}$

при $x=e$ (в месте заделки) $\quad \varphi_e = 0 \quad y_e = 0 \quad \varphi_o = \frac{M''_e}{2EJ}$

$$y_o = \frac{M'''_e}{6EJ} - \varphi_o e = \frac{M'''_e}{6EJ} - \frac{M''_e}{2EJ}\cdot e = -\left(\frac{Pe^3}{6EJ} - \frac{Pe^2}{2EJ}e\right) = -\frac{Pe^3}{EJ}\left(\frac{1}{6} - \frac{1}{2}\right) = +\frac{Pe^3}{3EJ}$$

---

2 та же задача, но начало координат в месте заделки



$A = P \quad M = Pe$

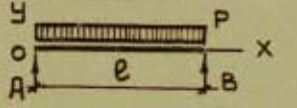
$$y_x = y_o + \varphi_o x - \frac{M'''_x}{6EJ} \qquad y_o = 0 \quad \varphi_o = 0 \quad y_e \neq 0$$

$$y_x = -\frac{M'''_x}{6EJ} \qquad M''_x = Ax^3 - 3Mx^2 = Px^3 - 3Pex^2 = Px^2(x-3e)$$

$$y_x = -\frac{Px^2}{6EJ}(x-3e) \qquad y_x = \frac{Px^2}{6EJ}(3e-x)$$ — уравнение упругой линии

при $x=e$ $\quad y_e = \frac{Pe^2}{6EJ}(3e-e) = \frac{Pe^3}{3EJ}$

---

3 

Определение угла поворота на опоре

при $x=e$ $\quad y_e = y_o + \varphi_o e - \frac{M''_e}{6EJ}$

$y_o = 0$ и $y_e = 0$ (прогибы на опорах)

тогда $\varphi_o = \frac{M''_e}{6EJe}$ $\quad M'''_e = Ae^3 - \frac{Pe^4}{4} = \frac{Pe}{2}\cdot e^3 - \frac{Pe^4}{4} = \frac{Pe^4}{4}$

$$\varphi_o = \frac{Pe^4}{4\cdot 6EJe} = \frac{Pe^3}{24EJ}$$

---

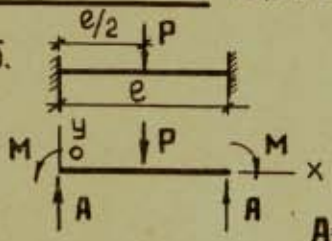
4 Найдем уравнение упругой линии для примера 3

$$y_x = y_o + \varphi_o x - \frac{M'''_x}{6EJ} \qquad y_o = 0 \quad \varphi_o = \frac{Pe^3}{24EJ}$$ (см. пример 3)

$$M'''_x = Ax^3 - \frac{Px^4}{4} = \frac{Pe}{2}x^3 - \frac{Px^4}{4}\ ;\ y_x = \frac{Pe^3}{24EJ}x - \frac{1}{6EJ}\left(\frac{Pe}{2}x^3 - \frac{Px^4}{4}\right)$$

$$y_x = \frac{Pe^4}{24EJ}\left[\frac{x}{e} - 2\frac{x^3}{e^3} + \frac{x^4}{e^4}\right]$$

---

5. 

Определение прогиба посередине пролета

$$y_x = y_o + \varphi_o x - \frac{M'''_x}{6EJ}$$

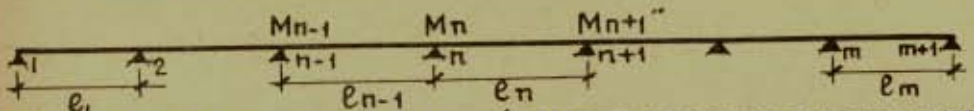
$y_o = 0 \quad \varphi_o = 0 \quad y_x = -\frac{M'''_x}{6EJ}$

$A = \frac{P}{2}\ ;\ M = \frac{Pe}{8}$; при $x = \frac{e}{2}$ $\quad y_{\frac{e}{2}} = -\frac{M'''_{e/2}}{6EJ}$

$$M'''_{\frac{e}{2}} = A\cdot\left(\frac{e}{2}\right)^3 - 3M\left(\frac{e}{2}\right)^2 = \frac{P}{2}\frac{e^3}{8} - 3\cdot\frac{Pe}{8}\cdot\frac{e^2}{4} = \frac{Pe^3}{16} - \frac{3Pe^3}{32} = -\frac{Pe^3}{32}$$

$$y_{\frac{e}{2}} = -\frac{1}{6EJ}\left(-\frac{Pe^3}{32}\right) = +\frac{Pe^3}{192EJ}$$

Неразрезные балки



I Моменты инерции сечений во всех пролетах одинаковы

Уравнение 3х моментов для n-ой опоры

$$M_{n-1}\ell_{n-1} + 2M_n(\ell_{n-1}+\ell_n) + M_{n+1}\ell_n + 6\left[\varphi^{пр}_{n-1} + \varphi^{\wedge}_n\right] = 0$$

II Моменты инерции сечений разные в разных пролетах

Уравнение 3х моментов для n-ой опоры

$$M_{n-1}\frac{\ell_{n-1}}{J_{n-1}} + 2M_n\left[\frac{\ell_{n-1}}{J_{n-1}} + \frac{\ell_n}{J_n}\right] + M_{n+1}\frac{\ell_n}{J_n} + 6\left[\frac{\varphi^{пр}_{n-1}}{J_{n-1}} + \frac{\varphi^{\wedge}_n}{J_n}\right] = 0$$

Пусть наибольший момент инерции для K-го пролета J_K

Все уравнения умножаем на J_K и вводим обозначения:

$$\ell'_{n-1} = \ell_{n-1}\frac{J_K}{J_{n-1}} \qquad \ell'_n = \ell_n\frac{J_K}{J_n} \qquad \ell'_K = \ell_K\frac{J_K}{J_K} = \ell_K$$

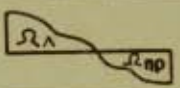
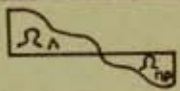
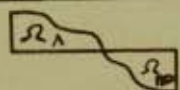
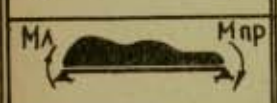
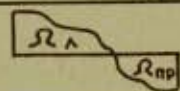
$$\varphi'_{n-1} = \varphi_{n-1}\frac{J_K}{J_{n-1}} \qquad \varphi'_n = \varphi_n\frac{J_K}{J_n} \qquad \varphi'_K = \varphi_K\frac{J_K}{J_K} = \varphi_K$$

Уравнение 3х моментов для n опоры примет вид: *)

$$M_{n-1}\ell'_{n-1} + 2M_n(\ell'_{n-1} + \ell'_n) + M_{n+1}\ell'_n + a_n = 0 \qquad a_n = 6\left[\varphi'^{пр}_{n-1} + \varphi'^{\wedge}_n\right]$$

Определение максимальных пролетных моментов в неразрезных балках

(по эпюре поперечных сил загруженного пролета)

Нагрузка (любая)	Эпюра поперечн. сил	M max.
		$M_{max} = \Omega_A - M_A = \Omega_{пр} - M_{пр}$
		$M_{max} = \Omega_A + M_A = \Omega_{пр} + M_{пр}$
		$M_{max} = \Omega_A - M_A = \Omega_{пр} + M_{пр}$
		$M_{max} = \Omega_A + M_A = \Omega_{пр} - M_{пр}$

*) Значения φ для различных нагрузок см. С4, С5, увеличивая их в EJ раз.

Таблица моментов для неразрезных равнопролетных балок

$M = K \cdot q \cdot \ell^2$ и $M = K \cdot P \cdot \ell$

где: K – табличный коэффициент
q – равномерно распределенная нагрузка
P – сосредоточенный груз
ℓ – расчетный пролет

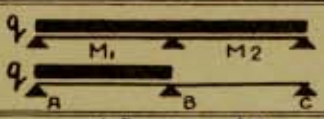
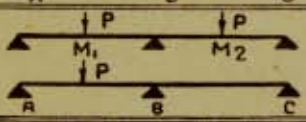
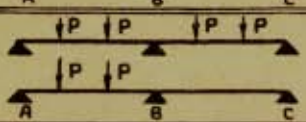
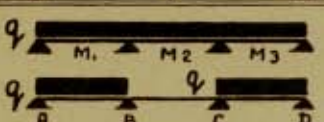
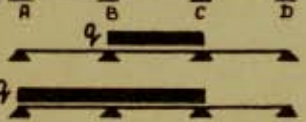
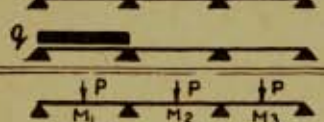
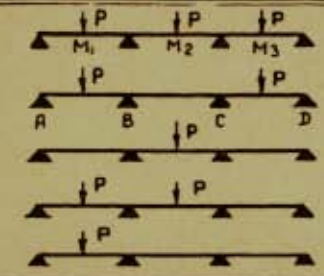
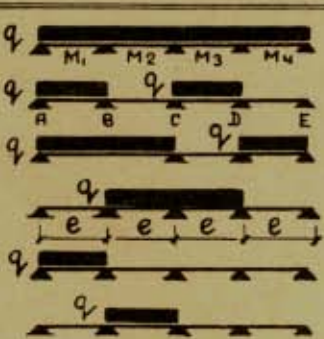
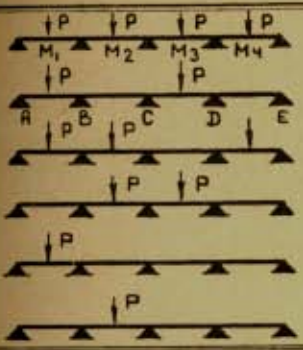
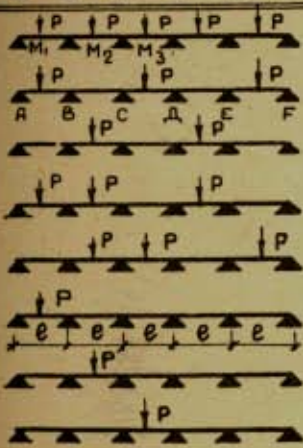
Расчетная схема	Пролетный				Опорный		
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_B	M_C	M_D
	+0,070	+0,070			−0,125		
	+0,096	−0,025			−0,063		
	+0,156	+0,156			−0,188		
	+0,203	−0,047			−0,094		
	+0,222	+0,222			−0,333		
	+0,278	−0,056			−0,167		
	+0,080	+0,025			−0,100	−0,100	
	+0,101	−0,050			−0,050	−0,050	
	−0,025	+0,075			−0,050	−0,050	
					−0,117	−0,033	
	+0,094				−0,067	+0,017	
	+0,175	+0,100			−0,150	−0,150	
	+0,213	−0,075			−0,075	−0,075	
	−0,038	+0,175			−0,075	−0,075	
					−0,175	−0,050	
	+0,200				−0,100	+0,025	
	+0,077	+0,036	+0,036	+0,077	−0,107	−0,071	−0,107
	+0,100	−0,045	+0,081	−0,023	−0,054	−0,036	−0,054
					−0,121	−0,018	−0,058
					−0,036	−0,107	−0,036
					−0,067	+0,018	−0,004
					−0,049	−0,054	−0,013

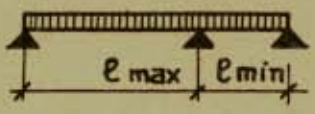
Таблица моментов для неразрезных равнопролетных балок

$$M = K \cdot q \cdot \ell^2 \text{ и } M = K \cdot P \cdot \ell$$

где K – табличный коэффициент
q – равномерно распределенная нагрузка
P – сосредоточенный груз
ℓ – расчетный пролет

Расчетная схема	Пролетный				Опорный			
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_B	M_C	M_D	M_E
	+ 0169	+ 0,116	+ 0,116	− 0,169	− 0,161	− 0,107	− 0,161	
	+ 0,210	− 0,087	+ 0,183	− 0,040	− 0,080	− 0,054	− 0,080	
					− 0,181	− 0,027	− 0,087	
					− 0,054	− 0,161	− 0,054	
					− 0,100	+ 0,027	− 0,007	
					− 0,074	− 0,080	+ 0,020	
	+ 0,078	+ 0,033	+ 0,046		− 0,105	− 0,079	− 0,079	− 0,105
	+ 0,100	− 0,046	+ 0,086		− 0,053	− 0,040	− 0,040	− 0,053
	− 0,026	+ 0,079	− 0,040		− 0,053	− 0,040	− 0,040	− 0,053
					− 0,119	− 0,022	− 0,044	− 0,051
					− 0,035	− 0,111	− 0,020	− 0,057
					− 0,067	+ 0,018	− 0,005	+ 0,001
					− 0,049	− 0,054	− 0,014	− 0,004
					+ 0,013	− 0,053	− 0,053	+ 0,013
	+ 0,171	+ 0,112	+ 0,132		− 0,158	− 0,118	− 0,118	− 0,158
	+ 0,211	− 0,069	+ 0,191		− 0,079	− 0,059	− 0,059	− 0,079
	− 0,039	+ 0,181	− 0,059		− 0,079	− 0,059	− 0,059	− 0,079
					− 0,179	− 0,032	− 0,066	− 0,077
					− 0,052	− 0,167	− 0,031	− 0,086
					− 0,100	+ 0,027	− 0,007	+ 0,002
					− 0,073	− 0,081	+ 0,022	− 0,005
					+ 0,020	− 0,079	− 0,079	+ 0,020

Моменты в неразрезной балке с двумя неравными пролетами.

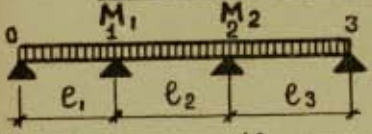


$$\alpha = \frac{\ell_{max}}{\ell_{min}} \qquad M = Kq\ell^2_{min}$$

Таблица значений коэффициентов-К

α	Загружен ℓ_{max} и ℓ_{min}			Загружен ℓ_{max}	Загружен ℓ_{min}
	Опорный	Пролетный ℓ_{max}	Пролетный ℓ_{min}	Опорный	
1.0	− 0,125	+ 0,070	+ 0,070	− 0.063	− 0.063
1.1	− 0.139	+ 0,090	+ 0,065	− 0,079	− 0.060
1.2	− 0.155	+ 0.111	+ 0.059	− 0,098	− 0,057
1,3	− 0.174	+ 0.133	+ 0.053	− 0.119	− 0,054
1.4	− 0.195	+ 0.157	+ 0.047	− 0.143	− 0.052
1.5	− 0,219	+ 0.183	+ 0.040	− 0,169	− 0.050
1.6	− 0.245	+ 0.209	+ 0,033	− 0.197	− 0,048
1.7	− 0.274	+ 0.237	+ 0.026	− 0,227	− 0,046
1.8	− 0.305	+ 0.267	+ 0.019	− 0,260	− 0,045
1.9	− 0,339	+ 0.298	+ 0.013	− 0,296	− 0,043
2,0	− 0.375	+ 0.330	+ 0.008	− 0.333	− 0,042
2.2	− 0.455	+ 0,398	+ 0.001	− 0.416	− 0.039
2,4	− 0.545	+ 0,473	По всему пролету область отрицательных моментов	− 0.508	− 0.037
2.6	− 0.645	+ 0.553		− 0,610	− 0,035
2,8	− 0,755	+ 0.639		− 0.722	− 0,033
3,0	− 0.875	+ 0.730		− 0.844	− 0.031
3,2	− 1.005	+ 0.827		− 0.975	− 0,030
3.4	− 1.145	+ 0.929		− 1.117	− 0.028
3,6	− 1.295	+ 1.124		− 1.268	− 0,027
3,8	− 1.455	+ 1.151		− 1.429	− 0,026
4,0	− 1.625	+ 1.270		− 1600	− 0,025
4,5	− 2,094	+ 1.593		− 2,071	− 0,023
5,0	− 2,625	+ 1.950		− 2,604	− 0,021
5,5	− 3,219	+ 2.343		− 3,200	− 0.019
6,0	− 3.875	+ 2.771		− 3,857	− 0,018

ТАБЛИЦА МОМЕНТОВ ДЛЯ БАЛКИ С ТРЕМЯ НЕРАВНЫМИ ПРОЛЕТАМИ



$m = \frac{\ell_1}{\ell_2}$; $M_1 = K_1 q \ell_2^2$;

$n = \frac{\ell_3}{\ell_2}$; $M_2 = K_2 q \ell_2^2$

K_1 – ВЕРХНЕЕ, K_2 – НИЖНЕЕ ЧИСЛО СТРОКИ

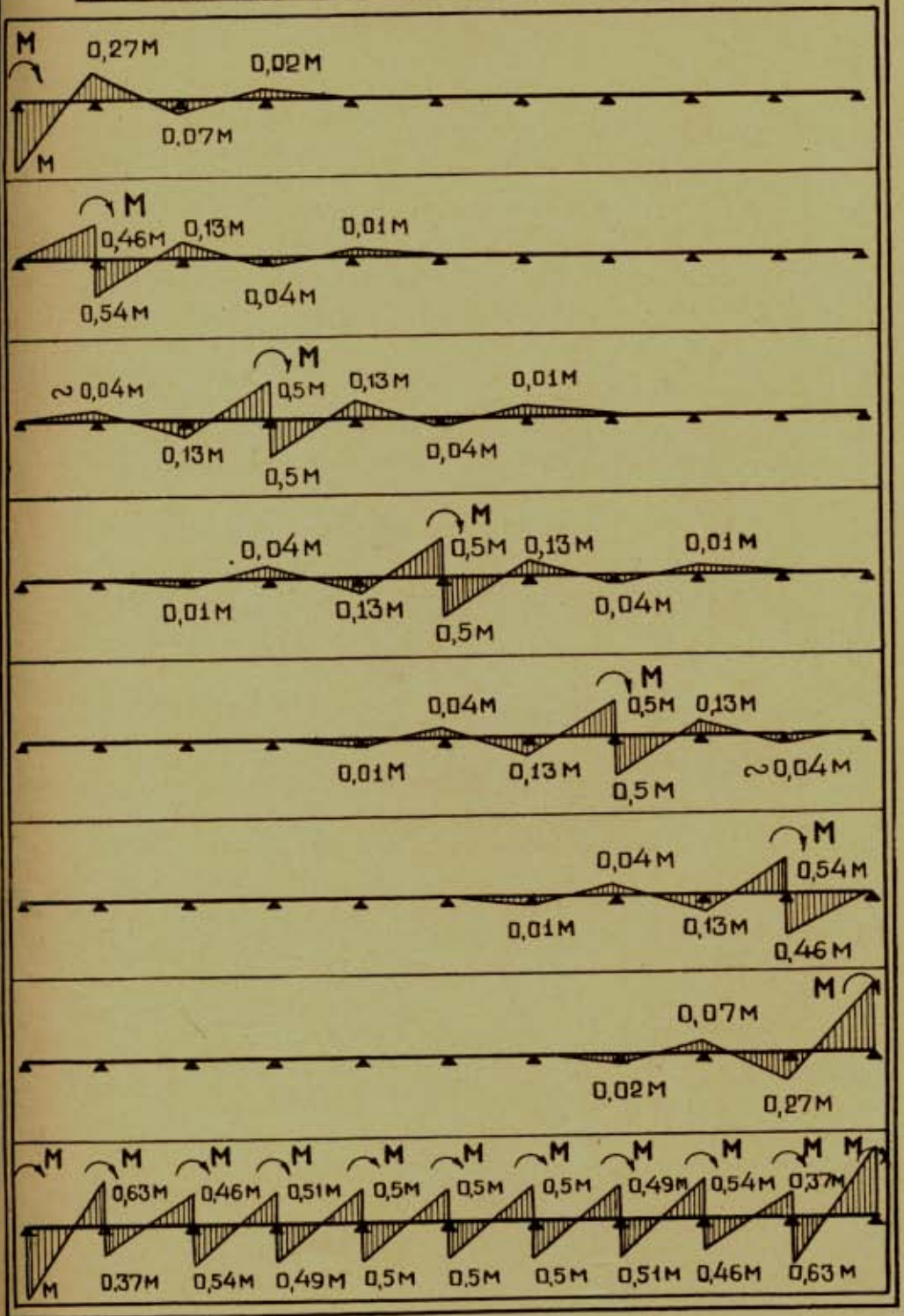
m \ n	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
0,3	- 0.071 - 0.071	- 0.072 - 0.069	- 0.072 - 0.070	-0.071 -0.073	- 0.069 - 0.079	-0.065 -0.087	- 0.061 - 0.098	- 0.056 - 0.111	-0.050 -0.127
0,4	- 0.069 - 0.072	- 0.070 - 0.070	- 0.070 - 0.070	- 0.069 - 0.074	-0.067 - 0.079	-0.064 -0.087	-0.060 - 0.098	- 0.055 - 0.111	- 0.050 - 0.127
0,5	- 0.070 - 0.072	- 0.070 - 0.070	- 0.070 - 0.070	-0.069 -0.073	- 0.067 - 0.079	-0.065 - 0.087	-0.061 - 0.098	- 0.057 - 0.111	- 0.052 - 0.126
0,6	- 0.073 - 0.071	- 0.074 - 0.069	- 0.073 - 0.069	- 0.072 - 0.072	- 0.071 - 0.078	- 0.068 - 0.086	- 0.065 - 0.097	- 0.061 - 0.110	- 0.056 - 0.125
0.7	- 0.079 - 0.069	- 0.079 - 0.067	- 0.079 - 0.067	- 0.078 - 0.071	- 0.076 - 0.076	- 0.074 - 0.084	- 0.071 - 0.095	- 0.067 - 0.108	- 0.062 - 0.124
0.8	- 0.087 - 0.065	- 0.087 - 0.064	- 0.087 - 0.065	- 0.086 - 0.068	- 0.084 - 0.074	- 0.082 - 0.082	- 0.079 - 0.093	- 0.076 - 0.106	- 0.071 - 0.122
0.9	- 0.098 - 0.061	- 0.098 - 0.060	- 0.098 - 0.061	- 0.097 - 0.065	- 0.095 - 0.071	- 0.093 - 0.079	- 0.090 - 0.090	- 0.087 - 0.103	- 0.082 - 0.119
1.0	- 0.111 - 0.056	- 0.111 - 0.055	- 0.111 - 0.057	- 0.110 - 0.061	- 0.108 - 0.067	- 0.106 - 0.076	- 0.103 - 0.087	- 0.100 - 0.100	- 0.096 - 0.116
1,1	- 0.127 - 0.050	- 0.127 - 0.050	- 0.126 - 0.052	- 0.125 - 0.056	- 0.124 - 0.062	- 0.122 - 0.071	- 0.119 - 0.082	- 0.116 - 0.096	- 0.112 - 0.112
1,2	- 0.145 - 0.043	- 0.145 - 0.043	- 0.145 - 0.046	- 0.144 - 0.050	- 0.142 - 0.057	- 0.140 - 0. 066	- 0.137 - 0.078	- 0.134 - 0.091	- 0.131 - 0.108
1.3	- 0.166 - 0.035	- 0.166 - 0.036	- 0.165 - 0.039	- 0.164 - 0.044	- 0.163 - 0.051	- 0.161 - 0.060	- 0.158 - 0.072	- 0.155 - 0.086	- 0.151 - 0.103
1,4	- 0.190 - 0.025	- 0.189 - 0.027	- 0.189 - 0.031	- 0.187 - 0.036	- 0.186 - 0.044	- 0.184 - 0.054	- 0.181 - 0.066	- 0.178 - 0.080	- 0.175 - 0.097
1,5	- 0.216 - 0.016	- 0.215 - 0.018	- 0.214 - 0.022	- 0.213 - 0.028	- 0.211 - 0.037	- 0.209 - 0.047	- 0.207 - 0.059	- 0.204 - 0.074	- 0.201 - 0.091
1,6	- 0.244 - 0.005	- 0.243 - 0.008	- 0.243 - 0.013	- 0.241 - 0.020	- 0.240 - 0.028	- 0.237 - 0.039	- 0.235 - 0.052	- 0.232 - 0.067	- 0.229 - 0.084
1,7	- 0.275 + 0.007	- 0.274 + 0.005	- 0.273 - 0.003	- 0.272 - 0.010	- 0.270 - 0.019	- 0.268 - 0.031	- 0.266 - 0.044	- 0.263 - 0.059	- 0.260 - 0.077
1,8	- 0.309 + 0.020	- 0.308 + 0.015	- 0.307 + 0.008	- 0.305 0.000	- 0.303 - 0.010	- 0.301 - 0.021	- 0.299 - 0.035	- 0.296 - 0.051	- 0.293 - 0.069
1,9	- 0.345 + 0.034	- 0.343 + 0.028	- 0.342 + 0.020	- 0.341 + 0.011	- 0.339 + 0.001	- 0.337 - 0.011	- 0.334 - 0.026	- 0.332 - 0.042	- 0.329 - 0.061
2.0	- 0,383 + 0.049	- 0.382 + 0,041	- 0.380 + 0.033	- 0.379 + 0.023	- 0,377 + 0.012	- 0.375 - 0.001	- 0.372 - 0.016	- 0.370 - 0.033	- 0,366 - 0.052

Таблица моментов для балки с тремя неравными пролетами

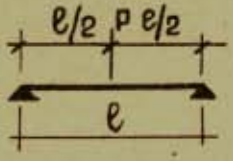
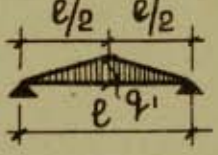
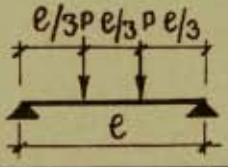
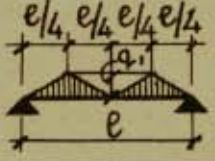
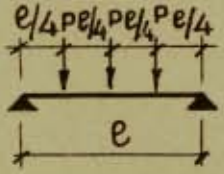
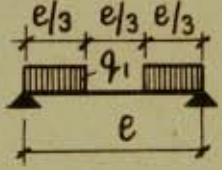
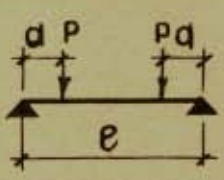
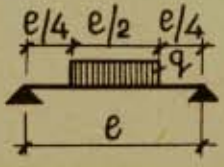
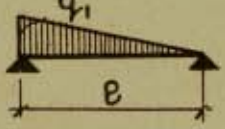
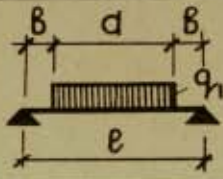
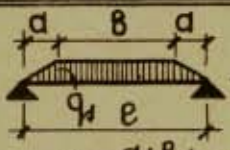
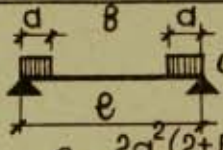
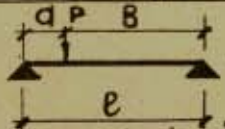
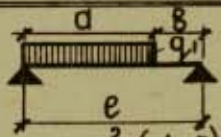
/Продолжение/

m \ n	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
0,3	- 0,043 - 0,145	- 0,035 - 0,166	- 0,025 - 0,190	- 0,016 - 0,216	- 0,005 - 0,244	+ 0,007 - 0,275	+ 0,020 - 0,309	+ 0,034 - 0,345	+ 0,049 - 0,383
0,4	- 0,043 - 0,145	- 0,036 - 0,166	- 0,027 - 0,189	- 0,018 - 0,215	- 0,008 - 0,243	+ 0,003 - 0,274	+ 0,015 - 0,308	+ 0,028 - 0,343	+ 0,041 - 0,382
0,5	- 0,046 - 0,145	- 0,039 - 0,166	- 0,031 - 0,189	- 0,022 - 0,214	- 0,013 - 0,243	- 0,003 - 0,273	+ 0,008 - 0,306	+ 0,020 - 0,342	+ 0,033 - 0,381
0,6	- 0,050 - 0,144	- 0,044 - 0,164	- 0,036 - 0,187	- 0,028 - 0,213	- 0,020 - 0,241	- 0,010 - 0,272	0,000 - 0,305	+ 0,011 - 0,341	+ 0,023 - 0,379
0,7	- 0,057 - 0,142	- 0,051 - 0,163	- 0,044 - 0,186	- 0,037 - 0,211	- 0,028 - 0,240	- 0,019 - 0,270	- 0,010 - 0,303	+ 0,001 - 0,339	+ 0,012 - 0,377
0,8	- 0,066 - 0,140	- 0,060 - 0,161	- 0,054 - 0,184	- 0,047 - 0,209	- 0,039 - 0,238	- 0,031 - 0,268	- 0,021 - 0,301	- 0,011 - 0,337	- 0,001 - 0,375
0,9	- 0,078 - 0,137	- 0,072 - 0,158	- 0,066 - 0,181	- 0,059 - 0,207	- 0,052 - 0,235	- 0,044 - 0,266	- 0,035 - 0,299	- 0,026 - 0,334	- 0,016 - 0,372
1,0	- 0,091 - 0,134	- 0,086 - 0,155	- 0,080 - 0,178	- 0,074 - 0,204	- 0,067 - 0,232	- 0,059 - 0,263	- 0,051 - 0,296	- 0,042 - 0,331	- 0,033 - 0,370
1,1	- 0,108 - 0,130	- 0,103 - 0,151	- 0,097 - 0,175	- 0,091 - 0,201	- 0,084 - 0,229	- 0,077 - 0,259	- 0,069 - 0,293	- 0,061 - 0328	- 0,052 - 0,366
1,2	- 0,126 - 0126	- 0,122 - 0,147	- 0,116 - 0,171	- 0,110 - 0,197	- 0,104 - 0,225	- 0,097 - 0,256	- 0,089 - 0,289	- 0,081 - 0,325	- 0,073 - 0,363
1,3	- 0,147 - 0,121	- 0,143 - 0,143	- 0,138 - 0,166	- 0,132 - 0,192	- 0,126 - 0,221	- 0,119 - 0,252	- 0,112 - 0,285	- 0,104 - 0,321	- 0,096 - 0,359
1,4	- 0,171 - 0,116	- 0,166 - 0,138	- 0,161 - 0,161	- 0,156 - 0,188	- 0,150 - 0,216	- 0,144 - 0,247	- 0136 - 0,281	- 0,129 - 0,317	- 0,121 - 0,355
1,5	- 0,197 - 0,110	- 0,192 - 0,132	- 0,188 - 0,156	- 0,182 - 0,182	- 0,176 - 0,211	- 0,170 - 0,242	- 0,164 - 0,276	- 0,156 - 0,312	- 0,149 - 0,350
1,6	- 0,225 - 0,104	- 0,221 - 0,126	- 0,216 - 0,150	- 0,211 - 0,177	- 0,205 - 0,205	- 0,199 - 0,237	- 0,193 - 0,271	- 0,186 - 0,307	- 0,179 - 0,345
1,7	- 0,256 - 0,097	- 0,252 - 0,119	- 0,247 - 0,143	- 0,242 - 0,170	- 0,237 - 0,199	- 0,231 - 0,231	- 0,225 - 0,265	- 0,218 - 0,301	- 0,211 - 0,340
1,8	- 0,289 - 0,089	- 0,285 - 0,112	- 0,281 - 0,137	- 0,276 - 0,164	- 0,271 - 0,193	- 0,265 - 0,225	- 0,259 - 0,259	- 0,252 - 0,295	- 0,245 - 0,334
1,9	- 0,325 - 0,081	- 0,321 - 0,104	- 0,316 - 0,129	- 0,312 - 0,156	- 0,307 - 0,186	- 0,301 - 0,218	- 0,295 - 0,252	- 0,289 - 0289	- 0,282 - 0,328
2,0	- 0,363 - 0,073	- 0,359 - 0,096	- 0,355 - 0,121	- 0,350 - 0,149	- 0,345 - 0,179	- 0,340 - 0,211	- 0,334 - 0,245	- 0,328 - 0,282	- 0,327 - 0,321

НЕРАЗРЕЗНЫЕ БАЛКИ С РАВНЫМИ ПРОЛЕТАМИ, НАГРУЖЕННЫЕ МОМЕНТАМИ НА ОПОРАХ



Эквивалентная по опорному моменту нагрузка

 $q=\frac{3P}{2\ell}$	 $q=\frac{5}{8}q'$
 $q=\frac{8P}{3\ell}$	 $q=\frac{17}{32}q'$
 $q=\frac{15P}{4\ell}$	 $q=\frac{14}{27}q'$
 $\alpha=\frac{a}{\ell}$ $q=12\alpha(1-\alpha)\frac{P}{\ell}$	 $q=\frac{11}{16}q'$
 $q_L=\frac{8}{15}q'$ $q_R=\frac{7}{15}q'$	 $\alpha=\frac{a}{\ell}$ $q=\frac{(3-\alpha^2)\alpha}{2}q'$
 $\beta=\frac{\beta}{\ell}$ $q=\frac{a+\beta}{4\ell}(5-\beta^2)q'$	 q' $\beta=\frac{\beta}{\ell}$ $q=\frac{2a^2(2+\beta)}{\ell^2}q'$
 $\alpha=\frac{a}{\ell}$; $\beta=\frac{\beta}{\ell}$ $q_L=4\beta(1-\beta^2)\frac{P}{\ell}$ $q_R=4\alpha(1-\alpha^2)\frac{P}{\ell}$	 $\alpha=\frac{a}{\ell}$, $\beta=\frac{\beta}{\ell}$ $q_L=\alpha^2(1+\beta)^2q'$ $q_R=\alpha^2(2-\alpha^2)q'$

К таблице эквивалентной нагрузки

В таблице даны значения эквивалентной равномерно распределенной нагрузки, вызывающей в неразрезных балках опорные моменты, равные опорным моментам, которые получаются от изображенной нагрузки. Приведение нагрузки к равномерно распределенной необходимо тогда, когда с целью упрощения расчета необходимо уменьшить количество видов нагрузки или при желании пользоваться готовыми таблицами и формулами, составленными для балок с равномерно распределенной нагрузкой

При пользовании эквивалентными нагрузками следует иметь в виду следующее:

1. Нагрузка эквивалентна только для определения опорных моментов, определение пролетных моментов необходимо вести по действительной нагрузке.*)
2. Для симметричной по пролету нагрузки определение опорного момента ведется непосредственно по полученным эквивалентным нагрузкам.
3. Для несимметричных по пролету нагрузок в таблице даны две эквивалентных нагрузки, которыми пользоваться так:
   А/ при загрузке крайнего левого пролета расчет ведется по q_R, а правого – по q_L, Б/ при загрузке второго пролета расчет ведется по q_R, причем в первом пролете принимается фиктивная нагрузка –

$$q_{\phi} = (q_L - q_R)\left(\frac{\ell_2}{\ell_1}\right)^3$$

Для третьего пролета четырехпролетной балки аналогично: эквивалентная в третьем q_L, фиктивная в четвертом –

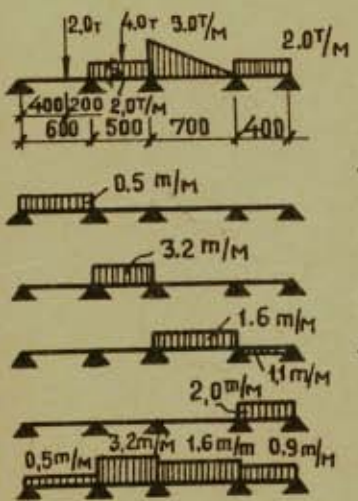
$$q_{\phi} = (q_R - q_L)\left(\frac{\ell_3}{\ell_4}\right)^3.$$

Фиктивная нагрузка принимается со своим знаком

*) Поперечные силы определяются по действительной, а не эквивалентной нагрузке

Пример

Найти эквивалентную равномерно распределенную нагрузку для балки, изображенной ниже:



$$\begin{cases} \alpha = \dfrac{4.0}{6.0} = 0{,}667 \\ q_1 = 4 \cdot 0{,}661 (1 - 0.667^2) \dfrac{2{,}0}{6.0} \approx 0{,}5\ \text{т/м} \end{cases}$$

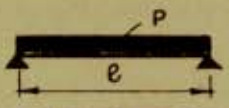
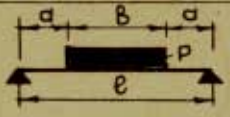
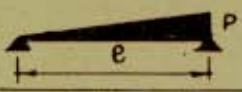
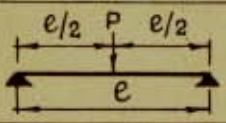
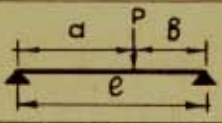
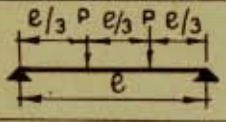
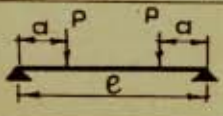
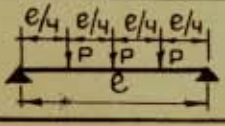
$$q_2 = 2{,}0 + \frac{3 \cdot 4.0}{2 \cdot 5.0} = 3{,}2\ \text{т/м}$$

$$\begin{cases} q_3 = \dfrac{8}{15} 3{,}0 = 1.6\ \text{т/м} \\ q_{\phi} = \left(\dfrac{7-8}{15}\right) \cdot 3.0 \dfrac{7.0^3}{4.0^3} \approx -1{,}1\ \text{т/м} \\ q_4 = 2\ \text{т/м} \end{cases}$$

В тех случаях, когда нагрузка постоянная, ее суммируют.

Расчет балок с учетом пластических деформаций

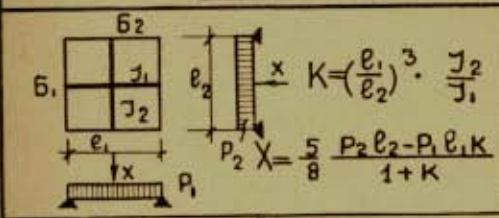
Ниже даны значения выравненных моментов для неразрезных балок, равные в крайних пролетах $M \approx \frac{2}{3} M_{разр.}$ в средних пролетах $M = \frac{M_{разр.}}{2}$, где $M_{разр}$ — изгибающий момент в разрезной балке, таблица пригодна для расчета жел. бет. балок и плит с равными или отличающимися на 10% пролетами, а также для расчета металлических балок с равными или отличающимися не более чем на 20% пролетами, закрепленных от потери общей устойчивости и несущих статическую нагрузку

Схема нагрузки	Крайний пролет $M_{оп}$ $M_{пл}$	Средний пролет $M_{оп}$ $M_{пл}$
	$\frac{P \cdot e^2}{11}$	$\frac{P \cdot e^2}{16}$
	$\frac{P(3e^2 - 2e\sqrt{2B^2+a^2})}{2}$	$\frac{P(e^2-4a^2)}{16}$
	$\frac{P \cdot e^2}{24}$	$\frac{4}{125} P \cdot e^2$
	$\frac{P \cdot e}{6}$	$\frac{P \cdot e}{8}$
	$\frac{P \cdot a\,(e-a)}{e+a}$	$\frac{P \cdot a \cdot B}{2e}$
	$\frac{P \cdot e}{4}$	$\frac{P \cdot e}{6}$
	$\frac{P \cdot a \cdot e}{e+a}$	$\frac{P \cdot a}{2}$
	$\frac{P \cdot e}{3}$	$\frac{P \cdot e}{4}$

Учет пластических деформаций при расчете перекрытий над подвалами, несущих временную нагрузку более 1500 кг/м², не разрешается.

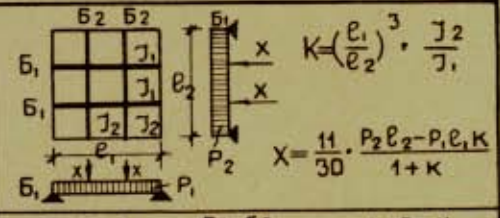
Перекрытия с перекрестными балками

(Кессонные перекрытия)



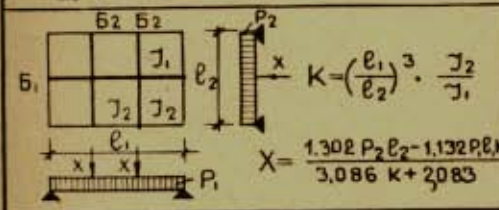
$$K=\left(\frac{\ell_1}{\ell_2}\right)^3\cdot\frac{J_2}{J_1}$$

$$X=\frac{5}{8}\cdot\frac{P_2\ell_2-P_1\ell_1K}{1+K}$$



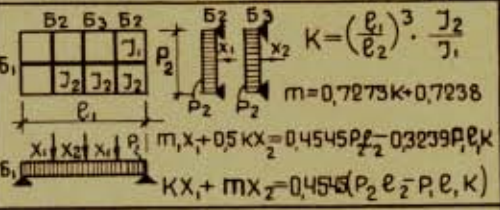
$$K=\left(\frac{\ell_1}{\ell_2}\right)^3\cdot\frac{J_2}{J_1}$$

$$X=\frac{11}{30}\cdot\frac{P_2\ell_2-P_1\ell_1K}{1+K}$$



$$K=\left(\frac{\ell_1}{\ell_2}\right)^3\cdot\frac{J_2}{J_1}$$

$$X=\frac{1.302P_2\ell_2-1.132P_1\ell_1K}{3.086K+2.083}$$

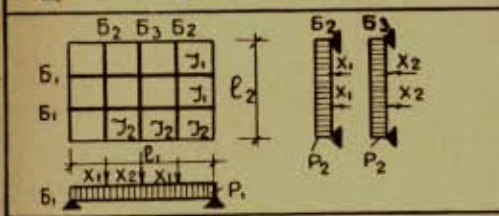


$$K=\left(\frac{\ell_1}{\ell_2}\right)^3\cdot\frac{J_2}{J_1}$$

$$m=0{,}7273K+0{,}7238$$

$$mX_1+0{,}5KX_2=0{,}4545P_2\ell_2-0{,}3239P_1\ell_1K$$

$$KX_1+mX_2=0{,}4545(P_2\ell_2-P_1\ell_1K)$$



$$K=\left(\frac{\ell_1}{\ell_2}\right)^3\cdot\frac{J_2}{J_1}$$

$$m=0{,}7273K+1{,}0774$$

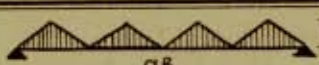
$$mX_1+0{,}5KX_2=0{,}3951P_2\ell_2-0{,}3239P_1\ell_1K$$

$$KX_1+mX_2=0{,}3951P_2\ell_2-0{,}4545P_1\ell_1K$$

P_1 и P_2 – расчетные равномерно распределенные нагрузки на балки, состоящие из собственного веса балки, плиты и полезной нагрузки. Постоянная нагрузка от плиты и полезная нагрузка приняты в виде эквивалентной равномерно распределенной нагрузки, определенной из условия равенства прогибов.

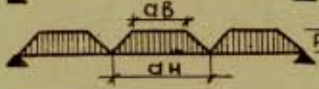
Эквивалентные нагрузки

Для треугольной нагрузки



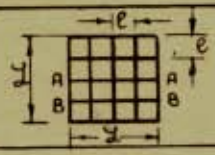
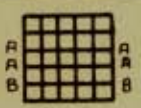
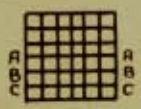
$$P_{эк}=0{,}5P$$

Для трапецеидальной нагрузки



$$P_{эк}=0{,}5P\left(1+\frac{a_в}{a_н}\right)$$

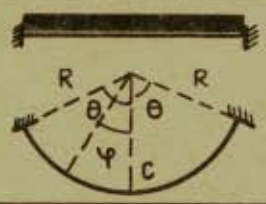
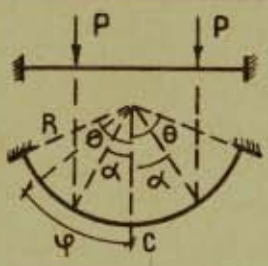
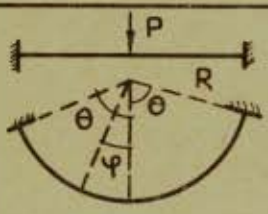
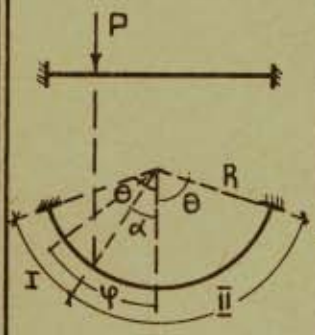
$P_1=P_{эк1}+P_{балки}$ и т.д

NN	Схема перекрытия	Название балки	Величина погонной нагрузки на балку	Максимальный момент
1		АА	$0{,}562\cdot P\cdot\ell$	$0{,}0703\cdot P\cdot\ell\cdot y^2$
		ВВ	$0{,}415\cdot P\cdot\ell$	$0{,}0520\cdot P\cdot\ell\cdot y^2$
2		АА	$0{,}550\cdot P\cdot\ell$	$0{,}0686\cdot P\cdot\ell\cdot y^2$
		ВВ	$0{,}316\cdot P\cdot\ell$	$0{,}0395\cdot P\cdot\ell\cdot y^2$
3		АА	$0{,}635\cdot P\cdot\ell$	$0{,}0794\cdot P\cdot\ell\cdot y^2$
		ВВ	$0{,}523\cdot P\cdot\ell$	$0{,}0654\cdot P\cdot\ell\cdot y^2$
		СС	$0{,}293\cdot P\cdot\ell$	$0{,}0366\cdot P\cdot\ell\cdot y^2$

P – нагрузка на $1\,м^2$ перекрытия

БАЛКИ С ИЗОГНУТОЙ В ПЛАНЕ ОСЬЮ

M_c, M_x – ИЗГИБАЮЩИЕ МОМЕНТЫ, $M_{кр}$ – КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ, Q – ПОПЕРЕЧ. СИЛА

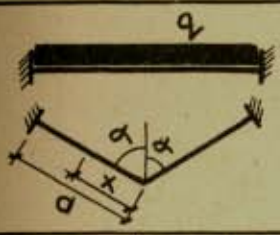
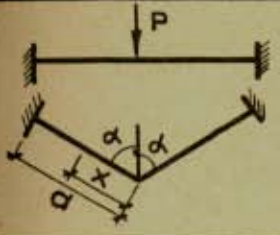
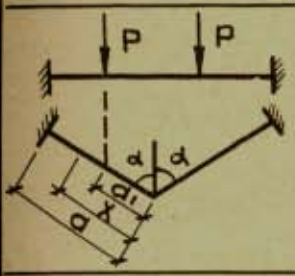
СХЕМА	МОМЕНТЫ И ПОПЕРЕЧНЫЕ СИЛЫ	ПОЯСНЕНИЯ
	$M_c = \left[\frac{2\sin\theta - \theta\cos\theta}{\theta} - 1\right] q R^2$	В СЕРЕДИНЕ ПРОЛЕТА
	$M_x = M_c\cos\varphi - (1-\cos\varphi) q R^2$	В ЛЮБОМ СЕЧЕНИИ
	$M_{кр} = M_c\sin\varphi - (\varphi - \sin\varphi) q R^2$	В ЛЮБОМ СЕЧЕНИИ
	$M_c = \frac{\cos\alpha - \cos\theta - (\theta-\alpha)\sin\alpha}{\theta} PR$	В СЕРЕДИНЕ ПРОЛЕТА
	$M_x = M_c\cos\varphi$	ПРИ $\varphi < \alpha$
	$M_x = M_c\cos\varphi - PR\sin(\varphi-\alpha)$	ПРИ $\varphi > \alpha$
	$M_{кр} = M_c\sin\varphi$	ПРИ $\varphi < \alpha$
	$M_{кр} = M_c\sin\varphi - [1-\cos(\varphi-\alpha)] PR$	ПРИ $\varphi > \alpha$
	$M_c = \frac{1-\cos\theta}{2\theta} PR$	В СЕРЕДИНЕ ПРОЛЕТА
	$M_x = M_c\cos\varphi - 0{,}5 PR\sin\varphi$	В ЛЮБОМ СЕЧЕНИИ
	$M_{кр} = M_c\sin\varphi - 0{,}5 PR(1-\cos\varphi)$	В ЛЮБОМ СЕЧЕНИИ
	$M_c = \frac{\cos\alpha - \cos\theta - (\theta-\alpha)\sin\alpha}{2\theta} PR$	В СЕРЕДИНЕ ПРОЛЕТА
	$Q_c = P\frac{(\theta-\alpha)(\cos\alpha-1) - \sin(\theta-\alpha) - \sin\theta + \sin\alpha}{4(\theta - \sin\theta)}$	В СЕРЕДИНЕ ПРОЛЕТА
	$M_x = M_c\cos\varphi + RQ\sin\varphi - PR\sin(\varphi-\alpha)$	НА УЧАСТКЕ I
	$M_x = M_c\cos\varphi \pm RQ\sin\varphi$	НА УЧАСТКЕ I
	$M_{кр} = M_c\sin\varphi + RQ(1-\cos\varphi) - PR[1-\cos(\varphi-\alpha)]$	НА УЧАСТКЕ I
	$M_{кр} = M_c\sin\varphi \pm R\theta(1-\cos\varphi)$	НА УЧАСТКЕ I

ПРИМЕЧАНИЕ: ЗНАК + ДЕЙСТВИТЕЛЕН ОТ ГРУЗА ДО СЕРЕДИНЫ ПРОЛЕТА (ОТ $\varphi = 0$ ДО $\varphi = \alpha$)
ЗНАК – ДЕЙСТВИТЕЛЕН НА НЕНАГРУЖЕННОЙ ПОЛОВИНЕ БАЛКИ (ОТ $\varphi = 0$ ДО $\varphi = \theta$)

ПРИВЕДЕННЫЕ ФОРМУЛЫ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫ ПРИ $\theta \leqslant 90^\circ$

Балки с изогнутой в плане осью

(продолжение)

Схема	Моменты	Пояснения
	$M_x = -\left(\frac{x^2}{2} - \frac{a^2 \sin^2\alpha}{6}\right) q$	В любом сечении
	$M_{кр} = \frac{a^2 \sin\alpha \cos\alpha}{6} q$	В любом сечении
	$M_x = \left[\frac{a \sin^2\alpha}{4} - \frac{x}{2}\right] P$	В любом сечении
	$M_{кр} = \frac{a \sin\alpha \cos\alpha}{4} P$	В любом сечении
	$M_a = \frac{(a-a_1)^2}{2a} \sin^2\alpha \cdot P$ $M_x = \left[\frac{(a-a_1)^2}{2a} \sin^2\alpha - (x-a)\right] P$	В любом сечении на участке между грузами В любом сечении на участке между опорой и грузом
	$M_{кр} = \frac{(a-a_1)^2}{2a} \sin\alpha \cos\alpha \cdot P$	В любом сечении
	Кольцевые балки, жестко соединенные с колоннами, рассчитываются приближенно с учетом полной заделки на опорах по формулам (С 14)	

φ – угол поворота свободно опертой балки от заданной нагрузки

$$M = \frac{2\varphi E J_1}{2\lambda_2 M_2 e_2 + e_1}$$

где:

$$\lambda_2 = \frac{J_1}{J_2} \qquad M_2 = \frac{E J_2}{G J_{02}} \qquad J_{02} = K h b^3$$

J_{02} – момент инерции при кручении

$n = \frac{h}{b}$

Таблица значений K

n	1	1.2	1.5	2	4	∞
K	0,14	0,17	0,20	0,23	0,28	0,33

Плиты опертые по контуру

$M_{x\,max} = \frac{q \cdot l_x^2}{\varphi_x}$; $M_{y\,max} = \frac{q \cdot l_y^2}{\varphi_y}$; $q_x = \varkappa \cdot q$; $q_y = (1 - \varkappa_x) \cdot q$

$\frac{l_y}{l_x}$	1			2 Опорные мом. $M_x^{on} = -\frac{1}{8} \varkappa_x q l_x^2$			3 Опорные мом. $M_x^{on} = -\frac{1}{12} \varkappa \cdot q l_x^2$		
	φ_x	φ_y	$\varkappa_x$	φ_x	φ_y	$\varkappa_x$	φ_x	φ_y	$\varkappa_x$
0,50	169	11	0,06	141	11	0,14	136	12	0,24
0,55	125	11	0,08	107	12	0,19	107	14	0,31
0,60	95	12	0,11	85	14	0,24	88	16	0,39
0,65	75	13	0,15	71	15	0,31	74	19	0,47
0,70	61	15	0,19	59	17	0,38	64	22	0,55
0,75	52	16	0,24	51	19	0,44	56	25	0,61
0,80	44	18	0,29	45	22	0,51	50	30	0,67
0,85	38	20	0,34	40	25	0,57	46	35	0,72
0,90	34	22	0,40	36	28	0,62	42	41	0,77
0,95	30	25	0,45	33	32	0,67	40	48	0,80
1,00	27	27	0,50	30	37	0,71	37	56	0,83
1,10	23	33	0,59	26	48	0,78	34	75	0,88
1,20	19	40	0,67	23	61	0,84	32	102	0,91
1,30	17	49	0,74	21	79	0,88	30	135	0,93
1,40	15	58	0,79	20	100	0,91	29	176	0,95
1,50	14	70	0,84	19	127	0,93	28	227	0,96
1,60	13	84	0,87	18	159	0,94	28	288	0,97
1,70	12	101	0,89	18	197	0,95	27	362	0,98
1,80	11	122	0,91	17	240	0,96	27	451	0,98
1,90	11	143	0,93	17	295	0,97	26	554	0,98
2,00	11	169	0,94	16	357	0,98	26	676	0,99

Значения изгибающих моментов относятся к единице ширины средней полосы плиты шириной $\frac{l_x}{2}$ и $l_y - \frac{1}{2} l_x$. Для боковых полос момент на единицу ширины уменьшается вдвое. Значения моментов приведены без учета пластических деформаций.

Плиты опертые по контуру (продолжение)

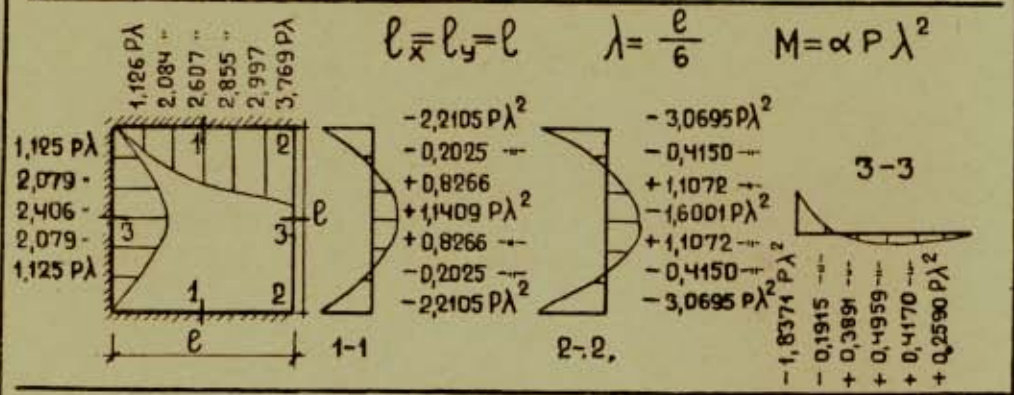
$M_{x\,max}=\frac{q\cdot l_x^2}{\varphi_x}$; $M_{y\,max}=\frac{q\cdot l_y^2}{\varphi_y}$ $q_x=\alpha\cdot q$ $q_y=(1-\alpha_x)q$

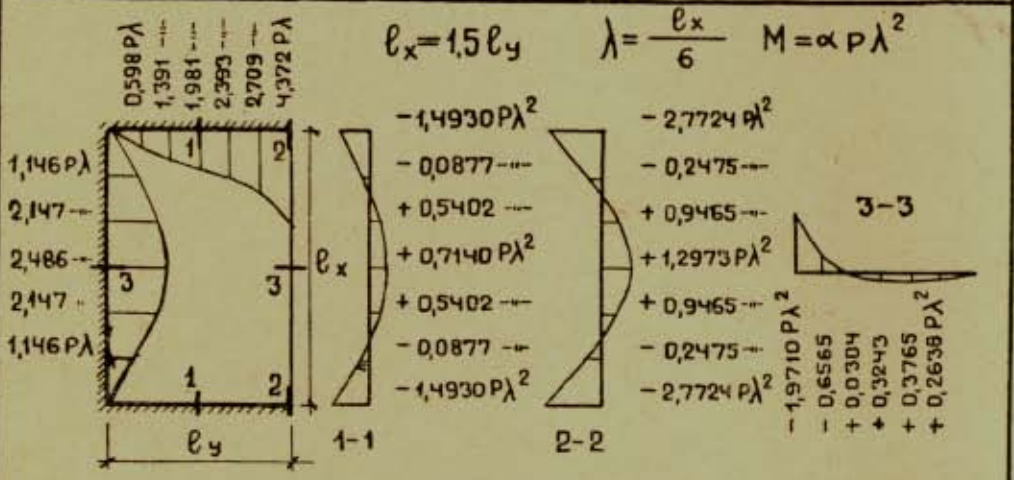
$\frac{l_y}{l_x}$	l_x l_y $M_x^{on}=-\frac{1}{8}\alpha_x\cdot q l_x^2$ $M_y^{on}=-\frac{1}{8}(1-\alpha_x)q l_y^2$			l_x l_y $M_x^{on}=-\frac{1}{12}\alpha_x\cdot q l_x^2$ $M_y^{on}=-\frac{1}{8}(1-\alpha_x)q l_y^2$			l_x l_y $M_x^{on}=-\frac{1}{12}\alpha_x\, q l_x^2$ $M_y^{on}=-\frac{1}{12}(1-\alpha_x)q l_y^2$		
	φ_x	φ_y	α_x	φ_x	φ_y	α_x	φ_x	φ_y	α_x
0,50	272	17	0,06	246	18	0,11	437	27	0,06
0,55	195	18	0,08	187	19	0,15	310	28	0,08
0,60	146	19	0,11	139	21	0,21	230	30	0,11
0,65	113	20	0,15	110	23	0,26	176	31	0,15
0,70	90	22	0,19	91	25	0,32	139	33	0,19
0,75	74	23	0,24	77	28	0,39	113	36	0,24
0,80	62	25	0,29	66	31	0,45	95	39	0,29
0,85	53	28	0,34	58	35	0,51	81	42	0,34
0,90	47	31	0,40	53	39	0,57	70	46	0,40
0,95	41	34	0,45	48	45	0,62	62	51	0,45
1,00	37	37	0,50	44	51	0,67	56	56	0,50
1,10	31	46	0,59	39	65	0,75	47	68	0,59
1,20	27	56	0,67	35	84	0,81	41	85	0,67
1,30	24	69	0,74	33	108	0,85	37	105	0,74
1,40	22	85	0,79	31	138	0,88	34	131	0,79
1,50	21	104	0,84	30	175	0,91	32	162	0,83
1,60	19	128	0,87	29	219	0,93	31	200	0,87
1,70	19	156	0,89	28	273	0,94	29	246	0,89
1,80	18	188	0,91	27	336	0,95	29	299	0,91
1,90	17	227	0,93	27	411	0,96	28	363	0,93
2,00	17	272	0,94	27	498	0,97	27	437	0,94

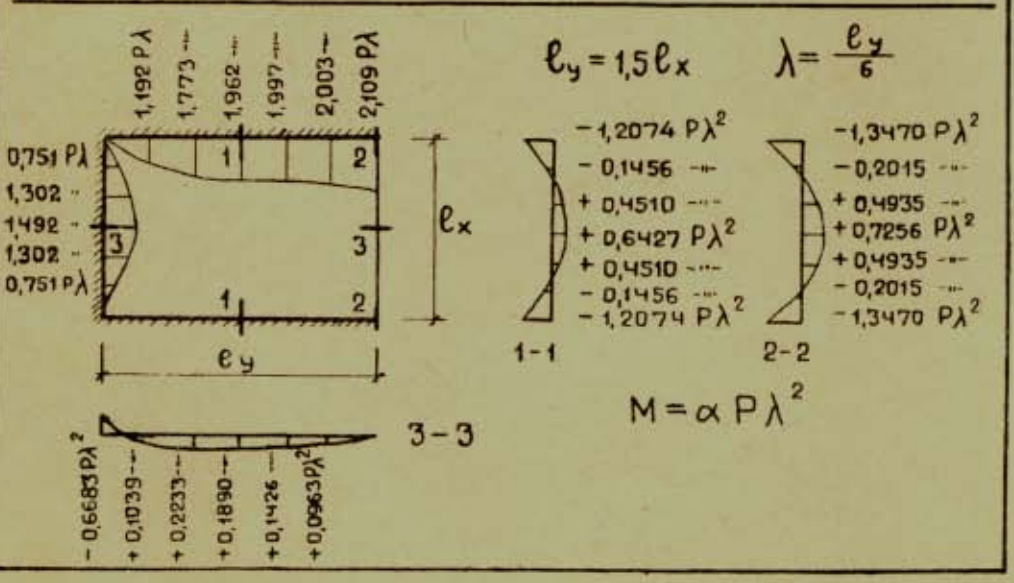
Значения изгибающих моментов относятся к единице ширины средней полосы плиты шириной $\frac{l_x}{2}$ и $l_y-\frac{1}{2}l_x$. Для боковых полос момент на единицу ширины уменьшается вдвое. Значения моментов приведены без учета пластических деформаций.

Плита, заделанная по трем сторонам со свободно висячей четвертой стороной

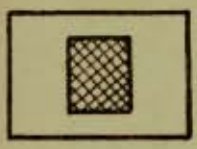
(Нагрузка равномерно распределенная по всей плите)

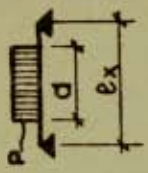






ЧЕТЫРЕХСТОРОННЯЯ ПЛИТА С ЧАСТИЧНОЙ НАГРУЗКОЙ



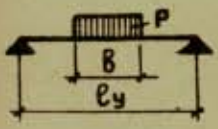


$P = p \cdot d \cdot b$

$M_x = \alpha P$

$M_y = \beta P$

P в кг M – в $\frac{кгсм}{см}$



При полной заделке опор пролетные моменты равны 0,5м и опорные – 0,7м

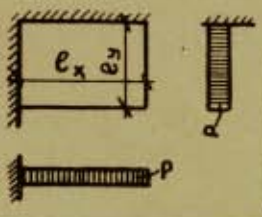
При частичной заделке опор пролетные моменты равны 0,8м и опорные – 0,4м

d : ℓ_x	b : ℓ_x	Отношение $\ell_y : \ell_x$							
		1,0		1,2		1,4		1,6	
		α	β	α	β	α	β	α	β
0	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	0,2	0,299	0,238	0,314	0,235	0,324	0,232	0,333	0,230
	0,4	0,226	0,170	0,245	0,168	0,256	0,165	0,263	0,163
	0,6	0,183	0,133	0,202	0,131	0,215	0,128	0,222	0,125
	0,8	0,151	0,106	0,171	0,106	0,184	0,103	0,193	0,101
	1,0	0,124	0,087	0,146	0,087	0,160	0,085	0,169	0,083
	1,2	—	—	0,124	0,074	0,139	0,072	0,149	0,070
	1,4	—	—	—	—	0,121	0,062	0,132	0,060
	1,6	—	—	—	—	—	—	0,117	0,053
0,2	0,0	0,238	0,299	0,253	0,292	0,264	0,289	0,271	0,286
	0,2	0,206	0,206	0,222	0,202	0,232	0,198	0,239	0,196
	0,4	0,173	0,153	0,192	0,152	0,202	0,149	0,210	0,146
	0,6	0,146	0,121	0,165	0,119	0,177	0,117	0,184	0,114
	0,8	0,123	0,098	0,142	0,097	0,155	0,095	0,164	0,093
	1,0	0,102	0,080	0,123	0,081	0,136	0,079	0,145	0,076
	1,2	—	—	0,105	0,068	0,120	0,067	0,129	0,065
	1,4	—	—	—	—	0,104	0,058	0,115	0,056
	1,6	—	—	—	—	—	—	0,102	0,049
0,4	0,0	0,170	0,226	0,188	0,225	0,199	0,222	0,205	0,220
	0,2	0,153	0,173	0,170	0,171	0,180	0,161	0,186	0,165
	0,4	0,135	0,135	0,153	0,134	0,163	0,131	0,170	0,128
	0,6	0,117	0,108	0,135	0,107	0,147	0,105	0,154	0,102
	0,8	0,100	0,088	0,118	0,088	0,131	0,085	0,139	0,083
	1,0	0,083	0,072	0,103	0,073	0,116	0,071	0,124	0,069
	1,2	—	—	0,088	0,062	0,102	0,062	0,111	0,059
	1,4	—	—	—	—	0,089	0,052	0,099	0,050
	1,6	—	—	—	—	—	—	0,088	0,044

Четырехсторонняя плита с частичной нагрузкой /Продолжение/

a : ℓ_x	b : ℓ_x	Отношение $\ell_y : \ell_x$							
		1,0		1,2		1,4		1,6	
		α	β	α	β	α	β	α	β
0,6	0,0	0,133	0,183	0,146	0,180	0,156	0,177	0,162	0,175
	0,2	0,121	0,146	0,136	0,144	0,145	0,141	0,152	0,139
	0,4	0,108	0,117	0,125	0,116	0,134	0,113	0,140	0,111
	0,6	0,095	0,095	0,113	0,094	0,122	0,092	0,129	0,089
	0,8	0,082	0,278	0,099	0,078	0,110	0,075	0,117	0,073
	1,0	0,068	0,064	0,086	0,065	0,098	0,063	0,106	0,061
	1,2	—	—	0,074	0,055	0,087	0,054	0,095	0,052
	1,4	—	—	—	—	0,076	0,046	0,085	0,045
	1,6	—	—	—	—	—	—	0,076	0,039
0,8	0,0	0,106	0,151	0,119	0,149	0,127	0,146	0,131	0,145
	0,2	0,098	0,123	0,111	0,121	0,120	0,119	0,125	0,117
	0,4	0,088	0,100	0,103	0,099	0,110	0,196	0,116	0,094
	0,6	0,078	0,082	0,092	0,081	0,102	0,079	0,107	0,077
	0,8	0,067	0,067	0,082	0,067	0,092	0,065	0,098	0,063
	1,0	0,056	0,055	0,072	0,056	0,082	0,055	0,089	0,053
	1,2	—	—	0,062	0,047	0,075	0,046	0,080	0,045
	1,4	—	—	—	—	0,064	0,040	0,072	0,039
	1,6	—	—	—	—	—	—	0,065	0,034
1,0	0,0	0,087	0,124	0,098	0,123	0,105	0,121	0,109	0,119
	0,2	0,080	0,102	0,091	0,100	0,099	0,098	0,103	0,097
	0,4	0,072	0,083	0,084	0,082	0,092	0,079	0,096	0,078
	0,6	0,064	0,068	0,076	0,067	0,084	0,066	0,089	0,064
	0,8	0,055	0,056	0,068	0,056	0,076	0,054	0,081	0,053
	1,0	0,046	0,046	0,059	0,047	0,068	0,046	0,074	0,044
	1,2	—	—	0,051	0,040	0,060	0,039	0,067	0,037
	1,4	—	—	—	—	0,053	0,034	0,060	0,032
	1,6	—	—	—	—	—	—	0,053	0,028

Плита, заделанная по двум сторонам

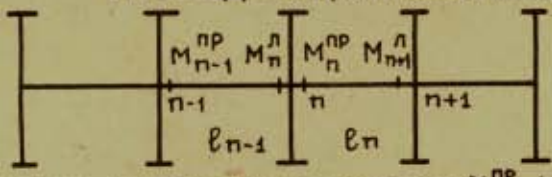


$M_x = C_x \, p \cdot \ell_x^2$ $\quad$ $M_y = C_y \, p \cdot \ell_y^2$

$\ell_x : \ell_y$	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
C_y	0,250	0,337	0,397	0,433	0,456	0,470
C_x	0,250	0,163	0,103	0,067	0,044	0,030

Расчет балок на упруго вращающихся опорах

(метод проф. П.Л. Пастернака)



Два уравнения, связывающие моменты $M^{пр}_{n-1}$ $M^{л}_{n}$ $M^{пр}_{n}$ $M^{л}_{n+1}$, таковы:

$$M^{пр}_{n-1}\ell'_{n-1} + M^{л}_{n}(2\ell'_{n-1} \pm \varepsilon_n) - M^{пр}_{n}\varepsilon_n + 6\varphi'^{\,пр}_{n-1} = 0$$

$$-M^{л}_{n}\varepsilon_n + M^{пр}_{n}(2\ell'_n + \varepsilon_n) + M^{л}_{n+1}\ell'_n + 6\varphi^{л}_{n} = 0$$

Величина ε_n учитывает влияние упругой заделки ригеля в стойки, ε_n есть $6EJ_k$ – кратный угол поворота $n^{го}$ узла от $M=1$.

При отсутствии стоек (балка) все $\varepsilon=0$, тогда из каждых двух уравнений получим одно уравнение $3^{х}$ моментов

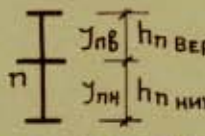
$$\ell'_{n-1} = \ell_{n-1}\frac{J_k}{J_{n-1}}; \quad \ell'_n = \ell_n\frac{J_k}{J_n}; \quad \ell'_k = \ell_k\frac{J_k}{J_k} = \ell_k$$

$$\varphi'_{n-1} = \varphi_{n-1}\frac{J_k}{J_{n-1}}; \quad \varphi'_n = \varphi_n\frac{J_k}{J_n}; \quad \varphi'_k = \varphi_k\frac{J_k}{J_k} = \varphi_k$$

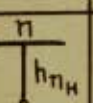
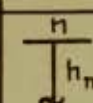
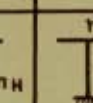
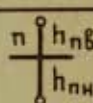
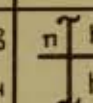
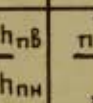
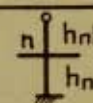
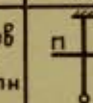
J_k – наибольший момент инерции для $K^{го}$ пролета

Вычисляем приведенные длины стоек

$$h'_{nв} = h_{nв}\frac{J_k}{J_{nв}} \quad ; \quad h'_{nн} = h_{nн}\frac{J_k}{J_{nн}}$$



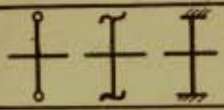
Значение ε_n для различных случаев защемления стоек

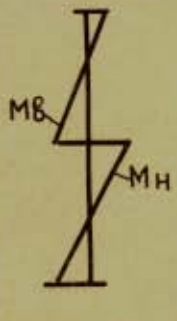
шарнир	част. зад.	полн. зад.	шарниры	част. зад.	полн. зад.	шарнир и пол. зад.	полн. зад. и шарнир
							
$\varepsilon = 2{,}0h'_н$	$1{,}75h'_н$	$1{,}5h'_н$	$2\frac{h'_в h'_н}{h'_в+h'_н}$	$1{,}75\frac{h'_в h'_н}{h'_в+h'_н}$	$1{,}5\frac{h'_в h'_н}{h'_в+h'_н}$	$2\frac{h'_в h'_н}{1{,}33h'_в+h'_н}$	$2\frac{h'_в h'_к}{h'_в+1{,}33h'_н}$

Индекс „п" у $h'_{пн}$, $h'_{пв}$ и ε_n в формулах условно не поставлен.

Решив систему уравнений и найдя все опорные моменты в ригелях, определяем моменты, передаваемые на стойки.

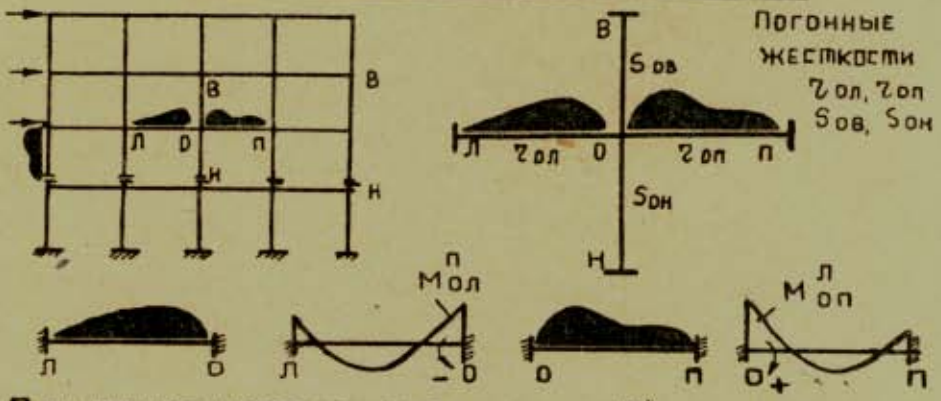
Распределение момента M на верхнюю и нижнюю стойки

	$M_в = \frac{h'_н}{h'_в+h'_н}M$	$M_н = \frac{h'_в}{h'_в+h'_н}M$
	$M_в = \frac{h'_н}{1{,}33h'_в+h'_н}M$	$M_н = \frac{1{,}33h'_в}{1{,}33h'_в+h'_н}M$
	$M_в = \frac{1{,}33h'_н}{h'_в+1{,}33h'_н}M$	$M_н = \frac{h'_в}{h'_в+1{,}33h'_н}M$



Расчет рам методом угловых деформаций

I Рама с заделанными стойками



Основное уравнение для узла „О"

$$2(i_{ол}+S_{ов}+i_{оп}+S_{он})X_О + i_{ол}X_Л + S_{ов}X_В + i_{оп}X_П + S_{он}X_Н = 3\frac{S_{ов}}{h_{ов}}\delta_В + 3\frac{S_{он}}{h_{он}}\delta_Н - \frac{M^{п}_{ол}}{2} + \frac{M^{л}_{оп}}{2}$$

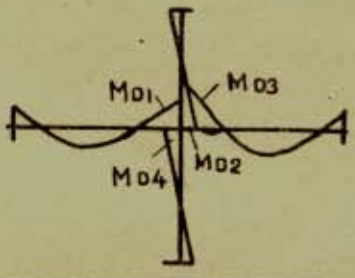
Дополнительное уравнение (по сечению стоек у ригеля Н)

$$\sum \frac{S_{он}}{h_{он}}(X_О + X_Н) = 2\sum \frac{S_{он}}{h^2_{он}}\delta_Н + \frac{\Sigma Q'}{6} - \frac{\Sigma W}{6}$$

ΣW – Вся горизонтальная нагрузка на раму выше сечения стоек у ригеля „Н"

$\Sigma Q'$ – Сумма поперечных сил внизу стоек от нагрузки на разрезанных стойках

Формулы для определения изгибающих моментов



$$M_{О1} = -2i_{ол}(2X_О + X_Л) - M^{п}_{ол}$$

$$M_{О3} = -2i_{оп}(2X_О + X_П) + M^{п}_{оп}$$

$$M_{О2} = -2S_{ов}\left(2X_О + X_В - 3\frac{\delta_В}{h_{ов}}\right)$$

$$M_{О4} = -2S_{он}\left(2X_О + X_Н - 3\frac{\delta_Н}{h_{он}}\right)$$

II Шарнирное закрепление ригеля

$\bar{i}_{ол} = 0{,}75\, i_{ол}$

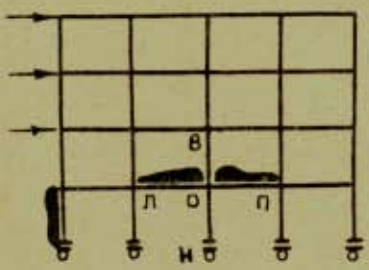
$$M_{О1} = -3i_{ол}X_О - M^{п}_{ол}$$

или

$$M_{О1} = -4\bar{i}_{ол}X_О - M^{п}_{ол}$$

Основные уравнения прежние, вместо $i_{ол} \sim \bar{i}_{ол}$

III Рама с шарнирным закреплением нижних стоек



Основное уравнение для узла „0"

$$2(\gamma_{ол}+S_{ов}+\gamma_{оп}+0{,}75\,S_{он})X_0 + \gamma_{ол}X_л + S_{ов}X_в + \gamma_{оп}X_п = 3\frac{S_{ов}}{h_{ов}}\delta_в + \frac{3}{2}\frac{S_{он}}{h_{он}}\delta_н - \frac{M^{п}_{ол}}{2} + \frac{M^{л}_{оп}}{2}$$

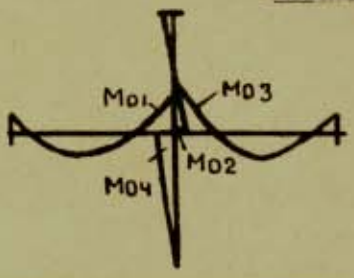
Дополнительное уравнение (по сечению у шарниров)

$$\frac{1}{2}\sum\frac{S_{он}}{h_{он}}X_0 = \frac{1}{2}\sum\frac{S_{он}}{h^2_{он}}\delta_н + \frac{\Sigma Q''}{6} - \frac{\Sigma W}{6}$$

ΣW — Вся горизонтальная нагрузка на раму

$\Sigma Q''$ — Сумма поперечных сил внизу стоек у шарниров от нагрузки на стойках нижнего этажа

Формулы для определения изгибающих моментов



$$M_{о1} = -2\gamma_{ол}(2X_0+X_л) - M^{п}_{ол}$$

$$M_{о3} = -2\gamma_{оп}(2X_0+X_п) + M^{л}_{оп}$$

$$M_{о2} = -2S_{ов}\left(2X_0+X_в-3\frac{\delta_в}{h_{ов}}\right)$$

$$M_{оч} = -3S_{он}\left(X_0-\frac{\delta_н}{h_{он}}\right)$$

Частные случаи

1. Если смещения отсутствуют (симметричная рама и симметричная нагрузка) или не учитываются по тем или иным соображениям, то $\delta_в = 0$ и $\delta_н = 0$
2. При отсутствии нагрузки на ригеле ОЛ $M^{п}_{ол}=0$
   При отсутствии нагрузки на ригеле ОП $M^{л}_{оп}=0$
3. При полной заделке нижних стоек $X_н = 0$
4. При отсутствии горизонтальной нагрузки непосредственно на стойках $\Sigma Q' = 0$ или $\Sigma Q'' = 0$
5. При отсутствии вообще горизонтальных нагрузок $\Sigma Q' = 0$ и $\Sigma W = 0$
   $\Sigma Q'' = 0$ и $\Sigma W = 0$

Метод сил

1 Перемещение по направлению силы $S_k = 1$ от действия силы $S_i \neq 1$ (без учета деформации от поперечной силы и кручения)

$$\delta_{ki} = \sum \left[\int \frac{\bar{M}_k M_i}{EJ} ds + \int \frac{\bar{N}_k N_i}{E\Omega} ds \right]$$

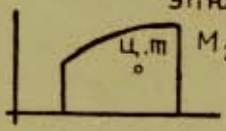
2 В рамах с вертикальными стойками пренебрегают деформациями от нормальных сил
Може относится и к балкам

$$\delta_{ki} = \sum \int \frac{\bar{M}_k M_i}{EJ} ds$$

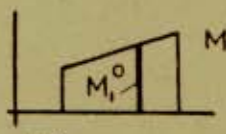
3 Теорема о взаимности перемещений

$$\delta_{ki} = \delta_{ik}$$

4 Определение перемещений при помощи перемножения эпюр (способ Верещагина).



$$\delta_{12} = \frac{1}{EJ} \Omega_2 \cdot M_1^0$$



Эпюра M_1 – прямолинейная
Эпюра M_2 – криволинейная
Ω_2 – площадь эпюры M_2

M_1^0 – ордината эпюры M' под центром тяжести эпюры M_2

5 Расчет рам методом сил

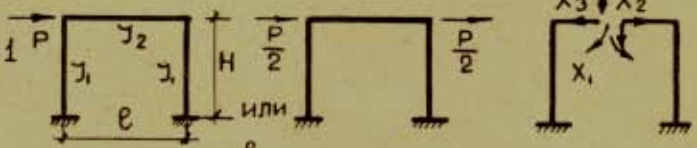
Обращаем систему в статически определимую, например, разрезав ригель по середине.

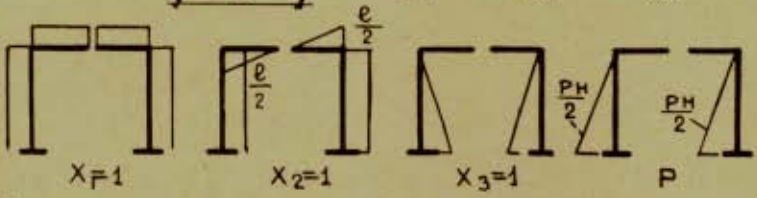
X_1, X_2, X_3 – неизвестные силы и момент должны быть таковы, чтобы под действием их и заданной нагрузки точка разреза „а" по отношению к точке разреза „в" не перемещалась.
Это означает, что суммарное перемещение от всех действующих силовых факторов (X_1, X_2, X_3 и нагрузки) по направлениям X_1, X_2, X_3 равнялись бы НУЛЮ

$$\delta_{11} X_1 + \delta_{12} X_2 + \delta_{13} X_3 + \delta_{1P} = 0$$
$$\delta_{21} X_1 + \delta_{22} X_2 + \delta_{23} X_3 + \delta_{2P} = 0$$
$$\delta_{31} X_1 + \delta_{32} X_2 + \delta_{33} X_3 + \delta_{3P} = 0$$

Решая уравнения, найдем неизвестные X_1 X_2 и X_3. Зная X_1, X_2 и X_3, можем построить эпюру моментов для заданной рамы от заданной нагрузки.

Пример 1





$\delta_{12}=\delta_{32}=0$

$\delta_{1P}=\delta_{3P}=0$

Уравнения примут вид $\delta_{11}X_1+\delta_{13}X_3=0$ и $\delta_{22}X_2+\delta_{2P}=0$

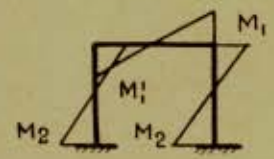
$\delta_{31}X_1+\delta_{33}X_3=0$

$$X_2=-\frac{\delta_{2P}}{\delta_{22}} \qquad X_1=X_3=0$$

$$\delta_{22}=+\frac{\frac{1}{2}\frac{\ell}{2}\cdot\frac{\ell}{2}\cdot\frac{2}{3}\cdot\frac{\ell}{2}}{J_2}\cdot 2+\frac{\frac{\ell}{2}H\cdot\frac{\ell}{2}}{J_1}\cdot 2=\frac{\ell^3}{12J_2}+\frac{\ell^2H}{2J_1}=\frac{\ell^2}{12\tau}+\frac{\ell^2}{2S}=\frac{\ell^2}{2}\frac{S+6\tau}{6\tau S}$$

$$\delta_{2P}=-\frac{\frac{1}{2}\frac{PH}{2}\cdot H\cdot\frac{\ell}{2}}{J_1}\cdot 2=-\frac{PH^2\ell}{4J_1}=-\frac{PH\ell}{4S}$$

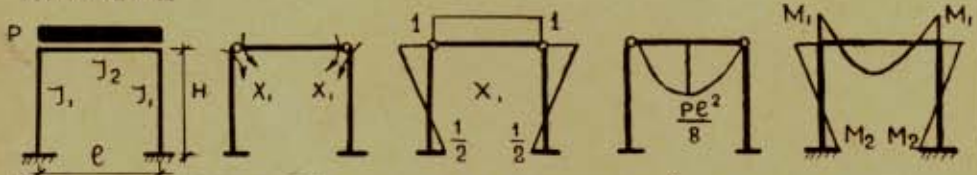
$$X_2=-\frac{-\frac{PH\ell}{4S}}{\frac{\ell^2}{2}\frac{S+6\tau}{6\tau S}}=+\frac{3\tau}{S+6\tau}\cdot\frac{PH}{\ell}$$



$$M_1=X_2\cdot\frac{\ell}{2}=\frac{3\tau}{S+6\tau}\cdot\frac{PH}{\ell}\cdot\frac{\ell}{2} \qquad M_1=\frac{3\tau}{S+6\tau}\cdot\frac{PH}{2}$$

$$M_2=\frac{PH}{2}-X_2\frac{\ell}{2}=\frac{PH}{2}-\frac{3\tau}{S+6\tau}\frac{PH}{2} \qquad M_2=\frac{S+3\tau}{S+6\tau}\cdot\frac{PH}{2}$$

Пример 2



При симметричной раме и симметричной нагрузке будем иметь только одно неизвестное X_1

$$\delta_{11}=\frac{\ell\cdot 1\cdot 1}{J_2}+2\left[\frac{1}{2}\frac{2}{3}H\cdot 1\cdot\frac{2}{3}\cdot 1+\frac{1}{2}\frac{H}{3}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{2}{3}\cdot\frac{1}{2}\right]\frac{1}{J_1}=\frac{\ell}{J_2}+\frac{H}{2J_1}=\frac{1}{\tau}+\frac{1}{2S}$$

$$\delta_{1P}=-\frac{2}{3}\frac{P\ell^2}{8}\cdot\ell\cdot 1\frac{1}{J_2}=-\frac{\ell}{J_2}\cdot\frac{P\ell^2}{12}=-\frac{1}{\tau}\cdot\frac{P\ell^2}{12}$$

$$\delta_{11}X_1+\delta_{1P}=0 \qquad X_1=-\frac{\delta_{1P}}{\delta_{11}}=-\frac{-\frac{1}{\tau}\frac{P\ell^2}{12}}{\frac{1}{\tau}+\frac{1}{2S}}=\frac{2S}{\tau+2S}\cdot\frac{P\ell^2}{12}$$

$$M_1=X_1 \qquad M_1=\frac{2S}{\tau+2S}\cdot\frac{P\ell^2}{12} \qquad M_2=0{,}5\,M_1$$

Таблица интегралов $\int M_1 M_2 dx$

Общая формула для перемещения при двух прямолинейных непрерывных эпюрах

$$\frac{\ell}{6}\left(2M_1^{\wedge}M_2^{\wedge}+2M_1^{n}M_2^{n}+M_1^{\wedge}M_2^{n}+M_1^{n}M_2^{\wedge}\right)$$

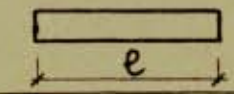
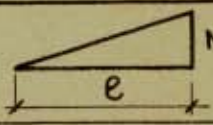
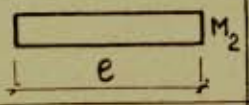
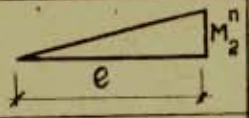
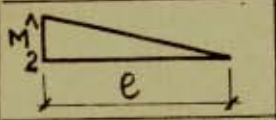
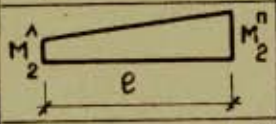
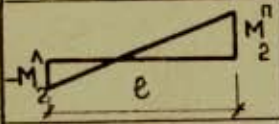
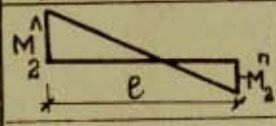
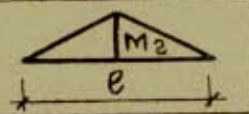
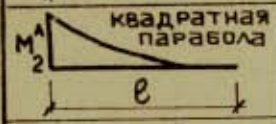
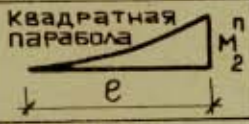
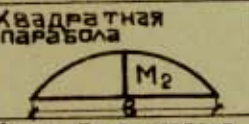
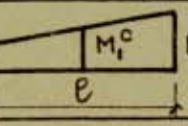
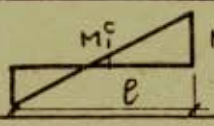
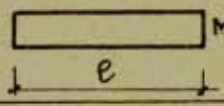
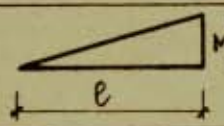
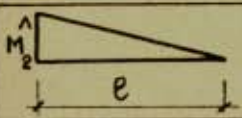
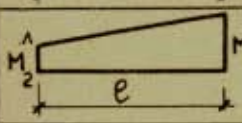
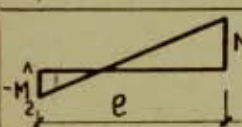
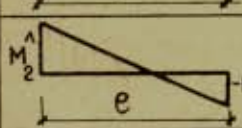
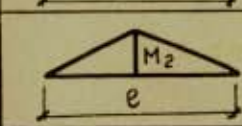
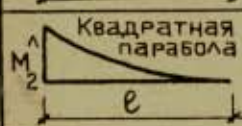
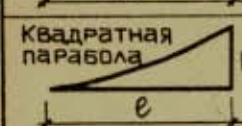
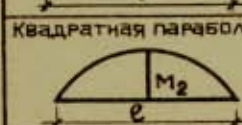
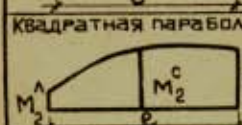
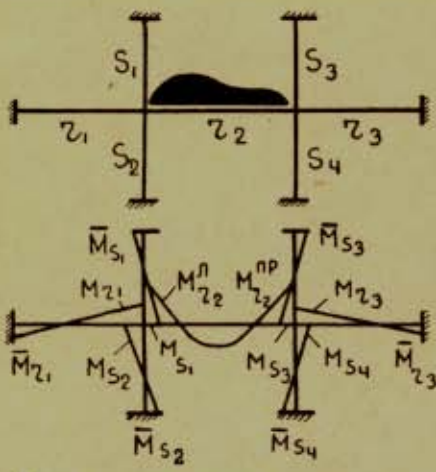
Эпюра M_1 / Эпюра M_2		
	$M_1 M_2 \ell$	$\frac{1}{2} M_1^n M_2 \ell$
	$\frac{1}{2} M_1 M_2^n \ell$	$\frac{1}{3} M_1^n M_2^n \ell$
	$\frac{1}{2} M_1 M_2^{\wedge} \ell$	$\frac{1}{6} M_1^n M_2^{\wedge} \ell$
	$\frac{1}{2}\left(M_2^n+M_2^{\wedge}\right) M_1 \ell$	$\frac{1}{6}\left(2M_2^n+M_2^{\wedge}\right) M_1^n \ell$
	$\frac{1}{2}\left(M_2^n-M_2^{\wedge}\right) M_1 \ell$	$\frac{1}{6}\left(2M_2^n-M_2^{\wedge}\right) M_1^n \ell$
	$\frac{1}{2}\left(M_2^{\wedge}-M_2^n\right) M_1 \ell$	$\frac{1}{6}\left(M_2^{\wedge}-2M_2^n\right) M_1^n \ell$
	$\frac{1}{2} M_1 M_2 \ell$	$\frac{1}{4} M_1^n M_2 \ell$
	$\frac{1}{3} M_1 M_2^{\wedge} \ell$	$\frac{1}{12} M_1^n M_2^{\wedge} \ell$
	$\frac{1}{3} M_1 M_2^n \ell$	$\frac{1}{4} M_1^n M_2^n \ell$
	$\frac{2}{3} M_1 M_2 \ell$	$\frac{1}{3} M_1^n M_2 \ell$
	$\frac{\ell}{6}\left(M_2^{\wedge}+4M_2^c+M_2^n\right) M_1$	$\frac{\ell}{6}\left(2M_2^c+M_2^n\right) M_1^n$

Таблица интегралов $\int M_1 M_2 dx$

Эпюра M_1 / Эпюра M_2		
	$\frac{1}{2}(M_1^{\wedge}+M_1^{n})M_2\ell$	$\frac{1}{2}(M_1^{n}-M_1^{\wedge})M_2\ell$
	$\frac{1}{6}(2M_1^{n}+M_1^{\wedge})M_2^{n}\ell$	$\frac{1}{6}(2M_1^{n}-M_1^{\wedge})\cdot M_2^{n}\ell$
	$\frac{1}{6}(2M_1^{\wedge}+M_1^{n})M_2^{\wedge}\ell$	$\frac{1}{6}(M_1^{n}-2M_1^{\wedge})M_2^{\wedge}\ell$
	$\frac{\ell}{6}\left[M_2^{n}(M_1^{\wedge}+2M_1^{n})+M_2^{\wedge}(2M_1^{\wedge}+M_1^{n})\right]$	$\frac{\ell}{6}\left[M_2^{n}(2M_1^{n}-M_1^{\wedge})+M_2^{\wedge}(M_1^{n}-2M_1^{\wedge})\right]$
	$\frac{\ell}{6}\left[M_2^{n}(M_1^{\wedge}+2M_1^{n})-M_2^{\wedge}(2M_1^{\wedge}+M_1^{n})\right]$	$\frac{\ell}{6}\left[M_2^{n}(2M_1^{n}-M_1^{\wedge})-M_2^{\wedge}(M_1^{n}-2M_1^{\wedge})\right]$
	$\frac{\ell}{6}\left[M_2^{\wedge}(2M_1^{\wedge}+M_1^{n})-M_2^{n}(M_1^{\wedge}+2M_1^{n})\right]$	$\frac{\ell}{6}\left[M_2^{n}(M_1^{\wedge}-2M_1^{n})+M_2^{\wedge}(M_1^{n}-2M_1^{\wedge})\right]$
	$\frac{1}{4}(M_1^{\wedge}+M_1^{n})M_2\ell$	$\frac{1}{4}(M_1^{n}-M_1^{\wedge})M_2\ell$
	$\frac{1}{12}(3M_1^{\wedge}+M_1^{n})M_2^{\wedge}\ell$	$\frac{1}{12}(M_1^{n}-3M_1^{\wedge})M_2^{\wedge}\ell$
	$\frac{1}{12}(3M_1^{n}+M_1^{\wedge})M_2^{n}\ell$	$\frac{1}{12}(3M_1^{n}-M_1^{\wedge})M_2^{n}\ell$
	$\frac{1}{3}(M_1^{\wedge}+M_1^{n})M_2\ell$	$\frac{1}{3}(M_1^{n}-M_1^{\wedge})M_2\ell$
	$\frac{\ell}{6}(M_1^{\wedge}M_2^{\wedge}+4M_1^{c}M_2^{c}+M_1^{n}M_2^{n})$	$\frac{\ell}{6}(M_1^{n}M_2^{n}+4M_1^{c}M_2^{c}-M_1^{\wedge}M_2^{\wedge})$

Формулы для расчета рам



Моменты в местах заделки

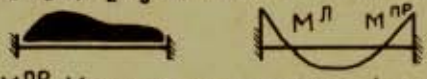
$\bar{M}_{r_1} = 0{,}5 M_{r_1}$ $\bar{M}_{r_3} = 0{,}5 M_{r_3}$

$\bar{M}_{S_1} = 0{,}5 M_{S_1}$ $\bar{M}_{S_3} = 0{,}5 M_{S_3}$

$\bar{M}_{S_2} = 0{,}5 M_{S_2}$ $\bar{M}_{S_4} = 0{,}5 M_{S_4}$

Несимметричная нагрузка

$r_1 r_2 r_3 S_1 S_2 S_3 S_4$ погонные жесткости

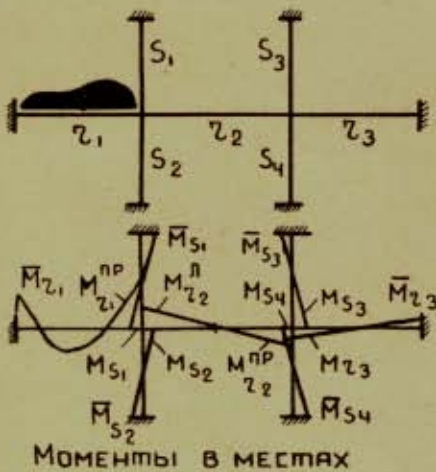


$M^{Л}, M^{ПР}$ Моменты в заделанной балке

$A_1 = 2(r_2 + r_1 + S_1 + S_2)$	$A_2 = 2(r_2 + r_3 + S_3 + S_4)$
$B_1 = 2\frac{A_2 M^{Л} + r_2 M^{ПР}}{A_1 A_2 - r_2^2}$	$B_2 = 2\frac{A_1 M^{ПР} + r_2 M^{Л}}{A_1 A_2 - r_2^2}$

Изгибающие моменты

$M_{S_1} = B_1 S_1$	$M_{S_3} = B_2 \cdot S_3$
$M_{S_2} = B_1 S_2$	$M_{S_4} = B_2 S_4$
$M_{r_1} = B_1 r_1$	$M_{r_3} = B_2 r_3$
$M^{Л}_{r_2} = M_{S_1} + M_{S_2} + M_{r_1}$	$M^{ПР}_{r_2} = M_{S_3} + M_{S_4} + M_{r_3}$



Моменты в местах заделки

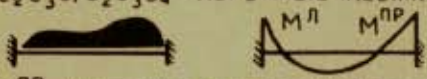
$\bar{M}_{S_3} = 0{,}5 M_{S_3}$ $\bar{M}_{S_1} = 0{,}5 M_{S_1}$

$\bar{M}_{S_4} = 0{,}5 M_{S_4}$ $\bar{M}_{S_2} = 0{,}5 M_{S_2}$

$\bar{M}_{r_3} = 0{,}5 M_{r_3}$ $\bar{M}_{r_1} = M^{Л} + 0{,}5 C_1 r_1$

Несимметричная нагрузка

$r_1 r_2 r_3 S_1 S_2 S_3 S_4$ — погонные жесткости



$M^{Л} M^{ПР}$ моменты в заделанной балке

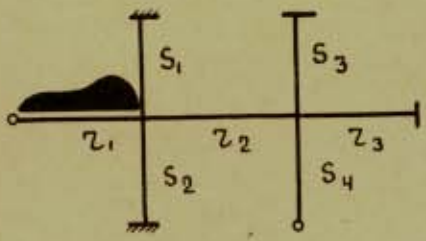
$A_1 = 2(r_2 + r_1 + S_1 + S_2)$	$A_2 = 2(r_2 + r_3 + S_3 + S_4)$
$C_1 = \frac{2A_2}{A_1 A_2 - r_2^2} M^{ПР}$	$C_2 = \frac{2r_2}{A_1 A_2 - r_2^2} M^{ПР}$

Изгибающие моменты

$M_{S_1} = C_1 S_1$	$M_{S_3} = C_2 S_3$
$M_{S_2} = C_1 S_2$	$M_{S_4} = C_2 S_4$
$M^{Л}_{r_2} = (C_1 - 0{,}5 C_2) r_2$	$M_{r_3} = C_2 r_3$
$M^{ПР}_{r_1} = M_{S_1} + M_{S_2} + M^{Л}_{r_2}$	$M^{ПР}_{r_2} = M_{S_3} + M_{S_4} + M_{r_3}$

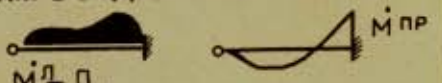
Шарнирное закрепление концов

При шарнирном закреплении каких-либо концов в вышеприведенные формулы следует вводить 0,75 погонной жесткости тех стержней, которые закреплены шарнирно. Например, пусть ригель r_1 и стойка S_4 закреплены шарнирно, тогда:



$$A_1 = 2(r_2 + \underline{0{,}75 r_3} + S_1 + S_2) \quad \text{и} \quad A_2 = 2(r_2 + r_3 + S_3 + \underline{0{,}75 S_4}).$$

Если загружен ригель, имеющий шарнирную опору (например, ригель r_1), то момент в заделанной балке $M^{пр}$ определяется по схеме:



причем $M^{пр} = M^{пр} + 0{,}5\, M^{л}$ $\quad M r_1 = 0$,

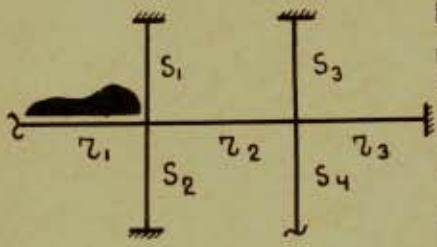
где $M^{пр}$ и $M^{л}$ – моменты в балке с двумя заделанными концами. Кроме того $M^{л}_{r_1} = 0$.

Частичное защемление концов

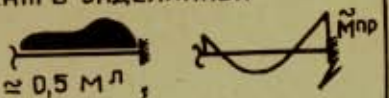
Частичное защемление концов учитывается приближенно.

Вместо коэффициента 0,75, следует принимать коэффициент 0,875. Например, пусть ригель r_1 и стойка S_4 имеют частичное закрепление концов, тогда

$$A_1 = 2(r_2 + 0{,}875 r_1 + S_1 + S_2)$$
$$A = 2(r_2 + r_3 + S_3 + 0{,}875 S_4)$$



Если загружен ригель, имеющий частичное защемление опоры (например, ригель r_1), то момент в заделанной балке $\tilde{M}^{пр}$ определяется по схеме



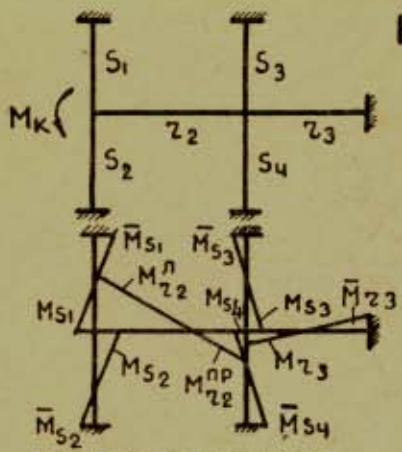
причем $\tilde{M}^{пр} = M^{пр} + 0{,}25\, M^{л}$ $\quad \tilde{M}^{л} \simeq 0{,}5\, M^{л}$,

где $M^{пр}$ и $M^{л}$ – моменты в балке с двумя заделанными концами. Изгибающий момент на частично защемленной опоре $M^{л}_{r_1} \simeq 0{,}5 M^{л} + 0{,}25 c_1 r_1$

Момент в частично защемленной стойке S_4 в месте частичного защемления $\tilde{M}_{S_4} = 0{,}25 M_{S_4}$

Частные случаи: При отсутствии какого-либо элемента (кроме нижних стоек) соответствующие погонные жесткости приравниваются нулю. Например, $S_1 = 0, S_2 = 0$.

Нагрузка-консольный момент Мк



$z_2 z_3\ S_1 S_2 S_3 S_4$ – погонные жесткости

$A_1 = 2(z_2 + S_1 + S_2)$	$A_2 = 2(z_2 + z_3 + S_3 + S_4)$
$C_1 = \frac{2A_2}{A_1 A_2 - z_2^2} M_к$	$C_2 = \frac{2z_2}{A_1 A_2 - z_2^2} M_к$

Изгибающие моменты

$M_{S_1} = C_1 S_1$	$M_{S_2} = C_1 S_2$
$M^л_{z_2} = M_к - M_{S_1} - M_{S_2}$	
$M_{S_3} = C_2 S_3$	$M_{S_4} = C_2 S_4$
$M_{z_3} = C_2 z_3$	$M^{пр}_{z_2} = M_{S_3} + M_{S_4} + M_{z_3}$

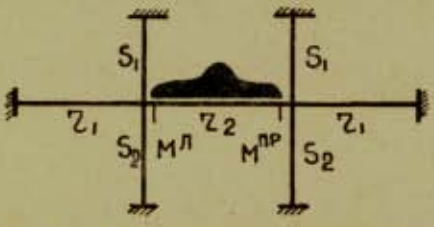
Моменты в местах заделки:

$\bar{M}_{S_1} = 0{,}5 M_{S_1}$ $\quad \bar{M}_{S_3} = 0{,}5 M_{S_3}$

$\bar{M}_{S_2} = 0{,}5 M_{S_2}$ $\quad \bar{M}_{S_4} = 0{,}5 M_{S_4}$

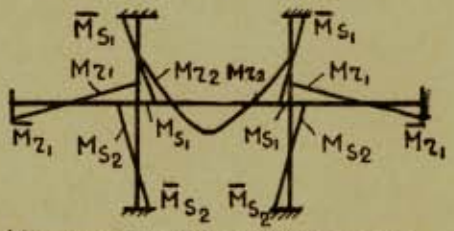
$\bar{M}_{z_3} = 0{,}5 M_{z_3}$

Симметричная рама с симметричной нагрузкой



$z_1 z_2\ S_1 S_2$ – погонные жесткости

$A = 2(z_1 + z_2 + S_1 + S_2)$	$B = \frac{2}{A - z_2} M$
$M_{S_1} = B \cdot S_1$	$M_{S_2} = B \cdot S_2$
$M_{z_1} = B \cdot z_1$	$M_{z_2} = M_{S_1} + M_{S_2} + M_{z_1}$

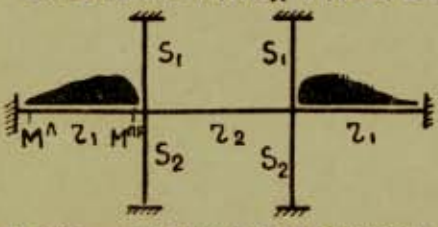


Моменты в заделанной балке

$M_л = M_{пр} = M$

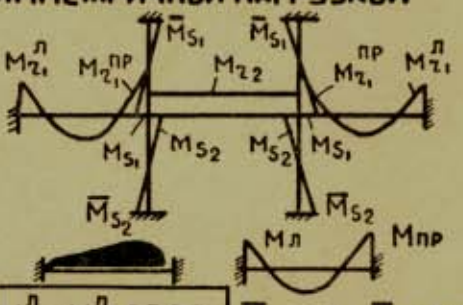
$\bar{M}_{z_1} = 0{,}5 M_{z_1}$ $\quad \bar{M}_{S_1} = 0{,}5 M_{S_1}$ $\quad \bar{M}_{S_2} = 0{,}5 M_{S_2}$

Симметричная рама с симметричной нагрузкой

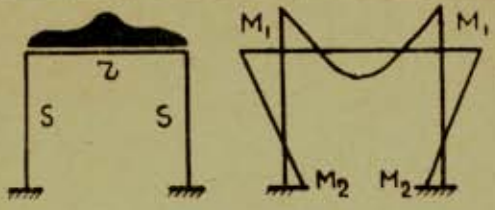


$z_1 z_2\ S_1 S_2$ – погонные жесткости

$A = 2(z_1 + z_2 + S_1 + S_2)$	$B = \frac{2}{A - z_2} M^{пр}$	$M^л_{z_1} = M^л + 0{,}5\, B z_1$	$\bar{M}_{S_1} = 0{,}5 M_{S_1}$ $\bar{M}_{S_2} = 0{,}5 M_{S_2}$
$M_{S_1} = B \cdot S_1$	$M_{S_2} = B \cdot S_2$	$M_{z_2} = 0{,}5\ B \cdot z_2$	$M^{пр}_{z_1} = M_{S_1} + M_{S_2} + M_{z_2}$

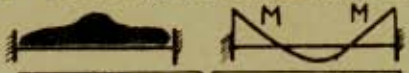


Формулы для расчета простейших рам

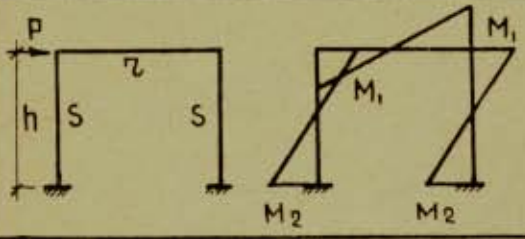


Любая симметричная нагрузка

τ S – погонные жесткости
M – момент для заделанной балки



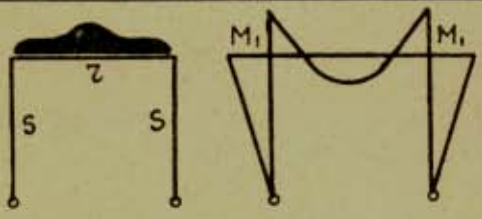
$$M_1 = \frac{2S}{2S+\tau} M \qquad M_2 = \frac{M_1}{2}$$



τ S – погонные жесткости

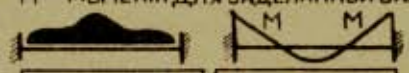
$$M_1 = \frac{3\tau}{S+6\tau} \cdot \frac{Ph}{2}$$

$$M_2 = \frac{S+3\tau}{S+6\tau} \cdot \frac{Ph}{2}$$

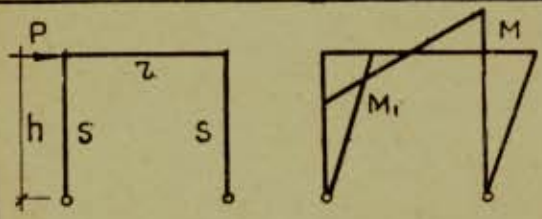


Любая симметричная нагрузка

τ S – погонные жесткости
M – момент для заделанной балки

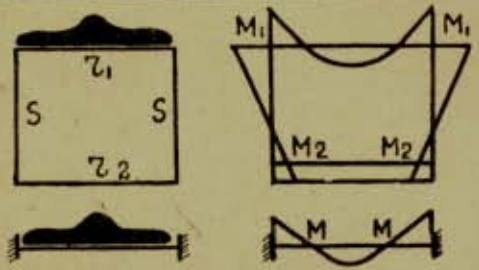


$$M_1 = \frac{2\bar{S}}{2\bar{S}+\tau} M \qquad \bar{S} = 0{,}75\,S$$



τ, S – погонные жесткости

$$M_1 = \frac{Ph}{2}$$



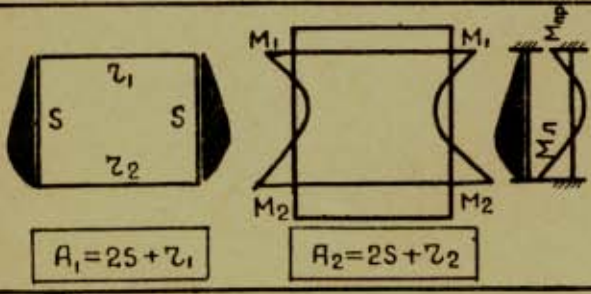
Любая симметричная нагрузка

τ1 τ2 S – погонные жесткости

$$A_1 = 2S + \tau_1 \qquad A_2 = 2S + \tau_2$$

$$M_1 = \frac{S(2A_2 - S)}{A_1 A_2 - S^2} M$$

$$M_2 = \frac{S\tau_2}{A_1 A_2 - S^2} M$$



τ1 τ2 S1 – погонные жесткости

$$\alpha = \frac{M_{пр}}{M_л}$$

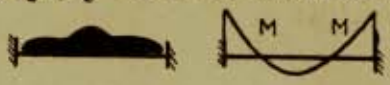
$$M_1 = \frac{\tau_1(\alpha A_2 + S)}{A_1 A_2 - S^2} M_л$$

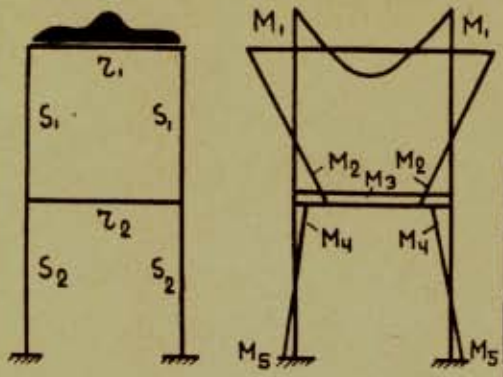
$$M_2 = \frac{\tau_2(A_1 + \alpha S)}{A_1 A_2 - S^2} M_л$$

$A_1 = 2S + \tau_1$ $\qquad$ $A_2 = 2S + \tau_2$

Любая симметричная нагрузка

τ_1, τ_2, S_1, S_2 – погонные жесткости



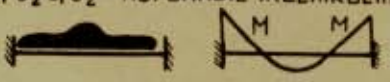


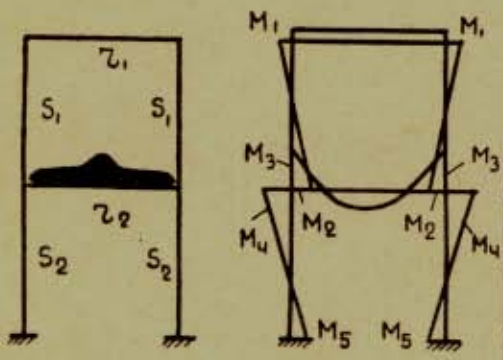
M – момент для заделанной балки

$A_1 = 2S_1 + \tau_1$	$A_2 = 2S_1 + 2S_2 + \tau_2$
$B = A_1 A_2 - S_1^2$	$M_1 = \frac{B - \tau_2 A_2}{B} M$
$M_3 = \frac{\tau_2 S_1}{B} M$	$M_4 = \frac{2 S_1 S_2}{B} M$
$M_2 = M_3 + M_4$	$M_5 = \frac{M_4}{2}$

Любая симметричная нагрузка

τ_1, τ_2, S_1, S_2 – погонные жесткости

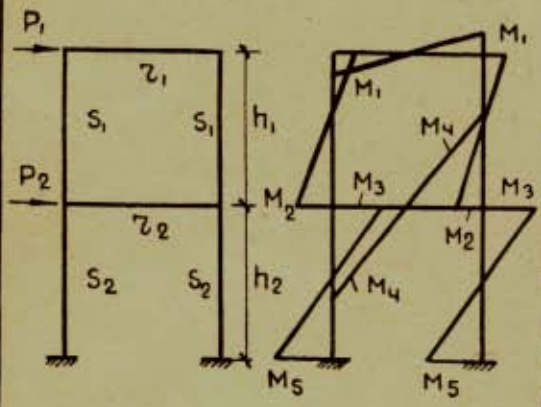




M – момент для заделанной балки.

$A_1 = 2S_1 + \tau_1$	$A_2 = 2S_1 + 2S_2 + \tau_2$
$B = A_1 A_2 - S_1^2$	$M_3 = \frac{B - \tau_2 A_1}{B} M$
$M_4 = \frac{2 S_2 A_1}{B} M$	$M_1 = \frac{S_1 \tau_1}{B} M$
$M_2 = M_3 - M_4$	$M_5 = \frac{M_4}{2}$

τ_1, τ_2, S_1, S_2 – погонные жесткости



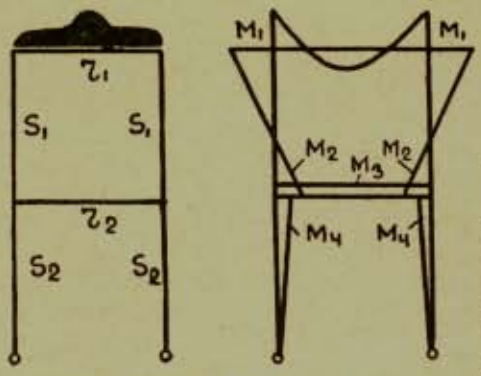
$$A_1 = \frac{1}{6\tau_1} + \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2}$$

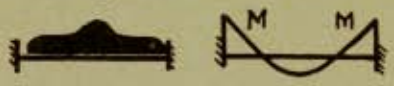
$A_2 = \frac{1}{6\tau_2} + \frac{1}{S_2}$	$A_3 = \frac{1}{S_2}$
$B_2 = \frac{2P_1 h_1 + (P_1 + P_2) h_2}{S_2}$	$B_1 = \frac{P_1 h_1}{S_1} + B_2$
$C_1 = \frac{B_1 A_2 - B_2 A_3}{A_1 A_2 - A_3^2}$	$C_2 = \frac{B_2 A_1 - B_1 A_3}{A_1 A_2 - A_3^2}$
$M_1 = \frac{C_1}{4}$	$M_4 = \frac{C_2}{4}$
$M_2 = \frac{P_1 h_1}{2} - M_1$	$M_3 = M_4 - M_2$

$$M_5 = \frac{P_1}{2}(h_1 + h_2) + \frac{P_2}{2} h_2 - M_1 - M_4$$

Любая симметричная нагрузка

τ_1, τ_2, S_1, S_2 – погонные жесткости



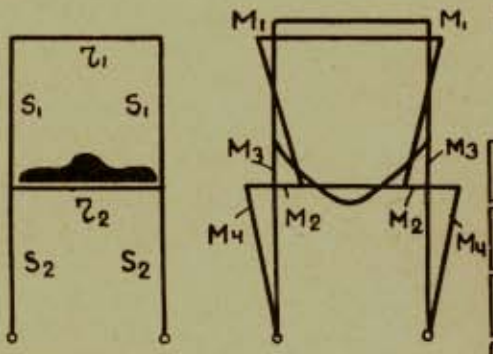


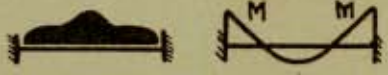
M – момент для заделанной балки

$A_1 = 2S_1 + \tau_1$	$A_2 = 2S_1 + 2\bar{S}_2 + \tau_2$
$B = A_1 A_2 - S_1^2$	$M_1 = \frac{B - \tau_1 A_2}{B} M$
$M_3 = \frac{\tau_2 S_1}{B} M$	$M_4 = \frac{2 S_1 \bar{S}_2}{B} M$
$M_2 = M_3 + M_4$	$\bar{S}_2 = 0{,}75\, S_2$

Любая симметричная нагрузка

τ_1, τ_2, S_1, S_2 – погонные жесткости

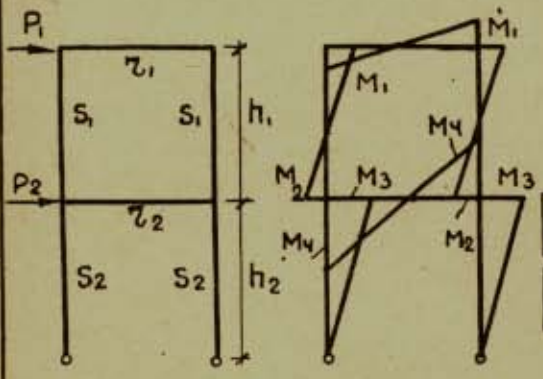




M – момент для заделанной балки

$A_1 = 2S_1 + \tau_1$	$A_2 = 2S_1 + 2\bar{S}_2 + \tau_2$
$B = A_1 A_2 - S_1^2$	$M_3 = \frac{B - \tau_2 A_1}{B} M$
$M_4 = \frac{2 \bar{S}_2 A_1}{B} M$	$M_1 = \frac{S_1 \tau_1}{B} M$
$M_2 = M_3 - M_4$	$\bar{S}_2 = 0{,}75\, S_2$

τ_1, τ_2, S_1, S_2 – погонные жесткости



$$A_1 = \frac{1}{6\tau_1} + \frac{1}{6\tau_2} + \frac{1}{S_1}$$

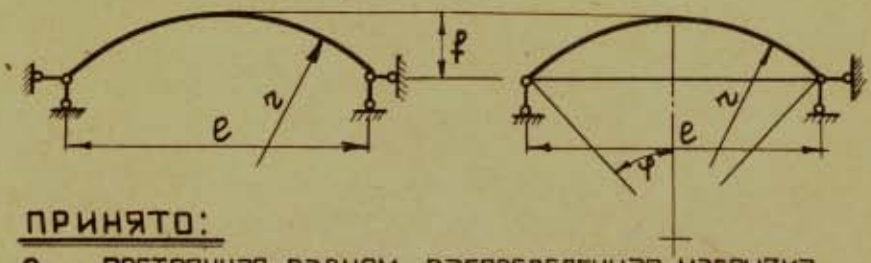
$$B_2 = \frac{P_1 h_1 + (P_1 + P_2) h_2}{3\tau_2}$$

$B_1 = \frac{P_1 h_1}{S_1} + B_2$	$M_1 = \frac{B_1}{4 A_1}$
$M_2 = \frac{P_1 h_1}{2} - M_1$	$M_3 = \frac{P_1 + P_2}{2} h_2$

$$M_4 = M_3 + M_2$$

Формулы справедливы при любом значении S_2

Пологие двухшарнирные арки постоянного сечения



ПРИНЯТО:

q — постоянная равном. распределенная нагрузка,
p — временная равном. распределенная нагрузка,
F_a и F_3 — площади сечений арки и затяжки,
E_a и E_3 — модули упругости арки и затяжки,
J — момент инерции сечения арки,
W — момент сопротивления сечения арки,
α, β и Π — табличные коэффициенты.

Для арки без затяжки:

$$K=\frac{1}{1+1{,}88\ \frac{J\cdot\Pi}{F_a\cdot f^2}}$$

Для арки с затяжкой:

$$K=\frac{1}{1+1{,}88\ \frac{J}{f^2}\left(\frac{E_a}{E_3F_3}+\frac{\Pi}{F_a}\right)}$$

Максимальный распор:

$$H=\frac{(q+p)\cdot e^2}{8f}\cdot K$$

В расчетном сечении $\left(X=\frac{1}{4}e\right)$:

$$N=\frac{e}{4}\left(q+\frac{p}{2}\right)\left(\alpha+\frac{e\cdot K}{2\cdot f}\cdot\beta\right)$$

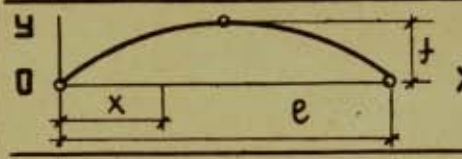
$$M=(0{,}070-0{,}057\cdot K)\cdot p\cdot e^2$$

При расчете ж.б. арок на продольный изгиб в плоскости их кривизны расчетная длина принимается для двухшарнирной арки 0,54 S, где S — длина развернутой оси арки.

Таблица значений α, β, Π

$e:f$	r	Π	$\alpha=\sin\frac{\varphi}{2}$	$\beta=\cos\frac{\varphi}{2}$
4	$0{,}625\cdot e$	0,7852	0,447	0,894
5	$0{,}725\cdot e$	0,8434	0,370	0,929
6	$0{,}833\cdot e$	0,8812	0,317	0,948
7	$0{,}946\cdot e$	0,9110	0,274	0,962
8	$1{,}063\cdot e$	0,9306	0,242	0,970
9	$1{,}180\cdot e$	0,9424	0,216	0,976
10	$1{,}300\cdot e$	0,9524	0,196	0,980

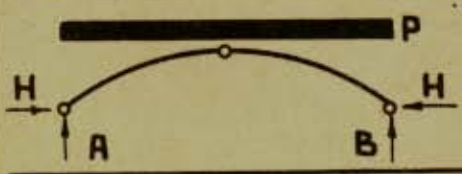
Пологая параболическая арка



Уравнение оси арки

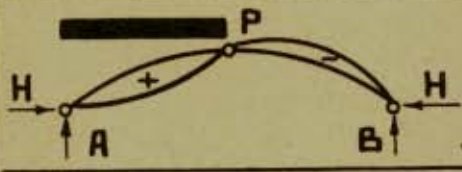
$$y = \frac{4f}{e^2} x(e-x)$$

Начало координат на левой опоре



$A = B = \frac{Pe}{2}$ $\quad H = \frac{Pe^2}{8f}$

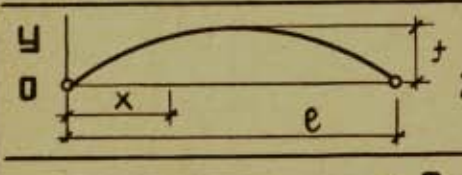
$M_x = 0$ для любого сечения



$A = \frac{3}{8}Pe$ $\quad B = \frac{1}{8}Pe$ $\quad H = \frac{Pe^2}{16f}$

$M_x = \frac{P}{8}(e-2x)x$ $\quad M_{max} = \frac{Pe^2}{64}$ при $x = \frac{e}{4}$

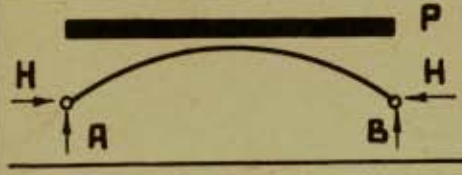
Для правой половины арки эпюра обратно симметричная



Уравнение оси арки

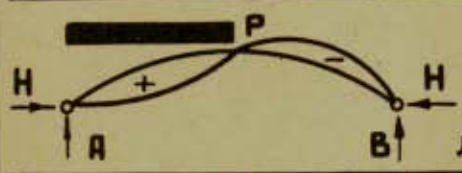
$$y = \frac{4f}{e^2} x(e-x)$$

Начало координат на левой опоре



$A = B = \frac{Pe}{2}$ $\quad H = \frac{Pe^2}{8f}$

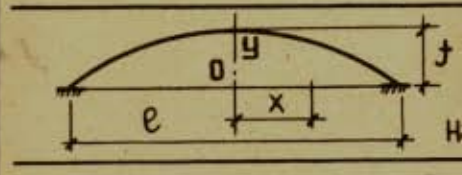
$M_x = 0$ для любого сечения



$A = \frac{3}{8}Pe$ $\quad B = \frac{1}{8}Pe$ $\quad H = \frac{Pe^2}{16f}$

$M_x = \frac{P}{8}(e-2x)x$ $\quad M_{max} = \frac{Pe^2}{64}$ при $x = \frac{e}{4}$

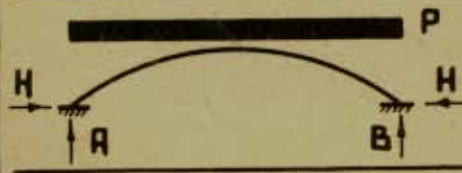
Для правой половины арки эпюра обратно симметричная



Уравнение оси арки

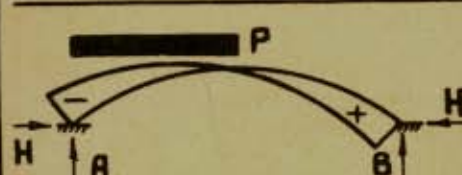
$$y = \frac{f}{e^2}(e^2 - 4x^2)$$

Начало координат по середине пролета



$A = B = \frac{Pe}{2}$ $\quad H = \frac{Pe^2}{8f}$

$M_x = 0$ для любого сечения

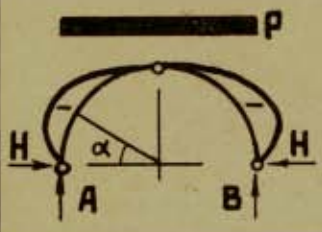


$A = \frac{13}{32}Pe$ $\quad B = \frac{3}{32}Pe$ $\quad H = \frac{Pe^2}{16f}$

$M_x = \frac{P}{32}(8x-3e)x$ $\quad M_B = \frac{Pe^2}{64}$

Для левой половины арки эпюра обратно симметричная

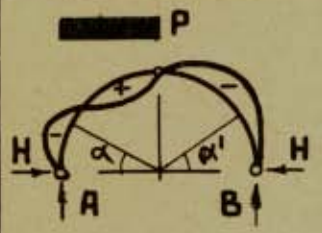
Полуциркульная арка



$A=B=PR$ | $H=\frac{1}{2}PR$

$M_\alpha=\sin\alpha\,(\sin\alpha-1)\,\frac{PR^2}{2}$

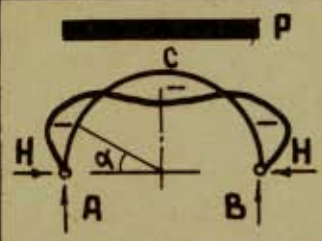
$M_{max}=-\frac{PR^2}{8}$ при $\alpha=30°$



$A=\frac{3}{4}PR$ | $B=\frac{1}{4}PR$ | $H=\frac{1}{4}PR$

$M_\alpha=\left[3(1-\cos\alpha)-2(1-\cos\alpha)^2-\sin\alpha\right]\frac{PR^2}{4}$

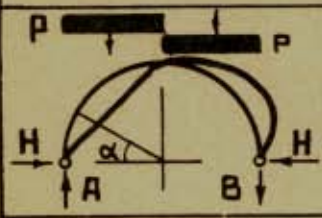
$M_{\alpha'}=\left[1-\cos\alpha'-\sin\alpha'\right]\frac{RR^2}{4}$ | $M'_{\alpha\,max}\cong\frac{PR^2}{10}$ при $\alpha'=45°$



$A=B=PR$ | $H=\frac{4}{3}\frac{PR}{\pi}$

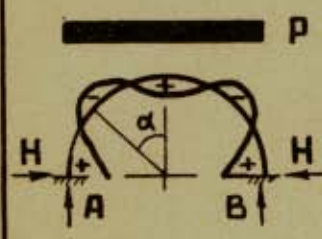
$M_\alpha=\sin\alpha\left(\frac{\sin\alpha}{2}-\frac{4}{3\pi}\right)PR^2$

$M_c\cong 0{,}075\ PR^2$ | $M_{max}\cong 0{,}09PR^2$ при $\alpha\simeq 25°$



$A=B=\frac{PR}{2}$ | $H=0$

$M_\alpha=\cos\alpha\,(1-\cos\alpha)\,\frac{PR^2}{2}$

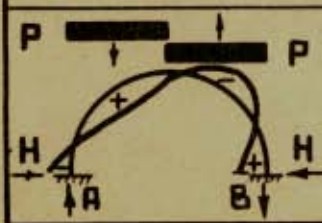


$A=B=PR$ | $H=0{,}560\ PR$

$M_\alpha=\left[0{,}046+0{,}056(1-\cos\alpha)-0{,}500\sin^2\alpha\right]PR^2$

$M_A=M_B=+0{,}107\,PR^2$ | $M_C=+0{,}046\ PR^2$

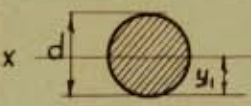
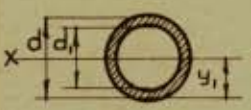
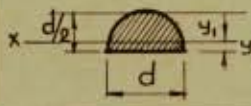
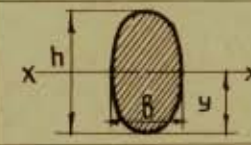
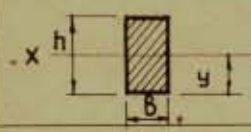
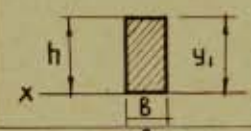
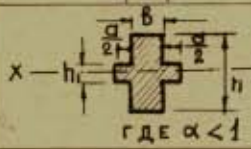
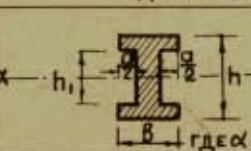
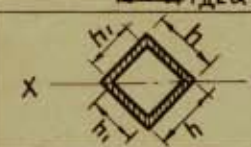
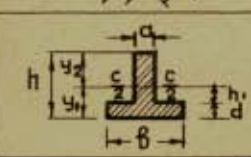
$M_{max}=-0{,}050\ PR^2$ при $\alpha=55°56'$



$A=B=\frac{PR}{2}$ | $H=0$

$M_\alpha=\sin\alpha\,(0{,}424-0{,}500\sin\alpha)\,PR^2$

Моменты инерции, моменты сопротивления и радиусы инерции

Сечение	J см^4	$W=\frac{J}{y}$ см^3	$r=\sqrt{\frac{J}{F}}$ см
	$\frac{\pi d^4}{64}=0{,}049087d^4$	$\frac{\pi d^3}{32}=0{,}098175\,d^3$	$\frac{d}{4}$
	$\frac{\pi(d^4-d_1^4)}{64}=$ $=0{,}049087(d^4-d^4)$	$\frac{\pi(d^4-d_1^4)}{32d}=$ $=0{,}098175\frac{d^4-d_1^4}{d}$	$\frac{\sqrt{d^2+d_1^2}}{4}$
	$\frac{d^4(9\pi^2-64)}{1152\pi}=$ $=0{,}006860\,d^4$	$\frac{J}{y_1}=0{,}02385\,d^3$ $\frac{J}{y_2}=0{,}03234\,d^3$	$\frac{d\sqrt{9\pi^2-64}}{12\pi}=$ $=0{,}132168\,d$
	$\frac{\pi Bh^3}{64}=0{,}04909Bh^3$	$\frac{\pi Bh^3}{32}=0{,}09818Bh^2$	$\frac{h}{4}$
	$\frac{Bh^3}{12}$	$\frac{Bh^2}{6}$	$\frac{h}{\sqrt{12}}=0{,}289h$
	$\frac{Bh^3}{3}$	$\frac{Bh^2}{3}$	$\frac{h}{\sqrt{3}}=0{,}577h$
 где $\alpha<1$	$\frac{Bh^3+ah_1^3}{12}$	$\frac{Bh^3+ah_1^3}{6h}$	—
 где $\alpha<1$	$\frac{Bh^3-ah_1^3}{12}$	$\frac{Bh^3-ah_1^3}{6h}$	
	$\frac{h^4-h_1^4}{12}$	$\frac{h^4-h_1^4}{6\cdot h\cdot\sqrt{2}}=$ $0{,}118\,\frac{h^4-h_1^4}{h}$	$\frac{\sqrt{h^2+h_1^2}}{12}=$ $=0{,}289\sqrt{h^2+h_1^2}$
	$\frac{1}{3}(ay_2^3+By_1^3-ch_1^3)$; $y_1=\frac{1}{2}\cdot\frac{ah^2+cd^2}{ah+cd}$, $y_2=h-y_1$		

Момент инерции

момент сопротивления и радиус инерции

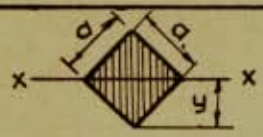
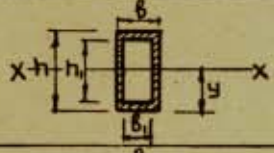
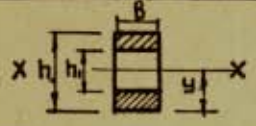
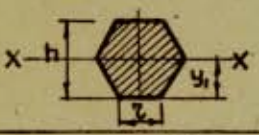
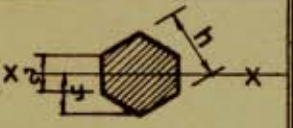
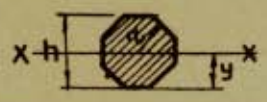
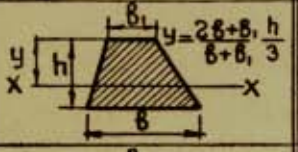
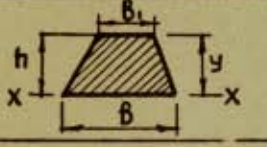
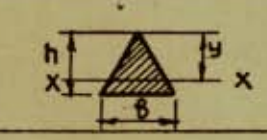
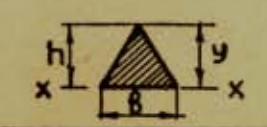
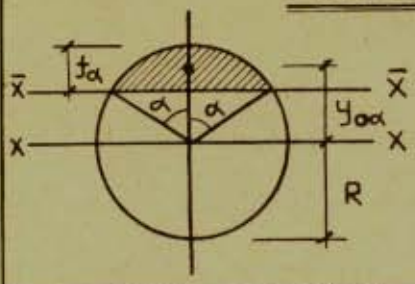
Сечение	J см^4	$W=\frac{J}{y}$ см^3	$r=\sqrt{\frac{J}{F}}$ см
	$\frac{a^4}{12}$	$\frac{a^3\sqrt{2}}{12}=0{,}118a^3$	$\frac{a}{\sqrt{12}}=0{,}289a$
	$\frac{Bh^3-B_1h_1^3}{12}$	$\frac{Bh^3-B_1h_1^3}{6h}$	$\sqrt{\frac{Bh^3-B_1h_1^3}{12(Bh-B_1h_1)}}$
	$\frac{B(h^3-h_1^3)}{12}$	$\frac{B(h^3-h_1^3)}{6h}$	$\sqrt{\frac{h^3-h_1^3}{12(h-h_1)}}$
	$0{,}5413\cdot r^4=$ $=0{,}0601\cdot h^4$	$\frac{5}{8}r^3=$ $=0{,}120\,h^3$	$0{,}456\cdot r=$ $=0{,}264\,h$
	$0{,}5413\cdot r^4=$ $=0{,}0601\cdot h^4$	$0{,}5413\cdot r^3=$ $=0{,}104\cdot h^3$	$0{,}456\cdot r=$ $=0{,}264\cdot h$
	$0{,}6381\cdot r^4=$ $=0{,}0547\,h^4$	$0{,}6906\cdot r^3=$ $=0{,}1095\,h^3$	$0{,}475\cdot r=$ $=0{,}257\cdot h$
	$\frac{h^3(B^2+4BB_1+B_1^2)}{36(B+B_1)}$	$W_y=\frac{B+4BB_1+B_1}{12(2B+B_1)}h^2$ $W_{h-y}=\frac{B+4BB_1+B_1^2}{12(B+2B_1)}h^2$	$\frac{h}{6(B+B_1)}\times$ $\times\sqrt{2(B^2+4BB_1+B_1^2)}$
	$\frac{h^3(B+3B_1)}{12}$	$\frac{h^2(B+3B_1)}{12}$	$\frac{h}{\sqrt{6}}\sqrt{\frac{B+3B_1}{B+B_1}}$
	$\frac{Bh^3}{36}$	$\frac{B\cdot h^2}{24}$	$\frac{h}{\sqrt{18}}=0{,}236\cdot h$
	$\frac{Bh^3}{12}$	$\frac{B\cdot h^2}{12}$	$\frac{h}{\sqrt{6}}=0{,}408\cdot h$

Таблица для вычисления y_0, F, S_x, J_x и $J_{\bar{x}}$ кругового сегмента



$$f_\alpha = R(1-\cos\alpha)$$

$$F_\alpha = \frac{R^2}{2}\left[\frac{\pi\alpha}{90} - \sin 2\alpha\right]$$

$$S_{\alpha x} = \frac{2}{3}R^3\sin^3\alpha$$

$$y_{0\alpha} = \frac{S_{\alpha x}}{F_\alpha}$$

$$J_{\alpha x} = \frac{R^4}{4}\left[\alpha - \frac{\sin 4\alpha}{4}\right]$$

$$J_{\alpha\bar{x}} = J_{\alpha x} - F_\alpha(R-f_\alpha)\left[2y_{0\alpha}-(R-f_\alpha)\right]$$

f_α	$y_{0\alpha} = K_1 R$	$F_\alpha = K_2 R^2$	$S_{\alpha x} = K_3 R^3$	$J_{\alpha x} = K_4 R^4$	$J_{\alpha\bar{x}} = K_5 R^4$
0,00R	1,0000R	0,0000 R^2	0,0000 R^3	0,0000 R^4	0,0000 R^4
0,05R	0,9704	0,0209	0,0203	0,0197	$0,0000_{05}$
0,10R	0,9402	0,0587	0,0552	0,0520	$0,0001_{34}$
0,15R	0,9105	0,1070	0,0975	0,0889	$0,0005_4$
0,20R	0,8808	0,1635	0,1440	0,1273	0,0015
0,25R	0,8512	0,2267	0,1929	0,1652	0,0033
0,30R	0,8217	0,2955	0,2428	0,2014	0,0062
0,35R	0,7924	0,3692	0,2926	0,2349	0,0106
0,40R	0,7631	0,4473	0,3413	0,2654	0,0168
0,45R	0,7340	0,5291	0,3884	0,2924	0,0253
0,50R	0,7050	0,6142	0,4330	0,3159	0,0365
0,55R	0,6762	0,7022	0,4748	0,3358	0,0507
0,60R	0,6475	0,7927	0,5132	0,3521	0,0684
0,65R	0,6190	0,8853	0,5480	0,3652	0,0900
0,70R	0,5906	0,9799	0,5787	0,3752	0,1161
0,75R	0,5624	1,0760	0,6051	0,3829	0,1471
0,80R	0,5344	1,1735	0,6271	0,3874	0,1835
0,85R	0,5066	1,2719	0,6443	0,3905	0,2258
0,90R	0,4790	1,3711	0,6567	0,3920	0,2744
0,95R	0,4516	1,4708	0,6642	0,3926	0,3299
1,00R	0,4244 R	1,5708 R^2	0,6667 R^3	0,3927 R^4	0,3927 R^4

НАГРУЗКИ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные положения по расчету строительных конструкций Н1
Расчетные предельные состояния Н1
Сочетания нагрузок Н1
Нагрузки и коэффициенты перегрузки Н2
Нагрузки, принимаемые для расчета Н3
Ветровая нагрузка Н4
Основные аэродинамические коэффициенты Н5
Снеговая нагрузка Н6
Вес снегового покрова в кг/м² (для некоторых населенных пунктов) Н6
Значения коэффициента С Н6
Сейсмические нагрузки Н7
Приближенные формулы для определения периода собственных колебаний сооружений башенного типа Н8
Средние веса различных материалов Н9
Собственные веса перегородок Н9
Собственные веса кровли Н9
Собственные веса междуэтажных перекрытий Н10
Нагрузки от автотранспорта Н11

Основные положения по расчету строительных конструкций

Расчет несущих конструкций и оснований производится по методу расчетных предельных состояний

Предельными состояниями считаются такие состояния конструкций или оснований, при которых конструкция или основание перестают удовлетворять предъявляемым к ним эксплуатационным требованиям, т.е теряют способность сопротивляться внешним воздействиям или получают недопустимые деформации или местные повреждения

Расчетными предельными состояниями называются такие состояния конструкций или оснований, при которых величины усилий, напряжений, деформаций или местных повреждений превышают величины, указанные в Строительных нормах и правилах или соответствующих Технических условиях

Расчетные предельные состояния

Первое предельное состояние — по несущей способности

Второе предельное состояние — по развитию чрезмерных деформаций

Третье предельное состояние — По образованию или раскрытию трещин

Расчетной нагрузкой называется нагрузка, равная по величине произведению нормативной нагрузки на коэффициент перегрузки (n) $P = n P^{н}$

Расчетным сопротивлением материала называется сопротивление, равное произведению нормативного сопротивления на коэффициент однородности (k) $R = KR^{н}$

Коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции или основания, называется коэффициентом условия работы конструкции или основания (m)

Сочетания нагрузок

Основные сочетания: Собств. вес, полезная нагрузка, снеговая нагрузка, нагрузка от рабочих кранов

Дополнительные сочетания: Нагрузки, входящие в основные сочетания, + нагрузка от ветра, монтажных кранов или воздействия температуры

Особые сочетания: Особые воздействия (например, сейсмическ. нагрузка) + соб. вес, полезная нагруз. и ветер.

Нагрузки и коэффициенты перегрузки

NN п/п	Вид нагрузки	Нормативная нагрузка кг/м²	Коэффициент перегрузки n	Расчетная нагрузка кг/м²
1	Нагрузка в чердачных помещениях (без учета спец. оборудования: вентиляционных камер, водян. баков, моторов и т. п.)	75	1,4	105
2	Нагрузка в квартирах, лечебных учрежд. (за исключением вестибюлей и залов, где возможно массовое скопление посетителей), детских садах, яслях.	150	1,4	210
3	Нагрузка в общежитиях, конторах, классных комнатах, бытовых помещениях цехов.	200	1,4	280
4	Нагрузка в коридорах общежитий, контор и бытовых помещений.	300	1,3	390
5	Нагрузка в залах столовых, ресторанов, аудиторий.	300	1,3	390
6	Нагрузка в залах и коридорах театров, кино, клубов, школ, вокзалов, на трибунах.	400	1,2	480
7	Нагрузка в производственных помещениях промышленных предприятий, складах, торговых залах магазинов — по технологическим данным, но не менее	400	По техн. услов. или по факт. данным, но не менее 1,2	—
8	Нагрузка в книгохранилищах, архивах — по действительной нагрузке, но не менее	500	1,2	600
9	Нагрузка на обслуживающие площадки в цехах, на которых исключена возможность загрузки оборудованием и материалами, и галереи для легких транспортеров — по техник. условиям или фактическим данным, но не менее	200	По тех услов. или фактич. данным, но не менее 1,2	—
10	Нагрузка в вестибюлях, на лестницах, террасах и балконах:			
	а) в зданиях и помещениях, указанных в п.п. 2 и 3	300	1,4	420
	б) во всех прочих зданиях и помещениях.	400	1,4	560
11	Гидростатическое давление жидкости.	По проект. данным	1,1	—
12	Вертикальные и горизонтальные нагрузки от кранов.	" "	1,3	—
13	Давление и собственный вес сыпучих тел и грунта.	" "	По техус. или фак. данным, но не менее 1,2	—
14	Давление газов	" "	" "	—
15	Собственный вес конструкций (за исключением п. 16)	" "	1,1	—
16	Собственный вес термоизоляционных плит и засыпок.	" "	1,2	—

НАГРУЗКИ ПРИНИМАЕМЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА

Предельное состояние	Вид расчета	Принимаемые нагрузки
1 I – по прочности	по прочности по устойчивости по выносливости	Расчетные Расчетные Нормативные
II – по деформативности		Нормативные
III по образованию трещин		Нормативные или расчетные *

*) В зависимости от характера возникающих повреждений в соответствии с нормами проектирования.

2 Расчет конструкций на устойчивость против опрокидывания и скольжения производится по расчетным нагрузкам, при этом коэффициент перегрузки к величине удерживающей нагрузки принимается $n = 0{,}8$

3 При расчетах с учетом дополнительных или особых сочетаний нагрузок величины расчетных нагрузок, кроме собственного веса, умножаются на коэффициент равный:

а) при учете дополнительных сочетаний – 0,9

б) при учете особых сочетаний – 0,8

4 Вес перегородок учитывается по фактическим данным в зависимости от конструкции перего-родок и характера их опирания на перекрытие с коэффициентом перегрузки $n = 1{,}1$

5 Полезная нагрузка при расчете колонн, стен и фундаментов жилых и общественных зданий, за исключением учебных заведений и театров, принимается равной:

в $1^м$ и $2^м$ этажах, считая сверху – 100% всей вышележащей полезной нагрузки

в $3^м$ и $4^м$ „ ——— „ ——— „ – 85% „ ——— „

в $5^м$ и $6^м$ „ ——— „ ——— „ – 70% „ ——— „

во всех остальных этажах – 60% „ ——— „

Примечания:

1) Полезная нагрузка от помещений библиотек, книгохранилищ, архивов и технических этажей **НЕ УМЕНЬШАЕТСЯ.**

2) При расчете колонн, стен и фундаментов промышленных зданий снижение полезной нагрузки по этажам произ-водить согласно указаниям технических условий.

Ветровая нагрузка

Нормативная ветровая нагрузка $q_в$ принимается нормальной к поверхности сооружения или его части и определяется по формуле

$$q_в = KQ,$$

где Q – скоростной напор ветра в $кг/м^2$
K – аэродинамический коэффициент

Коэффициент перегрузки для ветровой нагрузки $n = 1.2$

Величина скоростного напора ветра Q в $кг/м^2$

Географические районы	На высоте над поверхностью земли		
	до 10 м	20 м	100 м
I район – Вся территория СССР за исключением II, III и IV районов	30	40	100
II район – Береговая полоса океанов и морей за исключением III и IV районов	55	70	150
III район – Береговая полоса Черного моря протяженностью от г. Анапы до г. Туапсе	100	100	200
IV район Береговая полоса Баренцова, Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского и Берингова морей и их заливов, острова на указанных морях, Береговая полоса заливов Шелехова, полуостров Камчатка, остров Сахалин, Курильские и Командорские острова	По особым нормам		

Ширина береговой полосы принимается равной 100 км, но не далее чем до ближайшего хребта

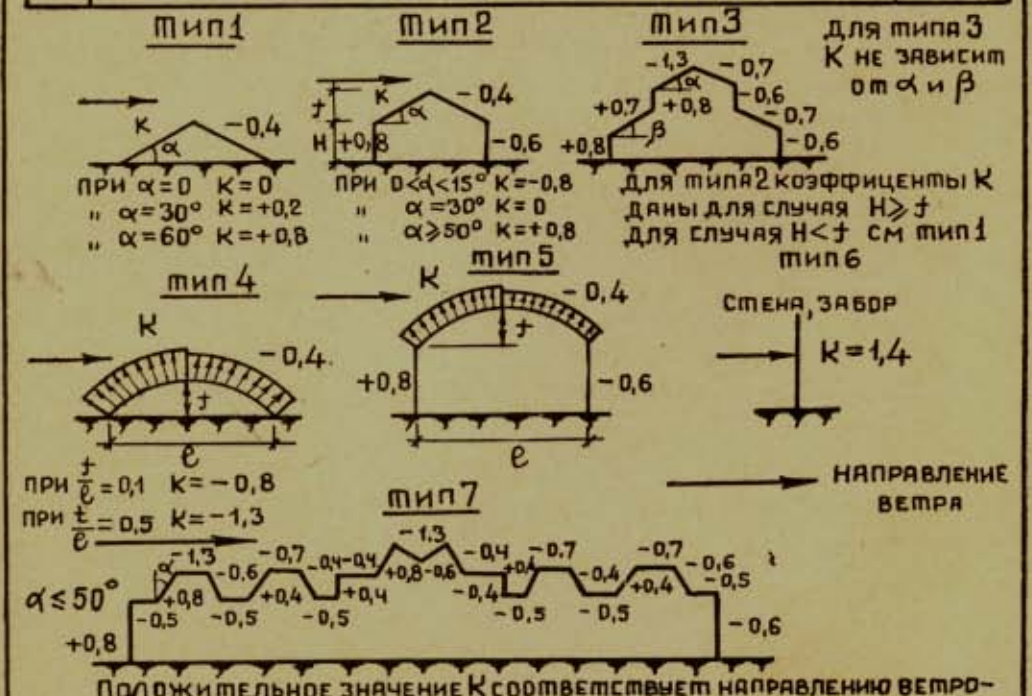
Для высот, промежуточных между указанными в таблице, величина Q определяется по линейной интерполяции.

В пределах отдельных зон зданий и сооружений при высоте каждой зоны не более 10 м величину Q допускается принимать постоянной, определяя ее для средней точки зоны

Для зданий и сооружений, расположенных в местах с резко выраженным рельефом земной поверхности и в поймах больших рек, величина Q определяется по формуле $Q = \frac{V^2}{16}$ $кг/м^2$, где V – наибольшая скорость ветра в $м/сек.$ по данным метеорологических наблюдений. Если вычесленная по формуле величина Q окажется меньше, чем для соответствующей местности табличная величина Q, то в расчет следует принимать табличное значение Q

Основные аэродинамические коэффициенты

N п/п	Элементы поверхности сооружений	K
1	Вертикальные поверхности с наветренной стороны, положительное давление	+0,8
2	Вертикальные поверхности с подветренной стороны, отрицательное давление	−0,6
3	Вертикальные или отклоняющиеся от вертикали не более чем на 50° поверхности в зданиях с многорядным расположением фонарей и тому подобными сложными профилями :	
	а) для наветренных крайних и всех возвышающихся поверхностей, положительное давление	+0,8
	б) для подветренных крайних и всех возвышающихся поверхностей, отрицательное давление	−0,6
	в) для наветренных промежуточных поверхностей, положительное давление	+0,4
	г) для подветренных промежуточных поверхностей, отрицательное давление	−0,4
4	Наклонные поверхности в зданиях без фонарей или с однорядным расположением фонарей, а также горизонтальные поверхности в зданиях с многорядным расположением фонарей	Согласно рис.



Снеговая нагрузка

Нормативная снеговая нагрузка P_c на $1 м^2$ площади горизонтальной проекции покрытия определяется по формуле

$$P_c = CP$$

где P — вес снегового покрова в $кг/м^2$

C — коэффициент, принимаемый в зависимости от профиля покрытия

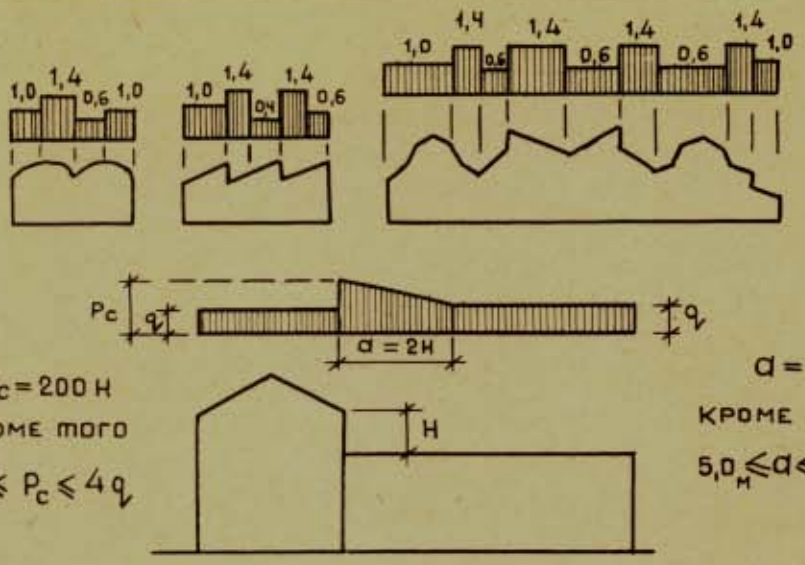
Коэффициент перегрузки для снеговой нагрузки $n = 1,4$

Вес снегового покрова в $кг/м^2$

Населенный пункт	P	Населенный пункт	P	Населенный пункт	P
Актюбинск	70	Красноярск	100	Саратов	70
Архангельск	150	Куйбышев	100	Свердловск	100
Астрахань	50	Ленинград	100	Сталинабад	50
Ашхабад	50	Минск	70	Сухуми	50
Баку	50	Москва	100	Талин	70
Воронеж	100	Мурманск	150	Ташкент	50
Вильнюс	70	Новосибирск	150	Тбилиси	70
Горький	150	Одесса	50	Уфа	150
Ереван	70	Омск	100	Харьков	70
Караганда	70	Петрозаводск	100	Челябинск	100
Киев	70	Рига	70	Чита	50
Киров	150	Ростов	50	Чкалов	100

Значение коэффициента C

NN п/п	Профиль покрытия	C	Примечание
1	Покрытия простые Односкатные, двухскатные при $\alpha \leqslant 25°$ " $\alpha \geqslant 60°$	1,0 0	При промежуточных значениях угла наклона покрытия к горизонту α значение коэффициента C принимается по интерполяции
2	Покрытия сводчатые простые	$\frac{\ell}{10f}$	где ℓ — пролет свода f — подъем свода коэффициент C должен быть: $0,3 \leqslant C \leqslant 1,0$
3	Покрытия сложные с поперечными или продольными фонарями, с неодинаковой высотой отдельных частей и т.п.	Согласно рис.	Разность в высотах H исчисляется в метрах



В гористых местностях, а также в районах Крайнего Севера и Дальнего Востока вес снегового покрова P в кг/м² должен приниматься численно равным 2h, где h — высота снегового покрова в см, принимаемая по данным метеорологических наблюдений как средняя из максимальных ежегодных на защищенном месте за 10 лет.
В гористых местностях вес снегового покрова должен приниматься не менее 60 кг/м².

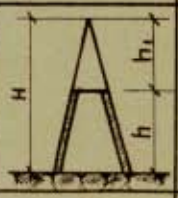
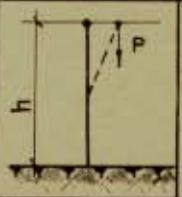
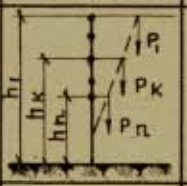
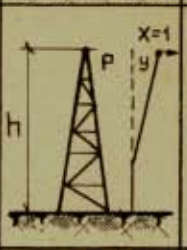
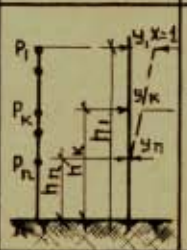
Сейсмические нагрузки

Нормативные сейсмические нагрузки принимаются равными сейсмическим силам инерции, определяемым в соответствии с „Положением по строительству в сейсмических районах".
Расчетные нагрузки при расчете конструкций на сейсмостойкость по методу расчетных предельных состояний определяются по специальной инструкции.

Приближенные формулы для определения периода собственных колебаний сооружений башенного типа

Обозначения:

T – период собственных колебаний в секундах
h – высота в см.
F – площадь поперечного сечения в $см^2$
γ – объемный вес в $кг/см^3$
J – момент инерции поперечного сечения в $см^4$
E – модуль упругости в $кг/см^2$
g – ускорение силы тяжести $g = 981\ см/сек^2$
C – числовой коэффициент
P – Вес сосредоточенной массы, находящейся на сооружен., в кг.
P – Вес массы стержня, отнесенный к 1 п.см. его высоты, в кг.
y – Прогиб стержня в горизонтальном направлении под действием единичной горизонтальной силы $X = 1$ $см/кг$

№ пп	Описание сооружения	Схема сооруж.	T
1	Отдельно стоящие дымовые трубы $\frac{h_1}{H}$: 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,0 (цилиндр) C: 1,29 | 1,50 | 1,70 | 1,79		$T = C \cdot h^2 \sqrt{\frac{F \cdot \gamma}{E \cdot J \cdot g}}$ F и J – для нижнего сечения трубы
2	Свободно стоящие мачты и другие сооружения, масса и момент инерции которых мало меняются по высоте.		$T = 1{,}79 \sqrt{\frac{h^3 \cdot P}{E \cdot J \cdot g}}$ при $\frac{J_{min}}{J_{max}} \geqslant 0{,}5$
3	Вертикально стоящий стержень постоянного момента инерции сечения, имеющий на свободном конце груз P, масса которого по сравнению с массой самого стержня велика.		$T = 3{,}63 \sqrt{\frac{h^3 P}{E \cdot J \cdot g}}$
4	Вертикально стоящий стержень постоянного момента инерции сечения, несущий на себе ряд сосредоточенных грузов $P_i \cdots P_k \cdots P_n$.		$T = 3{,}63 \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{k=n} P_k h_k^3}{E \cdot J \cdot g}}$
5	Вертикально стоящий стержень переменного по высоте момента инерции, имеющий на свободном конце груз P, масса которого по сравнению с массой самого стержня не велика.		$T = 6{,}28 \sqrt{\frac{P \cdot y}{g}}$
6	Вертикально стоящий стержень переменного по высоте момента инерции, несущий ряд сосредоточенных грузов P_i, P_k, P_n, расположенных в различных точках по высоте стержня.		$T = 6{,}28 \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{k=n} P_k \cdot y_k^2}{g \cdot y_i}}$

Средние веса различных материалов

Название материалов	Вес кг/м³
Бетоны и растворы	
Бетон на гравии и щебне	2300
то же вибрированный	2400
Бетон на кирпичн. щебне	1800
тоже вибрированный	2000
Легкий бетон на керамзите и шлаках	1400-1700
Железобетон на гравии и щебне	2400
тоже вибрированный	2500
Цементный раствор	2000
Известковый раствор	1800
Шлаковый раствор	1500
Кладки	
Из сплошного кирпича	1800
Из дырчатого кирпича (31 и 60 дыр)	1350
(105 дыр)	1300
Из семищелевого кирпича	1450
Из шлакобетонных пустотелых камней	1100
Бутовая из плотного известняка	2300
Дерево	
Сосна, ель воздуш. сухая	600
„ „ „ естествен. влажн	900
Дуб воздушно сухой	800

Название материалов	Вес кг/м³
Утеплители	
Войлок непрессованный	300
Камышит	260-300
Минеральный войлок	250-300
Мипора	15-30
Пенобетон-заполнитель	500-600
Пенокералит	300-500
Пеносиликат	600
Пеностекло	300
Плиты асбоцементные	300-400
Оргалит (мягкий)	250-300
Шлаковата уплотненная	400
Различные материалы	
Асбест и асбокартон	1000
Асфальт литой	1500
„ „ прессованный	2000
Гипс литой	1200
Гравий сухой	1600
„ „ влажый	1900
Гранит, сиенит, порфир, мрамор	2800
Известняк плотный	2600
Песок сухой	1600
Стекло	2500-2700
Шлак котельный	800-1000
Щебень кирпичный	1200

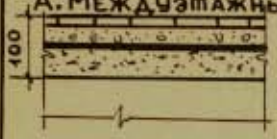
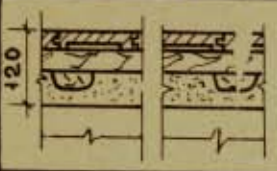
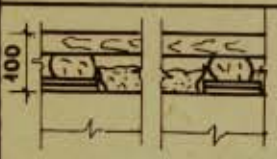
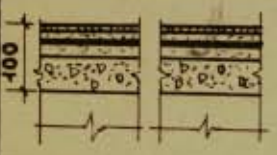
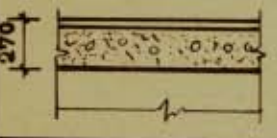
Собственные веса перегородок

Тип перегородки	Толщ. см	Вес кг/м²
Из гипсовых полнотелых плит	10	130
Из гипсошлакобетонных плит	10	150
Из гипсоволокнистых плит (в 2 слоя)	10	100
Из шлакобетонных пустотелых камней	9	100
Кирпичная в 1/4 кирпича, оштукатуренная	10	180
Кирпичная в 1/2 кирпича, оштукатуренная	16	280
Из семищелевых камней, оштукатуренная	16	250

Собственные веса кровли

	кг/м²
Железная, этернитовая (с обрешеткой и стропилами)	35
Черепичная (с обрешеткой и стропилами)	90 „
Плоская не эксплуатируемая	250 „
Плоская эксплуатируемая	500-600 „

Собственные веса междуэтажных и чердачных перекрытий

		толщ. мм	Вес кг/м²
А. Междуэтажные 	паркет на мастике	15	15
	цементно-песчан. стяжка м100	35	60
	толь-кожа или пергамин 1 слой	—	—
	песок	50	80
	плита перекрытия	160 (220)	230 (300)
	Всего:		**385 (455)**
	паркет на мастике	15	15
	полутвердая древесно-волокнита	10	10
	асфальт	30	45
	шлак (или песок)	45	45
	плита перекрытия	160 (220)	230 (300)
	Всего:		**345 (415)**
	шпунтованные доски	32	25
	лаги 30×80 через 70 см	30	
	лаги 30×80 через 80 см		
	песок	58	95
	плита перекрытия	160 (220)	230 (300)
	Всего:		**350 (420)**
	шпунтованные доски	32	20
	лаги шир. 80–60 мм	45	
	мягкий оргалит 2 слоя	23	
	песок	50	80
	плита перекрытия	160 (220)	230 (300)
	Всего:		**330 (400)**
	керамические плитки на цементном растворе м 75	25	55
	2 слоя толя	—	—
	цементно-песчаная стяжка	25	45
	шлакобетон	50	45
	плита перекрытия	160 (220)	230 (300)
	Всего:		**375 (445)**
Б. Чердачные	известково-песчаная корка	20	35
	пеносиликат	180	108
	пароизоляция	—	—
	плита перекрытия	160 (220)	230 (300)
	Всего:		**373 (443)**
	известково-песчаная корка	20	35
	шлак	250	250
	пароизоляция	—	—
	плита перекрытия	160 (220)	230 (300)
	Всего:		**515 (585)**

Примечания.

Веса плит относятся: верхняя цифра к плитам типа „П" и „Т", цифра в скобках – к железобетонным настилам „НУ". Соответственно, общие веса перекрытий относятся: цифры без скобок к перекрытию с плитами „П" и „ПТ", в скобках – к перекрытию с плитами „НУ".

НАГРУЗКИ ОТ АВТОТРАНСПОРТА

I Нормативная автомобильная нагрузка

Расположение автомобилей в расчетной колонне

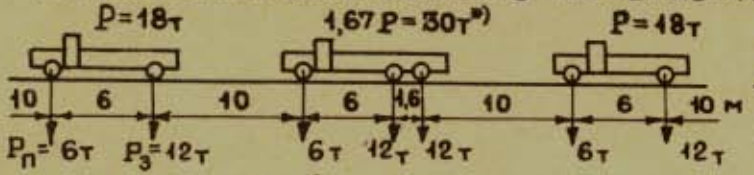
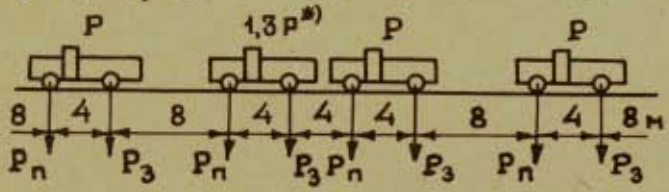


Схема Н-18

P=Pп+P3



Схемы Н-13, Н-10 и Н-8

P=Pп+P3

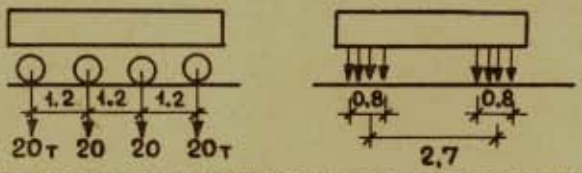
*) 1,67P=30т и 1,3P — утяжеленные автомобили

Таблица расчетных данных

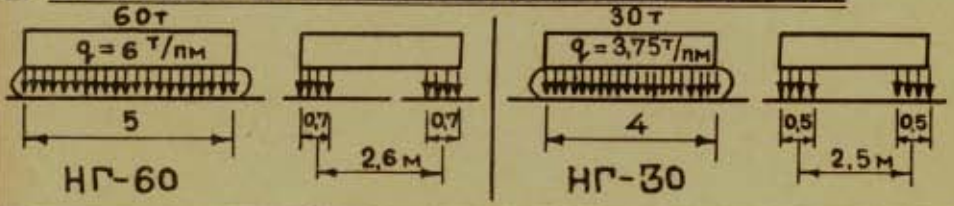
Схема	Нормальный автомобиль					Утяжеленный автомобиль					Ширина кузова	Расст. между серед. скатов
	Pп	P3	P	Ширина передн. колеса	Ширина задн. ската	Pп	P3	P	Ширина передн. колеса	Ширина задн. ската		
Н-18	6	12	18	0,30	0,70	6	2×12	30	0,30	0,70	2,9	1,9
Н-13	3,9	9,1	13	0,20	0,40	4,55	12,35	16,9	0,25	0,60	2,7	1,7
Н-10	3,0	7,0	10	0,15	0,30	3,5	9,5	13	0,20	0,40	2,7	1,7
Н-8	2,4	5,6	8	0,15	0,30	2,8	7,6	10,4	0,15	0,30	2,7	1,7

Длина соприкасания ската с проезжей частью 0,2 м.

II Нормативная колесная нагрузка НК-80



III Нормативная гусеничная нагрузка НГ



ЖБ

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Настоящий раздел справочника отредактирован инж. Н. В. Никитиным

В разделе использованы работы Н. В. Никитина по расчету конструкций в соответствии со СНиП'ом.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные условные обозначения ЖБ1, ЖБ2
Материалы бетонных и железобетонных конструкций: бетоны, арматура ЖБ3
Нормативные и расчетные модули упругости бетона . ЖБ3, ЖБ4
Нормативные и расчетные модули упругости арматуры ЖБ4
Коэффициент линейного расширения бетона и железобетона ЖБ4
Объемные веса бетона и железобетона ЖБ4
Приведенные расчетные сопротивления бетона для бетонных конструкций ЖБ4, ЖБ5
Приведенные расчетные сопротивления бетона для железобетонных конструкций ЖБ5
Приведенные расчетные сопротивления арматуры . . ЖБ6
Основные расчетные положения ЖБ7

Расчет элементов бетонных конструкций по несущей способности:

Центрально сжатые бетонные элементы ЖБ8
Изгибаемые бетонные элементы ЖБ9
Внецентренно сжатые бетонные элементы ЖБ9

Расчет элементов железобетонных конструкций по несущей способности:

Центрально сжатые элементы ЖБ10, ЖБ11
Центрально растянутые элементы ЖБ12
Изгибаемые элементы: . . . . . ЖБ12,—ЖБ19
Прямоугольное сечение с одиночной арматурой . ЖБ12
Прямоугольное сечение с двойной арматурой . . ЖБ12
Тавровое сечение с одиночной арматурой ЖБ12
Расчетная ширина $b_п$ таврового сечения ЖБ13
Максимальное значение X ЖБ13
Формулы для определения $M_{зап}$ ЖБ14
Приближенные формулы для ориентировочного определения арматуры ЖБ14
Примеры:
Балки прямоугольного сечения ЖБ15, ЖБ16
Балки таврового сечения ЖБ17
Расчет наклонных сечений, примеры ЖБ18, ЖБ19

Внецентренно сжатые элементы: . . . . . ЖБ20—ЖБ24
Прямоугольное сечение с симметричной арматурой
Расчетные формулы. Примеры . . . . . ЖБ20—ЖБ22
Прямоугольное сечение с несимметричной арматурой. Расчетные формулы. Примеры . . . . . ЖБ23—ЖБ24

Косое внецентренное сжатие. . . . . ЖБ25—ЖБ29
Формулы для определения X ЖБ25

Формулы для определения N_x (N_y) ЖБ26
Последовательность расчета ЖБ27
Примеры: ЖБ28, ЖБ29

Внецентренно растянутые элементы ЖБ30
Элементы, работающие на кручение ЖБ30

Расчет элементов железобетонных конструкций по деформациям:

Предельные прогибы изгибаемых элементов ЖБ31
Жесткость $B_{кр}$ и прогибы от кратковременной и длительно действующих нагрузок $f_{кр}$, $f_{дл}$ ЖБ31, ЖБ32
Значение коэффициента Θ ЖБ33
Величины длительно действующей временной нагрузки . ЖБ33
Формулы для расчета. Порядок расчета ЖБ35
Таблица значений ψ и K_1 для прямоугольных сечений ЖБ36
Таблица значений ψ и K_1 для изгибаемых элементов таврового сечения с полкой в растянутой зоне . . ЖБ37
Таблица значений ψ и K_1 для изгибаемых элементов двутаврового и коробчатого сечений ЖБ38
Таблица значений η и C для изгибаемых элементов прямоугольного сечения с одиночной арматурой, таврового сечения с полкой в сжатой зоне и двутаврового сечения ЖБ39
Таблица значений η и C для изгибаемых элементов прямоугольного сечения с одиночной и двойной арматурой ЖБ40
График для определения величины ψ для изгибаемых элементов прямоугольного сечения ЖБ41
График для определения величины ψ для изгибаемых элементов таврового сечения с полкой в растянутой зоне ЖБ42
График для определения величины ψ для изгибаемых элементов двутаврового и коробчатого сечений . . ЖБ43
График для определения величин η и C для изгибаемых элементов прямоугольного сечения с одиночной арматурой, таврового сечения с полкой в сжатой зоне и двутаврового сечения ЖБ44
График для определения величин η и C для изгибаемых элементов прямоугольного сечения с одиночной и двойной арматурой ЖБ45
График для определения величины K_1 . . . . . ЖБ46
Примеры ЖБ47

Расчет элементов железобетонных конструкций по образованию и раскрытию трещин:

Расчетные формулы, ширина раскрытия трещин . . . ЖБ48, ЖБ49
Расстояние между трещинами $l_т$ ЖБ49
Пример ЖБ50

Указания по конструированию:

Общие положения ЖБ51
Минимальное армирование (в % % от площади расчетного сечения) ЖБ52
Расстояния между температурно-усадочными швами . . ЖК52
Защитный слой бетона ЖБ53
Анкеровка арматуры ЖБ54

Длина заделки нижних стержней за внутреннюю грань крайних свободных опор ЖБ55
Расстояние между стержнями арматуры ЖБ55
Данные для проектирования сварных каркасов и сеток ЖБ56
Стыки арматуры ЖБ57. ЖБ58
Размер растянутых стыков внахлестку $l_п$ (выраженных через d_1) ЖБ59
Указания по конструированию центрально сжатых элементов: . . . . . .
Процент армирования. Диаметр хомутов ЖБ60
Расстояние между хомутами ЖБ60
Элементы со спиральной арматурой ЖБ61
Указания по конструированию внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов: . . . . .
Внецентренно сжатые элементы ЖБ61
Внецентренно растянутые элементы ЖБ61
Указания по конструированию изгибаемых элементов:
Диаметр хомутов или поперечных стержней ЖБ61
Расстояние между хомутами или поперечными стержнями ЖБ62
Диаметр продольной арматуры балок и число стержней, доводимых до опоры ЖБ62
Толщина балочных плит. Распределительная арматура балочных плит. Расстояние между рабочими стержнями плит ЖБ63
Короткие консоли ЖБ64
Указания по конструированию элементов, работающих на кручение ЖБ65
Арматура по ГОСТам:
Сталь горячекатанная круглая . . . . . .
Сталь горячекатанная периодического профиля . . . .
Сталь низколегированная периодического профиля . .
Сталь холоднодеформированная периодического профиля . .
Проволока стальная низкоуглеродистая холоднотянутая ЖБ65
Таблица круглой стали ЖБ66
Таблица горячекатанной стали периодического профиля ЖБ67
Типы арматуры и условные обозначения ее на чертежах железобетонных конструкций ЖБ68

Основные условные обозначения:

$\bar{R}_{пр}$ – Приведенное расчетное сопротивление бетона при осевом сжатии.

$\bar{R}_{и}$ – —"—"— при изгибе.

$\bar{R}_{р}$ – —"—"— при растяжении.

$\bar{R}_{а}$ – Приведенное расчетное сопротивление арматуры.

$\bar{R}_{ас}$ – Приведенное расчетное сопротивление спирали.

$E^{н}_{б}$ – Нормативный модуль упругости бетона при сжатии.

$E_{б}$ – Расчетный модуль упругости бетона при сжатии.

$E^{н}_{а}$ – Нормативный модуль упругости арматуры.

$E_{а}$ – Расчетный модуль упругости арматуры.

m – Коэффициент условия работы конструкции.

$m_{а}$ – Коэффициент условия работы арматуры.

$B_{кр}$ – Жесткость элемента при кратковременном действии нагрузки.

Ψ – Коэффициент, учитывающий работу растянутого бетона между трещинами.

θ – Коэффициент снижения жесткости при длительном действии нагрузки.

φ – Коэффициент продольного изгиба.

F – Площадь поперечного сечения элемента

$F_{б}$ – Площадь сечения бетона.

$F_{а}$ – Площадь сечения растянутой арматуры.

$F'_{а}$ – Площадь сечения сжатой арматуры.

$F_{я}$ – Площадь сечения ядра элемента

$F_{см}$ – Площадь смятия.

$F_{сп}$ – Приведенное сечение спирали.

Условные обозначения (продолжение)

$f_{сп}$ – Площадь сечения стержня спирали.

f_x – Площадь сечения одной ветви хомута

S_o – Статический момент площади всего сечения бетона относительно Ц.Т. арматуры F_a.

h – Полная высота сечения.

h_o – Полезная высота сечения.

$h_п$ – Толщина плиты.

b – Ширина прямоугольного сечения.

$b_п$ – Ширина полки таврового сечения.

$d_я$ – Диаметр ядра сечения.

X – Высота сжатой зоны.

l_o – Расчетная длина элемента.

$l_т$ – Расстояние между трещинами.

U – Расстояние между хомутами.

σ_a – Напряжение в арматуре

$N^н$ – Продольная сила от нормативной нагрузки

N – Расчетная продольная сила.

$M^н$ – Изгибающий момент от нормативной нагрузки.

M – Расчетный изгибающий момент.

$M_{кр}$ – Расчетный крутящий момент.

Q – Расчетная поперечная сила.

$Q_{хб}$ – Поперечная сила, воспринимаемая хомутами и бетоном.

Материалы для бетонных и железобетонных конструкций

Бетоны

Бетон	Объем. вес	Марки									
тяжелый	≥1800 кг/м³	—	50	75	100	150	200	300	400	500	600
легкий	<1800 "	35	50	75	100	150	200	—	—	—	—

Рекомендуемые марки бетона

Тип конструкции или элемента	Примечание	Бетон	
		Марка	Легкий, тяжелый
Бетонные конструкции	марка не выше	200	——
" " " зданий и сооружений 1го класса	" не ниже	100	тяжелый
Бетонные столбы и колонны зданий и сооружений II и III классов	" не ниже	75	——
Железобетонные конструкции	" не ниже	100	тяжелый
Жел.бет. сжатые элементы	рекомендуется марка не ниже	200	тяжелый
" " сильно нагружен. конструкции	рекомендуется марка	300-400	тяжелый
" " изгибаемые элементы	марка не ниже	150	тяжелый
Тонкост. ж.б. констр., работающие на изгиб, возводимые в подвижн. опалуб.	" не ниже	200	тяжелый
Сборные ж.б. конструкции	" не ниже	150	тяжелый
Тонкост. сборн. элементы, необкай-мленные ребрами жесткости	" не ниже	200	тяжелый

Арматура

Наименование арматуры	Сталь применяемая для изготовл.	При изготовл. гибк. арматуры	
		рекоменд. Ø мм	Примечание
Горячекатанная периодического профиля	Ст.5 25 ГС	от 10 до 90 " 6 " 40	
Холоднодосплющен. без вытяжки периодического профиля	Ст.3 и Ст.0	от 6 до 32	
Холоднотянутая низкоуглеродистая проволока		от 3 до 10	Для сварн. сеток и каркасов для хомут. и монт. арм.
Горячекатанная круглая	Ст.3 и Ст.0	от 5 до 100	Разрешается применять при отсутств. другой арматуры
Горячекатанная квадратная полосовая, фасонная	Ст.3 и Ст.0		
Горячекатанная круглая, подвергнутая силовой калибровке	Ст.3 и Ст.0	от 5 до 22	

Нормативные и расчетные модули упругости бетона

при сжатии $E_б^н$ и $E_б$ кг/см² (для легкого бетона)

Марка бетона	35	50	75	100	150	200
$E_б^н$	60000	70000	95000	110000	130000	150000
$E_б$	40000	50000	60000	75000	100000	115000

Нормативные и расчетные модули упругости бетона

при сжатии $E^н_б$ и $E_б$ $кг/см^2$ (для тяжелого бетона)

Марка бетона	100	150	200	300	400	500	600
$E^н_б$	190000	240000	290000	340000	380000	410000	430000
$E_б$	120000	165000	200000	270000	310000	340000	360000

Нормативный и расчетный модули упругости арматуры

$$E^н_а = E_а = 2100000\ кг/см^2$$

Коэффициент линейного расширения бетона и железобетона

При охлаждении или нагревании в пределах от 0° до 100° $\alpha = 0{,}00001$

Объемный вес бетона и железобетона в $кг/м^3$

Вид бетона	Бетон	Жел.-бетон
Тяжелый бетон на гравии и щебне (невибрированный)	2300	2400
Тоже вибрированный или центрифугированный	2400	2500
Тяжелый бетон из кирпичного щебня (невибрированный)	1800	1900
Тоже вибрированный	2000	2100
Легкий бетон	по фактическому весу	

При проценте армирования более 3% объемный вес железобетона вычисляется как сумма весов бетона и арматуры на единицу объема

Приведенные расчетные сопротивления бетона для бетонных конструкций

$$\bar{R} = mR$$

Бетон по группе А

Вид конструкции	m	Вид напряженного состояния	Марка бетона 35	50	75	100	150	200	300	400	500	600
Столбы сечением менее 35×35	0,65	Сжатие осевое $\bar{R}_{пр}$	11	16	23	31	46	59	91	124	150	175
		Сжатие при изгибе $\bar{R}_и$	14	20	29	39	55	72	110	150	182	215
		Растяжен. $\bar{R}_р$	1,4	1,8	2,3	2,9	3,8	4,7	6,8	8,1	9,1	9,8
Остальные бетонные элементы	0,90	Сжатие осевое $\bar{R}_{пр}$	15	22	32	43	63	81	126	171	207	243
		Сжатие при изгибе $\bar{R}_и$	19	27	40	54	76	99	153	207	252	297
		Растяжен. $\bar{R}_р$	2,0	2,4	3,2	4,0	5,2	6,5	9,5	11,2	12,6	13,5

Бетон по группе Б

Вид конструкции	m	Вид напряженного состояния	Марка бетона									
			35	50	75	100	150	200	300	400	500	600
Столбы сечением менее 35×35	0,65	Сжатие осевое $\bar{R}_{пр}$	10	14	21	29	42	52	85	110	136	162
		Сжатие при изгибе $\bar{R}_{и}$	12	17	27	36	52	65	104	136	169	201
		Растяжение $\bar{R}_{р}$	1,3	1,5	2,1	2,6	3,4	4,2	6,2	7,2	8,1	8,8
Остальные бетонные элементы	0,90	Сжатие осевое $\bar{R}_{пр}$	13	20	30	40	59	72	117	153	189	225
		Сжатие при изгибе $\bar{R}_{и}$	17	24	37	50	72	90	144	189	234	279
		Растяжение $\bar{R}_{р}$	1,8	2,2	2,9	3,6	4,7	5,8	8,5	9,9	11,2	12,2

Бетон по группе А – приготовляемый на бетонных заводах или узлах, оборудованных механизмами для автоматической или полуавтоматической дозировки, при систематическом контроле прочности и однородности бетона.

Бетон по группе Б – в остальных случаях.

Приведенные расчетные сопротивления бетона для железобетонных конструкций

$$\bar{R} = m \cdot R$$

Марка бетона	Таблица 1 б			Таблица 2 б		
	$\bar{R}_{пр}$	$\bar{R}_{и}$	$\bar{R}_{р}$	$\bar{R}_{пр}$	$\bar{R}_{и}$	$\bar{R}_{р}$
100	48	60	4,5	44	55	4,0
150	70	85	5,8	65	80	5,2
200	90	110	7,2	80	100	6,4
300	140	170	10,5	130	160	9,5
400	190	230	12,5	170	210	11,0
500	230	280	14,0	210	260	12,5
600	270	330	15,0	250	310	13,5

Для монолитных центрально сжатых элементов сечением менее 30×30 или диаметром менее 30 см. и внецентренно сжатых элементов с большей стороной сечения менее 30 см. приведенные расчетные сопротивления получаются из табличных путем умножения на $m = 0,8$.

Для плит, окаймленных по контуру, монолитно связанных с балками коэффициенты m см. НиТУ 123-55 стр. 21

Приведенные расчетные сопротивления арматуры

$\bar{R}_a = m \cdot m_a R_a$ или $\bar{R}_a = m \cdot m_{a_1} m_{a_2} R_a$

Вид стали	Вид арматуры	Таблица 1а			Таблица 2а			Таблица 3а		
		$\bar{R}_a$	$\bar{R}'_a$	$\bar{R}_x$	R_a	$\bar{R}'_a$	$\bar{R}_x$	$\bar{R}_a$	$\bar{R}'_a$	$\bar{R}_x$
Ст.0 горячекатанная	любая	1870	1870	1500	1700	1700	1360	1700	1700	1360
Ст.3 горячекатанная $d<40$	любая	2310	2310	1850	2100	2100	1680	1890	1890	1510
Ст.0 горячекатанная калиброванная	сварная	2310	1870	1850	2100	1700	1680	2100	1700	1680
Ст.0 горячекатанная калиброванная	вязаная	2310	1870	1850	2100	1700	1680	1890	1530	1510
Ст.3 горячекатанная калиброванная	вязаная	2310	2310	1850	2100	2100	1680	1890	1890	1510
Ст.3 горячекатанная калиброванная $d<12$	сварная	2750	2310	2200	2500	2100	2000	2500	2100	2000
Ст.3 горячекатанная калиброванная $d>12$	сварная	2310	2310	1850	2100	2100	1680	2100	2100	1680
Ст.0 холодносплющенная периодическ. профиля	любая	2570	2570	2060	2340	2340	1870	2100	2100	1680
Ст.3 холодносплющенная периодическ. профиля	любая	2570	2570	2060	2340	2340	1870	2100	2100	1680
Ст.5 горячекатанная периодич. профиля $d<40$	любая	2640	2640	2110	2400	2400	1920	2160	2160	1730
Ст.5 горячекатанная периодич. профиля $d>40$	сварная	2530	2530	2030	2300	2300	1840	2070	2070	1650
25ГС горячекатанная периодич. профиля	любая	3740	3740	2990	3400	3400	2720	—	—	—
Холоднотянутая проволока $d\leq 5,5$	сварная	3210	3210	2240	2920	2920	2040	2920	2920	2040
Холоднотянутая проволока $d\geq 5,5$	сварная	2570	2570	1800	2340	2340	1640	2340	2340	1640
Холоднотянутая проволока	вязаная	—	—	1620	—	—	1470	—	—	1470

$\bar{R}_a$ – для растянутой арматуры; $\bar{R}'_a$ – для сжатой арматуры; $\bar{R}_x$ – для арматуры хомутов

„Ключ" к таблицам приведенных расчетных сопротивлений бетона и арматуры для железобетонных конструкций

Группа бетона	Марка бетона	Изгибаемые элементы сборных конструкций, изготовляемые на заводах и специально оборудованных полигонах с систематической проверкой их прочности, а также прочности бетона и арматуры.	Все прочие элементы
А	100	Таблицы: ———	3а, 1б
	150 и выше	Таблицы: 1а, 2б	2а, 1б
Б	100	Таблицы: ———	3а, 2б
	150 и выше	Таблицы: 1а, 2б	2а, 2б

Бетон по группе А – приготовляемый на бетонных заводах или узлах оборудованных механизмами для автоматической или полуавтоматической дозировки при систематическом контроле прочности и однородности бетона.

Бетон по группе Б – в остальных случаях.

Основные расчетные положения

Расчет бетонных и железобетонных конструкций должен производиться

а) **По несущей способности** (прочность, устойчивость) – для всех конструкций.

б) **По деформациям** – для конструкций, величина деформаций которых может ограничить возможность их эксплуатации.

в) **По образованию или раскрытию трещин** – для конструкций, в которых образование трещин по условиям эксплуатации не допускается или их раскрытие должно быть ограничено.

Расчет по несущей способности производится по **расчетным нагрузкам**

Расчет по деформациям и по раскрытию трещин производится по **нормативным нагрузкам**

При определении деформации элементов сборных железобетонных конструкции, изготовляемых на заводах или специально оборудованных полигонах с систематической проверкой прочности и однородности бетона разрешается принимать **нормативный модуль упругости бетона**.

Во всех остальных случаях принимается **расчетный модуль упругости бетона**.

Расчет элементов бетонных конструкций по несущей способности

Центрально сжатые бетонные элементы

$$N \leqslant \varphi \bar{R}_{пр} F \qquad F \geqslant \frac{N}{\varphi \bar{R}_{пр}}$$

Коэффициенты продольного изгиба φ для бетонных конструкций

$\frac{l_0}{b}$	$\frac{l_0}{r}$	φ		$\frac{l_0}{b}$	$\frac{l_0}{r}$	φ	
		тяжелый бетон	легкий бетон			тяжелый бетон	легкий бетон
<4	<14	1,00	1,00	18	63	0,68	0,57
4	14	0,98	0,98	20	70	0,63	0,52
6	21	0,96	0,94	22	76	0,59	0,48
8	28	0,91	0,88	24	83	0,55	0,43
10	35	0,86	0,81	26	90	0,51	—
12	42	0,82	0,75	28	97	0,47	—
14	49	0,77	0,69	30	104	0,44	—
16	56	0,72	0,63				

b – наименьший размер прямоугольного сечения
r – наименьший радиус инерции сечения
l_0 – расчетная длина элемента

Расчетная длина для стен и столбов

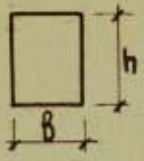
Тип опор	l_0
При наличии жестких опор в виде перекрытий или покрытий, опирающихся на жесткие поперечные конструкц	$l_0 = H$
При наличии упругих опор	$l_0 = 1{,}25H - 1{,}50H$
Для свободно стоящих стен и столбов	$l_0 = 2H$

H — высота этажа стены или столба

Пример: $N = 100$т Сечение 40×40 $\varphi = 0{,}98$ Бетон „200"
$\bar{R}_{пр} = 72$ кг/см² (Бетон принимаем по гр. Б) $F = 1600$ см²

$N \leqslant 0{,}98 \cdot 72 \cdot 1600 = 112880$ кг $\simeq 112{,}9$т (сечение достаточно)

Изгибаемые бетонные элементы



$$M_д \leqslant \frac{вh^2}{3,5}\bar{R}_р$$

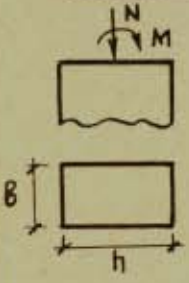
Пример: $в = 50$ см $\quad h = 60$ см $\quad M = 1.3$ тм

Бетон „75" (по группе Б) $\quad \bar{R}_р = 2,9$ кг/см²

$$M_{доп.} = \frac{вh^2}{3,5}\bar{R}_р = \frac{50 \cdot 60^2}{3,5} \cdot 2,9 = 149000 \text{ кг.см} = 1,49 \text{ тм}$$

$M < M_{доп}$

Внецентренно сжатые бетонные элементы



Дано: M, N. определяем $e_o = \frac{M}{N}$

Расчетные формулы

I по сжатию $\quad N_д \leqslant \frac{вh^2}{2e_o + h} \cdot \varphi \bar{R}_{пр}$

II по растяжению $\quad N_д \leqslant 1,8 \frac{вh^2}{6e_o - h} \cdot \varphi \bar{R}_р$

при $e_o \leqslant 0,225\,h$ пользоваться формулой I

— „ — $e_o > 0,225\,h$ ——— „ ——— формулами II и I

Примеры

1 $N = 150$т $\quad M = 4,5$тм $\quad | \quad в = 50$см $h = 60$см $\quad \varphi = 0.96$ $\quad$ Бетон „150"

$e_o = \frac{4.5}{150} = 0,03$м $= 3$см $\quad | \quad \bar{R}_{пр} = 59$ кг/см² $\quad \bar{R}_р = 4.7$ кг/см² (группа Б)

$0,225\,h = 0,225 \cdot 60 = 13,5$см > 3см пользуемся формулой I

$$N_д = \frac{вh^2}{2e_o + h} \cdot \varphi \bar{R}_{пр} = \frac{50 \cdot 60^2}{2 \cdot 3 + 60} 0,96 \cdot 59 = 153500 \text{ кг} = 153,5\text{т} > 150\text{т}$$

2 $N = 50$т $\quad M = 7,2$тм $\quad | \quad в = 50$см $h = 60$см $\quad \varphi = 0.96$ $\quad$ Бетон „150"

$e_o = \frac{7.2}{50} = 0,144$м $= 14,4$см $\quad | \quad \bar{R}_{пр} = 59$ кг/см² $\quad \bar{R}_р = 4.7$ кг/см² (груп. Б)

$0,225\,h = 0,225 \cdot 60 = 13,5$см $< 14,4$см пользуемся формулами II, I

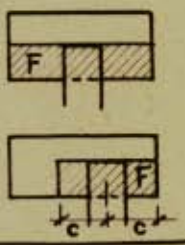
$$N_д = 1.8 \frac{вh^2}{6e_o - h} \varphi \bar{R}_р = 1.8 \frac{50 \cdot 60^2}{6 \cdot 14,4 - 60} \cdot 0,96 \cdot 4.7 = 55000 \text{ кг} = 55\text{т} > 50\text{т}$$

$$N_д = \frac{вh^2}{2e_o + h} \varphi \cdot \bar{R}_{пр} = \frac{50 \cdot 60^2}{2 \cdot 144 + 60} \cdot 0,96 \cdot 59 = 148000 \text{ кг} = 148\text{т} > 50\text{т}$$

Смятие опорных частей балок, прогонов и т.п.

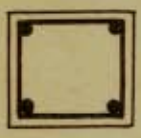
$$N \leqslant \Psi \bar{R}_{пр} F_{см.} \qquad \Psi = \sqrt[3]{\frac{F}{F_{см.}}}$$

Нагрузки	Ψ
Местная нагрузка	$\leqslant 1,5$
Местная и остальные нагрузки	$\leqslant 2,0$
Местная нагрузка, приложенная у конца стены на длине не более толщины стены	$\leqslant 1,25$



Расчет элементов железобетонных конструкций по несущей способности

Центрально сжатые элементы

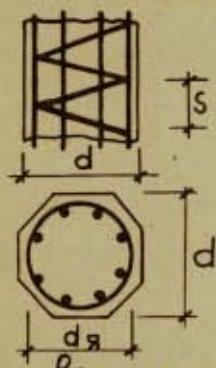


$$N \leq \varphi [\bar{R}_{пр} F_б + \bar{R}_а F_а] \qquad M < 3\%$$

$$N \leq \varphi [\bar{R}_{пр} F_б + (\bar{R}_а - \bar{R}_{пр}) F_а] \qquad M > 3\%$$

или $$N \leq \varphi [\bar{R}_{пр} (F_б - F_а) + \bar{R}_а F_а]$$

M – процент армирования



$$N \leq [\bar{R}_{пр} F_я + \bar{R}_а F_а + 2{,}5 \bar{R}_{ас} F_{сп}],$$

где $$F_{сп} = \frac{\pi d_я f_{сп}}{S}$$

$F_я$ – площадь сечения ядра элемента

$F_{сп}$ – приведенное сечение спирали

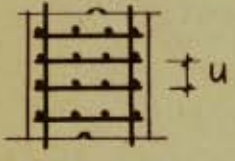
$d_я$ – диаметр ядра элемента

$f_{сп}$ – площадь поперечного сечения стержня спирали

$\bar{R}_{ас}$ – приведенное расчетное сопротивление спирали

При $\frac{l_0}{d} > 12$ влияние косвенной арматуры не учитывается и расчет производится как для колонны с обыкновенными хомутами.

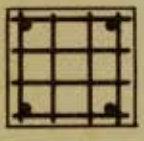
При косвенном армировании сетками дополнительное усилие, воспринимаемое ими, определяется по формуле



$$\Delta N_c = 2 \frac{f_c \bar{R}_а (n_1 l_1 + n_2 l_2)}{u}$$

$n_1 l_1$ и $n_2 l_2$ – число стержней и длина сеток в обоих направлениях

f_c – площадь сечения стержня сетки



Сетки обязательно должны охватывать продольную арматуру.

Величина предельного усилия для элемента с косвенным армированием не должна превышать полуторного значения предельного усилия для элемента того же сечения с обыкновенными хомутами.

Коэффициенты продольного изгиба φ для железобетонных конструкций

$l_0 : b$	14	16	18	20	22	24	26	28	30
$l_0 : d$	12,1	13,9	15,6	17,3	19,1	20,8	22,5	24,3	26,0
$l_0 : r$	50,0	55,4	62,2	69,0	76,0	83,0	90,0	97,0	104,0
φ	1,00	0,88	0,80	0,73	0,67	0,62	0,57	0,53	0,50

Расчетная длина элемента ℓ_0

Тип закрепления опор	ℓ_0
При полном закреплении обоих концов	$\ell_0 = 0{,}5\ell$
При полном закреплении одного конца и шарнирно-неподвижном закреплении другого	$\ell_0 = 0{,}7\ell$
При шарнирно-неподвижном закреплении обоих концов	$\ell_0 = \ell$
При одном неподвижном закреплении и одном свободном конце	$\ell_0 = 2\ell$
В остальных случаях в зависимости от действительных условий закрепления на концах	

Примеры:

1. $N = 100$т. сечение колонны 30×30, $\varphi = 1$ Бетон „200"

Арматура Ст 3. $F_б = 30 \times 30 = 900$ см^2

$\bar{R}_{пр} = 90$ кг/см^2 $\bar{R}'_a = 2100$ кг/см^2

задаемся арматурой $4\phi16$ $F_a = 8{,}04$ см^2

$$N \leq \varphi\left[\bar{R}_{пр} \cdot F_б + \bar{R}'_a F_a\right] = 1\left[90 \cdot 900 + 2100 \cdot 8.04\right] =$$

$$= 81000 + 16880 = 97880 \text{ кг} \quad (\text{мало})$$

задаемся арматурой $4\phi19$ $F_a = 11.34$ см^2

$$N \leq 1\left[90 \cdot 900 + 2100 \cdot 11{,}34\right] = 81000 + 23800 = 104800 \text{ кг} = 104{,}8 \text{ т}$$

---

2. $N = 50$т. сечение колонны 25×25 $\varphi = 0{,}94$ Бетон „200"

Арматура Ст.3 $F_б = 25 \cdot 25 = 625$ см^2

$\bar{R}_{пр} = 90$ кг/см^2 $\bar{R}'_a = 2100$ кг/см^2

сечение колонны меньше чем 30×30, введем дополнительно коэффициент $m = 0{,}8$.

задаемся арматурой $4\phi16$ $F_a = 8{,}04$ см^2

$$N \leq m\varphi\left[\bar{R}_{пр} F_б + \bar{R}'_c F_a\right] = 0{,}8 \cdot 0{,}94\left[90 \cdot 625 + 2100 \cdot 8{,}04\right] =$$

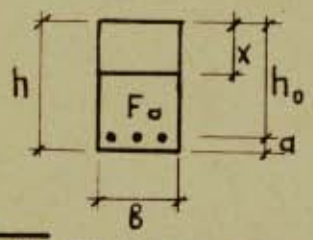
$$= 0{,}75\left[56250 + 16880\right] = 0.75 \cdot 73130 = 54848 \text{ кг} = 54{,}85 \text{ т}.$$

Центрально растянутые элементы

$$N \leq \bar{R}_a F_a$$

Изгибаемые элементы

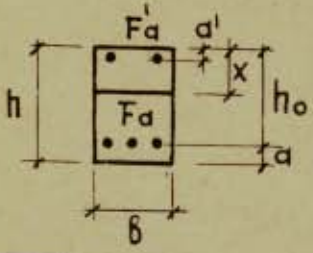
Прямоугольное сечение с одиночной арматурой



$$X = \frac{F_a \bar{R}_a}{b \bar{R}_и}$$

$$M \leq F_a \bar{R}_a \left(h_o - \frac{X}{2}\right)$$

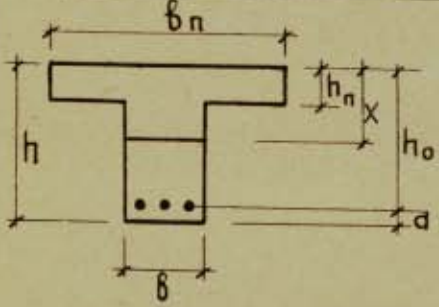
Прямоугольное сечение с двойной арматурой



$$X = \frac{(F_a - F'_a)\bar{R}_a}{b \bar{R}_и}$$

$$M \leq (F_a - F'_a)\bar{R}_a \left(h_o - \frac{X}{2}\right) + F'_a \bar{R}_a (h_o - a')$$

Тавровое сечение с одиночной арматурой



Если $\bar{R}_a F_a \leq \bar{R}_и b_п h_п$, то сечение рассчитывается, как прямоугольн.

Если $\bar{R}_a F_a > \bar{R}_и b_п h_п$, то сечение рассчитывается, как тавровое

$$X = \frac{F_a \bar{R}_a - \bar{R}_и (b_п - b) h_п}{b \bar{R}_и}$$

$$M \leq F_a \bar{R}_a \left(h_o - \frac{X}{2}\right) + \frac{1}{2} \bar{R}_и (b_п - b)(X - h_п) h_п$$

Если $h_п \leq 0{,}2 h_o$, то тавровое сечение можно рассчитывать по приближенной формуле

$$M \leq \bar{R}_a F_a \left(h_o - \frac{h_п}{2}\right)$$

Расчетная ширина b_n таврового сечения

Тип конструкции	b	Примечание
Для самостоятельных балок, плит, настилов	$\leq \frac{1}{3} l$ $\leq 12 h_n + b$	
Для второстепенных балок монолитных ребристых перекрытий	$\leq$ расстояния между осями балок	
Для главных балок монолитных ребристых перекрытий	$\leq \frac{1}{2} l_0$	l_0 – пролет балки, т.е по $\frac{1}{6} l_0$ в каждую сторону от ребра
Для монолитных ребристых перекрытий при $h_n < 0{,}1 h$	$\leq 12 h_n + b$	
Для продольных ребер плит при наличии в плитах поперечных промежуточных ребер	= полной ширине полки	

Максимальное значение X

Характеристика элементов	Прямоуг. сечен.	Тавровое сечен.
Изгибаемые элементы сборных конструкций, изготовляемых на заводах и специально оборудованных полигонах со систематической проверкой их прочности, а также прочности бетона и арматуры	$X \leq 0{,}37 h_0$	$X \leq h_0 - \sqrt{\frac{0{,}8 S_0}{b}}$
Элементы, армированные сварными сетками и сварными каркасами из холоднотянутой арматуры диаметром до 5,5 мм.	$X \leq 0{,}45 h_0$	$X \leq h_0 - \sqrt{\frac{0{,}6 S_0}{b}}$
Все прочие элементы	$X \leq 0{,}55 h_0$	$X \leq h_0 - \sqrt{\frac{0{,}4 S_0}{b}}$

где $S_0 = \frac{b h_0^2}{2} + (b_n - b) h_n \left(h_0 - \frac{h_n}{2}\right)$

Если при подборе проектируемого сечения получим

$$X > X_{max},$$

то следует увеличить размеры сечения или повысить марку бетона.

Если при поверке сечения существующей конструкции получим $X > X_{max}$,

то следует проверить сечение по формуле

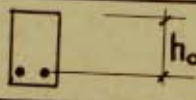
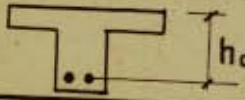
$$M_{расч} \leqslant M_{доп.}$$

Формулы для определения $M_{доп.}$

Характеристика элемента	прямоуг. сеч.	тавров. сеч.
Изгибаемые элементы сборных конструкций, изготовленные на заводах и специально оборудованных полигонах со систематической поверкой их прочности, а также прочности бетона и арматуры.	$M_{доп} = 0{,}3\, b h_o^2 \bar{R}_и$	$M_{доп.} = 0{,}6\, S_o \bar{R}_и$
Элементы, армированные сварными сетками и сварными каркасами из холоднотянутой арматуры диаметром до 5,5 мм.	$M_{доп} = 0{,}35\, b h_o^2 \bar{R}_и$	$M_{доп} = 0{,}7\, S_o \bar{R}_и$
Все прочие элементы	$M_{доп} = 0{,}4\, b h_o^2 \bar{R}_и$	$M_{доп} = 0{,}8\, S_o \bar{R}_и$

где $S_o = \frac{b h_o^2}{2} + (b_п - b) h_п \left(h_o - \frac{h_п}{2}\right)$

Приближенные формулы для ориентировочного определения арматуры.

Сечение	F_a
	$F_a = \frac{M}{\bar{R}_a \cdot 0{,}8\, h_o}$
	$F_a = \frac{M}{\bar{R}_a \cdot 0{,}9\, h_o}$

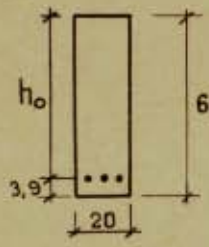
Примеры:

Во всех примерах принято: марка бетона 200, $\bar{R}_и = 100\ кг/см^2$, арматура периодического профиля Ст-5, $\bar{R}_а = 2400\ кг/см^2$.

I Балки прямоугольного сечения

Поверка заданного сечения

1. Дано сечение 20×60. Арматура 3Ø28 П. $F_а = 18{,}47\ см^2$.



Определяем положение нейтральной оси

$$X = \frac{F_а \bar{R}_а}{в \bar{R}_и} = \frac{18{,}47 \cdot 2400}{20 \cdot 100} = \frac{44340}{2000} = 22{,}2\ см$$

$0{,}55\, h_о = 0{,}55 \cdot 56{,}1 = 30{,}8\ см > X$.

Определяем изгибающий момент, который может быть воспринят заданным сечением.

$$M_{доп} = F_а \bar{R}_а \left(h_о - \frac{X}{2}\right) = 44340\,(56{,}1 - 11{,}1) = 1995000\ кг\,см = 19{,}95\ тм$$

2. Те же данные, что в примере 1, но арматура 3Ø36 П

$F_а = 30{,}54\ см^2$ $\quad X = \frac{F_а \bar{R}_а}{в \bar{R}_и} = \frac{30{,}54 \cdot 2400}{20 \cdot 100} = 36{,}6\ см$

$h_о = 60 - 2{,}5 - 1{,}8 = 55{,}7\ см$ $\quad 0{,}55\, h_о = 0{,}55 \cdot 55{,}7 = 30{,}6\ см < X$

$M_{доп} = 0{,}4\, в\, h_о^2 \bar{R}_и = 0{,}4 \cdot 20 \cdot 55{,}7^2 \cdot 100 = 2480000\ кг\,см = 24{,}8\ тм$

Сечение имеет избыток арматуры, который не может быть использован.

3. Те же данные, что в примере 2, но имеется сжатая арматура, 2Ø20 П $\quad F'_а = 6{,}28\ см^2$ $\quad a' = 3{,}5\ см$

$$X = \frac{(F_а - F'_а)\,\bar{R}_а}{в\,\bar{R}_и} = \frac{(30{,}54 - 6{,}28) \cdot 2400}{20 \cdot 100} = \frac{58200}{2000} = 29{,}1 < 0{,}55 h_о$$

Определяем изгибающий момент, который может быть воспринят заданным сечением с двойной арматурой

$$M_{доп} = (F_а - F'_а) \cdot \bar{R}_а \left(h_о - \frac{X}{2}\right) + F'_а \bar{R}_а (h_о - a')$$

$h_о = 55{,}7\ см$

$M_{доп} = 58200\,(55{,}7 - 14{,}55) + 6{,}28 \cdot 2400\,(55{,}7 - 3{,}5)$

$M_{доп} = 58200 \cdot 41{,}15 + 15100 \cdot 52{,}2 = 3180000\ кг\,см = 31{,}8\ тм$

Сжатая арматура может быть введена в расчет при условии, что она имеет замкнутые хомуты с шагом $15d$, т.е 30 см.

Подбор арматуры при заданном сечении

4 $M = 19{,}0$ тм Сечение 20×60

Определяем ориентировочно необходимое F_a

$$F_a = \frac{M}{\bar{R}_a \cdot 0{,}8\, h_o} = \frac{1900000}{2400 \cdot 0{,}8 \cdot 55} = 18{,}0\ см^2$$

Принимаем $3\phi 28$ п $F_a = 18{,}47\ см^2$ и проверяем сечение, как это сделано в примере 1

$X = 22{,}2$ см $0{,}55 h_o = 30{,}8$ см $X < 0{,}55 h_o$

$M_{доп} = 19{,}95$ тм $M_{доп} > M$

---

5 $M = 28{,}0$ тм Сечение 20×60

Определяем предельный изгибающий момент, воспринимаемый сечением при одиночной арматуре $h_o \simeq 55$ см

$$M_{доп} = 0{,}4\, \beta\, h_o^2\, \bar{R}_и = 0{,}4 \cdot 20 \cdot 55^2 \cdot 100 = 2420000\ кг\,см = 24{,}2\ тм$$

По разности моментов $M - M_{доп}$ определяем необходимое количество сжатой арматуры $h_a = h_o - a' \simeq 51{,}5$ см

$$F'_a = \frac{M - M_{доп}}{\bar{R}_a h_a} = \frac{2800000 - 2420000}{2400 \cdot 51{,}5} = \frac{380000}{2400 \cdot 51{,}5} = 3{,}08\ см^2$$

Принимаем $2\phi 14$ п $F'_a = 3{,}08\ см^2$

Определяем необходимое количество растянутой арматуры.

Поскольку сечение бетона использовано до предела,

$X = 0{,}55\, h_o = 0{,}55 \cdot 55 = 30{,}2$ см

$$F_a = F'_a + \frac{M_{доп}}{\bar{R}_a \left(h_o - \frac{X}{2}\right)} = 3{,}08 + \frac{2420000}{2400\ (55 - 15{,}1)} = 3{,}08 + 25{,}22 \quad 28{,}3\ см^2$$

Принимаем $6\phi 25$ п $F_a = 29{,}45\ см^2$

Сечение с расчетной сжатой арматурой не рекомендуется

В данном случае следовало-бы повысить марку бетона

Подбор сечений

6 $M = 16{,}0$ тм $b = 20$ см

Определяем $h_{o\,min}$

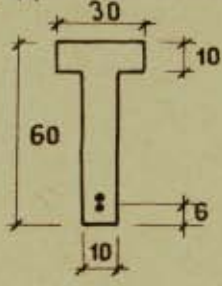
$$h_{o\,min} = \sqrt{\frac{M}{0{,}4\, \beta\, \bar{R}_и}} = \sqrt{\frac{1600000}{0{,}4 \cdot 20 \cdot 100}} = 45{,}0\ см$$

Принимаем $h = 50$ см и производим подбор арматуры, как это сделано в примере 1

II Балки таврового сечения

Поверка заданного сечения

1. Дано сечение $h=60$ см $b=10$ см $b_п=30$ см $h_п=10$ см



Арматура $2\phi 32$ п $F_a=16{,}08$ см^2

Определяем X_{max}.

$$X_{max}=h_o-\sqrt{\frac{0{,}4\,S_o}{b}}$$

Находим S_o

$$S_o=\frac{bh_o^2}{2}+(b_п-b)h_п\left(h_o-\frac{h_п}{2}\right)$$

$$S_o=\frac{10\cdot 54^2}{2}+(30-10)\cdot 10\,(54-5)=14580+9800=24400\ \text{см}^3$$

$$X_{max}=h_o-\sqrt{\frac{0{,}4\,S_o}{b}}=54-\sqrt{\frac{0{,}4\cdot 24400}{10}}=54-31{,}8=22{,}2\ \text{см}$$

Определяем положение нейтральной оси X

$$X=\frac{F_a\bar{R}_a-\bar{R}_и(b_п-b)h_п}{b\bar{R}_и}=\frac{16{,}08\cdot 2400-100\,(30-10)\cdot 10}{10\cdot 100}$$

$$X=\frac{38600-20000}{1000}=18{,}6\ \text{см}\qquad X<X_{max}$$

Определяем изгибающий момент, который может быть воспринят заданным сечением

$$M=F_a\bar{R}_a\left(h_o-\frac{x}{2}\right)+\frac{1}{2}\bar{R}_и(b_п-b)(X-h_п)h_п$$

$$M=16{,}08\cdot 2400\,(54-9{,}3)+\frac{1}{2}\,100\,(30-10)\,(18{,}6-10)\cdot 10$$

$$M=38600\cdot 44{,}7+50\cdot 20\cdot 86=1725000+86000=1811000\ \text{кгсм}=18{,}11\ \text{тм}$$

---

2. Же сечение, что в примере 1, но арматура $2\phi 36$ п

$F_a=20{,}36$ см^2 $\quad h_o=60-2{,}5-3{,}8=53{,}7$ см.

$$S_o=\frac{10\cdot 53{,}7^2}{2}+(30-10)\cdot 10\,(53{,}7-5)=14400+9740=24140\ \text{см}^3$$

$$X_{max}=53{,}7-\sqrt{\frac{0{,}4\cdot 24140}{10}}=53{,}7-31{,}0=22{,}7\ \text{см}$$

$$X=\frac{20{,}36\cdot 2400-100\,(30-10)\cdot 10}{10\cdot 100}=\frac{48800-20000}{1000}=28{,}8_{\text{см}}>22{,}7$$

$$M=0{,}8\,S_o\bar{R}_и=0{,}8\cdot 24140\cdot 100=1930000\ \text{кгсм}=19{,}3\ \text{тм}$$

В сечении имеется избыточная неиспользуемая арматура.

Подбор арматуры при данном сечении

3. $M=18{,}0$ тм. Сечение, как в примере 1.

Определяем по приближенной формуле F_a

$$F_a=\frac{M}{(h_o-0{,}5\,h_п)\bar{R}_a}=\frac{1800000}{(54-5)\,2400}=15{,}3\ \text{см}^2$$

Принимаем $2\phi 32$ п $F_a=16{,}08$ см^2 проверяем сечение, как в примере 1.

Расчет наклонных сечений

При армировании сварными каркасами отогнутые стержни не применяются.

Поперечная сила воспринимается бетоном и хомутами.

I $\frac{Q}{bh_0} < \bar{R}_p$ — Расчет прочности наклонных сечений на поперечную силу не требуется.

II $\frac{Q}{bh_0} > \bar{R}_p$ — Необходим расчет наклонных сечений на поперечную силу.

1 Определяем максимальное расстояние между хомутами

$$u_{max} = 0{,}1 \frac{\bar{R}_u b h_0^2}{Q} \quad см$$

2 Принимаем по конструктивным соображениям шаг u и число ветвей хомутов n

3 Определяем необходимое сечение одной ветви хомута, соответствующее принятому значению u

$$f_x = \frac{Q}{6 \bar{R}_x n} \cdot \frac{u}{u_{max}} \quad см^2$$

Проверка

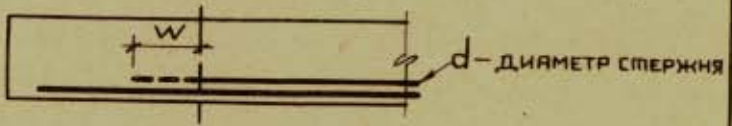
4 Определяем усилие на единицу длины, воспринимаемое поставленными хомутами

$$q_x = \frac{\bar{R}_x f_x n}{u} \quad \frac{кг}{см}$$

5 Определяем поперечную силу, воспринимаемую бетоном и хомутами

$$Q_{xб} = \sqrt{0{,}6 \bar{R}_u b h_0^2 q_x} \quad кг$$

6 Обрываемая в пролете арматура должна быть заведена за то сечение, где она не требуется по расчету вертикальных сечений, на величину W.



$$W = \frac{Q}{2 \cdot P_x} + 5d,$$

где $P_x = \frac{\bar{R}_a f_x n}{u}$

Примеры

1 $Q=25$т $b=18$см $h_o=55$см Бетон „300" $\bar{R}_и=160$ кг/см^2
$\bar{R}_р=9{,}5$ кг/см^2 Сталь 3 $\bar{R}_х=1680$ кг/см^2

$$\frac{Q}{b h_o}=\frac{25000}{18\cdot 55}=25{,}2\ \text{кг/см}^2 > 9{,}5\ \text{кг/см}^2$$

требуется расчет наклонного сечения на поперечную силу.

Определяем максимальное расстояние между хомутами

$$U_{max}=0{,}1\ \frac{\bar{R}_и\, b h_o^2}{Q}=0{,}1\ \frac{160\cdot 18\cdot 55^2}{25000}=34{,}8\ \text{см}$$

Принимаем по конструктивным соображениям
шаг $U=30$ см

Определяем необходимую площадь сечения одной ветви хомутов при шаге $U=30$ см. Число ветвей $n=2$

$$f_x=\frac{Q}{6\,\bar{R}_x n}\ \frac{U}{U_{max}}=\frac{25000}{6\cdot 1680\cdot 2}\cdot\frac{30}{34{,}8}=1{,}07\ \text{см}^2$$

принимаем хомуты ϕ 12 $f_x=1{,}13$ см^2

Проверка: Определяем усилие q_x

$$q_x=\frac{\bar{R}_x f_x n}{U}=\frac{1680\cdot 1{,}13\cdot 2}{30}=126{,}5\ \text{кг/см}$$

Определяем поперечную силу $Q_{хб}$

$$Q_{хб}=\sqrt{0{,}6\,\bar{R}_и\, b h_o^2\, q_x}=\sqrt{0{,}6\cdot 160\cdot 18\cdot 55^2\cdot 126{,}5}=25700\ \text{кг}$$

$Q_{хб}=25{,}7$т >25т

2 Требуется определить величину перепуска обрываемого в пролете стержня $d=20$мм за то сечение, в котором он не требуется по расчету вертикального сечения.

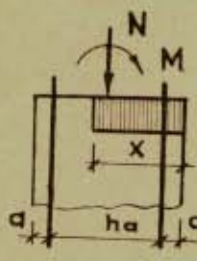
Поперечная сила в сечении $Q=10{,}0$ т
Хомуты – 2ϕ12 через 30 см $f_x=1{,}13$ см^2 Сталь 3 $\bar{R}_a=2100$ кг/см^2

$$P_x=\frac{\bar{R}_a f_x n}{U}=\frac{2100\cdot 1{,}13\cdot 2}{30}=158{,}0\ \frac{\text{кг}}{\text{см}}$$

$$W=\frac{Q}{2P_x}+5d=\frac{10000}{2\cdot 158}+5\cdot 2=31{,}6+10=41{,}6\ \text{см}$$

Внецентренно сжатые элементы

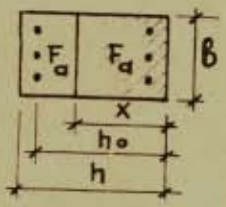
Прямоугольное сечение с симметричной арматурой



$$F_a = F'_a \qquad a = a'$$

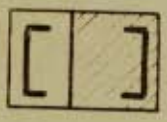
$$X = \frac{N}{\beta \bar{R}_и}$$

$$\eta = \frac{400}{400 - z} \qquad z = \left(\frac{l_o}{h}\right)^2 \cdot \frac{x}{h}$$



Влияние прогиба элемента учитывается путем умножения расчетного момента M на величину η.

Определение расчетной длины элемента l_o см. ЖБ-11
Влияние прогиба не учитывается при $l_o \leq 10\,h$



Внецентренно сжатые элементы с жесткой арматурой, состоящей из двух отдельных ветвей, расположенных у наиболее и наименее напряженных граней, рассчитываются, как при гибкой арматуре.

Расчетные формулы

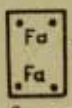
Поверка заданного сечения		
$X < 2a$	$X = \frac{N}{\beta \bar{R}_и}$	$M_{доп} = \frac{1}{\eta}\left[F_a \bar{R}_a h_a + 0{,}5\,N\,h_a\right]$
$2a < X < 0{,}55\,h_o$	$X = \frac{N}{\beta \bar{R}_и}$	$M_{доп} = \frac{1}{\eta}\left[F_a \bar{R}_a h_a + 0{,}5\,N\,(h - X)\right]$
$X > 0{,}55\,h_o$	$X = \frac{N}{\beta \bar{R}_и}$	$M_{доп} = \frac{1}{\eta}\left[F_a \bar{R}_a h_a - 0{,}5\,N h_a + 0{,}4\,\beta h_o^2 \bar{R}_и\right]$

Подбор сечения арматуры		
$X < 2a$	$X = \frac{N}{\beta \bar{R}_и}$	$F_a = \frac{\eta M}{\bar{R}_a h_a} - \frac{N}{2\bar{R}_a}$
$2a < X < 0{,}55\,h_o$	$X = \frac{N}{\beta \bar{R}_и}$	$F_a = \frac{\eta M}{\bar{R}_a h_a} - \frac{N(h - x)}{2\bar{R}_a h_a}$
$X > 0{,}55\,h_o$	$X = \frac{N}{\beta \bar{R}_и}$	$F_a = \frac{\eta M}{\bar{R}_a h_a} + \frac{N}{2\bar{R}_a} - \frac{0{,}4\,\beta h_o^2 \bar{R}_и}{\bar{R}_a h_a}$

Примеры

Прямоугольное сечение с симметричной арматурой

Подбор сечения арматуры.

1. 

$h_o = 37$см, $h_a = 34$см | $0{,}55h_o = 20{,}4$см
Бетон „200" $\bar{R}_и = 100$ кг/см² | $l_o = 4{,}8$ м
Арматура Ст.5 $\bar{R}_a = 2400$ кг/см² | $l_o > 10h$

$b = 30$ $\quad N = 90$ т $\quad M = 10$ тм.

$$X = \frac{N}{b\bar{R}_и} = \frac{90\,000}{30 \cdot 100} = 30\text{см} \qquad X > 0{,}55h_o$$

$$\zeta = \left(\frac{l_o}{h}\right)^2 \frac{x}{h} = \left(\frac{4{,}8}{0{,}4}\right)^2 \cdot \frac{30}{40} = 144 \cdot 0{,}75 = 108$$

$$\eta = \frac{400}{400-\zeta} = \frac{400}{400-108} = \frac{400}{292} = 1{,}37$$

$$\eta M = 1{,}37 \cdot 10 = 13{,}7\text{тм}$$

$$F_a = \frac{\eta M}{\bar{R}_a h_a} + \frac{N}{2\bar{R}_a} - \frac{0{,}4 b h_o^2 \bar{R}_и}{\bar{R}_a h_a}$$

$$F_a = \frac{1370000}{2400 \cdot 34} + \frac{90000}{2 \cdot 2400} - \frac{0{,}4 \cdot 30 \cdot 37^2 \cdot 100}{2400 \cdot 34}$$

$F_a = 16{,}8 + 18{,}7 - 20{,}2 = 15{,}3\text{ см}^2$

Принимаем $2\varnothing 32$п $F_a = 16{,}08\text{ см}^2$

$a = 2{,}5 + 1{,}6 \cong 4{,}0$см $\quad h_o = 36$см $\quad h_a = 32$см.

Уточним F_a

$$F_a = 16{,}8\,\frac{34}{32} + 18{,}7 - 20{,}2\,\frac{34}{32} = 17{,}9 + 18{,}7 - 21{,}7 = 14{,}9\text{ см}^2$$

---

2. Все исходные данные, кроме N и M, как в примере 1.

$N = 50$т $\quad M = 8$тм

$$X = \frac{50000}{30 \cdot 100} = 16{,}7\text{см} \qquad 2a' < X < 0{,}55h_o$$

$$\zeta = \left(\frac{4{,}8}{0{,}4}\right)^2 \frac{16{,}7}{40} = 144 \cdot 0{,}416 = 60 \qquad \eta = \frac{400}{400-60} = \frac{400}{340} = 1{,}18$$

$$\eta M = 1{,}18 \cdot 8 = 9{,}45\text{тм}$$

$$F_a = \frac{\eta M}{\bar{R}_a h_a} - \frac{N(h-x)}{2\bar{R}_a h_a} = \frac{945000}{2400 \cdot 34} - \frac{50000\,(40-16{,}7)}{2 \cdot 2400 \cdot 34} = 11{,}60 - 7{,}15 = 4{,}45\text{см}^2$$

---

3 $N = 14$т $\quad M = 3$тм

$$X = \frac{14000}{30 \cdot 100} = 4{,}66\text{см} \qquad X < 2a'$$

$$\zeta = \left(\frac{4{,}8}{0{,}4}\right)^2 \frac{4{,}66}{40} = 144 \cdot 0{,}116 = 16{,}7 \qquad \eta = \frac{400}{400-16{,}7} = \frac{400}{383{,}3} = 1{,}05$$

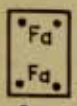
$$\eta M = 1{,}05 \cdot 3 = 3{,}15\text{тм}$$

$$F_a = \frac{\eta M}{\bar{R}_a h_a} - \frac{N}{2\bar{R}_a} = \frac{315000}{2400 \cdot 34} - \frac{14000}{2 \cdot 2400} = 3{,}87 - 2{,}92 = 0{,}95\text{ см}^2$$

Ставим конструктивный минимум $F = 0{,}002 \cdot 30 \cdot 40 = 2{,}4\text{ см}^2$

Поверка заданного сечения

1



$F_a = F'_a = 6{,}28\ см^2$ по $2\phi 20$ п

Бетон „200" $\bar{R}_и = 100\ кг/см^2$

Арматура Ст.5 $\bar{R}_a = 2400\ кг/см^2$

$h_o = 37\ см$ $h_a = 34\ см$ $0{,}55\,h_o = 20{,}4\ см$

$l_o = 3{,}3\ м$ $l_o < 10\,h$

Влияние прогиба не учитывается $\zeta = 0$ $\eta = 1$

$N = 100\ т$ $M = 4{,}5\ тм$

$$X = \frac{N}{b\bar{R}_и} = \frac{100000}{30 \cdot 100} = 33{,}3\ см \qquad X > 0{,}55\,h_o$$

$$M_{доп} = \frac{1}{\eta}\left[F_a \bar{R}_a h_a - 0{,}5\,N\,h_a + 0{,}4\,b\,h_o^2\,\bar{R}_и\right]$$

$$M_{доп} = 6{,}28 \cdot 2400 \cdot 34 - 0{,}5 \cdot 100000 \cdot 34 + 04 \cdot 30 \cdot 37^2 \cdot 100$$

$$M_{доп} = 512000 - 1700000 + 1650000 = 462000\ кг\,см$$

$M_{доп} = 4{,}62\ тм$ $M < M_{доп}$

---

2 Тоже сечение, как и в примере 1.

$N = 40\ т$ $M = 10\ тм$

$$X = \frac{40000}{30 \cdot 100} = 13{,}3\ см \qquad 2a' < X < 0{,}55\,h_o$$

$$M_{доп} = \frac{1}{\eta}\left[F_a \bar{R}_a h_a + 0{,}5\,N\,(h - x)\right]$$

$$M_{доп} = 6{,}28 \cdot 2400 \cdot 34 + 0{,}5 \cdot 40000\ (40 - 13{,}3)$$

$$M_{доп} = 512000 + 534000 = 1046000\ кг\,см = 10{,}46\ тм$$

$M < M_{доп}$

---

3. То же сечение, как и в примере 1.

$N = 10\ т$ $M = 6\ тм$

$$X = \frac{10000}{30 \cdot 100} = 3{,}33\ см \qquad X < 2a'$$

$$M_{доп} = \frac{1}{\eta}\left[F_a \bar{R}_a h_a + 0{,}5\,N\,h_a\right]$$

$$M_{доп} = 6{,}28 \cdot 2400 \cdot 34 + 0{,}5 \cdot 10000 \cdot 34$$

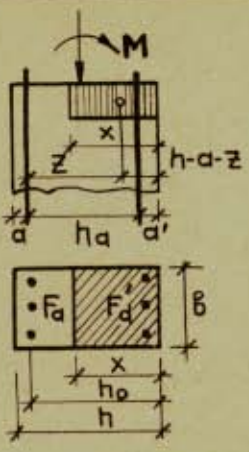
$$M_{доп} = 512000 + 170000 = 682000\ кг\,см = 6{,}82\ тм$$

$M < M_{доп}$

Если при подборе сечений получим $F_a \leqslant 0$, это означает, что сечение принято избыточным

Если при поверке сечения получим $M > M_{доп.}$, это означает, что заданное сечение — недостаточно.

Прямоугольное сечение с несимметричной арматурой



$$X=\frac{N+F_a\bar{R}_a-F'_a\bar{R}'_a}{b\,\bar{R}_и}$$

$$\eta=\frac{400}{400-\tau}\qquad \tau=\left(\frac{l_o}{h}\right)^2\cdot\frac{x}{h}$$

Влияние прогиба элемента учитывается путем умножения расчетного момента **M** на величину η

Определение расчетн. длины l_o см. ЖБ-11

Влияние прогиба не учитывается при $l_o \leqslant 10h$.

Расчетные формулы для проверки заданного сечения

$X<2a'$	$M_{доп}=\frac{1}{\eta}\left[F_a\bar{R}_a h_a+N\left(\frac{h}{2}-a'\right)\right]$
$2a'<X<0{,}55h_o$	$M_{доп}=\frac{1}{\eta}\left[F_a\bar{R}_a\left(\frac{h}{2}-a\right)+F'_a\bar{R}'_a\left(\frac{h}{2}-a'\right)+bx\bar{R}_и\ \frac{h-x}{2}\right]$
$X>0{,}55h_o$	$M_{доп}=\frac{1}{\eta}\left[F'_a\bar{R}'_a h_a-0{,}5Nh_a+0{,}4bh_o^2\bar{R}_и\right]$

Подбор сечения арматуры

Последовательность решения задачи:

1. Задаемся сжатой арматурой F'_a

$$F'_a \geqslant 0{,}002\,bh$$

2. Определяем ΔM $\qquad \Delta M=F'_a\bar{R}_a h_a$

3. Определяем $\bar{M}$ $\qquad \bar{M}=M-\Delta M$

4. Определяем X

$$X=h_o\left[1-\sqrt{1-\frac{Nh_a+2\bar{M}}{bh_o^2\,\bar{R}_и}}\right]$$

5. Определяем F_a

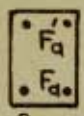
$$F_a=F'_a+\frac{bx\bar{R}_и-N}{\bar{R}_a}$$

$$F_a=F'_a+\frac{\bar{M}-0{,}5\,N(h-x)}{(h_o-0{,}5x)\,\bar{R}_a}$$

По одной из формул определяем F_a, по другой формуле делаем проверку

Пример $F_a \neq F'_a$

Подбор сечения



$h_o = 37$см $\quad h_a = 34$см $\quad a = a' = 3$см

Бетон „200" $\quad \bar{R}_и = 100\ кг/см^2$

Арматура Ст.5 $\quad \bar{R}_a = 2400\ кг/см^2$

$l_o = 3{,}3$м $\quad l_o < 10h$

Влияние прогиба не учитывается $\quad \zeta = 0 \quad \eta = 1$

$N = 40$т $\quad M = 12$тм

1. Определяем сжатую арматуру F'_a

$$F'_a = 0{,}002\, bh = 0{,}002 \cdot 30 \cdot 40 = 2{,}4\ см^2$$

принимаем конструктивно

$2\phi 14$ П $\quad F'_a = 3{,}08\ см^2$

2. Определяем ΔM

$$\Delta M = F'_a \bar{R}_a h_a = 3{,}08 \cdot 2400 \cdot 34 = 251000\ кг\,см = 2{,}51\ тм$$

3. Определяем $\bar{M}$

$$\bar{M} = M - \Delta M = 12 - 2{,}51 = 9{,}49_{тм} = 949000\ кг\,см$$

4. Определяем X

$$X = h_o \left[1 - \sqrt{1 - \frac{N h_a + 2\bar{M}}{b h_o^2 \bar{R}_и}}\right]$$

$$X = 37 \left[1 - \sqrt{1 - \frac{40000 \cdot 34 + 2 \cdot 949000}{30 \cdot 37^2 \cdot 100}}\right]$$

$$X = 20{,}2\ см$$

5. Определяем F_a

$$F_a = F'_a + \frac{b x \bar{R}_и - N}{\bar{R}_a} = 3{,}08 + \frac{30 \cdot 20{,}2 \cdot 100 - 40000}{2400}$$

$$F_a = 3{,}08 + 8{,}6 = 11{,}68\ см^2$$

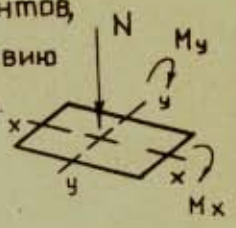
6. Проверяем F_a по другой формуле

$$F_a = F'_a + \frac{\bar{M} - 0{,}5 \cdot N (h - x)}{(h_o - 0{,}5x)\bar{R}_a} = 3{,}08 + \frac{949000 - 0{,}5 \cdot 40000 (40 - 20{,}2)}{(37 - 0{,}5 \cdot 20{,}2) \cdot 2400}$$

$$F_a = 3.08 + 8{,}6 = 11{,}68\ см^2$$

Косое внецентренное сжатие

При расчете внецентренно сжатых элементов, подвергающихся одновременному воздействию продольной силы и изгибающих моментов, в направлении обеих главных осей должно быть соблюдено условие:



$$N \leqslant \frac{1}{\frac{1}{N_x} + \frac{1}{N_y} - \frac{1}{N_o}} \qquad 1)$$

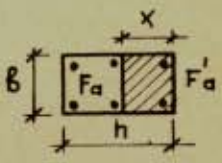
N_o – Расчетная продольная сила при осевом сжатии

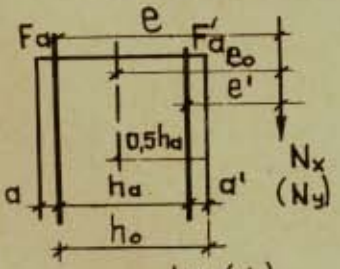
N_x – Расчетная продольная сила, приложенная с эксцентрисиметом $e_{ox} = \frac{\eta_x M_x}{N}$

N_y – Расчетная продольная сила, приложенная с эксцентрисиметом $e_{oy} = \frac{\eta_y M_y}{N}$

N – Расчетная продольная сила, могущая быть воспринятой сечением при совокупности всех воздействий.

Формулы для определения X

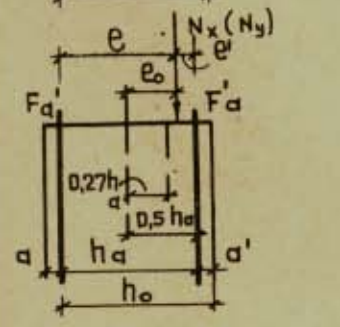




$e_o > 0{,}5\,h_a$

$$X = (e' - a')\left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2V_1}{(e' - a')^2}}\right], \qquad 2)$$

где $V_1 = \frac{(F_a e - F'_a e')\,\bar{R}_a}{b\,\bar{R}_u}$



$0{,}27\,h_o < e_o < 0{,}5\,h_a$

$$X = (e' + a')\left[1 + \sqrt{1 + \frac{2V_2}{(e' + a')^2}}\right], \qquad 3)$$

где $V_2 = \frac{(F_a e + F'_a e')\,\bar{R}_a}{b\,\bar{R}_u}$

$e_0 < 0{,}27 h_0$

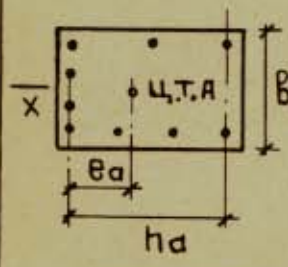
Если $e_0 < 0{,}27 h_0$, величина X не вычисляется, а величина N_x определяется непосредственно по формулам 6) или 6')

Формулы для определения N_x (N_y)

$X < 2a'$ $\quad N_x = \dfrac{F_a \bar{R}_a h_a}{e'}$ 4)

$2a' < X < 0{,}55 h_0$ $\quad N_x = \beta X \bar{R}_и - (F_a - F'_a)\bar{R}_a$ 5)

$X > 0{,}55 h_0$ $\quad N_x = \dfrac{0{,}4 \beta h_0^2 \bar{R}_и + e_a F_a^n \bar{R}_a}{e}$ 6)



F_a^n – вся продольная арматура, имеющаяся в сечении.

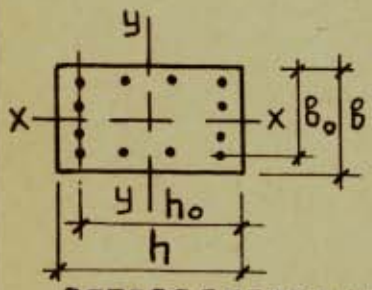
e_a – расстояние от центра тяжести всей арматуры до наиболее растянутой арматуры.

При арматуре, симметрично расположенной относительно главных осей,

$e_a = 0{,}5 h_a$ и $N_x = \dfrac{0{,}4 \beta h_0^2 \bar{R}_и + 0{,}5 h_a F_a^n \cdot \bar{R}_a}{e}$ 6')

Формула для определения N_0

$N_0 = \beta h \bar{R}_{пр} + F_a^n \cdot \bar{R}_a$ 7)



Для сечений симметричных относительно обоих главных осей и при условии, что

$e_{ox} < 0{,}27 h_0$

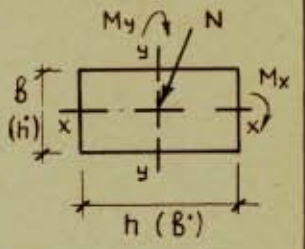
$e_{oy} < 0{,}27 b_0$,

величина продольной силы N определяется непосредственно по формуле:

$$N \leq \frac{N_0}{1 + \frac{2e_{ox}}{h} + \frac{2e_{oy}}{b}} \qquad 8)$$

Последовательность расчета

1 Исходные данные
N, M_x, M_y, b, h, ℓ_0 (расчетн. длина)



2 Определяем η_x и η_y – коэффициенты, учитывающие влияние прогиба

3 Задаемся арматурой и маркой бетона

4 Вычисляем $e_{ox}=\frac{\eta_x M_x}{N}$ и $e_{oy}=\frac{\eta_y M_y}{N}$

Рассматриваем действие M_x (плоскость x–x)

Если $e_{ox} > 0{,}27 h_o$

5 Определяем a и a' и вычисляем e и e'

6 Находим V и X, если $e_{ox} > 0{,}5 h_a$ | по формуле 2
" $e_{ox} < 0{,}5 h_a$ | " " " 3

7 Зная X, находим N_x

если	$X < 2a'$	вычисляем N_x по формуле 4
"	$2a' < X < 0{,}55 h_o$	" " " 5
"	$X > 0{,}55 h_o$	" " " 6 или 6'

Если при определении X по формуле 3 окажется, что $\frac{2V_2}{(e'-a')^2} > 1$, находим N_x непосредственно по форм. 6 или 6'

Если $e_{ox} < 0{,}27 h_o$

Определяем N_x непосредственно по формуле 6 или 6'

Рассматриваем действие M_y (плоскость y–y)

8 Определяем a и a' и вычисляем e и e'

9 Находим V и X, если $e_{oy} > 0{,}5 h'_a$, по формуле 2
" $e_{oy} < 0{,}5 h'_a$, " " " 3

10 Зная X, находим N_y

если	$X < 2a'$,	вычисляем N_y по формуле 4
"	$2a' < X < 0{,}55 h'_o$	" " " 5
"	$X > 0{,}55 h'_o$,	" " " 6 или 6'

Если при определении X по формуле 3 окажется, что $\frac{2V_2}{(e'-a')^2} > 1$, находим N_y непосредственно по форм. 6 или 6'

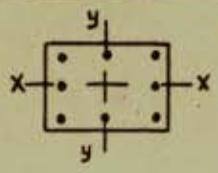
Если $e_{oy} < 0{,}27 h'_o$

Определяем N_y непосредственно по формуле 6 или 6'

11 Вычисляем N_o по формуле 7

12 Вычисляем N по формуле 1

Примеры

1 

$N = 50$ т $\quad M_x = 12.0$ тм $\quad M_y = 1.80$ тм

$b = 30$ см $\quad h = 40$ см $\quad \ell_o = 3.5$ м

Бетон марки 300 $\quad \bar{R}_и = 160\ кг/см^2 \quad \bar{R}_{пр} = 130\ кг/см^2$

Арматура Ст.5 $\quad \bar{R}_a = 2400\ кг/см^2$

$F_a^n = 20{,}32\ см^2 \quad 8\phi 18$ п

$\eta_x = 1 \quad \eta_y$?

$$x = \frac{N}{b \cdot \bar{R}_и} = \frac{50\,000}{40 \cdot 160} = 7{,}8\ см \qquad (b^* = h = 40)$$

$$\zeta = \left(\frac{\ell_o}{h^*}\right)^2 \frac{x}{h^*} = \left(\frac{3{,}5}{0{,}3}\right)^2 \cdot \frac{7.8}{30} = 35 \qquad (h^* = b = 30)$$

$$\eta_y = \frac{400}{400 - \zeta} = \frac{400}{400 - 35} = \frac{400}{365} = 1.10$$

$\eta_x M_x = 1 \cdot 12 = 12{,}0$ тм $\quad \eta_y M_y = 1.10 \cdot 1{,}8 = 2{,}0$ тм

Рассматриваем действие момента $\eta_x M_x = 12.0$ тм

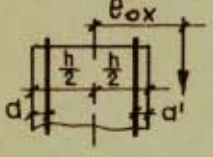
$F_a = F'_a = 7{,}62\ см^2$ (по $3\phi 18$ п) $\quad a = a' = 3{,}4$ см

$h_o = 40 - 3{,}4 = 36{,}6$ см $\quad 0{,}55 h_o = 20{,}1$ см $\quad 0{,}27 h_o = 9{,}9$ см

$h_a = 40 - 6{,}8 = 33{,}2$ см $\quad 0{,}5 h_a = 16{,}6$ см

$$e_{ox} = \frac{\eta_x M_x}{N} = \frac{12.0}{50} = 0{,}24\ м = 24\ см \qquad e_{ox} > 0{,}55 h_o \quad e_{ox} > 0{,}5 h_a$$

Пользуемся формулой 2



$$e = e_{ox} + \frac{h}{2} - a = 24 + 20 - 3{,}4 = 40{,}6\ см$$

$$e' = e_{ox} - \frac{h}{2} + a' = 24 - 20 + 3{,}4 = 7{,}4\ см$$

$$V_1 = \frac{(F_a e - F'_a e')\bar{R}_a}{b \bar{R}_и} = \frac{7{,}62(40{,}6 - 7.4) \cdot 2400}{30 \cdot 160} = 126$$

$$x = (e' - a')\left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2V_1}{(e' - a')^2}}\right] = (7{,}4 - 3{,}4)\left[-1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 126}{(7{,}4 - 3{,}4)^2}}\right] = 12{,}4\ см$$

$x > 2a' \qquad x < 0{,}55 h_o$

Определяем N_x по формуле 5

$$N_x = b x \bar{R}_и - (F_a - F'_a)\bar{R}_a = 30 \cdot 12{,}4 \cdot 160 - (7{,}62 - 7{,}62) \cdot 2400$$

$N_x = 59\,500$ кг $= 59{,}5$ т

Рассматриваем действие момента $\eta_y M_y = 2{,}0$ тм

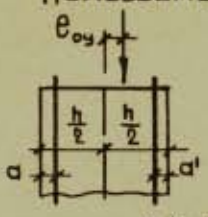
$F_a = F'_a = 7{,}62\ см^2$ (по $3\phi 18$ п) $\quad a = a' = 3{,}4$ см

$h^*_o = 30 - 3{,}4 = 26{,}6$ см $\quad 0{,}55 h^*_o = 14{,}6$ см $\quad 0{,}27 h^*_o = 7{,}2$ см

$h^*_a = 30 - 6{,}8 = 23{,}2$ см $\quad 0{,}5 h^*_a = 11{,}6$ см

$$e_{oy} = \frac{\eta_y M_y}{N} = \frac{2{,}0}{50} = 0{,}04\ м = 4\ см \qquad e_{oy} < 0{,}27 h^*_o$$

Пользуемся формулой 6'



$e = \frac{h'}{2} - a' + e_{oy} = 15 - 3{,}4 + 4 = 15{,}6$ см

$e' = \frac{h'}{2} - a - e_{oy} = 15 - 3{,}4 - 4 = 7{,}6$ см

$$N_y = \frac{0{,}4\,\beta\, h_o'^2 \bar{R}_и + 0{,}5\, h_a' F_a^n \cdot \bar{R}_a}{e}$$

$$N_y = \frac{0{,}4 \cdot 40 \cdot 26{,}6^2 \cdot 160 + 0{,}5 \cdot 23{,}2 \cdot 20{,}32 \cdot 2400}{15{,}6} = 140\text{ т}$$

Вычисляем N_o

$N_o = \beta h \bar{R}_{пр} + F_a^n \bar{R}_a = 30 \cdot 40 \cdot 130 + 20{,}32 \cdot 2400 = 204800$ кг

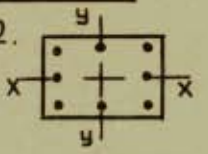
$N_o = 204{,}8$ т

Делаем окончательную проверку по формуле 1

$$N \leqslant \frac{1}{\frac{1}{N_x} + \frac{1}{N_y} - \frac{1}{N_o}} = \frac{1}{\frac{1}{59{,}5} + \frac{1}{140{,}0} - \frac{1}{204{,}8}}$$

$$N \leqslant \frac{1}{0{,}0168 + 0{,}0071 - 0{,}0048} = \frac{1}{0{,}0191} = 52{,}3\text{ т}$$

2.



$N = 100$ т $M_x = 4{,}0$ тм $M_y = 2{,}0$ тм

$\beta = 30$ см $h = 40$ см $e_o = 3{,}0$ м

Бетон марки 200 $\bar{R}_и = 100$ кг/см^2 $\bar{R}_{пр} = 80$ кг/см^2

Арматура Ст.5 $\bar{R}_a = 2400$ кг/см^2

$F_a^n = 24{,}92$ см^2 (8 Ø 20 п) $\eta_x = \eta_y = 1$

Направление X-X	Направление Y-Y
$a = a' = 3{,}5$ см	$a = a' = 3{,}5$ см
$h_o = 40 - 3{,}5 = 36{,}5$ см	$h_o' = 30 - 3{,}5 = 26{,}5$ см
$0{,}55 h_o = 20{,}1$ см $0{,}27 h_o = 9{,}9$ см	$0{,}55 h_o' = 14{,}6$ см $0{,}27 h_o' = 7{,}2$ см
$e_{ox} = \frac{\eta_x M_x}{N} = \frac{4}{100} = 0{,}04$ м $= 4$ см	$e_{oy} = \frac{\eta_y M_y}{N} = \frac{2}{100} = 0{,}02$ м $= 2$ см
$e_{ox} < 0{,}27 h_o$	$e_{oy} < 0{,}27 h_o'$

Пользуемся для окончательной проверки формулой 8

Вычисляем N_o

$N_o = \beta h \bar{R}_{пр} + F_a^n \bar{R}_a = 30 \cdot 40 \cdot 80 + 24{,}92 \cdot 2400 = 155800$ кг $= 155{,}8$ т

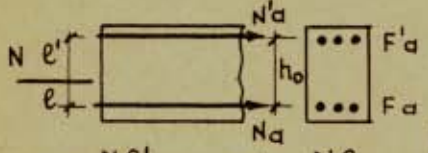
Пользуемся формулой 8

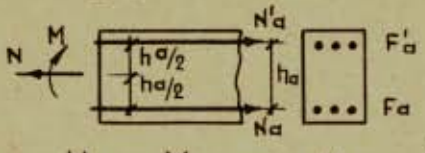
$$N \leqslant \frac{N_o}{1 + \frac{2 e_{ox}}{h} + \frac{2 e_{oy}}{\beta}} = \frac{155{,}8}{1 + \frac{2 \cdot 4}{40} + \frac{2 \cdot 2}{30}} = \frac{155{,}8}{1 + 0{,}2 + 0{,}133}$$

$N \leqslant \frac{155{,}8}{1{,}333} = 117$ т $N \leqslant 117$ т

Внецентренно растянутые элементы

1 Сила N приложена между F_a и F'_a (малый эксцентриситет)

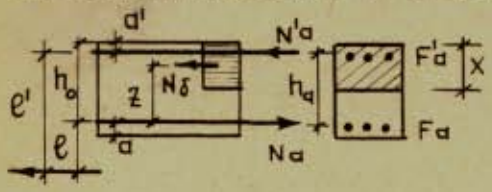




$$F_a = \frac{N e'}{\bar{R}_a h_0} \qquad F'_a = \frac{N e}{\bar{R}_a h_0}$$

$$F_a = \frac{N}{2\bar{R}_a} + \frac{M}{\bar{R}_a h_0} \qquad F'_a = \frac{N}{2\bar{R}_a} - \frac{M}{\bar{R}_a h_0}$$

2 Сила N приложена за пределами h_0 (большой эксцентриситет)



$$N \leqslant \bar{R}_a F_a - \bar{R}_a F'_a - \bar{R}_и b x$$

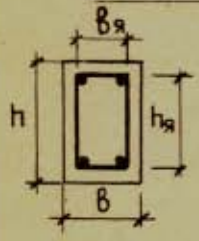
Положение нейтральной оси (x) определяется из уравнения:

$$\bar{R}_и b x \left(e + h_0 - \frac{x}{2}\right) + \bar{R}_a F'_a e' - \bar{R}_a F_a e = 0$$

Должно удовлетворяться условие $2a' < x < 0{,}55\, h_0$

Если при больших значениях $\frac{e'}{h_0}$ окажется, что выполнение условия $x > 2a'$ приводит к уменьшению несущей способности по сравнению с сечением без учета F'_a, то F'_a в расчете не учитывается. Это имеет место при $x_a < 2a'$, где x_0 – высота сечения сжатой зоны при учете только растянутой арматуры F_a

Элементы, работающие на кручение



1 При армировании спиральной арматурой

$$M_{кр} \leqslant 2\sqrt{2}\, f_c \bar{R}_a \frac{F_я}{a} \qquad F_я = b_я h_я$$

f_c – сечение одной ветви спирали

a – расстояние между стержнями спирали, измеренное вдоль оси элемента

2. При армировании дополнительными хомутами и продольной арматурой

$$M_{кр} \leqslant 2 f_x \bar{R}_a \frac{F_я}{a} \qquad M_{кр} \leqslant 2 f_п \cdot \bar{R}_a \frac{F_я}{a}$$

Общая площадь сечения добавочной продольной арматуры

$$F_п \geqslant \frac{M_{кр} U_я}{2 F_я \bar{R}_a} \qquad F_я = b_я h_я \qquad U_я = 2(b_я + h_я)$$

f_x – сечение одной ветви дополнительных хомутов,

$f_п$ – сечение одного дополнительного продольного стержня,

a – расстояние между дополнительными хомутами или между дополнительными продольными стержнями.

Расчет элементов железобетонных конструкций по деформациям

При действии нормативных нагрузок конструкции должны иметь прогибы не более предельных

Предельные прогибы изгибаемых элементов

Наименование элементов	прогиб в долях пролета ℓ
Подкрановые балки при ручных кранах	1/500
" " " " электрических кранах	1/600
Элементы перекрытий при плоских потолках $\ell < 7$м	1/200
" " " " " " " " $\ell \geq 7$м	1/300
Элементы перекрытий и лестниц при ребристых потолках	
" " " " при $\ell < 5$м	1/200
" " " " " $5 < \ell < 7$м	1/300
" " " " " $\ell > 7$м	1/400
Элементы покрытий промышленных зданий при $\ell < 7$м	1/200
" " " " " " " $\ell > 7$м	1/300

Прогибы и углы поворота элементов конструкций, при эксплуатации которых трещины в растянутой зоне допустимы, определяются по формулам Строительной механики от нормативных нагрузок.

Для железобетонных конструкций, вместо жесткости элемента EJ, принимается жесткость элемента $B_{кр}$.

Например, — прогиб от равномерно распределенной кратковременной нагрузки определяется по формуле:

$$f_{кр} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q\ell^4}{B_{кр}}$$

$$\left(\text{вместо } f = \frac{5}{384} \frac{q\ell^4}{EJ} \right)$$

Жесткость $B_{кр}$ изгибаемых элементов с гибкой и жесткой арматурой при кратковременном действии нагрузки определяется по формуле

$$B_{кр} = \frac{E_a}{\psi} \cdot F_a C h_o^2 ,$$

где E_a – модуль упругости арматуры,
F_a – площадь растянутой арматуры,
h_o – полезная высота сечения,
ψ – коэффициент, учитывающий работу растянутого бетона между трещинами,
C – коэффициент.

Коэффициенты ψ и C определяются по таблицам или графикам (см. ЖБ–36 по ЖБ–45)

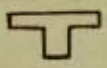
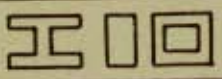
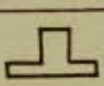
Прогиб при длительно действующей нагрузке определяется по формуле,

$$f_{дл} = f_{кр} \frac{q_{дл}\theta + q_{кр}}{q}$$

где $f_{дл}$ – прогиб при длительно действующей нормативной нагрузке,
$f_{кр}$ – прогиб при кратковременно действующей нормативной нагрузке, определяемый при жесткости $B_{кр}$,
$q_{дл}$ – длительно действующая нормативная нагрузка,
$q_{кр}$ – кратковременно действующая нормативная нагрузка,
$q = q_{дл} + q_{кр}$ – полная нормативная нагрузка,
θ – коэффициент снижения жесткости при длительном действии нагрузки.

Значения коэффициента θ для различных типов сечений и принимаемые величины длительно действующих нагрузок см ЖБ–33

Значения коэффициента θ

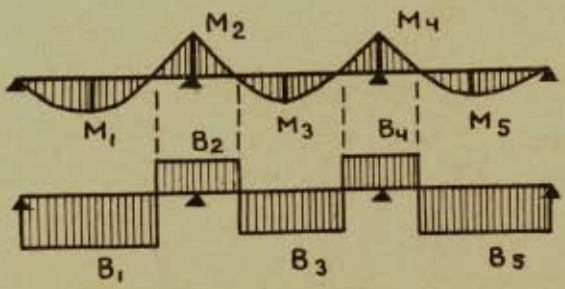
Тип сечения	θ
Тавровое сечение с полкой в сжатой зоне 	1,5
Двутавровое, прямоугольное коробчатое и т.п. сечения 	2,0
Тавровое сечение с полкой в растянутой зоне 	2,5

Длительно действующей нагрузкой считается вся постоянная нагрузка, часть временной нагрузки, указанная в нижеприведенной таблице, а также снеговая нагрузка.

Величины длительно действующей временной нагрузки

Наименование помещений	Длительно действующая временная нагрузка
Жилые и гражданские здания	0
Книгохранилища, архивы и т.п.	Вся временная нагрузка
Производственные помещения	Вся временная нагрузка за вычетом 150 кг/м^2

Жесткости $B_{кр}$ для каждого участка элемента, имеющего изгибающий момент одного знака, принимаются постоянными и равными жесткости в месте наибольшего изгибающего момента на данном участке



эпюра M

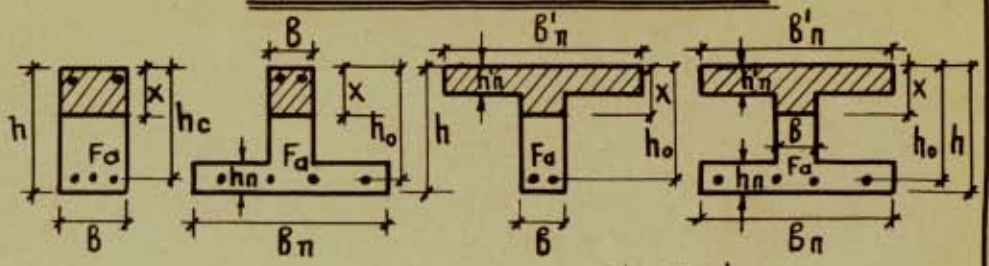
эпюра $B_{кр}$

При расчете деформаций учитываются следующие обстоятельства:

1. Строительный подъем, если он придается конструкции, вычитается из прогиба.
2. Если в помещении с гладким потолком имеются перегородки, прогиб определяется в пределах помещения, выделяемого перегородками, и он должен быть не более $^1/_{200}$ длины этого помещения.
   Прогиб же всей конструкции при этом может быть увеличен до $^1/_{150}$.
3. Разрешается учитывать частичную неразрезность и заделку в кирпичные стены с моментом до 15% от пролетного.
   При этом на опорах должна быть поставлена необходимая арматура.
4. При наличии предусмотренной проектом заливки швов сосредоточенные грузы могут распределяться на неограниченную ширину.
5. Жесткие перегородки, не имеющие проемов (железобетонные каменные и т.п.), при определении прогибов не учитываются.
6. Прочие перегородки в жилых и гражданских зданиях при расчете на прогиб учитываются в размере 40% от их фактического веса.
7. При определении жесткости пустотных настилов $B_{кр}$ следует пользоваться формулой:

$$B_{кр} = 1{,}2 \frac{E_a}{\psi} F_a C h_0^2$$

Формулы для расчета



$$\gamma_1 = \frac{(b_п - b)\,h_п}{b\,h} \quad ; \quad \gamma' = \frac{(b'_п - b)\,h'_п}{b\,h_0}$$

$$n = \frac{E_a}{E_б} \text{ или } n = \frac{E_a}{E_б^н} \; ^{*)} \quad \alpha = 3\,\frac{F_a}{b\,h_0}\,n \quad ; \quad \sigma_a = \frac{M}{F_a \eta h_0}$$

$$B_{кр} = \frac{E_a}{\psi} F_a \cdot C h_0^2 \quad ; \quad f_{дл} = f_{кр}\,\frac{q_д \theta + q_{кр}}{q}$$

*) Для элементов, изготовляемых на заводах или специально оборудованных полигонах со систематической проверкой прочности и однородности бетона, разрешается принимать $E_б^н$, вместо $E_б$.

Порядок расчета

1. Вычисляем величину $\gamma_1 = \frac{(b_п - b)\,h_п}{b\,h}$ или $\gamma' = \frac{(b'_п - b)\,h'_п}{b\,h_0}$
2. Вычисляем величину $n = \frac{E_a}{E_б}$ или $n = \frac{E_a}{E_б^н}$
3. Вычисляем отношение $\frac{M'}{M} = \frac{F'_a}{F_a}$ (для сечений сдвоенной арматурой)
4. Вычисляем величину $\alpha = 3\,\frac{F_a}{b\,h_0} \cdot n$
5. Определяем по таблице или по графику величины η и C
6. Определяем напряжение в арматуре $\sigma_a = \frac{M}{F_a \eta h_0}$, где M – максимальный изгибающий момент на данном участке.
7. Определяем по таблице или по графику величину ψ
8. Вычисляем величину $B_{кр} = \frac{E_a}{\psi} F_a C h_0^2$
9. Вычисляем прогиб $f_{кр}$ или $f_{дл}$ (в зависимости от постановки задачи)

Прогиб $f_{кр}$ определяется по формулам строительной механики, например, $f_{кр} = \frac{5}{384}\,\frac{q\ell^4}{B_{кр}}$

Прогиб $f_{дл}$ определяется по формуле

$$f_{дл} = f_{кр}\,\frac{q_{дл}\theta + q_{кр}}{q}$$

Таблица значений Ψ и K, для прямоугольных сечений

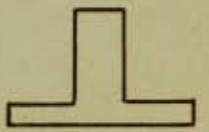
Для изгибаемых элементов								Для центрально растянутых элементов						
	Ψ						K,		Ψ					
α \ σa	1000	1250	1500	2000	2500	3000		M,n \ σa	1000	1250	1500	2000	2500	3000
0,05						0,39	22,8	0,05						0,44
0,06					0,40	0,57	19,2	0,06					0,42	0,60
0,07					0,49	0,68	16,0							
0,08				0,40	0,63	0,75	14,0	0,075				0,40	0,61	0,73
0,10			0,40	0,58	0,76	0,86	11,8	0,10			0,33	0,62	0,75	0,83
0,125			0,53	0,73	0,85	0,91	9,6	0,125			0,55	0,73	0,82	0,86
0,15		0,44	0,63	0,82	0,90	0,94	8,0	0,15	0,33	0,48	0,64	0,80	0,87	0,91
0,20	0,47	0,65	0,78	0,90	0,94	0,97	6,0	0,20	0,48	0,67	0,77	0,87	0,92	0,95
0,30	0,71	0,82	0,89	0,94	0,97	0,98	4,3	0,30	0,68	0,79	0,85	0,92	0,95	0,97
0,40	0,81	0,88	0,92	0,96	0,98	0,99	3,4	0,40	0,77	0,85	0,90	0,94	0,97	0,99
0,50	0,85	0,90	0,93	0,96	0,98	0,99	2,8	0,50	0,82	0,88	0,92	0,96	0,98	1,00
0,80	0,90	0,93	0,95	0,97	0,98	0,99	2,2							

1. Значения Ψ даны для кратковременного действия нагрузки.
2. Значениями Ψ можно воспользоваться и для изгибаемых элементов с двойной арматурой, а также при наличии полки в сжатой зоне.
3. Для элементов с жесткой арматурой, а также при подвижной нагрузке (подкрановые балки и т. п.) принимается $\Psi = 1$
4. При значениях $\alpha > 0,80$ и $M_1 n > 0,50$ принимается $\Psi = 1$.

Таблица значений Ψ и K_1 для изгибаемых элементов таврового сечения с полкой в растянутой зоне

α \ σ_a	Значения Ψ и K_1																			
	$\gamma_1 = 0{,}4$							$\gamma_1 = 0{,}8$							$\gamma_1 = 1{,}2$						
	1000	1250	1500	2000	2500	3000	K_1	1000	1250	1500	2000	2500	3000	K_1	1000	1250	1500	2000	2500	3000	K_1
0,10						0,35	23,0							34,0							45,0
0,15				0,40	0,48	0,65	15,0							22,6							30,0
0,20				0,50	0,70	0,80	11,5					0,40	0,52	17,3							23,0
0,30		0,45	0,54	0,75	0,84	0,89	8,2				0,45	0,65	0,76	12,2					0,40	0,58	16,0
0,40		0,58	0,70	0,84	0,89	0,93	6,8			0,40	0,66	0,78	0,85	9,8				0,42	0,63	0,74	13,0
0,50	0,53	0,68	0,78	0,88	0,92	0,94	5,6			0,55	0,75	0,83	0,90	8,0			0,40	0,59	0,73	0,81	11,2
0,60	0,63	0,74	0,83	0,90	0,94	0,95	4,6		0,52	0,67	0,81	0,87	0,91	6,8			0,45	0,68	0,79	0,85	9,6
0,80	0,74	0,82	0,87	0,92	0,95	0,96	3,8	0,51	0,67	0,77	0,86	0,91	0,93	5,5		0,48	0,63	0,78	0,85	0,89	7,2

1. Значения Ψ даны для кратковременного действия нагрузки.
2. Для элементов с жесткой арматурой, а также при подвижной нагрузке $\Psi = 1$.
3. При значениях $\alpha < 0{,}10$ $\Psi = 0{,}40$, при значениях $\alpha > 0{,}80$ $\Psi = 1$.
4. При $\gamma_1 < 0{,}4$ Ψ определяется интерполяцией (таб. ЖБ36 - ЖБ37).



ЖБ-37

Таблица значений Ψ и K_1 для изгибаемых элементов двутаврового и коробчатого сечений

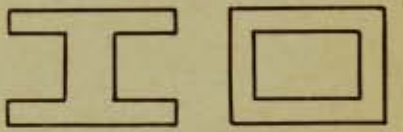
α \ σ_a	Значения Ψ и K_1																			
	$\gamma_1 = 0{,}36$							$\gamma_1 = 0{,}72$							$\gamma_1 = 1{,}08$						
	1000	1250	1500	2000	2500	3000	K_1	1000	1250	1500	2000	2500	3000	K_1	1000	1250	1500	2000	2500	3000	K_1
0,10						0,40	23,0							34,0							45,0
0,15				0,40	0,56	0,71	15,0							22,6							30,0
0,20			0,40	0,60	0,76	0,84	11,5					0,43	0,61	17,3							23,0
0,30		0,47	0,65	0,82	0,89	0,93	8,2			0,40	0,59	0,74	0,83	12,2				0,40	0,55	0,69	16,0
0,40	0,49	0,70	0,80	0,89	0,94	0,96	6,8		0,40	0,57	0,77	0,86	0,91	9,8			0,40	0,58	0,74	0,82	13,0
0,50	0,63	0,80	0,88	0,93	0,96	0,97	5,6		0,60	0,69	0,85	0,91	0,94	8,0		0,40	0,51	0,73	0,83	0,89	11,2
0,60	0,74	0,84	0,90	0,95	0,97	0,98	4,6	0,50	0,70	0,79	0,89	0,93	0,96	6,8	0,40	0,55	0,68	0,83	0,90	0,93	9,6
0,80	0,83	0,90	0,93	0,96	0,98	0,99	3,8	0,70	0,80	0,88	0,93	0,96	0,97	5,5	0,51	0,70	0,79	0,89	0,93	0,95	7,2

1 Значения Ψ даны для кратковременного действия нагрузки.

2 Для элементов с жесткой арматурой, а также при подвижной нагрузке $\Psi = 1$.

3. При значениях $\alpha < 0{,}40$ $\Psi = 0{,}40$, при значениях $\alpha > 0{,}80$ $\Psi = 1$.

4 При $\gamma_1 < 0{,}36$ Ψ определяется интерполяцией (таб. ЖБ36-ЖБ-38).



ЖБ-38

Таблица значений η и C для изгибаемых элементов прямоугольного сечения с одиночной арматурой, таврового сечения с полкой в сжатой зоне и двутаврового сечения.

η / C	α	γ'						
		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,4
η	0,1	0,86	0,92	0,94	0,95	0,95	0,95	0,95
	0,2	0,82	0,90	0,92	0,93	0,94	0,95	0,95
	0,3	0,79	0,87	0,91	0,93	0,94	0,94	0,95
	0,4	0,77	0,85	0,89	0,92	0,93	0,94	0,95
	0,5	0,75	0,83	0,88	0,90	0,92	0,93	0,94
	0,6	0,73	0,82	0,87	0,90	0,91	0,93	0,94
	0,8	0,71	0,80	0,85	0,88	0,90	0,92	0,93
	1,0	0,69	0,78	0,83	0,86	0,89	0,92	0,92
	1,2	0,68	0,76	0,82	0,85	0,88	0,89	0,92
	1,6	0,65	0,74	0,79	0,83	0,86	0,88	0,90
	2,0	0,63	0,72	0,78	0,82	0,85	0,87	0,89
	2,4	0,62	0,71	0,76	0,80	0,83	0,86	0,88
C	0,1	0,63	0,74	0,80	0,83	0,86	0,88	0,90
	0,2	0,52	0,63	0,71	0,74	0,78	0,80	0,83
	0,3	0,46	0,56	0,63	0,68	0,72	0,75	0,79
	0,4	0,42	0,51	0,58	0,63	0,68	0,71	0,75
	0,5	0,38	0,47	0,54	0,60	0,64	0,67	0,72
	0,6	0,34	0,43	0,50	0,55	0,60	0,63	0,68
	0,8	0,30	0,37	0,44	0,50	0,54	0,57	0,63
	1,0	0,26	0,34	0,40	0,45	0,49	0,53	0,59
	1,2	0,24	0,30	0,37	0,41	0,45	0,49	0,55
	1,6	0,20	0,26	0,31	0,35	0,39	0,43	0,49
	2,0	0,17	0,22	0,27	0,31	0,35	0,38	0,44
	2,4	0,15	0,20	0,24	0,28	0,31	0,34	0,40

Для прямоугольного сечения и для таврового сечения с полкой в растянутой зоне $\gamma' = 0$

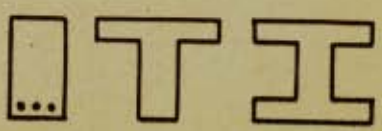
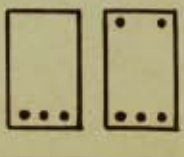


Таблица значений η и C для изгибаемых элементов прямоугольного сечения с одиночной и двойной арматурой

η / C	α	$M':M$					
		0	0,2	0,6	1,0	1,6	2,2
η	0,1	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90
	0,2	0,82	0,83	0,85	0,87	0,89	0,90
	0,3	0,79	0,81	0,84	0,86	0,89	0,90
	0,4	0,77	0,80	0,84	0,86	0,89	0,90
	0,5	0,75	0,79	0,84	0,86	0,89	0,90
	0,6	0,73	0,78	0,83	0,87	0,89	0,90
	0,8	0,71	0,77	0,83	0,87	0,89	0,90
	1,0	0,69	0,76	0,84	0,87	0,90	0,91
	1,2	0,68	0,76	0,84	0,88	0,90	0,91
	1,6	0,65	0,75	0,84	0,88	0,90	0,91
	2,0	0,63	0,75	0,85	0,89	0,91	0,92
	2,4	0,62	0,75	0,86	0,89	0,91	0,92
C	0,1	0,63	0,64	0,66	0,68	0,69	0,71
	0,2	0,52	0,55	0,57	0,60	0,64	0,66
	0,3	0,46	0,48	0,53	0,56	0,61	0,65
	0,4	0,41	0,45	0,50	0,54	0,59	0,63
	0,5	0,38	0,41	0,47	0,52	0,58	0,62
	0,6	0,34	0,39	0,46	0,51	0,57	0,61
	0,8	0,30	0,35	0,43	0,50	0,56	0,60
	1,0	0,26	0,32	0,42	0,48	0,55	0,60
	1,2	0,24	0,30	0,40	0,47	0,54	0,59
	1,6	0,20	0,27	0,38	0,46	0,54	0,59
	2,0	0,17	0,25	0,37	0,45	0,53	0,59
	2,4	0,15	0,24	0,36	0,45	0,53	0,59

1. Таблицей можно пользоваться и для таврового сечения с полкой в растянутой зоне.
2. При одиночной арматуре $M':M=0$



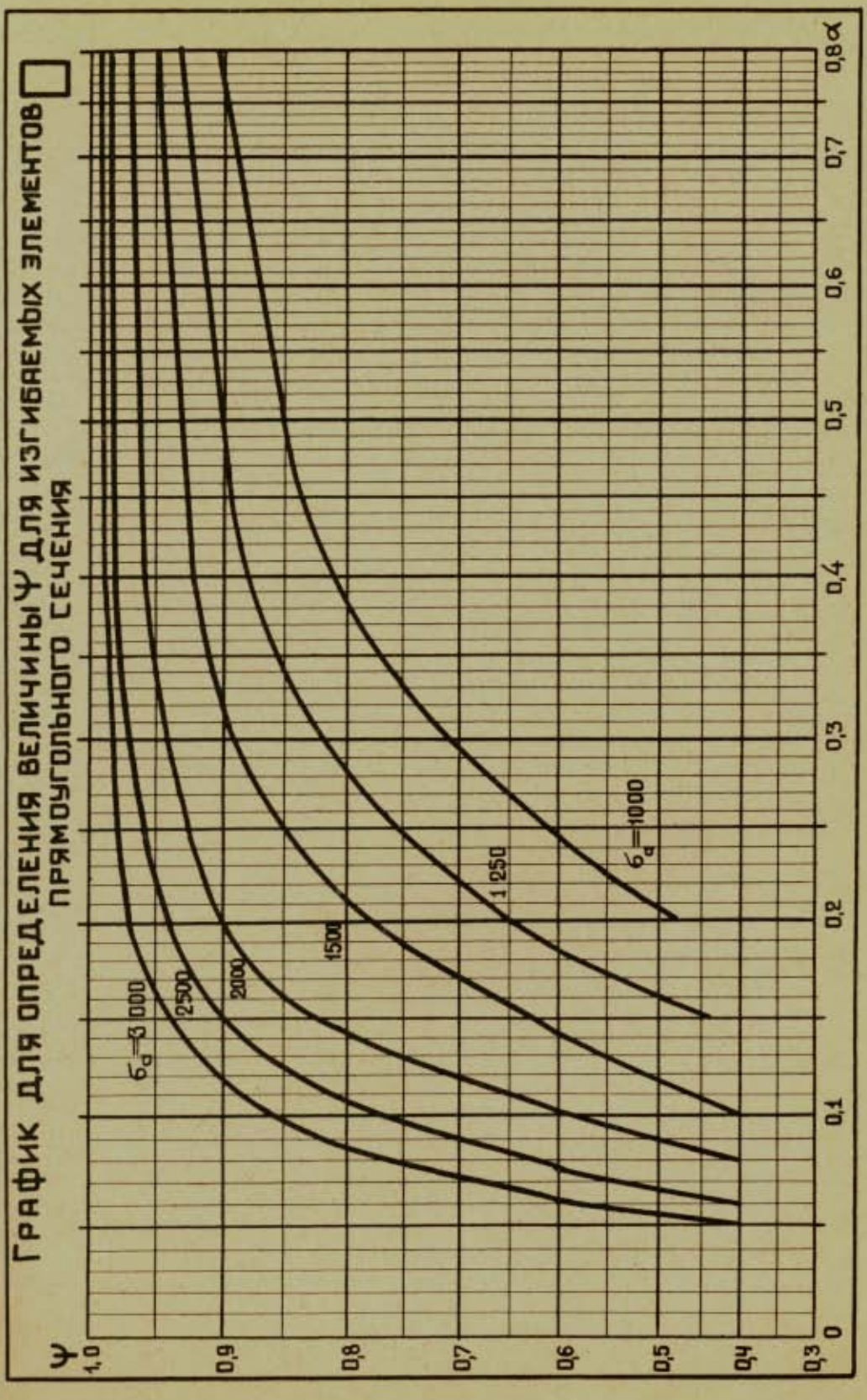
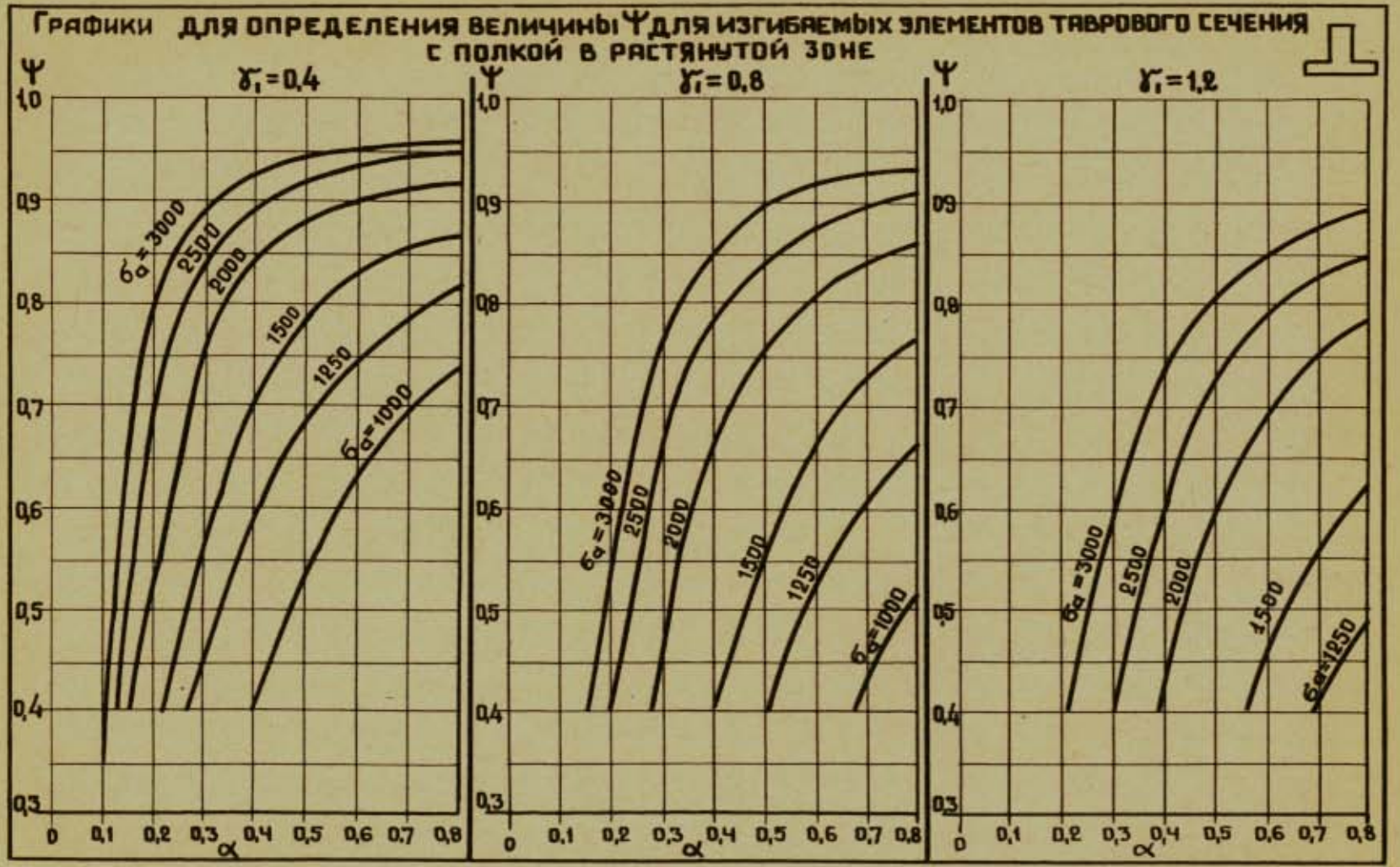
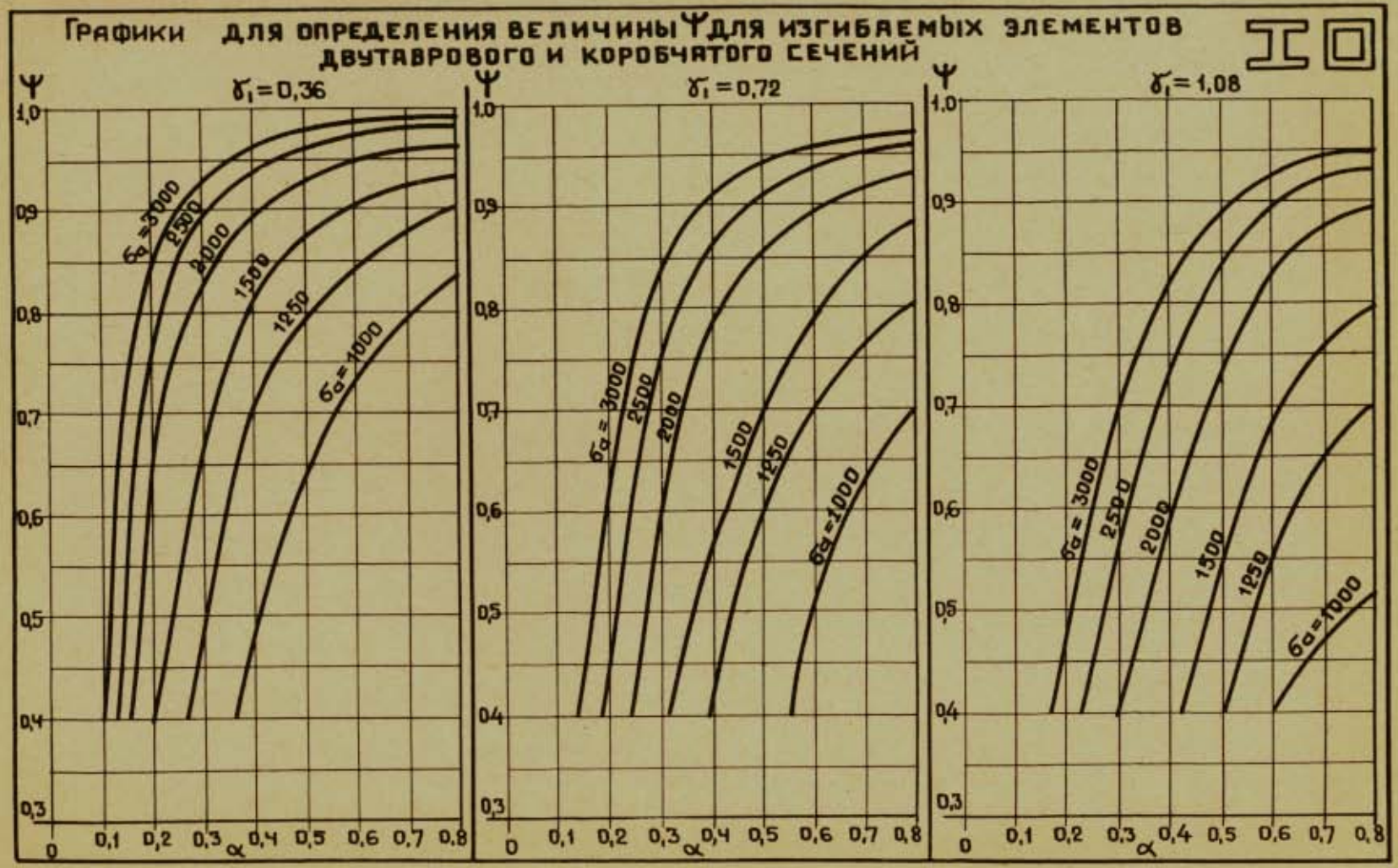


График для определения величины Ψ для изгибаемых элементов прямоугольного сечения
Ψ
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8α
σa=3 000
2500
2000
1500
1 250
σa=1000


Графики для определения величины Ψ для изгибаемых элементов таврового сечения с полкой в растянутой зоне
Ψ
γ'f = 0,4
γ'f = 0,8
γ'f = 1,2
σa = 3000
2500
2000
1500
1250
σa = 1000
σa = 1250
α
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8


Графики для определения величины Ψ для изгибаемых элементов двутаврового и коробчатого сечений
γ1 = 0,36
γ1 = 0,72
γ1 = 1,08
Ψ
α
σa = 3000
2500
2000
1500
1250
σa = 1000
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8

ЖБ-43

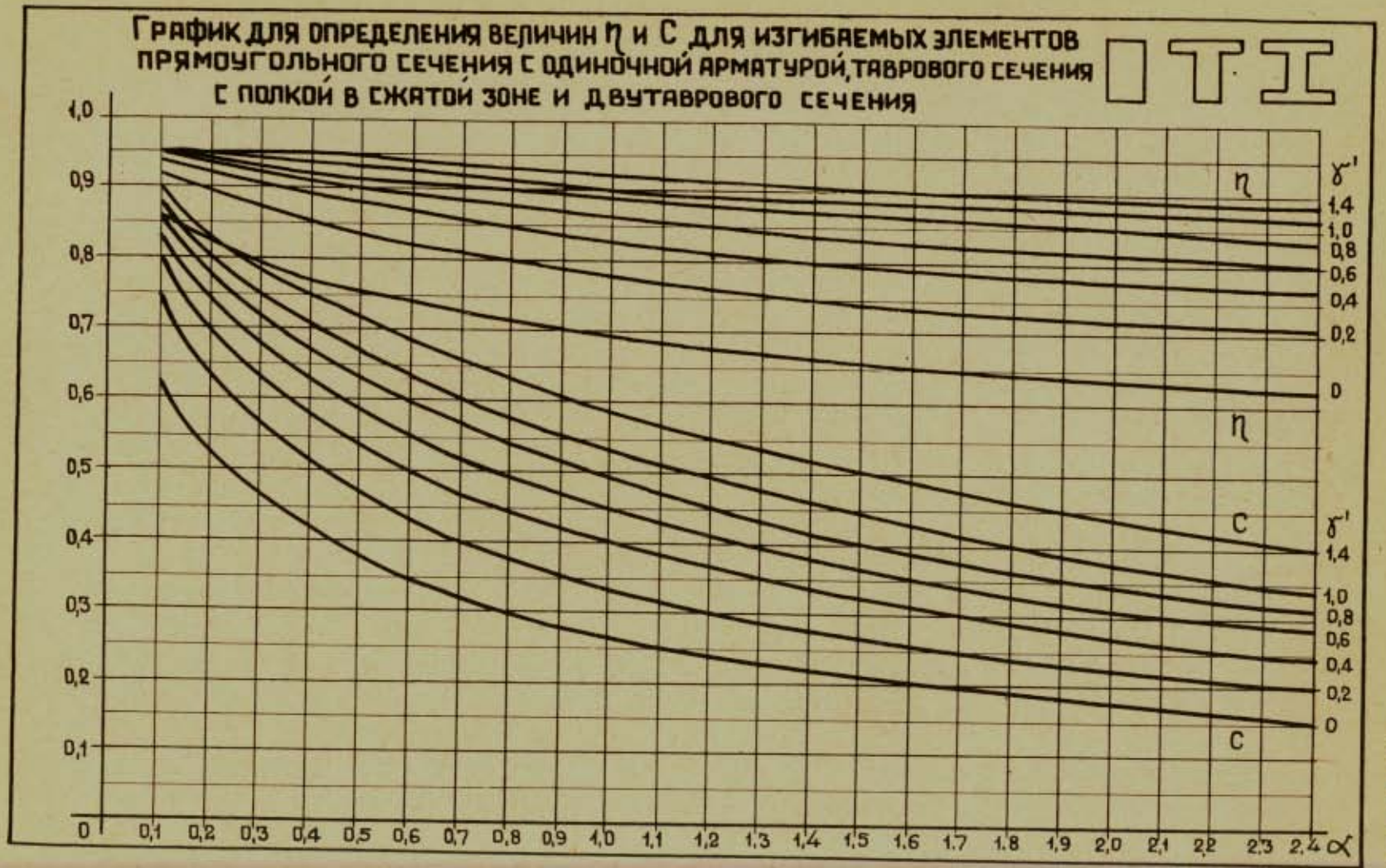


График для определения величин η и C для изгибаемых элементов прямоугольного сечения с одиночной арматурой, таврового сечения с полкой в сжатой зоне и двутаврового сечения
η
C
γ'
1,4
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
α
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4

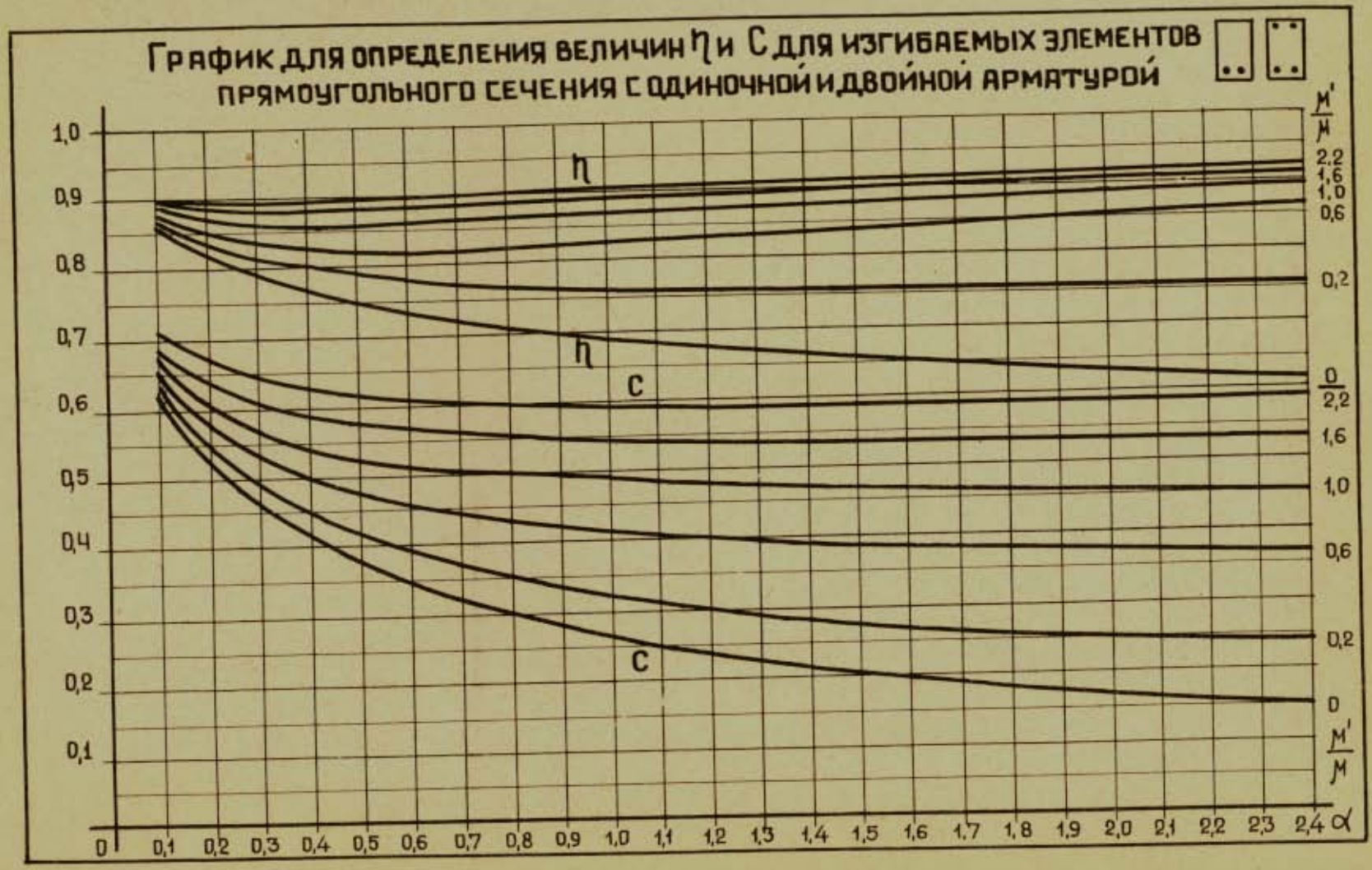


График для определения величин η и C для изгибаемых элементов прямоугольного сечения с одиночной и двойной арматурой
η
C
M'/M
2,2
1,6
1,0
0,6
0,2
0
α
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4

ЖБ-45

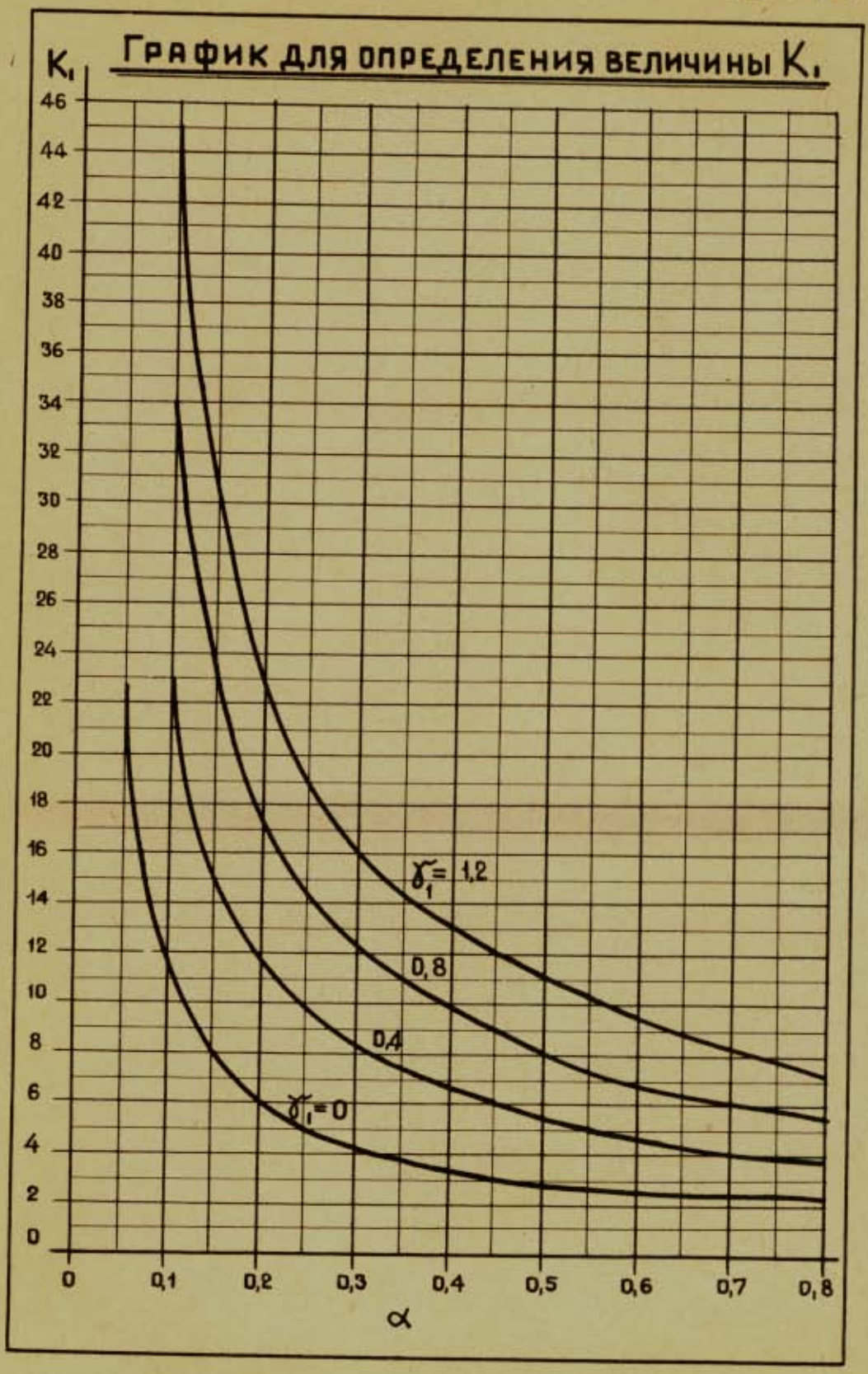
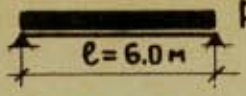


График для определения величины K_1
K_1
46
44
42
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
α
γ_1= 1,2
0,8
0,4
γ_1= 0

Примеры:

□ Сечение 20×40 Бетон марки 150

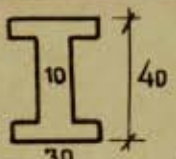
I 

$p = 1{,}2\ т/пм$ Арматура $4\phi 20$ $F_a = 12{,}57\ см^2$

$M = \frac{1{,}2 \cdot 6^2}{8} = 5{,}4\ тм$ $h_o = 36{,}5\ см$

1. Определяем γ', $\gamma' = 0$ (т.к. сечение прямоугольное)
2. Вычисляем n, $n = \frac{E_a}{E_б} = \frac{2{,}1 \cdot 10^6}{1{,}65 \cdot 10^5} = 12{,}7$
3. Определяем $\frac{M'}{M}$, $\frac{M'}{M} = 0$, т.к. $M' = 0$ (одиночная арматура)
4. Вычисляем α, $\alpha = 3\frac{F_a}{b h_o} \cdot n = 3 \cdot \frac{12{,}57}{20 \cdot 36{,}5} \cdot 12{,}7 = 0{,}65$
5. Определяем по графику или таблице η, $\eta = 0{,}73$
6. Определяем по графику или таблице C, $C = 0{,}33$
7. Вычисляем $б_a$, $б_a = \frac{M}{F_a \cdot \eta \cdot h_o} = \frac{540000}{12{,}57 \cdot 0{,}73 \cdot 36{,}5} = 1620\ кг/см^2$
8. Определяем по графику или таблице Ψ, $\Psi = 0{,}95$
9. Вычисляем жесткость $B_{кр}$, $B_{кр} = \frac{E_a}{\Psi} F_a C h_o^2 = \frac{2{,}1 \cdot 10^6}{0{,}95} \cdot 12{,}57 \cdot 0{,}33 \cdot 36{,}5^2 = 12{,}1 \cdot 10^9$
10. Вычисляем прогиб f, $f = \frac{5}{384} \cdot \frac{p\ell^4}{B_{кр}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{12 \cdot 600^4}{12{,}1 \cdot 10^9} = \frac{5 \cdot 1{,}2 \cdot 6^4 \cdot 10^9}{3{,}84 \cdot 1{,}21 \cdot 10^{12}} = \frac{54{,}2 \cdot 1{,}29 \cdot 10^{12}}{3{,}84 \cdot 1{,}21 \cdot 10^{12}} = 1{,}65\ см$

$\frac{f}{\ell} = \frac{1{,}65}{600} = \frac{1}{360}$

II 

$\ell = 5{,}0\ м$ $p = 2{,}5\ т/пм$ $M = \frac{2{,}5 \cdot 5^2}{8} = 7{,}85\ тм$

Бетон марки 150 $h_o = 36{,}5\ см$.

Арматура $4\phi 20$ $F_a = 12{,}57\ см^2$

1. Вычисляем γ', $\gamma' = \frac{(b_п' - b) \cdot h_п'}{b h_o} = \frac{(30-10) \cdot 6}{10 \cdot 36{,}5} = 0{,}5$
2. $n = 12{,}7$, $M' = 0$ (как и в примере I)
3. Вычисляем α, $\alpha = 3\frac{F_a}{b h_o} \cdot n = 3 \cdot \frac{12{,}57}{10 \cdot 36{,}5} \cdot 12{,}7 = 1{,}30$
4. Определяем по графикам или таблицам η и C

   $\eta = 0{,}83$; $C = 0{,}38$
5. Вычисляем $б_a$, $б_a = \frac{M}{F_a \cdot \eta \cdot h_o} = \frac{785000}{12{,}57 \cdot 0{,}83 \cdot 36{,}5} = 2050\ кг/см^2$
6. Определяем Ψ, $\Psi = 1$ (т.к. $\alpha > 0{,}8$)
7. Вычисляем $B_{кр}$, $B_{кр} = \frac{E_a}{\Psi} F_a C h_o^2 = \frac{2{,}1 \cdot 10^6}{1} \cdot 12{,}57 \cdot 0{,}38 \cdot 36{,}5^2$

   $B_{кр} = 13{,}2 \cdot 10^9$
8. Вычисляем f, $f = \frac{5 \cdot 25 \cdot 500^4}{384 \cdot 13{,}2 \cdot 10^9} = 1{,}3\ см$ $\frac{f}{\ell} = \frac{1{,}3}{500} = \frac{1}{385}$

Расчет элементов железобетонных конструкций по образованию и раскрытию трещин.

1 Расчет по образованию трещин производится для растянутых железобетонных конструкций, находящихся под давлением жидкости и газов.

Для изгибаемых конструкций расчет производится при наличии специальных требований.

Расчет по образованию трещин растянутых элементов разрешается производить по формуле

$$N^{н} \leqslant \bar{R}_{р} F_{б} \left(1 + 2\, n \frac{F_{а}}{F_{б}}\right)$$

$N^{н}$ – продольная сила от нормативной нагрузки

$F_{б}$ – площадь сечения бетона

$F_{а}$ – " " продольной арматуры

$n = \frac{E_{а}}{E_{б}}$ или $n = \frac{E_{а}}{E^{н}_{б}}$

При определении деформаций элементов сборных конструкций, изготовляемых на заводах или специально оборудованных полигонах со систематической проверкой прочности и однородности бетона, разрешается принимать нормативный модуль упругости бетона $E^{н}_{б}$.

В остальных случаях принимается расчетный модуль упругости бетона $E_{б}$.

2. Расчет по раскрытию трещин производится:

для элементов	
Центрально растянутых Внецентренно растянутых Изгибаемых Внецентренно сжатых при больших эксцентриситетах	находящихся в условиях агрессивной среды
Изгибаемых Внецентренно растянутых Внецентренно сжатых при больших эксцентриситетах	находящихся под давлением жидкости.

3 Ширина раскрытия трещин в центрально растянутых и изгибаемых элементах прямоугольного сечения определяется по формуле

$$a_т = \psi \frac{\sigma_a}{E_a} \ell_т$$

$\ell_т$ – расстояние между трещинами

σ_a – напряжение в арматуре

при растяжении $\sigma_a = \frac{N^н}{F_a}$

при изгибе $\sigma_a = \frac{M^н}{W}$

$N^н$ – продольная сила от нормативной нагрузки

$M^н$ – изгибающий момент от нормативной нагрузки

4. Расстояние между трещинами $\ell_т$

Элементы	$\ell_т$
Центрально растянутые	$\ell_т = \frac{u}{M_1}$
Изгибаемые	$\ell_т = K_1 n u$

где: $u = \frac{F_a}{S}$ $M_1 = \frac{F_a}{F_\delta}$

S – периметр сечения арматуры

K_1 – коэффициент (см ЖБ-36 или ЖБ-46)

$n = \frac{E_a}{E_\delta}$ или $n = \frac{E_a}{E_\delta{}^н}$

для круглой арматуры $u = \frac{d}{4}$, где d – диаметр арматуры.

Значения $\ell_т$, полученные по приведенным формулам умножаются:

для арматуры периодического профиля на 0,5,

для сварных сеток и каркасов из холоднотянутой проволоки на 1,25

5 Величина раскрытия трещин в железобетонных конструкциях зданий и сооружений I степени долговечности, подвергающихся повторной динамической нагрузке, или не защищенных от внешних атмосферных воздействий, или находящихся в условиях повышенной влажности воздуха (относительной влажностью более 60%), а также в железобетонных силосах для сыпучих тел и дымовых трубах, не должна превышать 0,2 мм.

Предельное значение ℓ_T для других случаев расчета принимается по специальным техническим условиям.

Пример:

Балка прямоугольного сечения

$b = 10$ см. $h = 40$ см. $h_o = 36{,}5$ см.

Арматура $2\,\phi\,16$ п $F_a = 4{,}02$ см^2

Марка бетона 200.

Изгибающий момент от нормативной нагрузки $M^н = 2{,}0$ тм

Расчетный модуль упругости арматуры

$$E_a = 2100000 \text{ кг/см}^2 = 2{,}1 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$$

Нормативный модуль упругости бетона

$$E_б^н = 290000 \text{ кг/см}^2 = 2{,}9 \cdot 10^5 \text{ кг/см}^2$$

$$n = \frac{E_a}{E_б^н} = \frac{2{,}1 \cdot 10^6}{2{,}9 \cdot 10^5} = 7{,}25$$

Вычисляем $\alpha = 3\,\frac{F_a}{b h_o} \cdot n = 3 \cdot \frac{4{,}02}{10 \cdot 36{,}5} \cdot 7{,}25 = 0{,}24$

Находим по графику $\eta = 0{,}81$

Вычисляем $\sigma_a = \frac{M^н}{F \cdot \eta \cdot h_o} = \frac{200\,000}{4{,}02 \cdot 0{,}81 \cdot 36{,}5} = 1690 \text{ кг/см}^2$

Находим по графику $\Psi = 0{,}87$ и $K_1 = 5{,}3$

Вычисляем $u = \frac{d}{4} = \frac{1{,}6}{4} = 0{,}4$ см

Вычисляем $\ell_T = 0{,}5 \cdot K_1 \cdot n \cdot u = 0{,}5 \cdot 5{,}3 \cdot 7{,}25 \cdot 0{,}4 = 7{,}7$ см

Вычисляем $a_T = \Psi\,\frac{\sigma_a}{E_a} \cdot \ell_T = 0{,}87\,\frac{1690}{2{,}1 \cdot 10^6} \cdot 7{,}7 = 0{,}0054 \text{ см} = 0{,}054 \text{ мм}$

Указания по конструированию

Общие положения

Элементы конструкций	Указания:
Стыки сборных элементов перекрытий и стен, воспринимающие изгибающие моменты, поперечные силы или растягивающие усилия	Следует осуществлять путем сварки закладных частей, забетонированных в элементах или приваренных к арматуре, а также путем сварки основной арматуры и замоноличивания.
Сварные стыки	Конструировать так, чтобы при передаче через них усилий не происходило разгибания закладных частей и накладок.
Швы между сборными элементами перекрытий	Должны заполняться бетонной смесью или раствором. Толщина шва не менее 3 см.
Петли для подъема сборных элементов	Привариваются или привязываются к арматурному каркасу. Петли со стороны лицевой поверхности устанавливаются в специальной выемке „заподлицо" с лицевой поверхностью. Петли выполняются из круглой стали марки Ст.3. Не разрешается выполнять петли из холоднообработанных сталей.
Подрезки без специального армирования у опор в элементах сборных конструкций: при высоте плиты или ребра 8–10 см " " " " " > 10 см при высоте ребра < 8 см	Должны быть не более: 1,5 см 2,0 см подрезки не допускаются.
Отверстия в плитах, панелях и. т. п.	следует окаймлять дополнительной арматурой. Сечение этой арматуры должно быть не менее сечения рабочей арматуры, устанавливаемой на длине отверстия.

Минимальное армирование (в % от площади расчетного сечения)

Вид усилия	Марка стали или наименование арматуры	Марка бетона				
		35-75	100-150	200	300-400	500-600
Изгиб внецентренное растяжение внецентренное сжатие с большими эксцентриситетами (для растянутой арматуры)	Ст.0 и Ст.3	0,10	0,10	0,15	0,20	0,25
	Горячекатанная периодического профиля Ст.5 и 25гс	—	0,10	0,10	0,15	0,20
	Холоднодеформированная	—	0,10	0,10	0,15	0,20
	Арматура сварных сеток и сварных каркасов из холоднотянутой проволоки из стали марок Ст.0 и Ст.3	—	0,10	0,10	0,15	0,20
Центральн. сжатие внецентр. сжатие с малыми эксцентриситетами	Ст.0 и Ст.3	0,5				
	Горячекатанная периодического профиля Ст.5 и 25гс	0,4				

Расстояния между температурно-усадочными швами

(в метрах)

	Наименование сооружений	Внутри здания или в грунте	В открытых сооружениях и их элементах
Бетонные сооружения	Бетонные монолитные сплошные сооружения	20	10
	Тоже при конструктивном армировании	30	20
	Сборные	40	30
Железобетонные конструкции	Жел.бет. монолитные каркасные из тяжелого бет.	50	30
	Тоже сборные	60	40
	Монолитные сплошные сооружения из тяжелого бет.	40	25
	Тоже из легкого бетона	30	20
	Каркасные, смешанные с деревянными или металлическими покрытиями	60	40

Защитный слой бетона

Конструкции и элементы конструкций		Защитный слой (минимальный)
Плиты и стенки толщиной $h<10$ см из тяжел. бетона		10 мм
" " " " " $h<10$ см " легкого "		15 "
" " " " " $h>10$ см		15 "
Ребра часторебристых перекрытий		15 "
Балки и Колонны	при продольн. арматуре $\phi \leq 20$ мм	20 "
	" " " $\phi > 20$ мм	25 "
	" " " $\phi > 35$ мм	30 "
	при применении в качестве арматуры фасонного проката	50 "
Хомуты и поперечные стержни		15 "
Сборные ж.б конструкции заводского изготовления из тяжелого бетона марки не менее 200.	плиты,	10 "
	балки,	20 "
	колонны.	20 "

В элементах трубчатого (кольцевого) сечения расстояние от стержней продольной арматуры до внутренней поверхности должно быть не менее, чем до наружной.

При систематических воздействиях дыма, паров кислот, высокой влажности указанные в таблице толщины защитного слоя увеличиваются не менее чем на 10 мм.

При назначении толщины защитного слоя надо учитывать требования противопожарных норм Н-102-54.

При отсутствии агрессивных воздействий, а также повышенных требований к огнестойкости разрешается уголки несущих каркасов располагать по углам колонн без защитного слоя. При этом сечение дополнительной арматуры, имеющей нормально защитный слой, должно быть не менее указанного в таблице минимального армирования.

В элементах сборных конструкций, имеющих подрезки у опор, толщина защитного слоя нижней продольной арматуры на длине подрезки должна быть не менее толщины защитного слоя этой арматуры в пролете элемента.

Анкеровка арматуры

Тип арматуры	Тип сетки и каркаса	Конструкция элемента	ф мм	Указания по конструированию
Стержни периодическ.профиля				Выполняются без крюков
Стержни	Сварных сеток и каркасов			Заканчиваются без крюков
Стержни гладкой арматуры	Вязаных каркасов			Заканчиваются полукруглыми крюками с прямыми концами
Гладкие стержни			≤12	могут заканчиваться без крюков
Продольная арматура		Центрально сжатых элемент.	любой	может заканчиваться без крюков
Стержни гладкой арматуры	Сварных сеток и каркасов			на длине заделки арматуры должно располагаться не менее 2 поперечн.стержн.
Стержни гладкой арматуры	Вязаных каркасов	из тяжелого бетона	d	Диаметр крюков в свету должен быть не менее 2,5 d
Стержни гладкой арматуры	Вязаных каркасов	из легкого бетона	≤8	Диаметр крюков в свету должен быть не менее 2,5 d
Стержни гладкой арматуры	Вязаных каркасов	из легкого бетона	>8 <20	Диаметр крюков в свету должен быть не менее 5 d
Стержни гладкой арматуры	Вязаных каркасов	из легкого бетона	>12 <16	Под крюками стержней укладываются коротыши, диаметр их должен быть не менее d – основной арматуры
Стержни гладкой арматуры	Вязаных каркасов	из легкого бетона	>16	Под крюками стержней привариваются коротыши, диаметр их должен быть не менее d – основной арматуры
Продольные сжатые стержни: периодического профиля Круглые с крюками на конце Круглые Круглые без крюков на конце	Сварных сеток и каркасов Вязаных сеток и каркасов			Заводятся за сечение, где они не требуются по расчету на длину ≥ 15d " " ≥ 15d " " ≥ 15d " " ≥ 20d
Рабочая арматура		панелей, плит, элементов настил.		концы арматуры должны отстоять от торцовых сторон не более чем на 5мм

ЖБ-54

Длина заделки нижних стержней за внутрен- - нюю грань крайних свободных опор

(марка бетона ≥ 100)

Арматура	Бетон	Если поперечн. армат. по расчету не требуется $Q < R_p b h_o$	Если поперечн. армат. по расчету требуется $Q > R_p b h_o$
Любая арматура	≥ 100	до торца элемента и ≥ 5d	
Гладкая арматура	≥ 100		15 d
Стержни периодич. проф. из стали Ст5 и 25 гс	≤ 150 ≥ 200		15 d 10 d
Холодносплющенная	≤ 150 ≥ 200		15 d 10 d

Расстояние между стержнями арматуры

Наименование конструкции и арматуры	Расстояние между стержнями
В горизонтальных или наклонных элементах для продольной арматуры вязаных каркасов	≥ d (стержня)
Кроме того: для нижней арматуры	≥ 25 мм
для верхней арматуры	≥ 30 мм
При расположении арматуры более чем в двух рядах для всех рядов, кроме двух нижних.	Увеличивается вдвое
В колоннах между продольными стержнями	≥ 5 см
В сборных колоннах, бетонируемых в горизонтальном положении, между продольными стержнями	как для горизонтальных элементов
Для арматуры периодического профиля	принимается без учета выступов и ребер стержней

Данные для проектирования сварных каркасов и сеток

Рабочая арматура ϕ =		3-4	5-7	8-9	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
Наименьший ϕ или N распределительной арматуры сеток или поперечных стержней каркасов	При одностороннем расположении рабочих стержней:													
	Периодического профиля	—	3,5	4	4,5	5	5	6	6	8	8	8	10	12
	Гладких при отсутствии стыков внахлестку	3	3,5	4	4,5	5	5	6	6	8	8	8	10	12
	Гладких в местах стыков в нахлестку	3	3,5	4	4,5	5	6	8	8	10	10	12	14	18
		3	3,5	4	4,5	5	6	8	10	12	14	16	18	22
	При двухстороннем расположении рабочих стержней													
	периодического профиля	—	6	6	8	8	8	8	8	8	10	10	12	12
	гладких	4	5	5	6	6	6	8	8	8	10	10	12	12
Наименьшее расстояние в мм между осями	Стержней сеток в обоих направлениях и поперечных стержней каркасов при одностороннем расположении продольных стержней.	50	50	75	75	75	75	75	100	100	100	150	150	150
	поперечных стержней каркасов при двухстороннем расположении продольных стержней	50	75	75	100	100	150	150	200	200	250	250	300	300
	продольных стержней каркасов при двухрядном их расположении	30	30	30	30	40	40	40	40	50	50	50	60	60
Наибольшее расстояние в мм между осями распределительных стержней сеток и поперечных стержней каркасов при выполнении рабочих стержней	Из холоднотянутой проволоки или из стали, подвергнутой силовой калибровке.	250	250	300	300	300	300	300	400	400	400	400	500	500
	Из стали периодического профиля или из круглого проката марок Ст.3 и Ст.0	Не нормируется												

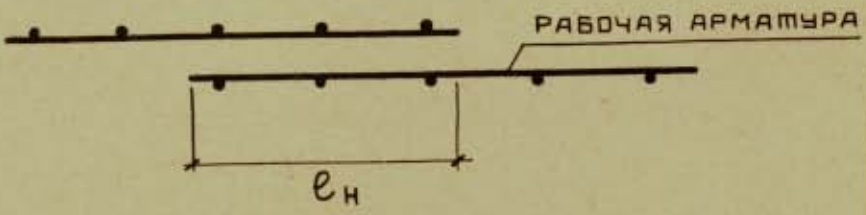
ЖБ-56

Данные для проектирования сварных каркасов и сеток (дополнение к таблице)

Расстояния между поперечными стержнями сварных каркасов и распределительными стержнями сварных сеток должны назначаться на основании расчетных, конструктивных и монтажных соображений в пределах, определяемых вышеприведенной таблицей (ЖБ-56).

Стыки арматуры

1. Размер растянутого стыка внахлестку принимается по таблице ЖБ-59. Наличие сварки учитывается при условии, что внахлестке располагается не менее трех поперечных стержней.

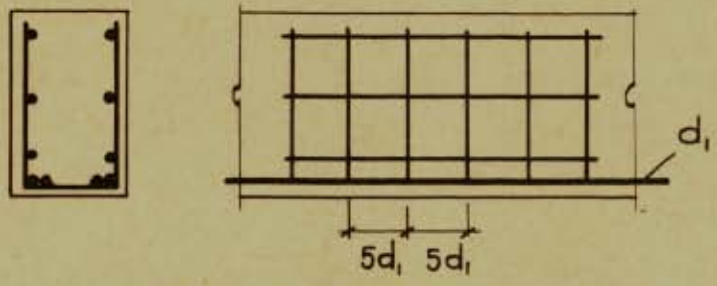


Если это условие не соблюдено, размер нахлестки принимается, как при вязаной арматуре.

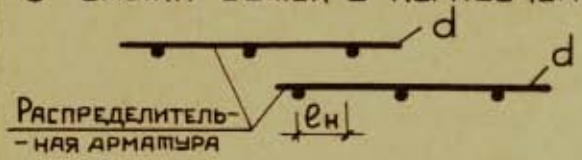
2. Во всех случаях $\ell_н = 250$ мм. Нахлестка в сжатой зоне принимается на 10 d менее и для круглых стержней без крюков не менее 30d

3. Стыки внахлестку каркасов с двухсторонним расположением стержней не допускаются.

4 В БАЛКАХ НА ДЛИНЕ СТЫКА ДОЛЖНЫ СТАВИТЬСЯ КОРЫТООБРАЗНЫЕ СЕТКИ С ШАГОМ ПОПЕРЕЧНЫХ СТЕРЖНЕЙ НЕ БОЛЕЕ $5d_1$



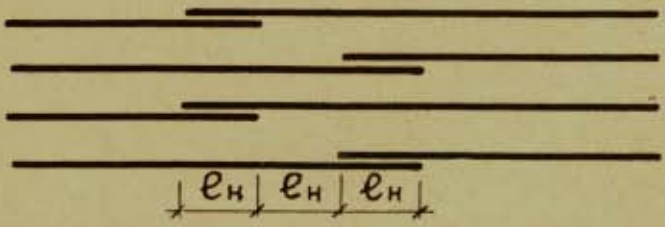
5 СТЫКИ СЕТОК В НЕРАБОЧЕМ НАПРАВЛЕНИИ



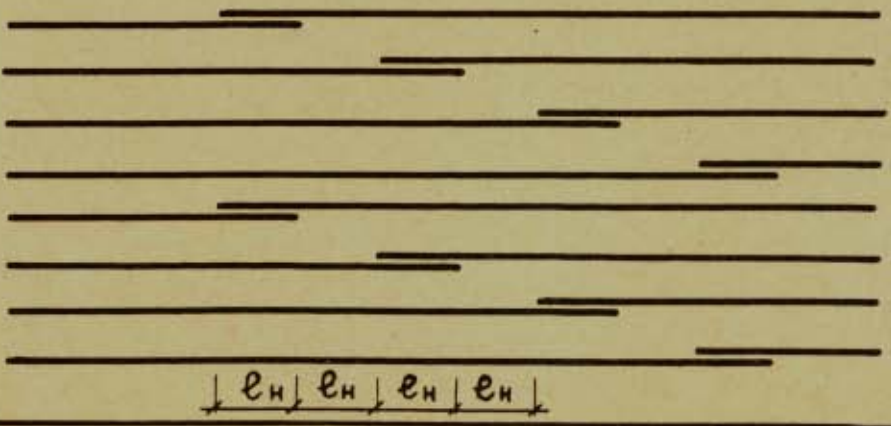
при $d \leq 4$ мм $\ell_н = 50$ мм
" $d > 4$ мм $\ell_н = 100$ мм

6 СТЫКИ ДОЛЖНЫ РАСПОЛАГАТЬСЯ ВРАЗБЕЖКУ

а) СВАРНЫЕ СЕТКИ И КАРКАСЫ, А ТАКЖЕ ВЯЗАНАЯ АРМАТУРА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ В МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ



б) ГЛАДКАЯ ВЯЗАНАЯ АРМАТУРА В МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

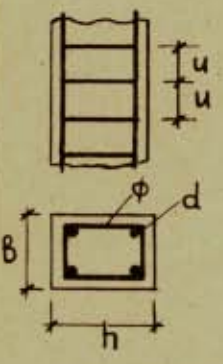


Размер растянутых стыков внахлестку $\ell_п$

(выраженных через d_1)

Марка стали	Профиль и обработка	d_1 мм	Вид арматуры	Изгибаемые и внецентренно сжатые элементы			Центрально растянутые плиты и стенки
				Легкий бетон марки 100–150	Тяжелый бетон марки		
					100–150	200 и выше	
Ст.0 Ст.3	Круглая без обработки	<12	Сварная	35	35	30	40
		12 — 32		45			
		<16	Вязаная	35			
		⩾16		40			
	Круглая калиброванная	<12	Сварная	40	40	35	
		12 — 32		50			
		<16	Вязаная	35	35	30	
		16 — 32		40			
	Периодич. профиля сплющенная	<16	Сварная	35	35	30	45
		16 — 32		45			
		<16	Вязаная	40	40	35	
		⩾16		40			
	Круглая холодно-тянутая	—	Сварная	40	40	35	40
Ст.5	Периодич. профиля	<16	Сварная	30	30	25	
		16 — 32		40			
		<16	Вязаная	35	35	30	
		⩾16		40			
25Г2С	Периодич. профиля	<16	Сварная	40	40	35	50
		16 — 32		50			
		<16	Вязаная	45	45	40	
		⩾16		45			

Указания по конструированию центрально сжатых элементов



1. Сечение менее 25×25 не рекомендуется
2. При расчетной длине элемента l_0 рекомендуется: $\frac{l_0}{h} \leqslant 25$ $\frac{l_0}{в} \leqslant 30$
3. Процент армирования

Максимальный, рекомендуемый	3%
Минимальный при Ст.0 и Ст.3	0,5%
" " " Ст.5 и 25ГС	0,4%

*) При ограниченных габаритах сечений следует переходить на более высокие марки бетона.

4. Если насыщение продольной гибкой арматурой более 3%, должны применяться приваренные хомуты или спиральная арматура.
5. Диаметр продольной арматуры

$$12_{мм} \leqslant d \leqslant 40_{мм}$$

Для особо мощных колонн при марке бетона выше 200 могут применяться стержни бо́льшего диаметра.

6. Расстояние между стержнями продольной арматуры должно быть $\geqslant 5_{см}$.
7. Диаметр хомутов

Тип арматуры	Φ
катанка	$\geqslant$ 6мм $\geqslant 0{,}25d$
холоднотянутая проволока	$\geqslant$ 5мм $\geqslant 0{,}213d$

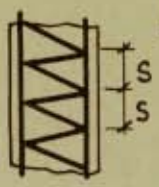
8. Расстояние между хомутами u

Тип конструкции	u
вязаные каркасы	$<в$, $<40_{см}$, $<15d$
сварные каркасы	$<в$, $<40_{см}$, $<20d$
в местах стыков арматуры внахлестку	$\leqslant 10d$
при проценте армирования 3%	$\leqslant 10d$

9. Конструкция хомутов должна быть такова, чтобы продольные стержни, по крайней мере через один, располагались в местах перегиба хомутов.
10. При числе стержней рабочей арматуры с каждой стороны сечения не более четырех в колоннах с размерами сечения $в \leqslant 35_{см}$ и $h \leqslant 45_{см}$ допускаются одиночные хомуты. При арматуре в виде сварных каркасов одиночные хомуты могут быть допущены при $в \leqslant 40$ см.

11

Элементы со спиральной арматурой



$S \leqslant \frac{1}{5} d_я$ $S \leqslant 8$ см

$F_{сп} \geqslant 0{,}25\, F_a$ $d_я$ — диаметр ядра.

$F_{сп}$ — приведенное сечение спиральной арматуры.

F_a — площадь сечения продольной арматуры

Указания по конструированию внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов

Внецентренно сжатые элементы

Соблюдаются требования указанные для центрально сжатых элементов.

При малых эксцентриситетах $F_a' \geqslant 0{,}002\, F_б$

По длинным сторонам сечения, если в них по расчету не требуется арматура, ставят конструктивно арматуру $d \geqslant 16$ мм. не реже чем через 50 см.

Внецентренно растянутые элементы

Соблюдаются общие конструктивные требования.

При малых эксцентриситетах $F_a' \geqslant 0{,}002 F_б$.

Стыки внецентренно растянутых элементов при малых эксцентриситетах продольной силы должны осуществляться, как при осевом растяжении.

Указания по конструированию изгибаемых элементов

1. Хомуты или поперечные стержни в балках, за исключением сборных настилов, ставятся всегда независимо от расчета.

2. **Диаметр хомутов или поперечных стержней**

Тип арматуры	ϕ
Катанка	$\geqslant$ 6мм $\geqslant 0{,}25\, d$
Холоднотянутая проволока	$\geqslant$ 5мм $\geqslant 0{,}213\, d$

3 Расстояние между хомутами или поперечными стержнями

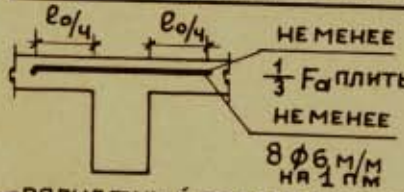
Тип конструкции	u
В балках $h \leqslant 40$ см	$\leqslant 20$ см
В балках $h > 40$ см	$\leqslant 0{,}5h$
На участках, где хомуты или поперечные стержни по расчету не требуются, а также в зоне расположения отгибов для балок $h > 30$ см.	$\leqslant \frac{3}{4}h$ $\leqslant 50$ см
При наличии учитываемой в расчете сжатой арматуры в вязаных каркасах в сварных каркасах	$\leqslant 15d$ $\leqslant 20d$ (d – сжат. армат.)
В местах стыков растянутой арматуры, выполняемых внахлестку без сварки, в сечениях, где арматура используется полностью.	$\leqslant 5d$ (d – раст. арм.)
В ребрах часторебристых перекрытий без вкладышей. Може с вкладышами.	$\leqslant 30$ см Установка хомутов не обязательна

4 При наличии сжатой арматуры, не закрепленной от бокового выпучивания, хомуты или поперечные стержни должны быть замкнутыми.

5 Устройство стыков растянутой арматуры внахлестку без сварки в местах полного использования арматуры не рекомендуется.

6 Диаметр продольной арматуры балок и число стержней доводимых до опоры

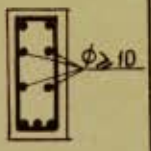
Тип арматуры. Тип конструкции	d	Число стержней
Продольная арматура (рабочая и монтажная)	$\geqslant 10$мм	2
Ребра часторебристых перекрытий	$\geqslant 8$мм	1



l_o – расчетный пролет плиты

В балках таврового сечения, если рабочая арматура плиты проходит параллельно ребру ставится дополнительная арматура ⊥ ребру.

7 При высоте балки $h > 80$ см у боковых граней через 40-50 см ставится конструктивная продольная арматура $\phi \geqslant 10$ мм.



8 В коротких консолях отогнутые стержни следует ставить под углом наклона не менее 45° к верхней грани консоли.

Хомуты в коротких консолях должны применяться горизонтальные ф6-10 мм через 10-15 см.

9 Толщина балочных плит монолитных перекрытий при отношении сторон $\frac{\ell_2}{\ell_1} \geqslant 2$

Тип перекрытия		Марка бетона	
		<200	≥200
Для покрытий		6 см	6 см
Для междуэтажных перекрытий	граждан. зданий	7 см	6 см
	производств.-„-	8 см	7 см
Под проездами		10 см	9 см

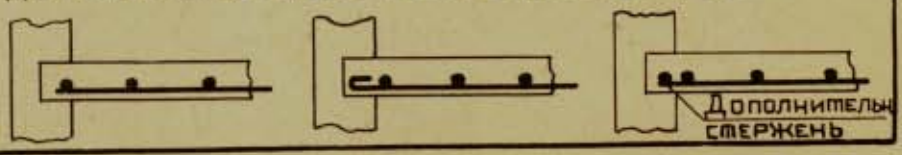
10 Распределительная арматура балочных плит должна быть: $\geqslant 0{,}1\ F_a$ (рабоч. армат.) $\geqslant 3$ стержня на 1 п м.

11 Расстояние между рабочими стержнями плиты

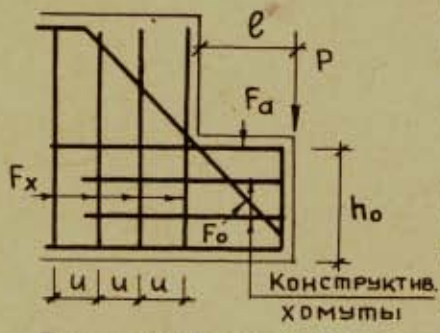
При вязаных арматурных сетках.	Толщина плиты	
	$h_п < 15$ см	$h_п \geqslant 15$ см
В средней части пролета и над опорами (вверху) должно быть:	≤20 см	$\leqslant 1{,}5 h_п$

12 В плитах не менее $\frac{1}{3}$ нижних стержней в пролете и во всяком случае не менее 3 стержней на 1 п м должно быть заведено за грань опоры.

13 Концы сварных сеток на крайних свободных опорах должны иметь хотя бы один поперечный стержень, расположенный за гранью опоры; при невозможности выполнить указанное требование на концах рабочих стержней должны устраиваться крюки или привариваться дополнительные поперечные стержни.



Короткие консоли



Минимальная допустимая полезная высота

$$h_0 = \frac{6P}{b\bar{R}_и}$$

Сечение арматуры Fa определяется по расчету на изгиб

Рекомендуется нагрузку считать приложеной на конце консоли.

Сечение отгибов $$F_o = \frac{P}{\sqrt{2}\,\bar{R}_a}$$

Сечение хомутов $$F_x = \frac{P}{2\bar{R}_x}$$

Максимальный допустимый шаг хомутов

$$u_{max} = 0{,}1\ \frac{b h_0^2 \bar{R}_и}{P}$$

Пример P=10,0т

Вылет консоли c=15см h=30см h_0=26,5см b=16см

Марка бетона 300 $\bar{R}_и$=160 кг/см²

Арматура Ст.3 $\bar{R}_a$=2100 кг/см² $\bar{R}_x$=1680 кг/см²

1. Определяем достаточность размера консоли

$$h_{0\,min} = \frac{6P}{b\bar{R}_и} = \frac{6 \cdot 10000}{16 \cdot 160} = 23{,}4 < 26{,}5\ см$$

сечение консоли достаточно.

2. Определяем сечение отгибов

$$F_o = \frac{P}{\sqrt{2}\,\bar{R}_a} = \frac{10000}{\sqrt{2} \cdot 2100} = 3{,}36\ см^2$$

принимаем 2ф16 F_o=4,02 см²

3. Определяем сечение хомутов

$$F_x = \frac{P}{2\bar{R}_x} = \frac{10000}{2 \cdot 1680} = 2{,}98\ см^2$$

ставим 3ф8 (двухветвевые) F=3,02 см²

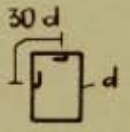
4. Определяем максимальный шаг

$$u_{max} = 0{,}1\ \frac{b h_0^2 \bar{R}_и}{P} = 0{,}1 \cdot \frac{16 \cdot 26{,}5^2 \cdot 160}{10000} = 18{,}0\ см$$

Принимаем u=10см

Указания по конструированию элементов, работающих на кручение

1. При вязаных каркасах хомуты должны быть замкнутыми с перепуском концов на 30 d, где d - диаметр хомута.



2. Армирование сварными каркасами производится:
   а) двумя вертикальными и двумя горизонтальными каркасами, создающими замкнутый контур, продольные стержни каркасов диаметром d, свариваются между собой в углах сечения элемента дуговой сваркой, сварные швы длиной 1,5 - 2,0 d, должны располагаться на расстояниях не более расстояний между поперечными стержнями каркасов;

   б) двумя плоскими вертикальными каркасами, соединенными в пространственный каркас поперечными стержнями, приваренными точечной сваркой к продольным стержням каркасов.

---

1. Сталь горячекатаная круглая ГОСТ 2590 - 57

ф 5 5,6 6 6,3 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
21 22 24 25 26 28 30 32 34 36 38 40 42 45 48 50
53 56 60 63 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 120 125
130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 240 250

2. Сталь горячекатаная периодического профиля ГОСТ 5781 - 58 ст. 5

ф 10 12 14 16 18 20 22 25 28 32 36 40 45 55 60 70 80 90

3. Сталь низколегированная периодического профиля ГОСТ 7314 - 55 (25 ГС)

ф 6 7 8 9 10 12 14 16 18 20 22 25 28 32 36 40

4. Сталь холоднокатаная периодического профиля ГОСТ 6234 - 52

ф 6 6,5 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23
24 25 26 27 28 30 32

5. Проволока стальная низкоуглеродистая холоднотянутая ГОСТ 6727 - 53

ф 3 3,5 4 4,5 5 5,5 6 7 8 9 10

Таблица круглой стали

ф мм	Вес 1 пм арматуры		Расчетная площадь сечения при числе прутков									12,5ф см.
	Холодносплющ.	Прочная	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
5	-	0,154	0,196	0,39	0,59	0,78	0,98	1,18	1,37	1,57	1,76	6,5
5,6	-	0,193	0,246	0,49	0,74	0,98	1,23	1,48	1,72	1,97	2,22	7
6	0,20	0,222	0,283	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,55	7,5
6,3	-	0,245	0,312	0,62	0,93	1,25	1,56	1,87	2,18	2,50	2,81	8
7	0,27	0,302	0,385	0,77	1,16	1,54	1,93	2,31	2,70	3,08	3,47	9
8	0,36	0,395	0,503	1,01	1,51	2,02	2,51	3,02	3,52	4,02	4,53	10
9	0,45	0,499	0,636	1,27	1,91	2,54	3,18	3,82	4,45	5,09	5,72	11
10	0,56	0,617	0,785	1,57	2,35	3,14	3,92	4,71	5,49	6,28	7,06	12,5
11	0,67	0,746	0,950	1,90	2,85	3,80	4,75	5,70	6,65	7,60	8,55	14
12	0,81	0,888	1,131	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	15
13	0,94	1,04	1,327	2,65	3,98	5,31	6,64	7,96	9,29	10,62	11,94	16,5
14	1,09	1,21	1,539	3,08	4,62	6,16	7,69	9,23	10,77	12,31	13,85	17,5
15	1,25	1,39	1,767	3,53	5,30	7,07	8,84	10,60	12,37	14,14	15,90	19
16	1,43	1,58	2,011	4,02	6,03	8,04	10,05	12,07	14,08	16,09	18,10	20
17	1,62	1,78	2,270	4,54	6,81	9,08	11,35	13,62	15,89	18,16	20,43	21,0
18	1,87	2,00	2,545	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90	22,5
19	2,01	2,23	2,835	5,67	8,50	11,34	14,17	17,01	19,84	22,68	25,51	23,5
20	2,23	2,47	3,142	6,28	9,43	12,57	15,71	18,85	21,99	25,14	28,28	25
21	2,45	2,72	3,464	6,93	10,39	13,86	17,32	20,78	24,25	27,71	31,18	26
22	2,70	2,98	3,801	7,60	11,40	15,20	19,00	22,81	26,61	30,41	34,21	27,5
24	3,20	3,55	4,524	9,05	13,57	18,97	22,62	27,14	31,67	36,19	40,72	30
25	3,47	3,85	4,909	9,82	14,73	19,64	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	31
26	3,76	4,17	5,309	10,62	15,93	21,24	26,55	31,85	37,16	42,47	47,78	32,5
28	4,35	4,83	6,158	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,11	49,26	55,42	35
30	5,00	5,55	7,069	14,14	21,21	28,28	35,34	42,41	49,48	56,55	63,62	37,5
32	5,68	6,31	8,042	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,29	64,34	72,38	40
34	-	7,13	9,079	18,16	27,24	36,32	45,39	54,47	63,55	72,63	81,71	42,5
36	-	7,99	10,18	20,36	30,54	40,72	50,90	61,08	71,26	81,44	91,62	45
38	-	8,90	11,34	22,68	34,02	45,36	56,70	68,04	79,38	90,72	102,06	47,5
40	-	9,87	12,57	25,14	37,71	50,28	62,85	75,42	87,99	100,56	113,13	50

Таблица горячекатанной стали периодичес-кого профиля

dр (расчетный диам) сталь 25ГС	сталь 5	d1	Вес 1 п м	Расчетная площадь сечения при числе стержней 1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	—	6,75	0,222	0,283	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,55
7	—	7,75	0,302	0,385	0,77	1,15	1,54	1,92	2,31	2,70	3,08	3,46
8	—	9,0	0,395	0,503	1,01	1,51	2,02	2,51	3,02	3,52	4,02	4,53
9	—	10,0	0,50	0,636	1,27	1,91	2,54	3,18	3,82	4,45	5,09	5,72
10	10	11,3	0,62	0,785	1,57	2,35	3,14	3,92	4,71	5,49	6,28	7,06
12	12	13,5	0,89	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,78	7,91	9,04	10,17
14	14	15,5	1,21	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,86
16	16	18,0	1,58	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,09
18	18	20,0	2,00	2,54	5,08	7,62	10,16	12,70	15,24	17,18	20,32	22,86
20	20	22,0	2,47	3,14	6,28	9,42	12,56	15,70	18,84	21,98	25,12	28,26
22	22	24,0	2,98	3,80	7,60	11,40	15,20	19,00	22,80	26,60	30,40	34,20
25	25	27,0	3,85	4,91	9,82	14,73	19,64	24,55	29,46	34,37	39,28	44,19
28	28	30,5	4,83	6,16	12,32	18,48	24,64	30,80	36,96	43,12	49,28	55,44
32	32	34,5	6,31	8,04	16,08	24,12	32,16	40,20	48,24	56,28	64,32	72,36
36	36	39,5	7,99	10,18	20,36	30,54	40,72	50,90	61,08	71,26	81,44	91,62
40	40	43,5	9,87	12,57	25,14	37,71	50,28	62,85	75,42	87,99	100,56	113,13
—	45	49,0	12,48	15,90	31,80	47,70	63,60	79,50	95,40	111,30	127,20	143,10
—	50	54,0	15,41	19,63	39,26	58,89	78,52	98,15	117,78	137,41	157,04	176,67
—	55	59,0	18,65	23,76	47,52	71,28	95,04	118,80	142,56	166,32	190,08	213,84
—	60	64,0	22,19	28,27	56,54	84,81	113,08	141,35	169,62	197,89	226,16	254,43
—	70	74,0	30,21	38,48	76,96	115,44	153,92	192,40	230,88	269,36	307,84	346,32
—	80	83,5	39,46	50,27	100,54	150,81	201,08	251,35	301,62	351,89	402,16	452,43
—	90	93,5	49,94	63,62	127,24	190,86	254,48	318,10	381,72	445,34	508,96	572,58

Типы арматуры и условные обозначения ее на чертежах железобетонных конструкций

№№ пп	Тип арматуры	ГОСТ	Пример обознач.
1.	Горячекатаная круглая	ГОСТ 380-50 ГОСТ 2590-57	4 ф 20
2.	Горячекатаная периодического профиля марки ст. 5	ГОСТ 5781-58	3ф 20 П
3.	Горячекатаная низколегированная периодического профиля марки 25 ГС	ГОСТ-7314-55 ЧМТУ 4995-55	2ф 20 ПА
4.	Горячекатаная низколегированная (высокопрочная) периодического профиля марки НЛ-2 для предварительно напряженных конструкций	ЧМТУ-5342--55	4ф 10 ПВ
5.	Холодносплющенная периодического профиля	ГОСТ 6234-52	2ф 12 ПС
6.	Проволока холоднотянутая низкоуглеродистая круглая гладкая	ГОСТ 6727-53	4ф 8 Т
7.	Проволока холоднотянутая углеродистая (высокопрочная) круглая для предварительно напряженных конструкций	ГОСТ 7348-55	4ф 6 ТВ
8.	Проволока холоднотянутая углеродистая (высокопрочная) периодического профиля для предварительно напряженных конструкций	ЧМТУ-4987--55	4ф 6 ТП
9.	Проволока холоднотянутая углеродистая (высокопрочная) круглая, свитая в несколько прядей, для предварительно напряженных конструкций		4ф 8 ТС
10.	Сталь горячекатаная круглая, подвергнутая силовой калибровке (вытяжка с заранее заданным усилием) марки Ст. 0 и Ст. 3.		2ф 12 К
11.	Сталь горячекатаная периодического профиля марки Ст. 5, подвергнутая силовой калибровке		2ф 12 КП
12.	Сталь горячекатаная низколегированная периодического профиля марки 25 ГС, подвергнутая силовой калибровке		2ф 8 КЛ

КК

КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Настоящий раздел справочника составлен при консультации доктора технич. наук профессора Л. И. ОНИЩИКА.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные условные обозначения КК1, КК2
Материалы для каменных и армокаменных конструкций КК3
Некоторые указания о применении цементов и растворов КК3
Арматура КК4
Минимальные марки растворов для армированной кладки КК4
Модули упругости кладки. Значения упругой характеристики α . . . . . КК4—КК6
Классы работы КК7
Приведенные расчетные сопротивления кладки . . . КК7

Расчетные сопротивления R в кг/см² сжатию:

Для кладки из всех видов кирпича и других камней при высоте ряда кладки 50—150 мм КК8
Для кладки из природных камней чистой тески и бетонных сплошных камней разных составов при высоте ряда кладки 180 мм и выше КК9
Для кладки из пустотелых бетонных камней разных составов при высоте ряда 180—350 мм КК9
Для кладки из крупных сплошных бетонных блоков с легкими заполнителями и блоков из автоклавного ячеистого бетона при высоте ряда кладки 500 мм и выше КК9а
Для кладки из крупных пустотелых блоков, изготовленных на обычном гравии или щебне, а также блоков из природных камней при высоте ряда кладки 500 мм и выше КК9а
Для кладки из крупных пустотелых блоков изготовленных из материалов различных видов, при высоте ряда кладки 500 мм и выше КК9а
Для бутовой кладки в возрасте 3-х месяцев из рваного бута КК10
Для бутобетона в возрасте 1 месяца и 3 месяца . . . КК10
Для кладки из грунтовых камней и природных камней низкой прочности правильной формы КК11
Расчетные сопротивления сжатию при изгибе КК11
Расчетные сопротивления при местном сжатии КК11
Расчетные сопротивления осевому растяжению $R_р$, растяжению при изгибе $R_{ри}$, срезу $R_{ср}$ и главным растягивающим напряжениям $R_{гл}$ для кладки из сплошных камней, из кирпича и камней правильной формы и бутобетона КК12, КК13

Таблицы коэффициентов:

Коэффициенты для расчета по классу работы А . . . КК14
Коэффициенты условий работы элементов каменных, армокаменных и комплексных конструкций при расчете их по несущей способности КК14
Коэффициенты условий работы кладки из кирпича, бетонных и природных камней КК15

Коэффициенты условий работы кладки из гипсобетонных камней и грунтоматериалов КК15
Коэффициенты условий работы армированной кладки . КК16
Коэффициенты для кладки из природных камней и бутовой кладки КК16
Коэффициенты для определения $R_р$, $R_{ри}$, $R_{ср}$, $R_{см}$ для кладки из сплошных камней КК17
Коэффициенты условий работы зимней кладки КК17
Приведенные расчетные сопротивления арматуры . . . КК18
Приведенные расчетные сопротивления арматуры для продольно армированных изгибаемых и растянутых элементов в условиях агрессивной среды КК19
Коэффициенты линейного расширения кладки α_t . . . КК19
Коэффициенты трения КК19
Общие указания по расчету конструкций КК20

Расчет элементов каменных конструкций по несущей способности:

Центрально сжатые элементы. Коэффициент продольного изгиба. Расчетная высота конструкции . . . КК21
Внецентренно сжатые элементы КК22
Примеры КК23
Изгибаемые элементы. Расчет на поперечную силу . . . КК24
Центрально растянутые элементы. Срез КК24
Местное сжатие (смятие) КК25
Расчет опирания концов прогонов на кладку КК26, КК27
Расчет заделки консольных балок КК28
Расчет многослойных стен . . . . . КК29—КК31

Расчет элементов армокаменных конструкций по несущей способности:

Элементы с сетчатым армированием:
Центрально сжатые элементы КК32
Внецентренно сжатые элементы КК33
Таблица значений ΔR для кладки с сетчатым армированием КК34
Таблица значений процента армирования μ КК35
Таблица значения величины $\frac{1}{\sqrt{k}}$, где $k = \frac{1}{1+3\mu}$ . . . КК35
Таблицы значений $R_{ак}$ КК36, КК37
Примеры КК38

Элементы с продольным армированием:

Центрально сжатые элементы КК39
Внецентренно сжатые элементы . . . . . КК39—КК41
Изгибаемые элементы КК42

Элементы, усиленные железобетоном:

Центрально сжатые элементы КК43
Внецентренно сжатые элементы КК44, КК45
Изгибаемые элементы КК46
Элементы, усиленные обоймами КК47

Расчет элементов каменных конструкций по деформациям . . . . . КК48—КК53

Расчет элементов каменных и армокаменных конструкций по раскрытию трещин . . . . . КК54—КК56

Общие указания по расчету и конструированию КК57, КК58

Статический расчет зданий:

Общие указания КК59, КК60
Расчет на ветровую нагрузку . . . . . КК61—КК63
Расчет перемычек на перерезывающую силу КК63, КК64
Перемычки . . . . . КК65—КК68
Карнизы и парапеты . . . . . КК69—КК71
Висячие стены и расчет рандбалок . . . . . КК72—КК74

Стены из крупных блоков:

Подразделения кирпичных и бетонных блоков КК75
Марки сплошных и пустотелых бетонных блоков КК75
Предельные расстояния между поперечными стенами . . КК76
Основные требования к кирпичным блокам . . . . . КК76—КК79
Основные требования к бетонным блокам КК79
Системы разрезки наружных стен КК80
Размеры блоков по высоте КК80
Расчет стен из крупных блоков . . . . . КК81—КК85
Основные конструктивные указания КК85

Зимняя кладка:

Общие указания по расчету и конструированию . . . . КК86— КК90
Указания по проекту для зимних условий способом замораживания КК91
Примеры расчета . . . . . КК92—КК94

Общие конструктивные требования:

Максимальное расстояние между температурными швами в стенах отапливаемых зданий КК95
Осадочные швы КК95
Группы кладок КК96
Перевязка кладки КК96
Допустимые отношения высот стен и столбов к их толщинам (β) КК97
Предельные значения β для стен, несущих нагрузки от перекрытий КК97
Предельные значения β для стен и перегородок, не несущих нагрузки от перекрытий КК97
Условная толщина стены и столба a' КК98
Коэффициенты снижения К предельных отношений β . КК98
Коэффициент К′ для увеличения величины Кβ КК98
Коэффициенты снижения предельных отношений для столбов K_c КК99

Конструктивные требования к армированной кладке:

Типы армирования КК100
Область применения КК100
Толщина шва кладки $h_ш$ КК100
Процент армирования и диаметр арматуры КК101
Расстояние между хомутами в сжатых элементах . . . КК101
Расстояние между хомутами в изгибаемых элементах КК101
Диаметр хомутов КК101
Защитный слой цементного раствора КК102
Армирование стен КК102
Усиление несущих столбов и простенков КК102
Виды и марки камней, применяемых в строительстве КК103, КК104

Основные условные обозначения:

$R^н$ – Нормативное сопротивление кладки сжатию

$R^н_{ак}$ – Нормативное сопротивление армированной кладки сжатию

$R^н_б$ – Нормативное сопротивление бетона осевому сжатию

$R^н_{кс}$ – Приведенное нормативное сопротивление комплексного сечения

R – Расчетное сопротивление кладки сжатию

$R_и$ – —"— —"— —"— сжатию при изгибе

$R_р$ – —"— —"— —"— осевому растяжению

$R_{ри}$ – —"— —"— —"— растяжению при изгибе

$R_{ср}$ – —"— —"— —"— срезу

$R_{гл}$ – —"— —"— —"— главным растягивающим напряжениям при изгибе

$R_{см}$ – —"— —"— —"— при местном сжатии (смятии)

$\bar{R}_а$ – Приведенное расчетное сопротивление арматуры

$\bar{R}_{ак}$ – Приведенное расчетное сопротивление армированной кладки на сжатие

$R_{ак}$ Расчетное сопротивление армированной кладки на сжатие

$R_{аки}$ – —"— —"— —"— при внецентренном сжатии

$\bar{R}_{пр}$ – Приведенное расчетное сопротивление многослойной кладки

$\bar{R}_б$ – Приведенное расчетное сопротивление бетона осевому сжатию

$R_б$ – Расчетное сопротивление бетона осевому сжатию

$\bar{R}_{би}$ – Приведенное расчетное сопротивление бетона при изгибе

$E_о$ – Начальный модуль упругости кладки

E – Модуль упругости кладки при определении деформации

E' – —"— —"— при расчете по предельному состоянию

α – Упругая характеристика кладки

$\alpha_а$ – —"— —"— с сетчатым армированием

α_t – Коэффициент линейного расширения

P – Процент армирования

$\beta_{пр}$ – Приведенная гибкость

$\lambda_{пр}$ – —"— —"—

m – Коэффициент условия работы элемента конструкции

$m_к$ – —"— —"— —"— кладки

$m_б$ – —"— —"— —"— бетона

$m_а$ – —"— —"— —"— арматуры

Условные обозначения (продолжение)

$m_{тр}$ – Коэффициент условия работы кладки по раскрытию трещин.

m_o – ——— ——— ——— ——— многослойной кладки, учитывающий влияние перевязки при центральном сжатии

$m_и$ – тоже при внецентренном сжатии

$m_д$ – Коэффициент условия работы кладки по классу работы А

F – Площадь всего сечения

F_c – Площадь сжатой части сечения

$F_к$ – ——" ——— ——" ——— кладки

$F_{см}$ – Площадь смятия

F_a – Площадь арматуры

$F_б$ – Площадь бетона

$F_{пр}$ – Площадь сечения, приведенная к одному материалу

N – Продольная сила

M – Изгибающий момент

Q – Поперечная сила

J – Момент инерции сечения

$J_{пр}$ – Приведенный момент инерции сечения

S – Статический момент площади сечения

r – Радиус инерции сечения

W – Момент сопротивления сечения

h – Высота сечения

l_o – Расчетная высота конструкции

B – Ширина сечения

X – Высота сжатой зоны сечения

a_c – ———"——— ———" ——— ———" ——— ———" ———

a_o – Полезная длина заделки

e_o – Эксцентриситет

Z – Плечо внутренней пары

y – Расстояние от центра тяжести сечения до края сечения в сторону эксцентриситета

φ – Коэффициент продольного изгиба.

Материалы для каменных и армокаменных конструкций

	Применяемые марки
Каменные материалы	4, 7, 10, 15, 25, 35, 50, 75, 100, 150 200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000
Растворы	0,2, 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200

Марка раствора 0 установлена для определения сопротивления и упругой характеристики кладки на свежем, не отвердевшем растворе.

Марка раствора 2 установлена для определения сопротивления и упругой характеристики кладки на портландцементных растворах, получивших начальное твердение (зимняя кладка, кладка в ранних возрастах и оттаявшая кладка) при зимней кладке методом замораживания

Растворы тяжелые — объемный вес $\geqslant 1500\ кг/м^3$

Растворы легкие — объемный вес $< 1500\ кг/м^3$

Некоторые указания о применении цементов и растворов

Наименование цемента или раствора	Рекомендации и указания
Портландцемент	Не допускается в конструкциях, подвергающихся систематическому воздействию агрессивной воды.
Пуццолановый портландцемент и шлако-портландцемент	При марке $\geqslant 200$ применяется при воздействии агрессивной воды. Медленно твердеет при низких температурах после оттаивания зимней кладки. Не рекомендуется для надземной кладки в районах с жарким и сухим климатом (средняя Азия)
Магнезиальный портландцемент	Не рекомендуется для кладки ниже уровня грунтовых вод.
Известково-шлаковый цемент	Применяется для надземной кладки и подземной кладки выше уровня грунтовых вод
Растворы на известково-шлаковых цементах	Не рекомендуются при $t \leqslant +10°$
Гипсовые растворы	Применяются только для надземной кладки, не подверженной увлажнению

Арматура

Для армирования каменных конструкций применяется

1. Сталь горячекатанная круглая, полосовая и фасонная марок Ст.0 и Ст.3
2. Проволока стальная холоднотянутая

Минимальные марки растворов для армированной кладки

Описание конструкций	Марка раствора
Конструкции зданий с нормальной влажностью воздуха в помещениях	25
Конструкции зданий с влажными и мокрыми помещениями, цоколи, подземные и открытые наружные конструкции	50

Модули упругости кладки

Начальный модуль упругости кладки	E_o
Модуль упругости при расчете конструкций по предельному состоянию прочности кладки	$E' = 0{,}5\,E_o$
Модуль упругости по определению деформаций	$E = 0{,}8\,E_o$
Начальный модуль упругости неармированной кладки	$E_o = \alpha R^н$
Начальный модуль упругости кладки с продольным армированием	$E_o = \alpha R^н_{ак}$
Начальный модуль упругости кладки с сетчатым армированием	$E_o = \alpha_a R^н_{ак}$
Упругая характеристика неармированной кладки и кладки с продольным армированием	α
Упругая характеристика кладки с сетчатым армированием	$\alpha_a = \frac{\alpha}{1+3p}$
Нормативное сопротивление продольно армированной кладки	$R^н_{ак} = R^н + \frac{p}{100} R^н_a$
Нормативное сопротивление кладки с сетчатым армированием	$R^н_{ак} = R^н + \frac{2p}{100} R^н_a$
Процент армирования продольно армированной кладки	$p = \frac{F_a}{F_к} \cdot 100$
Процент армирования кладки с сетчатым армированием	$p = \frac{V_a}{V_к} \cdot 100$
Площадь сечения арматуры	F_a
Площадь сечения кладки	$F_к$
Объем арматуры	V_a
Объем кладки	$V_к$

Нормативные сопротивления для различных кладок $R^н$ и нормативные сопротивления арматуры $R_a^н$ принимать по НиТУ 120-55

Значения упругой характеристики α для неармированной кладки и для кладки с продольным армированием

Вид кладки	Марка раствора				
	200-50	25-10	4	2	0
Из тяжелых природных камней, бетонных камней и бута на тяжелых растворах	2000	1000	750	500	350
Из кирпича, легкобетонных камней, легких природных камней на тяжелых растворах	1000	750	500	350	200
Тоже на легких растворах	750	500	350	200	100

Упругая характеристика бутобетона

При бетоне марки 100-50 $\alpha = 2000$

" " " 35 $\alpha = 1500$

Упругая характеристика кладки из крупных блоков

Для блоков из легкого бетона и легкого природного камня $\alpha = 750$

Для блоков из тяжелого бетона и тяжелого природного камня $\alpha = 1500$

Упругая характеристика для кладки с сетчатым армированием

$\alpha_a = K\alpha$, где $K = \frac{1}{1+3P}$

Значения коэффициента K в зависимости от процента армирования P

P	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
K	1,00	0,87	0,77	0,69	0,63	0,57	0,53	0,49	0,46	0,43	0,40
P	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	
K	0,38	0,36	0,34	0,32	0,31	0,29	0,28	0,27	0,26	0,25	

E_0 – начальный модуль упругости кладки.

Модули упругости E' и E применяются в следующих случаях:

а) E' – для определения усилий в кладке, рассматриваемой в предельном состоянии сжатия, при условии, что деформации кладки определяются или ограничиваются совместной работой с элементами конструкций из других материалов, например, для определения усилий в затяжках сводов, в слоях сжатых многослойных сечений, усилий, вызываемых температурными деформациями и т.п.

б) E – для определения деформаций элементов каменных конструкций под влиянием продольных или поперечных сил, усилий в статических неопределимых рамных системах, в которых элементы конструкций из кладки работают совместно с элементами из других материалов, периода колебаний каменных конструкций, жесткости конструкций и т.п.

Модули упругости E_0, E' и E для кладки из всех видов кирпича и других камней (в том числе из керамических камней с щелевидными вертикальными пустотами шириной до 12 мм) при высоте рядов кладки 50–150 мм

Марка камня	Марка раствора	Кладка на тяжелом растворе			Кладка на легком растворе		
		E_0	E'	E	E_0	E'	E
150	100	45000	22500	36000	28650	14350	22950
"	75	40000	20000	32000	25500	12750	20400
"	50	35000	17500	28000	22300	11150	17850
"	25	22500	11250	18000	12750	6350	10200
100	100	35000	17500	28000	22300	11150	17850
"	75	33000	16500	26400	21000	10500	16830
"	50	30000	15000	24000	19100	9550	15300
"	25	18750	9375	15000	10600	5300	8500
"	10	15000	7500	12000	8500	4250	6800
75	100	30000	15000	24000	19100	9550	15300
"	75	28000	14000	22400	17800	8900	14300
"	50	25000	12500	20000	15900	7950	12750
"	25	16500	8250	13200	9350	4650	7500
"	10	13500	6750	10800	7600	3800	6100

Классы работы

1. По классу работы А проектируются каменные и армокаменные конструкции для строительств, на которых производятся систематические предварительные контрольные испытания прочности камня и раствора
2. По классу работы Б проектируются каменные и армокаменные конструкции для строительств, на которых марка кирпича и камня принимается по паспортам заводов, а марка раствора — по составу раствора. Контрольные испытания кирпича и раствора носят выборочный характер.

Приведенное расчетное сопротивление кладки

$$\bar{R} = m \cdot m_к R$$

где: R — расчетное сопротивление кладки

m — коэффициент условия работы элемента конструкции

$m_к$ — коэффициент условия работы кладки

В большинстве случаев $m=1$ и $m_к=1$, тогда

$$\bar{R} = R$$

Ниже даны таблицы значений (по классу работы Б) расчетных сопротивлений кладки R, равных приведенным расчетным сопротивлениям кладки при значениях $m=1$ и $m_к=1$

Для случаев, когда $m \neq 1$ и $m_к \neq 1$, приведенные расчетные сопротивления получаются путем умножения табличных значений на соответствующие коэффициенты m и $m_к$

Расчетные сопротивления кладки по классу работы А определяются также путем умножения расчетных сопротивлений по классу работы Б (табличные данные) на соответствующие коэффициенты $m_а$

Значения коэффициентов m, $m_к$ и $m_а$ для разных случаев сведены в таблицы (см КК 14 по КК17)

Расчетные сопротивления R в $кг/см^2$ сжатию кладки из всех видов кирпича и других камней (в том числе из керамических камней с щелевидными вертикальными пустотами шириной до 12 мм) при высоте ряда кладки 50 – 150 мм (по классу работы Б, $m=1$, $m_к=1$)

На тяжелых растворах

Марка кирпича или камня	Марка раствора							
	100	75	50	25	10	4	2	0
300	33	30	28	25	22	18	17	15
200	27	25	22	18	16	14	13	10
150	22	20	18	15	13	12	10	8
100	18	17	15	13	10	9	8	6
75	15	14	13	11	9	7	6	5
50	—	11	10	9	7	6	5	3,5
35	—	9	8	7	6	4,5	4	2,5

На жестких цементных растворах (без добавки глины или извести) на легких растворах и на известковых растворах в возрасте до 3 месяцев

Марка кирпича или камня	Марка раствора							
	100	75	50	25	10	4	2	0
300	28	25,5	24	21	18,5	15,5	14,5	12,5
200	23	21	18,5	15,5	13,6	12	11	8,5
150	18,5	17	15,5	12,5	11	10,2	8,5	7
100	15,5	14,5	12,5	11	8,5	7,5	7	5
75	12,5	12	11	9,5	7,5	6	5	4
50	—	9,5	8,5	7,5	6	5	4	3
35	—	7,5	7	6	5	4	3,5	2

На цементных растворах без извести с органическими пластификаторами

Марка кирпича или камня	Марка раствора							
	100	75	50	25	10	4	2	0
300	30	27	25	22,5	20	16	15,5	13,5
200	24,5	22,5	20	16	14,5	12,5	11,5	9
150	20	18,0	16	13,5	11,5	11	9	7
100	16	15,5	13,5	11,5	9	8	7	5,5
75	13,5	12,5	11,5	10	8	6,5	5,5	4,5
50	—	10	9	8	6,5	5,5	4,5	3
35	—	8	7	6,5	5,5	4	3,5	2

Расчетные сопротивления R в $кг/см^2$ сжатию кладки из природных камней чистой тески и бетонных сплошных камней разных составов (шлакобетон, гипсобетон, крупнопористый бетон и т.п.) при высоте ряда кладки 180 мм и выше

(по классу работы Б $m=1$, $m_к=1$)

Марка камня	Высота ряда кладки												
	180 — 350 мм										⩾ 500 мм		
	Марка раствора										Марка раствора		
	200	150	100	75	50	25	10	4	2	0	⩾25	10	0
1000	130	125	120	115	110	105	95	85	83	80	210	200	150
800	110	105	100	95	90	85	80	70	68	65	175	160	125
600	90	85	80	78	75	70	60	55	53	50	140	130	100
400	65	60	58	55	53	50	45	40	38	35	105	95	70
200	40	38	35	35	33	30	28	25	23	20	60	55	40
100	25	25	23	22	20	18	17	15	13	10	33	30	20
50	—	—	15	14	13	12	10	9	8	6	17	15	10
25	—	—	—	—	8	7,5	6,5	5,5	5	3,5	9	8	5

Для промежуточных марок камня расчетные сопротивления принимаются по интерполяции

Марка шлакобетонных камней должна быть не ниже „35"

Расчетные сопротивления R в $кг/см^2$ сжатию кладки из пустотелых бетонных камней разных составов (шлакобетон, гипсобетон и т.п.) при высоте ряда 180-350 мм

(по классу работы Б $m=1$, $m_к=1$)

Марка камня	Марка раствора							
	100	75	50	25	10	4	2	0
100	20	18	17	16	14	13	11	9
75	16	15	14	13	11	10	9	7
50	12	11,5	11	10	9	8	7	5
35	—	10	9	8	7	6	5,5	4
25	—	7	—	6,5	5,5	5	4,5	3

Марка шлакобетонных камней должна быть не ниже „35"

Расчетные сопротивления R в кг/см² сжатию кладки из крупных блоков при высоте ряда кладки ≥ 500 мм (по классу работы Б $m=1$, $m_к=1$)

1 Для сплошных бетонных блоков с легкими заполнителями
Для блоков из автоклавного ячеистого бетона
Для пустотелых блоков, изготовленных из материалов различных видов при пустотности до 20%

Марка раствора	Марка блока						
	200	150	100	75	50	35	25
≥ 25	60	47	33	25	17	12	9
10	55	43	30	23	15	10	8
0	40	30	20	15	10	8	5

2 Для пустотелых блоков, изготовленных из материалов различных видов при пустотности от 20% до 30%

Марка раствора	Марка блока						
	200	150	100	75	50	35	25
≥ 25	54	42	30	22	15	11	8
10	49	38	27	21	13	9	7
0	36	27	18	13	9	7	4,5

3 Для пустотелых блоков, изготовленных из материалов различных видов при пустотности более 30%

Марка раствора	Марка блока						
	200	150	100	75	50	35	25
≥ 25	48	38	26	20	14	10	7
10	44	34	24	18	12	8	6
0	32	24	16	12	8	6	4

4 Для блоков, изготовленных на обычном гравии или щебне (при $\gamma > 1800$ кг/м³)
Для блоков из тяжелых природных камней

Марка раствора	Марка блока						
	200	150	100	75	50	35	25
≥ 25	66	52	36	27	19	13	10
10	60	47	33	25	16	11	9
0	44	33	22	16	11	9	5,5

Расчетные сопротивления R в $кг/см^2$ сжатию бутовой кладки в возрасте 3* месяцев из рваного бута (при марке раствора в возрасте 28 дней)
(по классу работы Б $m=1$ $m_к=1$)

Марка камня	Марка раствора									
	200	150	100	75	50	25	10	4	2	0
1000	30	28	25	22	18	12	8	5	4,5	3,5
800	28	25	22	20	16	10	7	4,5	3,5	3
600	25	22	20	17	14	9	6,5	4	3	2
400	20	17	15	13	11	8	5,5	3,5	2,5	1,5
200	—	12	11	10	8	6	4,5	3	2	1
100	—	—	7,5	7	6	5	3,5	2,5	1,7	0,5
50	—	—	—	—	4,5	3,5	2,5	2	1,5	0,3
25	—	—	—	—	3	2,5	2	1,5	1	0,2

Для промежуточных марок камня — расчетное сопротивление принимается по интерполяции

Расчетное сопротивление кладки фундаментов, засыпанных со всех сторон грунтом, повышается:
1) при кладке с последующей засыпкой пазух грунтом — на $1 кг/см^2$
2) при кладке в траншеях враспор не тронутым грунтом, а также после длительного уплотнения засыпанного в пазухах грунта (при надстройках) — на $2 кг/см^2$

Расчетные сопротивления R в $кг/см^2$ сжатию бутобетона в возрасте 1 месяц и 3 месяца
(по классу работы Б $m=1$ $m_к=1$)

Вид бутобетона	Возраст 1 месяц, марка бетона				Возраст 3 месяца, марка бетона			
	100	75	50	35	100	75	50	35
не вибрированный с рваным бутом марки ≥200	27	22	18	15	30	24	20	16,5
то же, марки 100	—	20	16	13	—	22	17,5	14
то же, марки 50 и с кирпичным боем	—	18	15	12	—	20	16,5	13
вибрированный с рваным бутом марки ≥200	31	25	21	17	34	27	23	19
то же, марки 100	—	23	18	15	—	25	20	16
то же, марки 50 и с кирпичным боем	—	21	17	14	—	23	19	15

Расчетные сопротивления R в $кг/см^2$ сжатию кладки из грунтовых камней и природных камней низкой прочности правильной формы
(по классу работы Б $m=1$ $m_к=1$)

Вид кладки	Марка камня	Марка раствора				
		25	10	4	2	0
Из сырцового, шлакового кирпича и других грунтовых и природных камней при высоте ряда ≤ 150 мм	25	6.0	4.5	3.5	3.0	2.0
	15	4.0	3.5	2.5	2.0	1.3
	10	3.0	2.5	2.0	1.8	1.0
	7	2.5	2.0	1.8	1.5	0.7
Из грунтовых и природных камней при высоте ряда ≥ 180 мм	25	7.5	6.5	5.5	5.0	3.5
	15	5.0	4.5	3.8	3.5	2.5
	10	3.8	3.3	2.8	2.5	1.8
	7	2.8	2.5	2.3	2.0	1.2
	4	—	1.5	1.4	1.2	0.8

Расчетное сопротивление сжатию при изгибе

Для неармированной кладки при внецентренном сжатии с большими эксцентриситетами ($e_o > 0.45y$)

$$R_и = R\sqrt[3]{\frac{F}{F_c}}$$

Для продольно армированной кладки при изгибе и внецентренном сжатии с большими эксцентриситетами

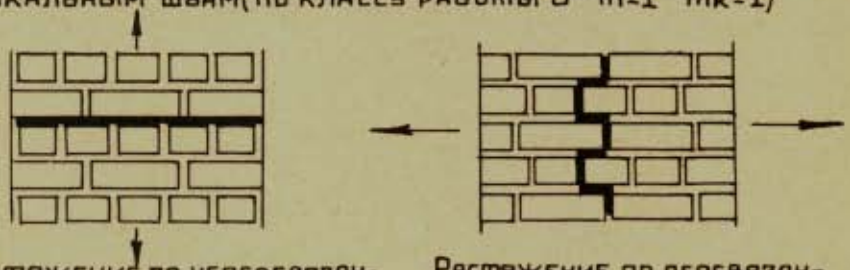
$$R_и = 1.25R$$

где: R – Расчетное сопротивление сжатию (по таблицам)
F – Площадь всего сечения
F_c – Площадь сжатой части сечения при прямоугольной эпюре напряжений

Расчетное сопротивление при местном сжатии (смятии)

Формулы для определения расчетного сопротивления неармированной кладки и кладки с сетчатым армированием на местное сжатие (смятие) $R_{см}$ даны в разделе „Местное сжатие (смятие)"
(см. КК-25)

Расчетные сопротивления кладки из сплошных камней на цементно-известковых, цементно-глиняных и известковых растворах осевому растяжению $R_р$, растяжению при изгибе $R_{ри}$, срезу $R_{ср}$ и главным растягивающим напряжениям при изгибе $R_{гл}$ в $кг/см^2$ при разрушении кладки по горизонтальным и вертикальным швам (по классу работы Б $m=1$ $m_к=1$)



Растяжение по неперевязанному сечению

Растяжение по перевязанному сечению

Вид напряженного состояния и сечения	Марка раствора				
	100и50	25	10	4	2
Осевое растяжение $R_р$					
По неперевязанному сечению для кладки всех видов	0,8	0,5	0,3	0,1	0,05
По перевязанному сечению					
а) для кладки из камней правильной формы	1,6	1,1	0,5	0,2	0,1
б) для бутовой кладки	1,2	0,8	0,4	0,2	0,1
Растяжение при изгибе $R_{ри}$					
По неперевязанному сечению для кладки всех видов	1,2	0,8	0,4	0,2	0,1
По перевязанному сечению					
а) для кладки из камней правильной формы	25	1,6	0,8	0,4	0,2
б) для бутовой кладки	1,8	1,2	0,6	0,3	015
Срез $R_{ср}$					
По неперевязанному сечению для кладки всех видов (касательное сцепление)	1,6	1,1	0,5	0,2	0,1
По перевязанному сечению для бутовой кладки	2,4	1,6	0,8	0,4	0,2
Главные растягивающие напряжения $R_{гл}$ по косой штрабе	1,2	0,8	0,4	0,2	0,1

1. Расчетные сопротивления кладки на цементных растворах принимаются на 25% ниже
2. Расчетные сопротивления кладки из дырчатого и щелевого кирпича и пустотелых бетонных камней принимаются на 25% выше.

3 При отношении глубины перевязки к высоте ряда кладки менее единицы расчетные сопротивления кладки осевому растяжению $R_р$ и растяжению при изгибе $R_{ри}$ по перевязанным сечениям для кладки из камней правильной формы принимаются равными величинам, указанным в таблице, умноженным на отношение глубины перевязки к высоте ряда.

Расчетные сопротивления кладки из кирпича и камней правильной формы осевому растяжению $R_р$, растяжению при изгибе $R_{ри}$, срезу $R_{ср}$ и главным растягивающим напряжениям при изгибе $R_{гл}$ в $кг/см^2$ по перевязанному сечению при разрушении по кирпичу или камню (по классу работы Б $m=1$ $m_к=1$)

Вид напряженного состояния	Марка камня								
	200	150	100	75	50	35	25	15	10
Осевое растяжение $R_р$	2,5	2,0	1,8	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,3
Растяжение при изгибе $R_{ри}$	4,0	3,0	2,5	2,0	1,6	1,2	1,0	0,7	0,5
Срез $R_{ср}$	10,0	8,0	6,5	5,5	4,0	3,0	2,0	1,4	0,9
Главные растягивающие напряжения при изгибе $R_{гл}$	4,0	3,0	2,5	2,0	1,6	1,2	1,0	0,7	0,5

Расчетные сопротивления $R_р$, $R_{ри}$, $R_{гл}$ отнесены ко всему сечению разрыва кладки.

Расчетные сопротивления $R_{ср}$ по перевязанному сечению отнесены только к сечению кирпича или камня в сечении среза, за вычетом вертикальных швов.

Расчетные сопротивления бутобетона осевому растяжению $R_р$, главным растягивающим напряжениям $R_{гл}$, растяжению при изгибе $R_{ри}$ и срезу $R_{ср}$ в $кг/см^2$ (по классу работы Б) ($m=1$ $m_к=1$)

Вид напряженного состояния	Марка бетона			
	100	75	50	35
Осевое растяжение $R_р$	1,6	1,4	1,2	1,0
Главные растягивающие напряжения $R_{гл}$	1,6	1,4	1,2	1,0
Растяжение при изгибе $R_{ри}$	2,2	2,0	1,8	1,6
Срез $R_{ср}$	2,5	2,2	2,0	1,6

Таблицы коэффициентов

1 Коэффициенты для расчета по классу работы А

Вид напряженного состояния и вид кладки	Обозначение напряжен. состоян	m_A
Сжатие кирпичной кладки	R	1,2
Сжатие кладки из керамических камней со щелевидными вертикальными пустотами	R	1,2
Сжатие кладки других видов	R	1,1
Осевое растяжение, растяжение при изгибе, срез, главные растягивающие напряжения для всех видов кладки	$R_p, R_{pи}, R_{ср}, R_{гл}$	1,1

2. Коэффициенты условий работы элементов каменных, армокаменных и комплексных конструкций при расчете их по несущей способности

Описание конструкций, условий работы и напряженного состояния	m
Элементы с площадью сечения $> 0{,}3\ м^2$	1,0
Элементы с площадью сечения $\leqslant 0{,}3\ м^2$	0,8
При проверке прочности конструкций незаконченного сооружения, а также при проверке прочности зимней кладки в стадии оттаивания и последующего твердения.	1,25
При расчете конструкций на нагрузки, которые будут приложены после длительного периода твердения кладки (более года):	
для кладки, работающей на сжатие;	1,10
для кладки на цементно-известковых растворах, работающей на растяжение, на изгиб и срез;	1,20
для кладки на цементно-глиняных растворах, работающей на растяжение изгиб и срез.	1,10
При расчете на сейсмические нагрузки:	
для кладки, работающей на сжатие;	1,10
для кладки на цементно-известковых растворах, работающей на растяжение, на изгиб и срез,	1,20
для кладки на цементно-глиняных растворах, работающей на растяжение, изгиб и срез.	1,10

3 Коэффициенты условий работы кладки из кирпича бетонных и природных камней

Вид кладки	$m_к$ Степень долговечности		
	I	II	III
Из кирпича и керамических камней.	1,0	1,0	1,0
Из бетонных камней на заполнителях из горных пород и на искусственных заполнителях: керамзите, шлаковой пемзе, топливных шлаках, агломерированных, гранулированных доменных шлаках, спекшихся кусковых шлаках от сжигания угля в пылевидном состоянии и на других качественных заполнителях заводского изготовления.	1,0	1,0	1,0
Из шлакобетонных камней на шлаках от сжигания антрацита и каменных углей в кусках.	0,9	1,0	1,0
Из шлакобетонных камней на шлаках от сжигания бурых и смешанных углей в кусках.	—	0,8	0,9
Из природных камней марки $\geqslant 50$.	1,0	1,0	1,0
Из природных камней марки $\leqslant 35$.	0,9	1,0	1,0
При защите кладки с наружной стороны облицовкой толщиной не менее 3,5 см из морозостойкого материала для всех кладок.	1,0	1,0	1,0

4 Коэффициенты условий работы кладки из гипсобетонных камней и грунтоматериалов (для III степени долговечности)

Вид кладки	Районы с сухим климатом		Прочие районы	
	Наружн. стены	Внутрен. стены	Наружн. стены	Внутрен. стены
Из гипсобетонных камней	0,7	0,8	0,5	0,8
То же с водостойкими добавками	0,5 + $+ 0{,}5\,K_{рз}$	0,7 + $+ 0{,}3\,K_{рз}$	0,7 + $+ 0{,}3\,K_{рз}$	0,8 + $+ 0{,}2\,K_{рз}$
Из грунтоматериалов не водостойких	0,7	0,8	0,5	0,8
Тоже с водостойкими добавками	0,9	1,0	0,8	1,0

Коэффициент размягчения $K_{рз} = R_{вл} : R_с$

$R_{вл}$ — предел прочности камней при сжатии в насыщенном водой состоянии после 24 часов насыщения

$R_с$ — предел прочности в состоянии естественной влажности

5. Коэффициенты условий работ армированной кладки

Описание конструкций	$m_к$
Конструкции с сетчатой арматурой	1,0
Конструкции с продольной арматурой :	
кладка без арматуры в сжатой зоне	1,0
кладка с арматурой в сжатой зоне	0,85
Комплексные конструкции	0,85
Конструкции, усиленные обоймами :	
кладка без повреждений	1,0
кладка частично разрушенная с трещинами	0,7

Описание конструкций	$m_б$
Комплексные конструкции	1,0
Конструкции, усиленные обоймами :	
без непосредственной передачи нагрузки на обойму	0,35
при передаче нагрузки на обойму с одной стороны	0,70
при двустороннем включении обоймы в совместную работу с кладкой	1,0

6 Коэффициенты для кладки из природных камней и бутовой кладки

Вид кладки	$m_к$
Кладки из природных камней : (КК 8, КК 9)	
из пиленых камней и камней чистой тески (выступ $\leq$ 2мм)	1,0
из камней получистой тески (выступы $\leq$ 10мм)	0,8
из камней грубой тески (выступы $\leq$ 20 мм)	0,7
из камней, грубо околотых, и из бута плитняка	0,6
бутовая кладка (КК – 10)	
из постелистого бутового камня	1,5
из отборного постелистого камня с приколом камней (особо тщательная кладка).	2,0
Кладка в возрасте 28 дней	0,8

7. Коэффициенты для определения $R_p, R_{pи}, R_{ср}, R_{см}$ для кладки из сплошных камней (см. КК-12)

Вид кладки	$m_к$
Кладка на цементных растворах	0,75
Кладка из дырчатого и щелевого кирпича	1,25
Кладка из пустотелых бетонных камней	1,25

8. Коэффициенты условий работы кладки по раскрытию трещин (швов кладки)

Условия работы кладки	$m_{тр}$ степень долговечности		
	I	II	III
Неармированная внецентренно нагруженная и растянутая кладка	1,5	2,0	3,0
Тоже с гидроизоляционной штукатуркой для конструкций, работающих на гидростатическое давление жидкости	1,2	1,5	2,0
Тоже с кислотоупорной штукатуркой или облицовкой на замазке на жидком стекле	0,8	1,0	1,0
Тоже с декоративной штукатуркой для конструкций с повышенной отделкой	1,2	1,2	—

Коэффициенты условий работы по раскрытию трещин при расчете продольно армированной кладки на внецентренное сжатие, изгиб, осевое и внецентренное растяжение и главные растягивающие напряжения принимаются по приведенной таблице с коэффициентами при $P \geq 0{,}10\%$ $K = 1{,}25$, при $P \leq 0{,}05\%$ $K = 1{,}00$.

При промежуточных значениях P — по интерполяции по формуле $K = 0{,}75 + 5P$

9. Коэффициенты условий работы зимней кладки

Условия работы кладки и вид кладки		$m'_к$
После 28 суток нормального твердения	Сжатие кладки из кирпича и камней правильной формы	1,0
	Сжатие бутовой кладки	0,8
	Растяжение, изгиб, срез по швам всех видов	0,5
	Кладка из кирпичных блоков	0,9
В стадии оттаивания	Кладка из кирпичных блоков	0,75

Приведенные расчетные сопротивления арматуры (для расчета по несущей способности) $\bar{R}_a = m_a m'_a R_a$

Описание конструкции и условий ее возведения	Марка стали	$\bar{R}_a$ кг/см²
1. Конструкции с сетчатой арматурой		
для летних условий	Ст.0	1360
	Ст.3	1470
	холоднотян	1800
для зимних условий в стадии оттаивания	Ст.0	680
	Ст.3	735
	холоднотян	900
для зимних условий после отвердения оттаявшей кладки (через 28 дней твердения при $t>0$)	Ст.0	910
	Ст.3	985
	холоднотян	1200
2 Конструкции с продольной арматурой		
3 Конструкции, усиленные включением Ж.Б. элементов (комплексные конструкции)		
для продольной арматуры	Ст.0	1700
" " "	Ст.3	1890
" " "	холоднотян.	3240
для отогнутой арматуры и хомутов	Ст.0	1360
" " "	Ст.3	1680
" " "	холоднотян.	2880
4 Анкера и связи в кладке		
на растворе 25 и выше	Ст.0	1530
" " "	Ст.3	1890
на растворе 10	Ст.0	1190
" " "	Ст.3	1470
на растворе 4	Ст.0	850
" " "	Ст.3	1050
5 Конструкции, усиленные обоймами		
для хомутов, спирали и поперечных планок	Ст.0	1360
" " " "	Ст.3	1470
" " " "	холоднотян.	1800
Для продольной арматуры и продольных элементов обойм – без непосредственной передачи нагрузки на обойму	Ст.0	340
	Ст.3	420
Тоже при передаче нагрузки на обойму с одной стороны	Ст.0	1020
	Ст.3	1260
Тоже при двустороннем включении обоймы в совместную работу с кладкой	Ст.0	1700
	Ст.3	1890

Приведенные расчетные сопротивления арматуры (Ст.0 ; Ст.3 и холоднотянутой) для продольно армированных изгибаемых и растянутых элементов в условиях агрессивной для арматуры среды

(при расчете по раскрытию трещин)

Условия работы	$\bar{R}_a$		
	Степень долговечности		
	I	II	III
Растяжение кладки в горизонтальном направлении (по перевязанному сечению)	450	600	600
Растяжение кладки в вертикальном направлении (по неперевязанному сечению)	250	350	350

Для продольно армированных емкостей при наличии специальных требований непроницаемости покрытий каменных конструкций значения m_a см НиТУ-120-55 ст 38

Коэффициенты линейного расширения кладки α_t

Материал кладки	α_t
Кирпич глиняный обыкновенный и пустотелая керамика	0,000005
Кирпич силикатный	0,000010
Камни бетонные	0,000010
Камни природные	0,000008

Коэффициенты трения

Материалы	Поверхность трения	
	сухая	влажная
Кладка по кладке или бетону	0,70	0,60
Дерево " " " "	0,60	0,50
Сталь " " " "	0,45	0,35
Кладка и бетон по песку, гравию	0,60	0,50
Тоже по суглинку	0,55	0,40
" " глине	0,50	0,30

Общие указания по расчету конструкций

Расчет каменных и армокаменных конструк-
-ций должен производиться:

а) по несущей способности (прочности и устойчивости) – для всех конструкций;

б) по деформациям – для конструкций, в которых величина деформаций может ограничить возможность их эксплуатации;

в) по образованию или раскрытию трещин – для конструкций, в которых по условиям эксплуатации образование трещин не допускается или их раскрытие должно быть ограничено.

Расчет по несущей способности производится на воздействие РАСЧЕТНЫХ НАГРУЗОК.

Расчет по деформациям производится на воздействие НОРМАТИВНЫХ НАГРУЗОК.

Расчет по образованию или раскрытию трещин производится на воздействие РАСЧЕТНЫХ или НОРМАТИВНЫХ НАГРУЗОК.

Расчет по несущей способности незаконченного сооружения производится на воздействие нормативной ветровой нагрузки.
Остальные нагрузки принимаются расчетные.

Расчет по деформациям и по образованию или раскрытию трещин производится для полного сечения элементов конструкций (без учета раскрытия швов в растянутой зоне), как для упругого тела.

При расчете по образованию или раскрытию трещин напряжения растяжения ограничиваются посредством умножения расчетных сопротивлений на соответствующие коэффициенты условий работы $m_{тр}$ и $m_{а}$.

Расчет элементов каменных конструкций по несущей способности

Центрально сжатые элементы

$$N \leq \varphi \bar{R} F \qquad \bar{R} = m m_к R$$

$\bar{R}$ – приведенное расчетное сопротивление

F – площадь сечения

φ – коэффициент продольного изгиба

N – расчетная продольная сила

Коэффициенты продольного изгиба φ

Приведенная гибкость		φ	Приведенная гибкость		φ	Приведенная гибкость		φ
$\beta_{пр}$	$\lambda_{пр}$		$\beta_{пр}$	$\lambda_{пр}$		$\beta_{пр}$	$\lambda_{пр}$	
4	14	0,99	15	52,5	0,77	34	118	0,39
5	17,5	0,98	16	56	0,74	36	125	0,36
6	21	0,96	17	59,5	0,72	38	132	0,34
7	24,5	0,94	18	63	0,70	40	139	0,32
8	28	0,92	20	70	0,65	42	146	0,30
9	31,5	0,90	22	76	0,61	44	153	0,28
10	35	0,88	24	83	0,56	46	160	0,26
11	38,5	0,86	26	90	0,53	48	166	0,24
12	42	0,84	28	97	0,49	50	173	0,23
13	45,5	0,81	30	104	0,45	52	180	0,22
14	49	0,79	32	111	0,42	54	187	0,21

Приведенная гибкость $\beta_{пр}$ или $\lambda_{пр}$

$$\beta_{пр} = \frac{l_0}{a}\sqrt{\frac{1000}{\alpha}} \qquad \lambda_{пр} = \frac{l_0}{z}\sqrt{\frac{1000}{\alpha}}$$

a – меньший размер прямоугольного сечения

z – радиус инерции сечения

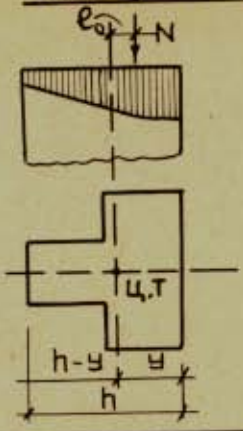
α – упругая характеристика кладки (см. КК5)

Расчетная высота конструкции l_0

Жесткость верхней опоры		l_0
Неподвижная верхняя опора		$l_0 = H$
Упругая верхняя опора	Однопролетное здание	$l_0 = 1{,}5H$
	Многопролетное здание	$l_0 = 1{,}25H$
Свободно стоящие конструкции при отсутствии анкерных связей их с перекрытиями или покрытиями		$l_0 = 2H$

H – расстояние между перекрытиями или другими горизонтальными опорами

Внецентренно сжатые элементы



При малом эксцентриситете

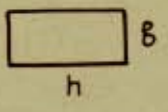
$e_0 \leq 0{,}45\,y$

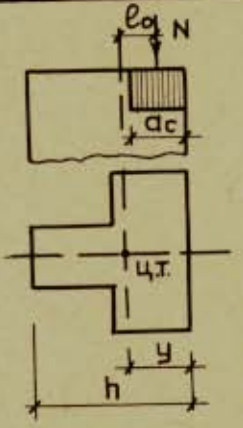
Любое сечение

$$N \leq \frac{\varphi \bar{R} F}{1+\frac{e_0}{h-y}}$$

Прямоугольное сечение

$$N \leq \frac{\varphi \bar{R} B h}{1+\frac{2e_0}{h}}$$





При большом эксцентриситете

$e_0 > 0{,}45\,y$

Любое сечение

$$N \leq \varphi_и \bar{R} F_c \sqrt[3]{\frac{F}{F_c}} \qquad \varphi_и = \frac{\varphi+\varphi_c}{2}$$

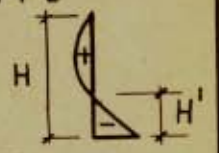
F_c – площадь сжатой части сечения при прямоугольной эпюре напряжений

φ – коэффициент продольного изгиба для всего сечения

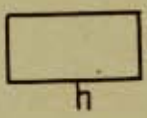
φ_c – коэффициент продольного изгиба для части площади сечения равной F_c определяемый для гибкости $\beta_c = \frac{H'}{a_c}$ или $\lambda_c = \frac{H'}{r_c}$

a_c и r_c – высота и радиус инерции площади F_c

H' – высота части элемента с однозначной эпюрой изгибающего момента. Разрешается при знакопеременной эпюре M принимать $H' = 0{,}5\,H$

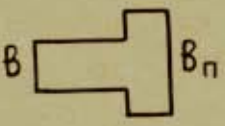


Прямоугольное сечение



$$F_c = Bh\left(1-\frac{2e_0}{h}\right) \qquad \beta_c = \frac{H'}{h-2e_0}$$

Тавровое сечение



$F_c = 2(y-e_0)B$ или $F_c = 2(y-e_0)B_п$

B или $B_п$ в зависимости от направления эксцентриситета

$$\beta_c = \frac{H'}{2(y-e_0)}$$

Если для основных сочетаний нагрузок $e_0 > 0{,}7\,y$ и если для дополнительных сочетании нагрузок $e_0 > 0{,}8\,y$, то требуется дополнительно расчет по раскрытию трещин.

Примеры

1. Требуется определить несущую способность кирпичного столба сечением 51×51 при проектировании по классу работы А, при условии, что нагрузка будет приложена после длительного периода твердения кладки. Марка кирпича 100, марка раствора 50, $R=15\ кг/см^2$, $\varphi=1$

$F=0{,}51\cdot 0{,}51=0{,}255\ м^2<0{,}3\ м^2$ $m=0{,}8$

$m_д=1{,}2$, $m_к=1{,}10$

$\bar{R}=m_д\cdot m\cdot m_к\ R=1{,}2\cdot 0{,}8\cdot 1{,}1\cdot R=1{,}06\cdot R=1{,}06\cdot 15=15{,}9\ кг/см^2$

$N=\varphi\bar{R}F=1\cdot 15{,}9\cdot 2550=40500\ кг=40{,}5\ т$

2. $N=50\ т$ $l_0=H=3{,}0\ м$ Требуется подобрать сечение кирпичного столба.

Задаемся сечением 64×64. Марка кирпича 100 марка раствора 50. $R=15\ кг/см^2$

$F=0{,}64\cdot 0{,}64=0{,}41\ м^2>0{,}3\ м^2$ $m=1$, $m_к=1$

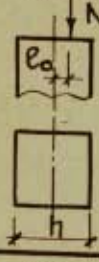
$\bar{R}=m\cdot m_к\ R=1\cdot 1\cdot R=R=15\ кг/см^2$

Упругая характеристика $\alpha=1000$

$$\beta_{пр}=\frac{l_0}{a}\sqrt{\frac{1000}{\alpha}}=\frac{3}{0{,}64}\cdot\sqrt{\frac{1000}{1000}}=4{,}7 \qquad \varphi=0{,}98$$

$N_{пр}=\varphi\bar{R}\cdot F=0{,}98\cdot 15\cdot 4100=60300\ кг$ $60{,}3\ т>50\ т$

3. Проверить столб примера 2 на нагрузку $N=40\ т$, приложенную с эксцентриситетом $l_0=0{,}1\ м$



$y=\frac{h}{2}=\frac{64}{2}=32\ см$ $0{,}45\ y=0{,}45\cdot 32=14{,}4\ см=0{,}144\ м$

$l_0<0{,}45\ y$ (случай малого эксцентриситета)

$\varphi=0{,}98$

$$N_{пр}=\frac{\varphi\bar{R}\,bh}{1+\frac{2l_0}{h}}=\frac{0{,}98\cdot 15\cdot 64\cdot 64}{1+\frac{2\cdot 0{,}1}{0{,}64}}=\frac{60300}{1{,}312}=46000_{кг}=46{,}0\ т$$

$N<N_{пр}$

4. Проверить столб примера 3 на нагрузку $N=25\ т$, приложенную с эксцентриситетом $l_0=0{,}2\ м$

$0{,}45\ y=0{,}144\ м$ $l_0>0{,}45\ y$ (случай большого эксцентриситета)

$H'=0{,}5\ H=0{,}5\cdot 3=1{,}5\ м$ $\beta_c=\frac{H'}{h-2l_0}=\frac{1{,}5}{0{,}64-2\cdot 0{,}2}=\frac{1{,}5}{0{,}24}=6{,}25$

$\varphi_c=0{,}955$ $\varphi_и=\frac{\varphi+\varphi_c}{2}=\frac{0{,}98+0{,}955}{2}=0{,}967$

$F_c=bh\left(1-\frac{2l_0}{h}\right)=64\cdot 64\left(1-\frac{2\cdot 0{,}2}{0{,}64}\right)=4100\cdot 0{,}375=1540\ см^2$

$$N_{пр}=\varphi_и\bar{R}\,F_c\sqrt[3]{\frac{F}{F_c}}=0{,}967\cdot 15\cdot 1540\sqrt[3]{\frac{4100}{1540}}=31000_{кг}=31{,}0\ т$$

$N<N_{пр}$

Изгибаемые элементы

$$M \leq \bar{R}_{ри} W \qquad \bar{R}_{ри} = m \cdot m_к R_{ри}$$

M – расчетный изгибающий момент

W – момент сопротивления сечения кладки при упругой ее работе

$\bar{R}_{ри}$ – приведенное расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по перевязанному сечению

Расчет на поперечную силу

$$Q \leq \bar{R}_{гл} \cdot b z \qquad \bar{R}_{гл} = m \cdot m_к R_{гл}$$

b – ширина сечения

z – плечо внутренней пары сил

для прямоугольного сечения $z = \frac{2}{3} h$,

где h – высота сечения

для любого сечения $z = \frac{J}{S}$,

где J – момент инерции сечения

S – статический момент верхней или нижней частей сечения относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения.

Центрально растянутые элементы

$$N \leq \bar{R}_р F \qquad \bar{R}_р = m \cdot m_к R_р$$

$\bar{R}_р$ – приведенное расчетное сопротивление кладки растяжению по перевязанному сечению

Проектирование каменных конструкций, работающих на центральное растяжение по неперевязанному сечению не допускается.

Срез

$$Q \leq m \cdot m_к (R_{ср} + 0{,}8 f \sigma_0) F$$

$R_р$ – расчетное сопротивление срезу

σ_0 – среднее напряжение сжатия при наименьшей расчетной продольной нагрузке (с коэффициентом перегрузки $n = 0{,}9$)

f – приведенный коэффициент трения по шву кладки:

для кладки из сплошного кирпича и сплошных камней правильной формы $f = 0{,}7$

для кладки из пустотелого кирпича и камней с вертикальными пустотами $f = 0{,}3$

Местное сжатие (смятие)

$$N \leq m m_к M \cdot R_{см} \cdot F_{см}$$

Расчетное сопротивление кладки при местном сжатии $R_{см}$

Вид кладки		$R_{см}$
Отвердевшая кладка (летняя)	Неармированная	$R_{см} = R\sqrt[3]{\frac{F}{F_{см}}} \leq 2R$
	Армированная сетками (принимается большее) из двух значений	$R_{см} \leq R\sqrt[3]{\frac{F}{F_{см}}}$ или $R_{см} \leq R_{ак}$
Неотвердевшая кладка (летняя) при прочности раствора 2 кг/см²	Неармированная	$R_{см} = R$
	Армированная сетками	$R_{см} = R_{ак}$

$F_{см}$ — Площадь сжатия, на которую передается нагрузка

F — Расчетная площадь сечения

$R_{ак}$ — Расчетное сопротивление армированной кладки (КК-32)

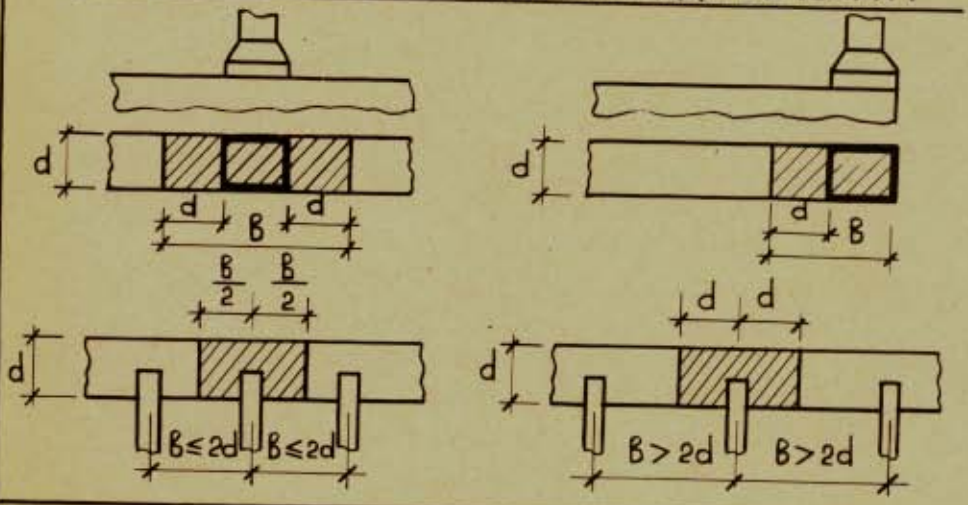
M — Коэффициент полноты эпюры давления от местной нагрузки

Коэффициентом полноты эпюры давления называется отношение объема эпюры давления к объему $\sigma_{max} F_{см}$, где σ_{max} — максимальная ордината эпюры давления.

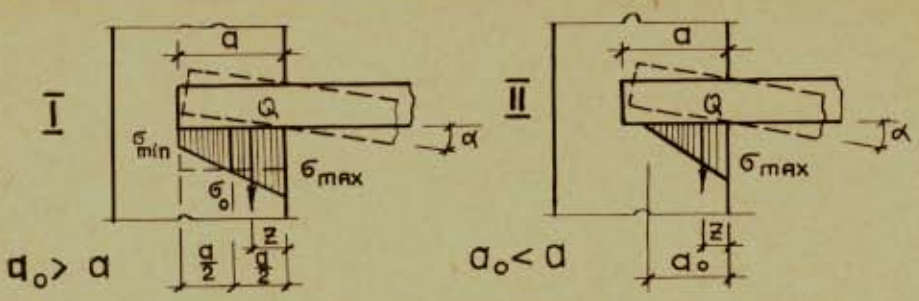
Значения M

Вид нагрузки	M
Равномерное распределение нагрузки	1.0
Треугольное распределение нагрузки	0,5

Определение расчетной площади сечения F



Расчет опирания концов прогонов и балок на кладку



a – действительная длина опоры

a_0 – полезная длина опоры

b – ширина балки или прокладной плиты под концом балки (при опирании на кладку плит перекрытия или сплошных настилов величина b принимается не более $\frac{1}{5}$ высоты этажа)

α – угол наклона оси балки на опоре

C – коэффициент постели кладки при местном сжатии

Q – расчетная опорная реакция балки

$C = \frac{50 R^н}{b} = \frac{100 R}{b}$	$a_0 = \sqrt{\frac{2Q}{C b \operatorname{tg}\alpha}} = \sqrt{\frac{Q}{50 R \operatorname{tg}\alpha}}$

Определение краевых напряжений

I Эпюра в виде трапеции	$\sigma_{max} = \sigma_0 + \frac{Ca}{2}\operatorname{tg}\alpha = \sigma_0 + \frac{a}{b} 50 R \operatorname{tg}\alpha$ $\sigma_{min} = \sigma_0 - \frac{Ca}{2}\operatorname{tg}\alpha = \sigma_0 - \frac{a}{b} 50 R \operatorname{tg}\alpha$ $\sigma_0 = \frac{Q}{ab}$
II Эпюра треугольная	$\sigma_{max} = 2\sigma_0 = \frac{2Q}{a_0 b}$ $\quad \sigma_0 = \frac{Q}{a_0 b}$

Расчет кладки под опорами прогонов и балок по прочности (местное сжатие)

$Q \leqslant m\, m_к \mathcal{M} R_{см} F_{см}$	$R_{см} = R\sqrt[3]{\frac{F}{F_{см}}} \leqslant 2R$		
I Эпюра в виде трапеции	$\mathcal{M} = \frac{1}{1 + \frac{a^2}{a_0^2}}$	$F_{см} = ab$	$z = \frac{a}{2}\left(1 - \frac{a^2}{3a_0^2}\right)$
II Эпюра треугольная	$\mathcal{M} = 0{,}5$	$F_{см} = a_0 b$	$z = \frac{a_0}{3}$

1 При проверке опирания концов прогонов (или балок) на свежую кладку принимается

$$c = \frac{35R^{н}}{в} = \frac{70R}{в},$$

где R – расчетное сопротивление кладки на растворе марки 2.

Если условия расчета по прочности свежей кладки не удовлетворены, рекомендуется на время начального твердения раствора постановка под концами прогонов временных инвентарных стоек.

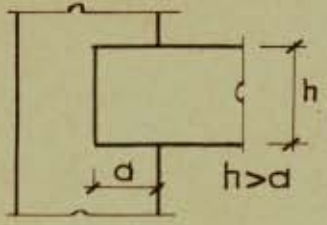
2. При определении $tg\alpha$ принимается шарнирное опирание прогона (или балки) с расположением опор посередине опорного конца прогона; при неразрезных прогонах промежуточные опоры принимаются расположенными по оси соответствующих столбов или внутренних стен.

Для свободно лежащих балок при равномерной нагрузке $tg\alpha = \frac{16}{5} \cdot \frac{f}{\ell}$,

где ℓ – пролет балки,

f – максимальный прогиб балки.

3 Если длина опорного конца балки – a меньше высоты балки – h ($a < h$), разрешается приближенно принимать треугольную эпюру с $a_0 = a$



4. При статическом расчете стен многоэтажных зданий в целях упрощения расчета (при отсутствии специальных опор, фиксирующих положение опорного давления) разрешается приближенно принимать

для настилов $z = \frac{1}{3}a$

для прогонов при $\frac{\ell}{h} \geqslant 10$ $z = \frac{1}{2{,}5}a$

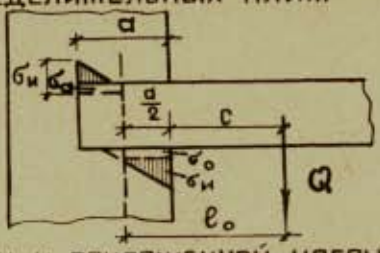
РАСЧЕТ ЗАДЕЛКИ КОНСОЛЬНЫХ БАЛОК

ЗАДЕЛКА БЕЗ УКЛАДКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПЛИТ

$$Q \leq \frac{m\, m_к\, R_{см}\, a\, B}{\frac{6e_o}{a}+1}$$

или

$$a \geq \frac{2Q}{R_{см}B} + \sqrt{\frac{6QC}{R_{см}B}}$$



Q – РАСЧЕТНАЯ СИЛА ОТ ВЕСА БАЛКИ И ПРИЛОЖЕННОЙ НАГРУЗКИ

a – ГЛУБИНА ЗАДЕЛКИ БАЛКИ В КЛАДКУ

B – ШИРИНА ПОЛОК БАЛКИ

e_o – ЭКСЦЕНТРИСИТЕТ СИЛЫ Q ОТНОСИТЕЛЬНО СЕРЕДИНЫ ЗАДЕЛКИ

C – РАССТОЯНИЕ СИЛЫ Q ОТ ПЛОСКОСТИ СТЕНЫ

Если заделка конца балки (a) не удовлетворяет требованию расчета по приведенным формулам (для Q или a), необходима укладка распределительных плит, или только снизу балки с наружной стороны или снизу и сверху

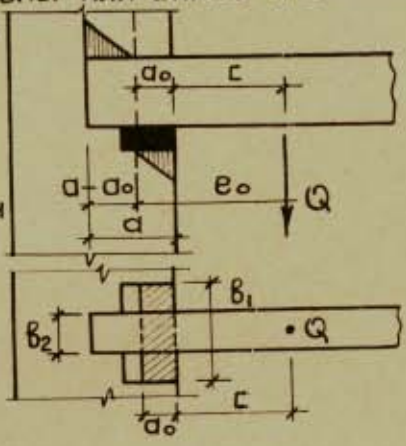
По напряжениям смятия кладки под балкой

$$Q \leq \frac{m\, m_к\, R_{см}\, a\, B_1}{\frac{3e_o}{a}\left(1+\frac{B_1}{B_2}\right)+\sqrt{\frac{B_1}{B_2}}}$$

По напряжениям смятия кладки над балкой

$$Q \leq \frac{m\, m_к\, R_{см}\, a\, B_2}{\frac{3e_o}{a}\left(1+\frac{B_2}{B_1}\right)-\sqrt{\frac{B_2}{B_1}}}$$

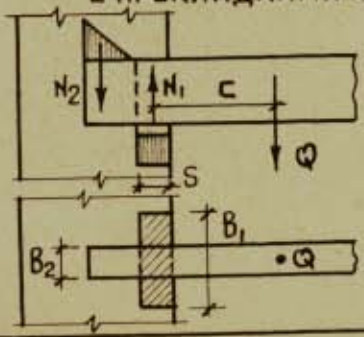
$$a_o = \frac{a}{1+\sqrt{\frac{B_1}{B_2}}} \qquad e_o = C + a_o$$

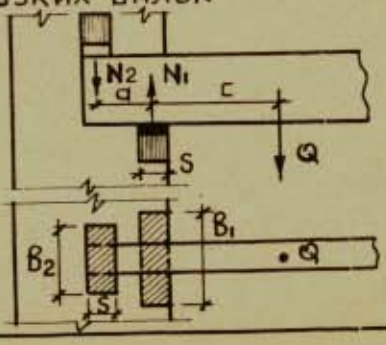


B_1 – ШИРИНА ПЛИТЫ ПОД БАЛКОЙ

B_2 – ШИРИНА ПЛИТЫ НАД БАЛКОЙ ИЛИ ШИРИНА БАЛКИ (ПРИ ОТСУТСТВИИ ПЛИТЫ СВЕРХУ)

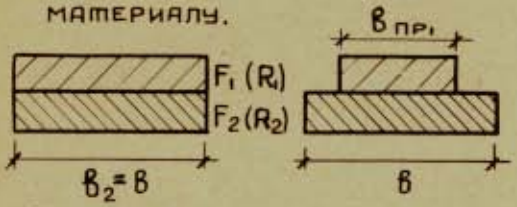
Статические схемы для расчета заделки концов балок с прокладками в виде узких балок





Расчет многослойных стен

1. При расчете многослойных стен ось стены принимается по центру тяжести сечения, приведенного к одному материалу.



$$B_{пр_1} = B \frac{R_1}{R_2}$$

R_2 – расчетное сопротивление слоя, к материалу которого приводится сечение.

При приведении сечения толщина слоев принимается фактическая, а ширина слоев изменяется пропорционально отношению расчетных сопротивлений отдельных слоев кладки или бетона.

2. Расчет многослойных стен с симметричным и несимметричным расположением слоев производится по приведенному расчетному сопротивлению $R_{пр}$

$$R_{пр} = \frac{m_1 R_1 F_1 + m_2 R_2 F_2}{F_1 + F_2}$$

F_1 и F_2 – площади сечений отдельных слоев

R_1 и R_2 – расчетные сопротивления отдельных слоев (для бетонов марки 35 и выше принимается расчетное сопротивление осевому сжатию; для бетонов марки ниже 35 принимается 0,5 от марки бетона)

m_1 и m_2 – коэффициенты условия работы, учитывающие использование прочности материалов отдельных слоев

Значения коэффициентов m_1 и m_2

Тип кладки	Для слоев из кирпичн. кладки	Для слоев из других материал.
Кирпичная кладка с применением:		
легкого бетона марки 10 и выше	1,0	0,6
камней марки 25 и выше	0,9	1,0
" " 15 "	1,0	0,9
" " ниже 15	1,0	0,5

Стены с засыпками, с заполнением из бетона марки 7 и ниже и с односторонним утеплением легким бетоном марки 15 и ниже расчитываются по сечению кладки без учета несущей способности заполнителя. Заполнение учитывается только как нагрузка с соответствующим эксцентриситетом

3. Расчет на центральное сжатие

$$N \leq m m_к m_о \varphi R_{пр} F$$

F – общая площадь сечения несущих слоев

$R_{пр}$ – приведенное расчетное сопротивление

φ – коэффициент продольного изгиба

$m_о$ – коэффициент условия работы, учитывающий влияние перевязки при центральном сжатии

Значение коэффициента $m_о$

Тип кладки, тип перевязки	$m_о$
Для колодцевой кладки	1,0
При перевязке кладки прокладными рядами:	
через 3–5 рядов кирпичной кладки ($\leq$ 40 см)	1,0
через 2 ряда кладки из камней ($\leq$ 40 см)	1,0
через 6–8 рядов кирпичной кладки ($\leq$ 62 см)	0,9
через 3 ряда кладки из камней ($\leq$ 62 см)	0,9

4. Расчет на внецентренное сжатие

при малых эксцентриситетах ($e_о \leq 0{,}45y$)

$$N \leq \frac{m m_к m_и \varphi R_{пр} F}{1 + \frac{e_о}{h - y}}$$

при больших эксцентриситетах ($e_о > 0{,}45y$)

$$N \leq m m_к m_и R_{пр} F \sqrt[3]{\left(\frac{F_{с.пр}}{F_{пр}}\right)^2}$$

$e_о$ – эксцентриситет относительно оси приведенного сечения

h – высота сечения

y – расстояние от центра тяжести приведенного сечения до края сечения в сторону эксцентриситета

$F_{пр}$ – площадь сечения, приведенного к одному материалу

$F_{с.пр}$ – часть площади приведенного сечения, уравновешивающая внецентренно приложенную силу при прямоугольной эпюре напряжений

$$F_{с.пр} \simeq 2 b_{пр} (y - e_о)$$

$$\varphi_и = \frac{\varphi_{пр} + \varphi_{с.пр}}{2}$$

$\varphi_{пр}$ – коэффициент продольного изгиба для сечения $F_{пр}$

$\varphi_{с.пр}$ – коэффициент продольного изгиба для сечения $F_{с.пр}$ (приближенно $\varphi_{с.пр}$ может определяться для гибкости $\beta_с = \frac{H'}{2(y - e_o)}$). (см КК 22)

$в_{пр}$ – ширина более сжатого края приведенного сечения

$m_и$ – коэффициент условий работы, учитывающий влияние перевязки при внецентренном сжатии

$$m_и = m_o\left(1 - \frac{e_o}{4y}\right)$$

В многослойных кладках с облицовками эксцентриситет продольной силы e_o, направленный в сторону облицовки, не должен превышать 0,5 y.

При расчете многослойных кладок с тычковой перевязкой и различными заполнителями или с металлическими связями и заполнением из бетона марки 7 и выше коэффициенты продольного изгиба принимаются по упругой характеристике кладки наружных стенок, как для сплошного сечения стены.

При различном материале наружных стенок принимается более низкое значение упругой характеристики кладки.

В кладках с облицовками при толщине облицовочного слоя менее 10 % от общей толщины стены коэффициент продольного изгиба принимается по упругой характеристике основного материала стен, а гибкость – по общей толщине стены с облицовкой.

В многослойных стенах с металлическими связями (без тычковой перевязки) с засыпками, термовкладышами или заполнением бетоном марки ниже 7 каждая ветвь кладки принимается работающей самостоятельно на приложенные к ней нагрузки. Коэффициент продольного изгиба принимается как средняя величина из двух значений φ, определенных для всей толщины стены и для одной (более тонкой) наружной стенки.

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ АРМОКАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ.

А. Элементы с сетчатым армированием

Сетчатое армирование применяется только для кладки из кирпича и семищелевых керамических камней.

1. Центрально сжатые элементы

$$N \leq \varphi \bar{R}_{ak} F \qquad \bar{R}_{ak} = m m_k R_{ak}$$

$\bar{R}_{ak}$ – приведенное расчетное сопротивление армированной кладки

R_{ak} – расчетное сопротивление армированной кладки

φ – коэффициент продольного изгиба

F – площадь сечения

N – расчетная продольная сила

$$R_{ak} = R + \Delta R$$

R – расчетное сопротивление неармированной кладки

ΔR – добавка, зависящая от армирования

$$\Delta R = \frac{2 p R_a}{100}$$ при марке раствора ≥ 50

$$\Delta R = \frac{2 p R_a}{100} \cdot \frac{R}{R_{50}}$$ при марке раствора < 50

R_{50} – расчетное сопротивление кладки при марке раствора 50

$\bar{R}_a$ – приведенное расчетное сопротивление арматуры (см КК-18)

p – процент армирования по объему

$$p = \frac{V_a}{V_k} \cdot 100$$

V_a – объем арматуры, V_k – объем кладки.

Для сеток с квадратными ячейками из арматуры f_a с размером ячейки C при расстоянии между сетками по высоте S

$$p = \frac{2 f_a}{CS} \cdot 100 \quad \text{и} \quad \Delta R = \frac{4 f_a}{CS} \bar{R}_a \left(\text{при марке раствора} \geq 50\right)$$

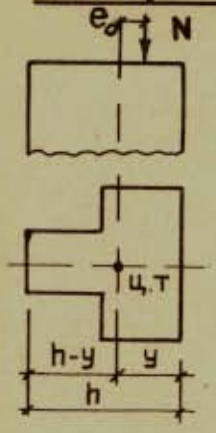
Максимальное значение расчетного сопротивления кладки с сетчатым армированием

$$R_{ak} \leq 2R$$

Упругая характеристика кладки с сетчатым армированием

$$\alpha_a = K\alpha \; ; \; K = \frac{1}{1 + 3p} \quad (\text{см КК-5})$$

ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ



ПРИ МАЛОМ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТЕ,

НЕ ВЫХОДЯЩЕМ ЗА ПРЕДЕЛЫ ЯДРА СЕЧЕНИЯ

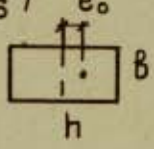
ЛЮБОЕ СЕЧЕНИЕ

$$N \leq \frac{\varphi m m_к R_{аки} F}{1 + \frac{e_0}{h-y}}$$

ПРЯМОУГОЛЬНОЕ СЕЧЕНИЕ

$e_0 \leq 0{,}167h \quad \left(e_0 \leq \frac{h}{6}\right)$

$$N \leq \frac{\varphi m m R_{аки} \beta h}{1 + \frac{2e_0}{h}}$$



$R_{аки}$ – РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СЖАТИЮ АРМИРОВАННОЙ КЛАДКИ ПРИ ВНЕЦЕНТРЕННОМ СЖАТИИ

$$R_{аки} = R + \Delta R_и$$

R – РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ НЕАРМИРОВАННОЙ КЛАДКИ

$\Delta R_и = \frac{2P\bar{R}_a}{100}\left(1 - \frac{2e_0}{y}\right)$ – ПРИ МАРКЕ РАСТВОРА ≥ 50

$\Delta R = \frac{2P\bar{R}_a}{100}\left(1 - \frac{2e_0}{y}\right)\cdot\frac{R}{R_{50}}$ – ПРИ МАРКЕ РАСТВОРА < 50

R_{50} – РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ КЛАДКИ ПРИ МАРКЕ РАСТВОРА 50

$\bar{R}_a$ – ПРИВЕДЕННОЕ РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ АРМАТУРЫ (см КК 18)

P – ПРОЦЕНТ АРМИРОВАНИЯ ПО ОБЪЕМУ

$$P = \frac{V_a}{V_k} 100$$

V_a – ОБЪЕМ АРМАТУРЫ, V_k – ОБЪЕМ КЛАДКИ

ДЛЯ СЕТОК С КВАДРАТНЫМИ ЯЧЕЙКАМИ ИЗ АРМАТУРЫ f_a С РАЗМЕРОМ ЯЧЕЙКИ C ПРИ РАССТОЯНИИ МЕЖДУ СЕТКАМИ ПО ВЫСОТЕ S

$$P = \frac{2f_a}{cs} 100 \qquad \Delta R = \frac{4f_a}{cs}\bar{R}_a\left(1 - \frac{2e}{y}\right)$$

ПРИ МАРКЕ РАСТВОРА ≥ 50

ПРИ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТАХ, ВЫХОДЯЩИХ ЗА ГРАНИЦЫ ЯДРА СЕЧЕНИЯ, СЕТЧАТОЕ АРМИРОВАНИЕ МАЛО ЭФФЕКТИВНО, А ПРИ БОЛЬШИХ ЭКСЦЕНТИСИТЕТАХ ($e_0 > 0{,}45y$) СЕТЧАТОЕ АРМИРОВАНИЕ НЕ ПОВЫШАЕТ ПРОЧНОСТИ КЛАДКИ, И РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТСЯ ПО ФОРМУЛАМ ДЛЯ НЕАРМИРОВАННОЙ КЛАДКИ.

Таблицы значений „ΔR" для кладки с сетчатым армированием

(для марки раствора ≥ 50) **Арматура марки Ст.3** (для летней кладки)

$R_{ak} = R + \Delta R$

S / C	ф 3						ф 4						ф 5						ф 6					
	7,5	15	22,5	30	37,5	45	7,5	15	22,5	30	37,5	45	7,5	15	22,5	30	37,5	45	7,5	15	22,5	30	37,5	45
3 см	18,6	9,3	6,2	4,6	3,7	3,1	—	16,5	11,0	8,2	6,6	5,5	—	25,6	17,0	12,8	10,2	8,5	—	—	24,6	18,5	14,8	12,3
4 „	13,9	7,0	4,6	3,5	—	—	24,7	12,3	8,2	6,2	4,9	4,1	—	19,2	12,8	9,6	7,7	6,4	—	27,7	18,5	13,9	11,1	9,2
5 „	11,1	5,6	3,7	—	—	—	19,8	9,9	6,6	4,9	3,9	3,3	—	15,4	10,2	7,7	6,1	5,1	—	22,2	14,8	11,1	8,9	7,4
6 „	9,3	4,6	3,1	—	—	—	16,5	8,2	5,5	4,1	3,3	—	26,6	13,3	8,8	6,6	5,3	4,4	—	18,5	12,3	9,2	7,4	6,2
8 „	7,0	3,5	—	—	—	—	12,3	6,2	4,1	3,1	—	—	19,2	9,6	6,4	4,8	3,8	3,2	27,7	13,9	9,2	6,9	5,5	4,6
10 см	5,6	—	—	—	—	—	9,9	4,9	3,3	—	—	—	15,4	7,7	5,1	3,8	3,1		22,2	11,1	7,4	5,5	4,4	3,7

Арматура — холоднотянутая проволока

S / C	ф 3						ф 4						ф 5						ф 6					
	7,5	15	22,5	30	37,5	45	7,5	15	22,5	30	37,5	45	7,5	15	22,5	30	37,5	45	7,5	15	22,5	30	37,5	45
3 см	22,7	11,4	7,6	5,7	4,5	3,8	—	20,2	13,4	10,1	8,1	6,7	—	31,3	20,9	15,7	12,5	10,4	—	—	30,1	22,6	18,1	15,1
4 „	17,0	8,5	5,7	4,3	—	—	30,2	15,1	10,1	7,6	6,0	5,0	—	23,5	15,7	11,8	9,4	7,8	—	34,0	22,6	17,0	13,6	11,3
5 „	13,6	6,8	4,5	—	—	—	24,2	12,1	8,1	6,0	4,8	4,0	—	18,8	12,5	9,4	7,5	6,3	—	27,2	18,1	13,6	10,9	9,1
6 „	11,4	5,7	3,8	—	—	—	20,2	10,1	6,7	5,0	4,0	—	32,5	16,3	10,8	8,1	6,5	5,4	—	22,6	15,1	11,3	9,0	7,5
8 „	8,5	4,3	—	—	—	—	15,1	7,6	5,0	3,8	—	—	23,5	11,8	7,8	5,9	4,7	3,9	34,0	16,9	11,3	8,5	6,8	5,7
10 „	6,8	—	—	—	—	—	12,1	6,0	4,0	—	—	—	18,8	9,4	6,3	4,7	3,8	—	27,2	13,6	9,0	6,8	5,4	4,6

Таблица значений процента армирования P; $P = \frac{2 f_a}{CS} \cdot 100$: $P_{max} = 10\%$ $R_{min} = 0{,}1\%$

C \ S	ф 3						ф 4						ф 5						ф 6					
	7,5	15	22,5	30	37,5	45	7,5	15	22,5	30	37,5	45	7,5	15	22,5	30	37,5	45	7,5	15	22,5	30	37,5	45
3 см	0,63	0,32	0,21	0,16	0,13	0,11	—	0,56	0,37	0,28	0,22	0,19	—	0,87	0,58	0,44	0,35	0,29	—	—	0,84	0,63	0,50	0,42
4 "	0,47	0,24	0,16	0,12	—	—	0,84	0,42	0,28	0,21	0,17	0,14	—	0,65	0,44	0,33	0,26	0,22	—	0,94	0,63	0,47	0,38	0,31
5 "	0,38	0,19	0,13	—	—	—	0,67	0,34	0,22	0,17	0,13	0,11	—	0,52	0,35	0,26	0,21	0,17	—	0,75	0,50	0,38	0,30	0,25
6 "	0,32	0,16	0,11	—	—	—	0,56	0,28	0,19	0,14	0,11	—	0,90	0,45	0,30	0,23	0,18	0,15	—	0,63	0,42	0,31	0,25	0,21
8 "	0,24	0,12	—	—	—	—	0,42	0,21	0,14	0,11	—	—	0,65	0,33	0,22	0,16	0,13	0,11	0,94	0,47	0,31	0,23	0,19	0,16
10см	0,19	—	—	—	—	—	0,34	0,17	0,11	—	—	—	0,52	0,26	0,17	0,13	0,10	—	0,75	0,38	0,25	0,19	0,15	0,13

Таблица значений величин $\frac{1}{\sqrt{K}}$ для определения φ_a по $\beta_{пра}$; $K = \frac{1}{1+3P}$; $\beta_{пра} = \beta_{пр} \cdot \frac{1}{\sqrt{K}}$

C \ S	ф 3						ф 4						ф 5						ф 6					
	7,5	15	22,5	30	37,5	45	7,5	15	22,5	30	37,5	45	7,5	15	22,5	30	37,5	45	7,5	15	22,5	30	37,5	45
3 см	1,70	1,40	1,28	1,22	1,18	1,15	—	1,64	1,45	1,36	1,29	1,25	—	1,90	1,65	1,52	1,43	1,37	—	—	1,88	1,70	1,58	1,50
4 "	1,55	1,31	1,22	1,17	—	—	1,88	1,50	1,36	1,28	1,23	1,19	—	1,72	1,52	1,41	1,33	1,29	—	1,95	1,70	1,55	1,46	1,39
5 "	1,46	1,25	1,18	—	—	—	1,73	1,42	1,29	1,23	1,18	1,15	—	1,60	1,43	1,33	1,28	1,23	—	1,80	1,58	1,46	1,38	1,32
6 "	1,40	1,22	1,15	—	—	—	1,64	1,36	1,25	1,19	1,15	—	1,92	1,53	1,38	1,30	1,24	1,21	—	1,70	1,50	1,39	1,32	1,28
8 "	1,31	1,17	—	—	—	—	1,50	1,28	1,19	1,15	—	—	1,72	1,41	1,29	1,22	1,18	1,15	1,95	1,55	1,39	1,30	1,25	1,22
10см	1,25	—	—	—	—	—	1,42	1,23	1,15	—	—	—	1,60	1,33	1,23	1,18	1,14	—	1,80	1,46	1,32	1,25	1,21	1,18

Таблица значений $R_{ак}$ для кладки с сетчатым армированием холоднотянутой проволокой $\phi 4$ мм
(для летней кладки, марка раствора ≥ 50, по классу работы Б)

Марка кирпича	Марка раствора	R неармированной кладки	S в см: 7,5	15	22,5	30	37,5	45
			сетка 3×3 см					C=3 см
150	100	22	—	42,2	35,4	32,1	30,1	28,7
	75	20	—	40,0	33,4	30,1	28,1	26,7
	50	18	—	36,0	31,4	28,1	26,1	24,7
100	100	18	—	36,0	31,4	28,1	26,1	24,7
	75	17	—	34,0	30,4	27,1	25,1	23,7
	50	15	—	30,0	28,4	25,1	23,1	21,7
75	100	15	—	30,0	28,4	25,1	23,1	21,7
	75	14	—	28,0	27,4	24,1	22,1	20,7
	50	13	—	26,0	26,0	23,1	21,1	19,7
			сетка 6×6 см					C=6 см
150	100	22	42,2	32,1	28,7	27,0	26,0	22,0
	75	20	40,0	30,1	26,7	25,0	24,0	20,0
	50	18	36,0	28,1	24,7	23,0	22,0	18,0
100	100	18	36,0	28,1	24,7	23,0	22,0	18,0
	75	17	34,0	27,1	23,7	22,0	21,0	17,0
	50	15	30,0	25,1	21,7	20,0	19,0	15,0
75	100	15	30,0	25,1	21,7	20,0	19,0	15,0
	75	14	28,0	24,1	20,7	19,0	18,0	14,0
	50	13	26,0	23,1	19,7	18,0	17,0	13,0

Марка кирпича	Марка раствора	S в см: 7,5	15	22,5	30	37,5	45
		сетка 4×4 см					C=4 см
150	100	44,0	37,1	32,1	29,6	28,0	27,0
	75	40,0	35,1	30,1	27,6	26,0	25,0
	50	36,0	33,1	28,1	25,6	24,0	23,0
100	100	36,0	33,1	28,1	25,6	24,0	23,0
	75	34,0	32,1	27,1	24,6	23,0	22,0
	50	30,0	30,0	25,1	22,6	21,0	20,0
75	100	30,0	30,0	25,1	22,6	21,0	20,0
	75	28,0	28,0	24,1	21,6	20,0	19,0
	50	26,0	26,0	23,1	20,6	19,0	18,0
		сетка 8×8 см					C=8 см
150	100	37,1	29,6	27,0	25,8	22,0	22,0
	75	35,1	27,6	25,0	23,8	20,0	20,0
	50	33,1	25,6	23,0	21,8	18,0	18,0
100	100	33,1	25,6	23,0	21,8	18,0	18,0
	75	32,1	24,6	22,0	20,8	17,0	17,0
	50	30,0	22,6	20,0	18,8	15,0	15,0
75	100	30,0	22,6	20,0	18,8	15,0	15,0
	75	28,0	21,6	19,0	17,8	14,0	14,0
	50	26,0	20,6	18,0	16,8	13,0	13,0

Марка кирпича	Марка раствора	S в см: 7,5	15	22,5	30	37,5	45
		сетка 5×5 см					C=5 см
150	100	44,0	34,1	30,1	28,0	26,8	26,0
	75	40,0	32,1	28,1	26,0	24,8	24,0
	50	36,0	30,1	26,1	24,0	22,8	22,0
100	100	36,0	30,1	26,1	24,0	22,8	22,0
	75	34,0	29,1	25,1	23,0	21,8	21,0
	50	30,0	27,1	23,1	21,0	19,8	19,0
75	100	30,0	27,1	23,1	21,0	19,8	19,0
	75	28,0	26,1	22,1	20,0	18,8	18,0
	50	26,0	25,1	21,1	19,0	17,8	17,0
		сетка 10×10 см					C=10 см
150	100	34,1	28,0	26,0	22,0	22,0	22,0
	75	32,1	26,0	24,0	20,0	20,0	20,0
	50	30,1	24,0	22,0	18,0	18,0	18,0
100	100	30,1	24,0	22,0	18,0	18,0	18,0
	75	29,1	23,0	21,0	17,0	17,0	17,0
	50	27,1	21,0	19,0	15,0	15,0	15,0
75	100	27,1	21,0	19,0	15,0	15,0	15,0
	75	26,1	20,0	18,0	14,0	14,0	14,0
	50	25,1	19,0	17,0	13,0	13,0	13,0

Таблица значений $R_{ак}$ для кладки с сетчатым армированием холоднотянутой проволокой ϕ5мм (для летней кладки, марка раствора ≥50, по классу работы Б)

Марка кирпича	Марка раствора	R неармиров. кладки	S в см						S в см						S в см					
			7,5	15	22,5	30	37,5	45	7,5	15	22,5	30	37,5	45	7,5	15	22,5	30	37,5	45
			Сетка 3×3см С=3см						Сетка 4×4см С=4см						Сетка 5×5см С=5см					
150	100	22	—	44,0	42,9	37,7	34,5	32,4	—	44,0	37,7	33,8	31,4	29,8	—	40,8	34,5	31,4	29,5	28,3
	75	20	—	40,0	40,0	35,7	32,5	30,4	—	40,0	35,7	31,8	29,4	27,8	—	38,8	32,5	29,4	27,5	26,3
	50	18	—	36,0	36,0	33,7	30,5	28,4	—	36,0	33,7	29,8	27,4	25,8	—	36,0	30,5	27,4	25,5	24,3
100	100	18	—	36,0	36,0	33,7	30,5	28,4	—	36,0	33,7	29,8	27,4	25,8	—	36,0	30,5	27,4	25,5	24,3
	75	17	—	34,0	34,0	32,7	29,5	27,4	—	34,0	32,7	28,8	26,4	24,8	—	34,0	29,5	26,4	24,5	23,3
	50	15	—	30,0	30,0	30,0	27,5	25,4	—	30,0	30,0	26,8	24,4	22,8	—	30,0	27,5	24,4	22,5	21,3
75	100	15	—	30,0	30,0	30,0	27,5	25,4	—	30,0	30,0	26,8	24,4	22,8	—	30,0	30,0	24,4	22,5	21,3
	75	14	—	28,0	28,0	28,0	26,5	24,4	—	28,0	28,0	25,8	23,4	21,8	—	28,0	28,0	23,4	21,5	20,3
	50	13	—	26,0	26,0	26,0	25,5	23,4	—	26,0	26,0	24,8	22,4	20,8	—	26,0	25,5	22,4	20,5	19,3
			Сетка 6×6 С=6см						Сетка 8×8см С=8см						Сетка 10×10см С=10см					
150	100	22	44,0	38,3	32,8	30,1	28,5	27,4	44,0	33,8	29,8	27,9	26,7	25,9	44,0	31,4	28,3	26,7	25,8	22,0
	75	20	40,0	36,3	30,8	28,1	26,5	25,4	40,0	31,8	27,8	25,9	24,7	23,9	38,8	29,4	26,3	24,7	23,8	20,0
	50	18	36,0	34,3	28,8	26,1	24,5	23,4	36,0	29,8	25,8	23,9	22,7	21,9	36,0	27,4	24,3	22,7	21,8	18,0
100	100	18	36,0	34,3	28,8	26,1	24,5	23,4	36,0	29,8	25,8	23,9	22,7	21,9	36,0	27,4	24,3	22,7	21,8	18,0
	75	17	34,0	33,3	27,8	25,1	23,5	22,4	34,0	28,8	24,8	22,9	21,7	20,9	34,0	26,4	23,3	21,7	20,8	17,0
	50	15	30,0	30,0	25,8	23,1	21,5	20,4	30,0	26,8	22,8	20,9	19,7	18,9	30,0	24,4	21,3	19,7	18,8	15,0
75	100	15	30,0	30,0	25,8	23,1	21,5	20,4	30,0	26,8	22,8	20,9	19,7	18,9	30,0	24,4	21,3	19,7	18,8	15,0
	75	14	28,0	28,0	24,8	22,1	20,5	19,4	28,0	25,8	21,8	19,9	18,7	17,9	28,0	23,4	20,3	18,7	17,8	14,0
	50	13	26,0	26,0	23,8	21,1	19,5	18,4	26,0	24,8	20,8	18,9	17,7	16,9	26,0	22,4	19,3	17,7	16,8	13,0

ПРИМЕРЫ

1 Простенок сечением 51×103. $e_0=H=3{,}0$ м $N=100$ т
Марка кирпича 100, марка раствора 50. $R=15$ кг/см²
Определим несущую способность неармированного простенка
$m=1$, $m_к=1$ $\bar{R}=R=15$ кг/см² $F=51\cdot103=5253$ см²
$\alpha=750$ $\beta_{пр}=\frac{3}{0{,}51}\sqrt{\frac{1000}{750}}=6{,}8$ $\varphi=0{,}94$
$N_{пр}=\varphi\bar{R}F=0{,}94\cdot15\cdot5253=74000$ кг $=74{,}0$ т $N_{пр}<N$
Применяем сетчатое армирование. Армируем сеткой с ячейкой 4×4 ($C=4$) из холоднотянутой проволоки ф4 через 3 ряда кладки ($S=30$ см)
Находим $\Delta R=\frac{4f_a}{cs}\bar{R}_a$ по таблице (КК-34) $\Delta R=7{,}6$ кг/см²
$R_{ак}=R+\Delta R=15{,}0+7{,}6=22{,}6$ кг/см²
$R_{ак}$ можно определить по таблице (КК-36) $R_{ак}=22{,}6$ кг/см²
По таблице (КК-35) $P=0{,}21$ $\frac{1}{\sqrt{k}}=1{,}28$ $\beta_{пр_а}=6{,}8\cdot1{,}28=8{,}7$ $\varphi=0{,}90$
$N_{пр}=\varphi\bar{R}_{ак}F=0{,}9\cdot22{,}6\cdot5253=107000$ кг $=107$ т $N_{пр}>N$

2. Тотже простенок что и в примере 1 $N=145$ т.
Армируем той же сеткой через 1 ряд ($S=15$)
Из таблиц находим: $R_{ак}=30{,}0$ кг/см² $P=0{,}42$, $\frac{1}{\sqrt{k}}=1{,}5$ $\beta_{пр_а}=6{,}8\cdot1{,}5=10{,}2$ $\varphi=0{,}88$
$N_{пр}=\varphi\bar{R}_{ак}F=0{,}88\cdot30{,}05253=139000$ кг $=139{,}0$ т $N_{пр}<N$
Армируем той же сеткой в каждом ряду ($S=7{,}5$) марка раствора 75
Из таблиц находим: $R_{ак_{max}}=34{,}0$ кг/см² $P=0{,}84$ $\frac{1}{\sqrt{k}}=1{,}88$ $\beta_{пр_а}=6{,}8\cdot1{,}88=12{,}7$ $\varphi=0{,}81$
$N_{пр}=\varphi\bar{R}_{ак}F=0{,}81\cdot34{,}0\cdot5253=145000$ кг $=145{,}0$ т $N_{пр}=N$

3. Кирпичный столб сечением 64×64. $e_0=H=3{,}0$ м $N=55$ т $e_0=0{,}1$ м
Марка кирпича 100. Марка раствора 50. $m=1$ $m_к=1$
$\bar{R}=R=15$ кг/см² $F=64\cdot64=4100$ см² $\alpha=750$
$\beta=\frac{3}{0{,}64}\sqrt{\frac{1000}{750}}=5{,}4$ $\varphi=0{,}97$
Определяем несущую способность неармированной кладки при $e_0=0$
$N_{пр}=\varphi\bar{R}F=0{,}97\cdot15\cdot4100=60000$ кг $=60{,}0$ т
Вычисляем величину: $0{,}167h=0{,}167\cdot0{,}64=0{,}107$ м
$e_0<0{,}167h$ (случай малого эксцентриситета)
Задаемся сеткой холоднотянутой проволоки ф4 с размером ячейки 4×4, армируем через 1 ряд, ($S=15$).
Определяем ΔR при $e_0=0$ $\Delta R=15{,}1$ кг/см²
$\Delta R_и=\Delta R\left(1-\frac{2e_0}{y}\right)$ $y=\frac{h}{2}=0{,}32$ см $\Delta R_и=15{,}1\left(1-\frac{2\cdot0{,}1}{0{,}32}\right)=15{,}1\cdot0{,}375=5{,}7$ кг/см²
$R_{ак_и}=R+\Delta R_и=15+5{,}7=20{,}7$ кг/см²
$P=0{,}42$ $\frac{1}{\sqrt{k}}=1{,}5$ $\beta_{пр_а}=5{,}4\cdot1{,}5=8{,}1$ $\varphi=0{,}92$

$$N_{пр}=\frac{\varphi\cdot m\,m_к R_{ак_и}Bh}{1+\frac{2e_0}{h}}=\frac{0{,}92\cdot1\cdot1\cdot20{,}7\cdot4100}{1+\frac{2\cdot0{,}1}{0{,}64}}=\frac{77500}{1{,}312}=59000\text{ кг}$$

$=59{,}0$ т $>N$

6. Элементы с продольным армированием

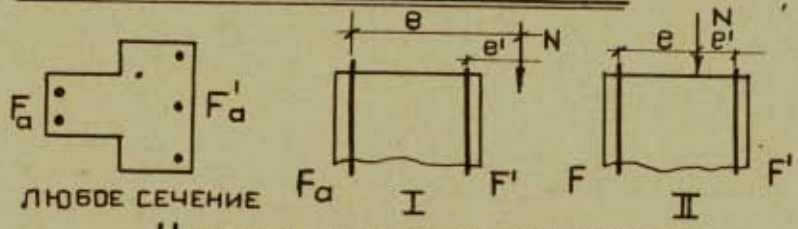
Центрально сжатые элементы

$$N \leq m\varphi(m_k R F + \bar{R}_a F_a)$$

F – площадь сечения кладки

F_a – площадь сечения арматуры

Внецентренно сжатые элементы



Условные обозначения

F_a – Менее сжатая (или растянутая) арматура

F'_a – Более сжатая арматура

S_o – Статический момент площади всего сечения кладки относительно центра тяжести арматуры F_a

S'_o – Статический момент площади всего сечения кладки относительно центра тяжести арматуры F'_a

S_c – Статический момент площади сжатой зоны кладки относительно центра тяжести арматуры F_a

S_N – Статический момент площади сжатой зоны кладки относительно точки приложения силы N

S_a – Статический момент площади сечения арматуры F'_a относительно центра тяжести арматуры F_a

S'_a – Статический момент площади сечения арматуры F_a относительно центра тяжести арматуры F'_a

e – Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры F_a

e' – Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры F'_a

h – Полная высота сечения

a – Толщина защитного слоя арматуры F_a

a' – Толщина защитного слоя арматуры F'_a

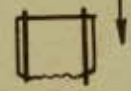
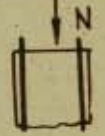
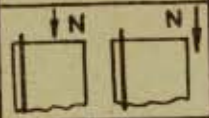
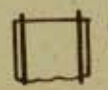
h_o и h'_o – Расчетные высоты сечений ($h_o = h - a$; $h'_o = h - a'$)

z – Плечо внутренней пары сил (расстояние от центра тяжести сжатой зоны до центра тяжести арматуры F_a)

B – Ширина прямоугольного сечения

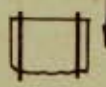
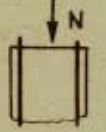
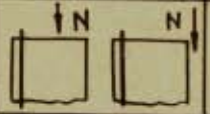
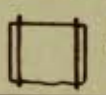
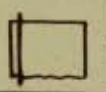
X – Высота сжатой зоны прямоугольного сечения

Формулы для расчета. Любое сечение

Схема	Формулы для определения допустимой силы N	Формулы для определения положения нейтральной оси	Примечания
При малом эксцентриситете $S_c \geq 0{,}8\,S_o$			
	$N \leq \dfrac{m\varphi(m_k R S_o + \bar{R}_a S_a)}{e}$	$m_k R_и S_{cN} + \bar{R}_a F'_a e' - \bar{R}_a F_a e = 0$	Обязательна проверка условия $S_c \geqslant 0{,}8\,S_o$
	$N \leq \dfrac{m\varphi(m_k R S_o + \bar{R}_a S_a)}{e}$ Дополнительно должно быть удовлетворено условие $N \leq \dfrac{m\varphi(m_k R S'_o + \bar{R}_a S'_a)}{e'}$	$m_k R_и S_{cN} - \bar{R}_a F'_a e' - \bar{R}_a F_a e = 0$	Обязательна проверка условия $S_c \geqslant 0{,}8\,S_o$
	$N \leq \dfrac{m\varphi m_k R S_o}{e}$	$m_k R_и S_{cN} - \bar{R}_a F_a e = 0$	Обязательна проверка условия $S_c \geqslant 0{,}8\,S_o$ при $F'_a = 0$
При большом эксцентриситете $S_c < 0{,}8\,S_o$			
	$N \leq m\varphi(m_k R_и F_c + \bar{R}_a F'_a - \bar{R}_a F_a)$	$m_k R_и S_{cN} + \bar{R}_a F'_e e' - \bar{R}_a F_a e = 0$	Должно удовлетворяться условие $z \leqslant h_o - a'$
	$N \leq m\varphi(m_k R_и F_c - \bar{R}_a F_a)$	$m_k R_и S_{cN} - \bar{R}_a F_a e = 0$	Должно удовлетворяться условие $z \leqslant h_o - a'$ при $F'_a = 0$

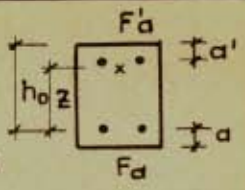
КК-40

Формулы для расчета. Прямоугольное сечение

Схема	Формулы для определения допустимой силы N	Формулы для определения положения нейтральной оси	Примечания
При малом эксцентриситете $X \geqslant 0{,}55\,h_o$			
	$N \leqslant \dfrac{m\varphi\left[0{,}5\,m_к R_и b h_o^2 + \bar{R}_a F_a'(h_o - a')\right]}{e}$	$m_к R_и b x\left(e - h_o + \dfrac{x}{2}\right) + \bar{R}_a F_a' e' - \bar{R}_a F_a e = 0$	Обязательна проверка условия $X \geqslant 0{,}55\,h_o$
	$N \leqslant \dfrac{m\varphi\left[0{,}5\,m_к R_и b h_o^2 + \bar{R}_a F_a'(h_o - a')\right]}{e}$ дополнительно должно быть удовлетворено условие $N \leqslant \dfrac{m\varphi\left[0{,}5\,m_к R_и b h_o^2 + \bar{R}_a F_a (h_o - a)\right]}{e'}$	$m_к R_и b x\left(e - h_o + \dfrac{x}{2}\right) - \bar{R}_a F_a' e' - \bar{R}_a F_a e = 0$	Обязательна проверка условия $X \geqslant 0{,}55\,h_o$
	$N \leqslant \dfrac{m\varphi\, m_к R_и b h_o^2}{2e}$	$m_к R_и b x\left(e - h_o + \dfrac{x}{2}\right) - \bar{R}_a F_a e = 0$	Обязательна проверка условия $X \geqslant 0{,}55\,h_o$ | $F_a' = 0$
При большом эксцентриситете $X < 0{,}55\,h_o$			
	$N \leqslant m\varphi\left(m_к R_и b x + \bar{R}_a F_a' - \bar{R}_a F_a\right)$	$m_к R_и b x\left(e - h_o + \dfrac{x}{2}\right) + \bar{R}_a F_a' e' - \bar{R}_a F_a e = 0$	Должно удовлетворяться условие $X \geqslant 2a'$
	$N \leqslant m\varphi\left(m_к R_и b x - \bar{R}_a F_a\right)$	$m_к R_и b x\left(e - h_o + \dfrac{x}{2}\right) - \bar{R}_a F_a e = 0$	Должно удовлетворяться условие $X \geqslant 2a'$ | $F_a' = 0$

Изгибаемые элементы

Условные обозначения



F_a – Площадь сечения растянутой арматуры

F'_a – Площадь сечения сжатой арматуры

F_c – Площадь сжатой зоны кладки

S_o – Статический момент площади всего сечения кладки относительно центра тяжести арматуры F_a

S_c – Статический момент площади сжатой зоны кладки относительно центра тяжести арматуры F_a

S_a – Статический момент площади сечения арматуры F'_a относительно центра тяжести арматуры F_a

$R_и$ – Расчетное сопротивление кладки сжатию при изгибе

h – Полная высота сечения

h_o – Расчетная высота сечения $h_o = h - a$

z – Плечо внутренней пары (расстояние от центра тяжести сжатой зоны до центра тяжести арматуры F_a)

$в$ – Ширина прямоугольного сечения

x – Высота сжатой зоны

Формулы для определения допустимого M	Формулы для определения нейтральной оси	Дополнительн. условия
Любое сечение с двойной арматурой		
$M \leq m(m_к R_и S_c + \bar{R}_a S_a)$	$\bar{R}_a(F_a - F'_a) = m_к R_и F_c$	$S_c < 0{,}8 S_o$ $z \leq h_o - a'$
Любое сечение с одиночной арматурой		
$M \leq m m_к R_и S_c$	$\bar{R}_a F_a = m_к R_и F_c$	$S_c \leq 0{,}8 S_o$
Прямоугольное сечение с двойной арматурой		
$M \leq \left[m m_к R_и в x\left(h_o - \frac{x}{2}\right) + \bar{R}_a F'_a(h_o - a')\right]$	$\bar{R}_a(F_a - F'_a) = m_к R_и в x$	$x \leq 0{,}55 h_o$ $x \geqslant 2a'$
Прямоугольное сечение с одиночной арматурой		
$M \leq m m_к R_и в x\left(h_o - \frac{x}{2}\right)$	$\bar{R}_a F_a = m_к R_и в x$	$x \leq 0{,}55 h_o$

Расчет изгибаемых элементов на поперечную силу

$Q \leq m m_к R_{гл} в z$

для прямоугольн. сечения $z = h_o - 0{,}5x$

Если прочность кладки окажется недостаточной, надо ставить хомуты или отгибы. Расчет вести по НиТУ 123-55.

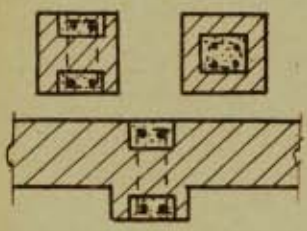
Центрально растянутые элементы

$$N \leq m \bar{R}_a F_a$$

В. Элементы, усиленные железобетоном (комплексные конструкции)

Центрально сжатые элементы

$$N \leqslant m \varphi_{кс} (m_к R F + \bar{R}_б F_б + \bar{R}_а F_а)$$



F – площадь сечения кладки

$F_б$ – площадь сечения бетона

$F_а$ – площадь сечения арматуры

$\varphi_{кс}$ – коэффициент продольного изгиба элемента комплексной конструкции

$\varphi_{кс}$ – определяется по таблице (см КК 21) в зависимости от упругой характеристики α

$$\alpha = \frac{E_{о кс}}{R^н_{кс}} \qquad E_{о к.с} = \frac{E_{ок} J_к + E^н_б J_б}{J_к + J_б} \qquad R^н_{кс} = \frac{R^н F + R^н_б F_б}{F + F_б}$$

$E_{о к.с}$ – приведенный модуль упругости комплексной конструкции

$R^н_{кс}$ – приведенное нормативное сопротивление комплексной конструкции

$E_{ок}$ – начальный модуль упругости кладки (см КК 6, $E_о$)

$E^н_б$ – нормативный модуль упругости бетона.

$R^н$ – нормативное сопротивление кладки сжатию

$R^н_б$ – нормативное сопротивление бетона осевому сжатию

Для комплексных конструкций принимается бетон марок 100–150

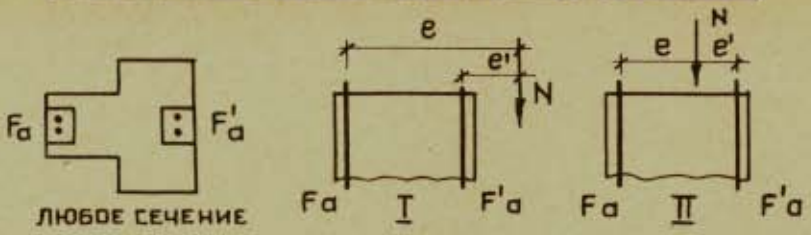
Таблица значений $E^н_б$, $R^н_б$, $\bar{R}_б$ и $\bar{R}_{би}$ в $кг/см^2$

Марка бетона	$E^н_б$	$R^н_б$	$\bar{R}_б$	$\bar{R}_{би}$
100	190000	80	44	55
150	240000	115	65	80

Нормативное сопротивление кирпичной кладки $R^н$ в $кг/см^2$

Марка кирпича	Марка раствора				
	100	75	50	25	10
150	45	40	35	30	25
100	35	33	30	25	20
75	30	28	25	22	18

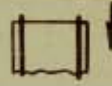
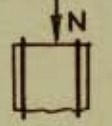
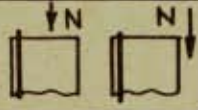
Внецентренно сжатые элементы



Условные обозначения

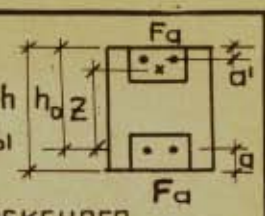
F_a — менее сжатая (или растянутая) арматура
F'_a — более сжатая арматура
S_o — статический момент площади всего комплексного сечения относительно центра тяжести арматуры F_a
$S_к$ — статический момент площади сечения кладки относительно центра тяжести арматуры F_a
$S_б$ — статический момент площади сечения бетона относительно центра тяжести арматуры F_a
S_a — статический момент площади сечения арматуры F'_a относительно центра тяжести арматуры F_a
S_c — статический момент площади сжатой части комплексного сечения относительно центра тяжести арматуры F_a
$S_{кс}$ — статический момент площади сжатой части сечения кладки относительно центра тяжести арматуры F_a
$S_{бс}$ — статический момент площади сжатой части бетона относительно центра тяжести арматуры F_a
$S_{ксN}$ — статический момент площади сжатой части сечения кладки относительно точки приложения силы N
$S_{бсN}$ — статический момент площади сжатой части бетона относительно точки приложения силы N
$S'_к$ — статический момент площади сечения кладки относительно центра тяжести арматуры F'_a
$S'_б$ — статический момент площади сечения бетона относительно центра тяжести арматуры F'_a
S'_a — статический момент площади сечения арматуры F_a относительно центра тяжести арматуры F'_a
$F_{кс}$ — площадь сжатой зоны кладки
$F_{бс}$ — площадь сжатой зоны бетона
R — расчетное сопротивление кладки сжатию
$R_и$ — расчетное сопротивление кладки сжатию при изгибе
$\overline{R}_б$ — приведенное расчетное сопротивление бетона сжатию
$\overline{R}_{би}$ — приведенное расчетное сопротивление бетона сжатию при изгибе

Формулы для расчета. Любое сечение

Схема	Формулы для определения допустимой силы N	Формулы для определения положения нейтральной оси	Примечания
При малом эксцентриситете $S_c \geq 0{,}8S_o$, где $S_c = S_{kc} + \frac{\bar{R}_\delta}{R} S_{\delta c}$, $S_o = S_k + \frac{\bar{R}_\delta}{R} S_\delta$			
	$N \leq \frac{m\varphi_{kc}(m_k R S_k + \bar{R}_\delta S_\delta + \bar{R}_a S_a)}{e}$	$m_k R_и S_{kcн} + \bar{R}_{\delta и} S_{\delta cн} + \bar{R}_a F'_a e' - \bar{R}_a F_a e = 0$	обязательна проверка условия $S_c \geq 0{,}8 S_o$
	$N \leq \frac{m\varphi_{kc}(m_k R S_k + \bar{R}_\delta S_\delta + \bar{R}_a S_a)}{e}$ дополнительно должно быть удовлетворено условие $N \leq \frac{m\varphi_{kc}(m_k R S'_k + \bar{R}_\delta S'_\delta + \bar{R}_a S'_a)}{e'}$	$m_и R_и S_{kcн} + \bar{R}_{\delta и} S_{\delta cн} - \bar{R}_a F'_a e' - \bar{R}_a F_a e = 0$	обязательна проверка условия $S_c \geq 0{,}8 S_o$
	$N \leq \frac{m\varphi_{kc}(m_k R S_k + \bar{R}_\delta S_\delta)}{e}$	$m_k R_и S_{kcн} + \bar{R}_{\delta и} S_{\delta cн} - \bar{R}_a F_a e = 0$	обязательна проверка условия $S \geq 0{,}8 S_o$ | $F'_a = 0$
При большом эксцентриситете $S_c < 0{,}8 S_o$, где $S_c = S_{kc} + \frac{\bar{R}_\delta}{R} S_{\delta c}$, $S_o = S_k + \frac{\bar{R}_a}{R} S_\delta$			
	$N \leq m\varphi_{kc}(m_k R_и F_{kc} + \bar{R}_{\delta и} F_{\delta c} + \bar{R}_a F'_a - \bar{R}_a F_a)$	$m_k R_и S_{kcн} + \bar{R}_{\delta и} S_{\delta cн} + \bar{R}_a F'_a e' - \bar{R}_a F_a e = 0$	—
	$N \leq m\varphi_{kc}(m_k R F_{и kc} + \bar{R}_{\delta и} F_{\delta c} - \bar{R}_a F_a)$	$m_k R_и S_{kcн} + \bar{R}_{\delta и} S_{\delta cн} - \bar{R}_a F_a e = 0$	$F'_a = 0$

КК-45

Изгибаемые элементы



Условные обозначения:

F_a — Площадь сечения растянутой арматуры
F'_a — Площадь сечения сжатой арматуры
S_o — Статический момент площади всего комплексного сечения относительно центра тяжести арматуры F_a
S_c — Статический момент площади сжатой части комплексного сечения относительно центра тяжести арматуры F_a
$S_{кс}$ — Статический момент площади сжатой части сечения кладки относительно центра тяжести арматуры F_a
$S_{бс}$ — Статический момент площади сжатой части бетона относительно центра тяжести арматуры F_a
S_a — Статический момент площади сечения арматуры F'_a относительно центра тяжести арматуры F_a
$S_к$ — Статический момент площади сечения кладки относительно центра тяжести арматуры F_a
$S_б$ — Статический момент площади сечения бетона относительно центра тяжести арматуры F_a
$F_{кс}$ — Площадь сжатой зоны кладки
$F_{бс}$ — Площадь сжатой зоны бетона
z — Плечо внутренней пары (расстояние от точки приложения равнодействующей усилий $R_и F_{кс}$ и $R_{би} F_{бс}$ до центра тяжести арматуры F_a)
R — Расчетное сопротивление кладки сжатию
$R_и$ — Расчетное сопротивление кладки сжатию при изгибе
$\bar{R}_б$ — Приведенное расчетное сопротивление бетона сжатию
$\bar{R}_{би}$ — Приведенное расчетное сопротивление бетона сжатию при изгибе

Формулы для определения допустимого М	Формулы для определения нейтральной оси	Дополнительн. условия
Сечение с двойной арматурой		
$M \leq m(m_к R_и S_{кс} + \bar{R}_{би} S_{бс} + \bar{R}_a S_a)$	$\bar{R}_a(F_a - F'_a) = m_к R_и F_{кс} + \bar{R}_{би} F_{бс}$	$S_c \leq 0{,}8\, S_o$ $z \leq h_o - a'$
Сечение с одиночной арматурой		
$M \leq m(m_к R_и S_{кс} + \bar{R}_{би} S_{бс})$	$\bar{R}_a F_a = m_к R_и F_{кс} + \bar{R}_{би} F_{бс}$	$S_c \leq 0{,}8\, S_o$

$$S_o = S_к + \frac{\bar{R}_б}{R} S_б \qquad S_c = S_{кс} + \frac{\bar{R}_б}{R} S_{бс}$$

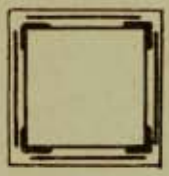
Расчет изгибаемых элементов на поперечную силу

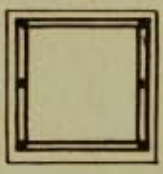
$Q \leq m\, m_к\, R_{гл}\, b\, z$ — расчетное сопротивление $R_{гл}$ принимается для кладки.

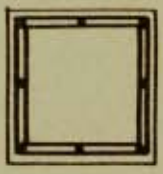
Если прочность кладки окажется недостаточной, надо ставить хомуты или отгибы. Расчет вести по НиТУ-123-55

Растянутые элементы $N \leq m \bar{R}_a F_a$

Г. ЭЛЕМЕНТЫ УСИЛЕННЫЕ ОБОЙМАМИ

I  Стальная обойма

II  Железобетонная обойма

III  Армированная штукатурная обойма

Тип обоймы	S	Продольн. арматура	Планки или хомуты	Марка бетона	Марка раствора	Толщина обоймы
I	≤ a ≤ 50см	∟	35×5 – – 60×12	—	—	
II	≤ 15см	⌀ 6–12	⌀ 4–10	100–200	—	6–12см
III	≤ 15см	⌀ 6 – 12	⌀ 4 – 10	—	50–100	3–4см

Формулы для расчета на центральное сжатие

I $N \leq m\varphi \left[\left(m_k R + \frac{2{,}5p}{1+2{,}5p} \cdot \frac{\bar{R}_a}{100} \right) F + \bar{R}'_a F'_a \right]$

II $N \leq m\varphi \left[\left(m_k R + \frac{3p}{1+p} \cdot \frac{\bar{R}_a}{100} \right) F + m_\delta R_\delta F_\delta + \bar{R}'_a F'_a \right]$

III $N \leq m\varphi \left(m_k R + \frac{2{,}8p}{1+2p} \cdot \frac{\bar{R}_a}{100} \right) F$

N – расчетная продольная сила

F – площадь сечения кладки

F_a – площадь сечения продольной арматуры или продольных уголков стальной обоймы

F_δ – площадь сечения бетона обоймы, заключенная между хомутами и кладкой (без учета защитного слоя)

φ – коэффициент продольного изгиба (α принимается, как для обычной неусиленной кладки)

p – процент армирования при отношении сторон не более 2,5

$$p = \frac{2 F_a (a+b)}{a b S} 100$$

F_a – сечение хомута, спирали или поперечной планки

a, b – стороны сечения усиляемого элемента ($a < b$)

S – расстояние между хомутами, шаг спирали или расстояние между осями поперечных планок

R_δ – расчетное сопротивление бетона (см ЖБ-5 $R_\delta = \bar{R}_{пр}$)

Расчет элементов каменных и армокаменных конструкций по деформациям

Расчет по деформациям производится в следующих случаях:

1. При расчете высоких самонесущих стен, связанных с каркасами, работающих на поперечный изгиб (если несущая способность стен недостаточна для самостоятельного восприятия нагрузок без учета работы каркаса).
2. При расчете заполнения каркаса на перекос в плоскости стен, если сопротивление стен недостаточно для восприятия поперечной силы
3. При расчете стен, работающих на изгиб или на растяжение и имеющих облицовку или штукатурку, деформации которых определяются деформациями поддерживающих их конструкций и по условиям эксплуатации должны быть ограничены (например: каменные стены резервуаров с облицовкой или штукатуркой, предельные деформации растяжения которых меньше, чем предельные деформации кладки)

Предельные относительные деформации $\varepsilon_{пр}$ кладки при сжатии, растяжении и изгибе от действия постоянных и временных нормативных нагрузок

Вид деформаций	$\varepsilon_{пр}$	
	Степень долговечности	
	I	II
Сжатие кладки	$\frac{0,4}{\alpha}$	$\frac{0,5}{\alpha}$
Растяжение кладки осевое и при изгибе		
а) по перевязанному сечению	$0,15 \cdot 10^{-3}$	$0,20 \cdot 10^{-3}$
б) по неперевязанному сечению	$0,08 \cdot 10^{-3}$	$0,10 \cdot 10^{-3}$

Значения упругой характеристики α см КК 5

Задачей расчета по деформациям является ограничение деформаций конструкций, поддерживающих или несущих кладку, облицовку или другие покрытия, такими пределами, которые гарантируют от появления трещин в кладке, облицовке или другом покрытии (недопустимых для нормальной эксплуатации)

Самонесущие стены

Расчет производится, когда при действии горизонтальных или внецентренных нагрузок для обеспечения прочности и устойчивости стены необходимо опирание ее в горизонтальном направлении на элементы каркаса или специальные пояса или ветровые фермы.

При расчете подлежат проверке деформации растяжения в кладке стен в сечениях, в которых при расчете каркаса, поясов или ветровых ферм получены наибольшие изгибающие моменты

Относительные деформации кладки на растянутой грани стены

$$\varepsilon = \varepsilon_и - \varepsilon_о$$

$\varepsilon_и$ – деформации растяжения при изгибе:

$\varepsilon_о$ – деформации сжатия от продольной силы

$$\varepsilon_и = \frac{M^н(h-y)}{EJ} \qquad \varepsilon_о = \frac{N^н_к}{E_к F_к}$$

$M^н$ – изгибающий момент в элементе каркаса от нормативных нагрузок

EJ – жесткость элемента каркаса при изгибе

$h-y$ – расстояние от центра тяжести сечения кладки до растянутой грани стены

$N^н_к$ – продольная сила сжатия в кладке стены от нормативных нагрузок

$F_к$ – площадь сечения кладки

$E_к$ – модуль упругости кладки (см ККЧ, ККб $E_к = E$)

Должно быть соблюдено условие

$$\varepsilon = \varepsilon_и - \varepsilon_о \leqslant \varepsilon_{пр}$$

при отсутствии продольной силы (изгиб стены в горизонтальной плоскости)

$$\varepsilon_о = 0$$

Вместо проверки деформаций по приведенной формуле, может быть проверена жесткость элемента каркаса

$$EJ \geqslant \frac{M^н(h-y)}{\varepsilon_{пр} + \varepsilon_о}$$

Если жесткость элемента кладки составляет более 10% от жесткости элемента каркаса, изгибающий момент $M^н$ уменьшается путем умножения на, величину

$$\frac{EJ}{EJ + E_к J_к}$$

$J_к$ – момент инерции сечения кладки.

Самонесущие стены, кроме расчета по предельным деформациям, рассчитываются на прочность

1. Стены, поддерживаемые вертикальными элементами каркаса.

Расчет на прочность производится на нормальную расчетную силу, приложенную с эксцентриситетом e_0

$$e_0 = \frac{n_1 \varepsilon_и}{n_2 \varepsilon_0} \cdot \frac{J_к}{F_к} \cdot \frac{1}{h-y}$$

n_1 – Коэффициент перегрузки для сил, создающих изгиб стены

n_2 – " " " " " " " сжатие стены

Если изгиб и сжатие создаются несколькими силами, имеющими различные коэффициенты перегрузки, то в формуле принимается $\Sigma n \varepsilon_и$ и $\Sigma n \varepsilon_0$

2 Стены, поддерживаемые горизонтальными поясами или ветровыми фермами.

В расчетном вертикальном элементе стены изгибающий момент от ветровой и другой нагрузки определяется по формуле $M = M_0 + M'$ $\qquad M' = \frac{3 n E_к J_к f}{H^2}$

M_0 – Расчетный момент в нижнем сечении вертикальной балки с заделанным внизу концом и опертой верхним концом на жесткую опору

M' – Дополнительный момент, вызываемый смещением верхней опоры

n – Коэффициент перегрузки для сил, вызывающих поперечный изгиб

f – Прогиб опорного сечения элемента стены от нормативной нагрузки

H – Расстояние от оси горизонтального пояса или фермы до уровня заделки нижнего сечения стены

При определении прогиба f горизонтального пояса или фермы разрешается не учитывать разгружающего действия кладки.

При наличии нескольких горизонтальных поясов стена рассчитывается, как неразрезная балка на упругих опорах.

Если при расчете по деформациям окажется, что

$$\varepsilon > \varepsilon_{пр},$$ то

должна быть повышена жесткость элемента каркаса или кладка стены должна быть усилена продольным армированием.

При продольном армировании $P \geq 0{,}03\%$ значения $\varepsilon_{пр}$ увеличиваются на 25%.

При деформациях, превышающих $\varepsilon_{пр}$ более чем на 25%, продольное армирование стены назначается из расчета по прочности:

1. при изгибе в вертикальной плоскости, принимая эксцентриситет продольной силы e_0 (см КК 50),
2. при изгибе в горизонтальной плоскости, принимая изгибающий момент в вертикальном сечении кладки

$$M_к^и = \frac{n_1 \varepsilon_и E_к J_к}{h - y}$$

Модуль упругости для продольно армированной кладки см ККЧ.

Конструкции, в которых по условиям эксплуатации не допустимо появление трещин в штукатурных и других покрытиях

Эти конструкции проверяются на деформации растянутых поверхностей.

Деформации определяются при нормативных нагрузках, приложенных после нанесения штукатурных и других покрытий.

Предельные относительные деформации $\varepsilon_{пр}$ растяжения кладки, гарантирующие от появления трещин в штукатурных покрытиях на растянутой поверхности кладки

Виды и назначение штукатурки	$\varepsilon_{пр}$ степень долговечности		
	I	II	III
Известковая	$0{,}15 \cdot 10^{-3}$	$0{,}20 \cdot 10^{-3}$	$0{,}30 \cdot 10^{-3}$
Цементно-известковая и цементная	$0{,}10 \cdot 10^{-3}$	$0{,}15 \cdot 10^{-3}$	$0{,}20 \cdot 10^{-3}$
Гидроизоляционная цементная для конструкций, подверженных гидростатическому давлению жидкости	$0{,}06 \cdot 10^{-3}$	$0{,}08 \cdot 10^{-3}$	$0{,}10 \cdot 10^{-3}$
Кислотоупорная, на жидком стекле и однослойное покрытие из плиток каменного литья (диабаз, базальт) на кислотоупорной замазке	$0{,}04 \cdot 10^{-3}$	$0{,}05 \cdot 10^{-3}$	$0{,}05 \cdot 10^{-3}$
Двух и трехслойное покрытие из прямоугольных плиток каменного литья на кислотоупорной замазке:			
а) вдоль длинной стороны плиток	$0{,}08 \cdot 10^{-3}$	$0{,}10 \cdot 10^{-3}$	$0{,}10 \cdot 10^{-3}$
б) вдоль короткой стороны плиток	$0{,}06 \cdot 10^{-3}$	$0{,}08 \cdot 10^{-3}$	$0{,}08 \cdot 10^{-3}$

При продольном армировании конструкции, а также при оштукатуривании неармированных конструкций по сетке $\varepsilon_{пр}$ увеличиваются на 25 %.

Расчет по деформациям растянутых поверхностей каменных конструкций из неармированной кладки

1. На осевое растяжение

$$N^н \leq EF\varepsilon_{пр}$$

2. На изгиб

$$M^н \leq \frac{EJ\varepsilon_{пр}}{h-y}$$

3. На внецентренное сжатие

$$N^н \leq \frac{EF\varepsilon_{пр}}{\frac{F(h-y)e_0}{J}-1}$$

4. На внецентренное растяжение

$$N^н \leq \frac{EF\varepsilon_{пр}}{\frac{F(h-y)e_0}{J}+1}$$

$N^н$ и $M^н$ – продольная сила и момент от нормативных нагрузок, приложенных после нанесения на поверхность кладки штукатурных или плиточных покрытий

$\varepsilon_{пр}$ – предельные деформации (см КК 51)

$h-y$ – расстояние от центра тяжести сечения кладки до наиболее удаленной растянутой грани покрытия

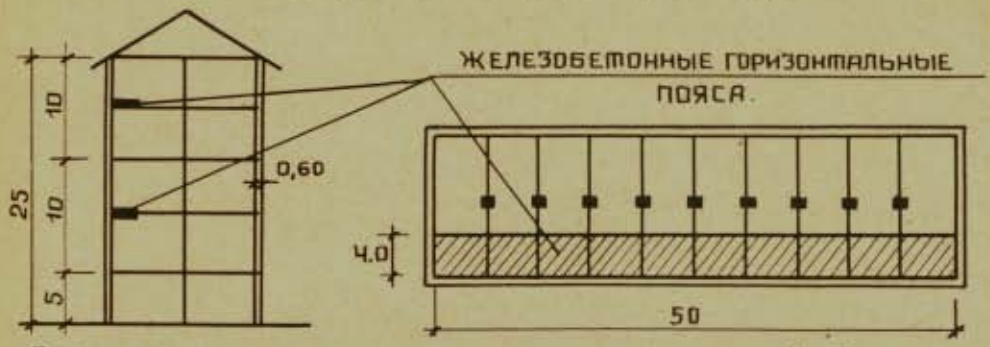
Расчет по деформациям неармированных каменных конструкций, расчитанных по прочности, не требуется в следующих случаях:

а) при известковых, цементно-известковых и цементных штукатурках – для всех случаев расчета

б) при других покрытиях – для конструкций, удовлетворяющих расчету на прочность по сопротивлению кладки растяжению по нелеревязанным швам

Расчет армированных каменных конструкций, деформации которых по условиям эксплуатации должны быть ограничены, производится по раскрытию трещин (см КК 54)

Пример Многоэтажный склад высотой 25 м, поперечные стены через 50 м.



Стены из крупных бетонных блоков толщиной 60 см

Перекрытия сборные железобетонные незамоноличены

Внутренние конструкции здания не рассчитаны на ветровую нагрузку.

Расстояние между поперечными стенами превышает допускаемое.

Для передачи ветровой нагрузки на поперечные стены создаем у одной стены железобетонные пояса, связанные с другой стеной прогонами.

Ветровая нагрузка на $1\,м^2$ $40 \cdot 1{,}4 \cdot 1{,}2 = 67\ кг/м^2$

Коэффициент 0,9 для „дополнительных нагрузок" не вводится, так как в данном случае ветер является основной нагрузкой для пояса.

1. Ветровая нагрузка на 1 п м пояса

$$q = 10 \cdot 67 = 670\ кг/п.м = 0{,}67\ т/п.м$$

2. Изгибающий момент — $M = \frac{q\ell^2}{8} = \frac{0{,}67 \cdot 50^2}{8} = 209\ тм$

3. Задаемся сечением пояса $h = 400$ см $b = 80$ см Бетон „200"

$F_a = F'_a = 24{,}12$ ($3\phi 32$ п) $см^2$ $h_o = 389$ см $h_a = 378$ см

4. Проверяем сечение на изгиб

$$M = F'_a R_a h_a = 24{,}12 \cdot 2400 \cdot 378 = 21800000\ кг\,см = 218\ тм > 209\ тм$$

5. Определяем жесткость пояса B (см ЖБ 33)

$$n = \frac{E_a}{E_б} = \frac{2{,}1 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^5} = 10{,}5 \qquad \alpha = 3\frac{F_a}{b h_o} n = 3 \cdot \frac{24{,}12}{80 \cdot 389} \cdot 10{,}5 = 0{,}25$$

$M'/M = 1$ по таблице (ЖБ 38) $\eta = 0{,}87$ $C = 0{,}58$

Изгибающий момент при расчете по деформациям следует брать от нагрузки без учета коэффициента $n = 1{,}2$ $40 \cdot 1{,}4 = 56\ кг/м^2$

$q = 10 \cdot 56 = 560\ кг/п.м = 0{,}56\ т/п.м$ $M = \frac{0{,}56 \cdot 50^2}{8} = 174\ тм$

по таблице (ЖБ 34) $\Psi = 0{,}92$

$$B = \frac{E}{\Psi} F_a C h_o^2 = \frac{2{,}1 \cdot 10^6}{0{,}92} \cdot 24{,}12 \cdot 0{,}58 \cdot 389 = 5{,}12 \cdot 10^{12}$$

$$\varepsilon = \frac{M(h-y)}{Ey} = \frac{M(h-y)}{B} = \frac{17400000\ (60-30)}{5{,}12 \cdot 10^{12}} = 0{,}10 \cdot 10^{-3}$$

$\varepsilon_{пр} = 0{,}15 \cdot 10^{-3}$ $\varepsilon < \varepsilon_{пр}$

Расчет элементов каменных и армокаменных конструкций по раскрытию трещин

Условные обозначения:

e_o — Эксцентриситет продольной силы

$e^o_{пр}$ — Предельный эксцентриситет, при котором не требуется расчет на раскрытие трещин

$\bar{e}_{пр}$ — Предельный эксцентриситет, при котором не требуется продольное армирование

F — Площадь сечения кладки

W — Момент сопротивления сечения кладки

J — Момент инерции сечения кладки

y — Расстояние от центра тяжести сечения до края сечения в сторону эксцентриситета.

h — Высота сечения

$F_{пр}$ — Площадь приведенного сечения кладки

$J_{пр}$ — Момент инерции приведенного сечения кладки

$y_{пр}$ — Расстояние от центра тяжести приведенного сечения до края сечения в сторону эксцентриситета

n' — Отношение модуля упругости кладки к модулю упругости арматуры

F_a — Площадь сечения растянутой арматуры

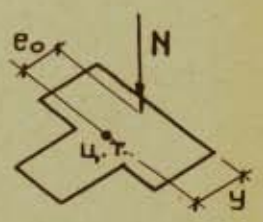
F'_a — Площадь сечения сжатой арматуры

h_o — Расстояние от центра тяжести арматуры F_a до сжатой грани сечения.

$m_{тр}$ — Коэффициент условия работы кладки при расчете на раскрытие трещин.

Максимальные величины эксцентриситетов

Сочетания воздействий	$e_{пр}$	$\bar{e}_{пр}$
Основные	0,7 y	0,9 y
Дополнительные	0,8 y	0,95 y
Особые	0,8 y	0,95 y



Если: $e_o \leq e_{пр}$ — расчета на раскрытие трещин не требуется

$e_{пр} < e_o < \bar{e}_{пр}$ — для конструкции без продольной арматуры требуется расчет на раскрытие трещин

$\bar{e}_{пр} \leq e_o$ — Конструкции без продольной арматуры не допускаются

Расчет по раскрытию трещин (швов кладки) должен производиться в следующих случаях:

1. Для неармированных внецентренно сжатых элементов при $e_{пр} < e_o < \bar{e}_{пр}$
2. Для продольно армированных изгибаемых, внецентренно сжатых и растянутых элементов, находящихся в условиях агрессивной для арматуры среды.
3. Для продольно армированных емкостей при наличии требований непроницаемости штукатурных и плиточных покрытий конструкций.
4. Когда раскрытие швов в кладке может вызвать появление трещин в штукатурке или облицовке

Внецентренно сжатые неармированные конструкции

1. Усилия определяются по <u>расчетным</u> нагрузкам.
2. В расчетных формулах принимается линейная эпюра напряжении, как для упругого тела.
3. Расчет производится по условному краевому напряжению растяжения, которое характеризует величину деформаций.
4. Расчет производится для всего сечения (без учета раскрытия швов).

$$N \leqslant \frac{m_{тр} R_{ри} \cdot F}{\frac{F e_o}{W} - 1} \quad \text{или} \quad N \leqslant \frac{m_{тр} R_{ри} F}{\frac{F(h-y)e_o}{J} - 1}$$

$m_{тр}$ см КК-17

$$e_o = \frac{M}{N}$$

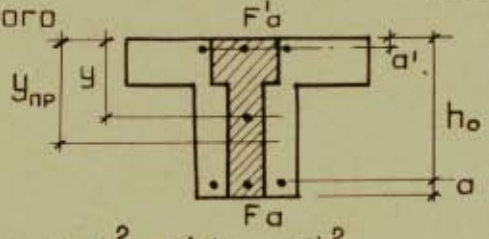
Продольно армированные конструкции

1. Усилия определяются по <u>нормативным</u> нагрузкам
2. Расчет производится для всего сечения кладки и арматуры (без учета раскрытия швов), принимая закон линейного распределения напряжений по сечению.
3. Сечение приводится к одному материалу — стали $n' = \frac{E}{E_a}$

Параметры приведенного сечения

$$F_{пр} = n' F + F_a + F'_a$$

$$y_{пр} = \frac{n' F \cdot y + F_a h_o + F'_a a'}{F_{пр}}$$



$$J_{пр} = n' J + n' F (y_{пр} - y)^2 + F_a (h_o - y_{пр})^2 + F'_a (y_{пр} - a')^2$$

Формулы для расчета

Осевое растяжение	Изгиб
$N^н \leq m_{тр} \bar{R}_a F_{пр}$	$M^н \leq \frac{m_{тр} \bar{R}_a J_{пр}}{h_o - y_{пр}}$
Внецентренное сжатие	**Внецентренное растяжение**
$N^н \leq \frac{m_{тр} \bar{R}_a F_{пр}}{\frac{F_{пр}(h_o - y_{пр}) e_o}{J_{пр}} - 1}$	$N^н \leq \frac{m_{тр} \bar{R}_a F_{пр}}{\frac{F_{пр}(h_o - y_{пр}) e_o}{J_{пр}} + 1}$

$N^н$ и $M^н$ — продольная сила и изгибающий момент от нормативной нагрузки.

$m_{тр}$ — см КК-17 ; $\bar{R}_a$ — см КК-19 ; $e_o = \frac{M^н}{N^н}$

При расчете по трещинам конструкций из неармированной или армированной кладки, в которых раскрытие швов в кладке может вызвать появление трещин в штукатурке или облицовке, принимаются НОРМАТИВНЫЕ нагрузки.

Расчет по несущей способности конструкции в этом случае производится с учетом расчленения конструкции после возникновения трещин или образования шарниров в сечениях с раскрытием швов.

Если требования расчета по трещинам не удовлетворены, в местах раскрытия швов надо предусмотреть деформационные швы

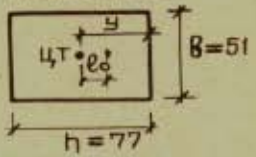
Пример

Кирпичный столб сечением 51×77. Марка раствора 25

Здание II класса долговечности

$N = 3{,}8$ т $\quad e_o = 0{,}33$ м (эксцентриситет)

$R_{ри} = 0{,}8$ кг/см^2 $\quad m_{тр} = 2$



Определяем геометрические характеристики сечения

Для прямоугольного сечения: $y = \frac{h}{2}$, $F = Bh$, $\frac{F}{W} = \frac{6}{h}$

$y = \frac{77}{2} = 38{,}5$ см $\quad F = 51 \cdot 77 = 3930$ см^2 $\quad \frac{F}{W} = \frac{6}{77}$

$\frac{e_o}{y} = \frac{33}{38{,}5} = 0{,}83$ $\quad e_o = 0{,}83\,y$ $\quad e_{пр} = 0{,}8\,y$ $\quad \bar{e}_{пр} = 0{,}95\,y$

$e_{пр} < e_o < \bar{e}_{пр}$

Определяем предельную силу: $N_{пр} = \frac{m_{тр} R_{ри} F}{\frac{F e_o}{W} - 1} = \frac{2 \cdot 0{,}8 \cdot 3930}{\frac{6}{77} \cdot 33 - 1} = 4000$ кг

$N < N_{пр}$

Общие указания по расчету и конструированию

1 Кроме расчета конструкций законченного здания, в условиях их совместной работы с другими элементами здания необходимо проверять расчетом прочность и устойчивость стен и других конструкций для незаконченного здания в процессе возведения.

2 Если устойчивость стен и конструкций окажется недостаточной, должны применяться временные крепления до устройства перекрытий или других конструкций, обеспечивающих их устойчивость.

3 Указания о необходимости временных креплений должны быть даны в рабочих чертежах.

4 При расчете конструкций незаконченного здания в ранних возрастах кладки, когда прочность раствора $R < 0{,}5\,R_{28}$, принимается условная марка раствора.

R_z — прочность раствора в возрасте Z дней

R_{28} — " — " — " — " — " — 28

Относительная прочность растворов $R_z : R_{28}$ при $+15° < t < +25°$

Виды растворов	Относительная прочность растворов $R_z : R_{28}$ при возрасте в днях							
	1	2	3	4	5	6	7	28
Цементные, цементно-известковые и цементно-глиняные	0,10	0,15	0,25	0,30	0,40	0,45	0,50	1,00

При $\frac{R_z}{R_{28}} > 0{,}5$ при поверочных расчетах принимается проектная марка раствора R_{28}.

5 При проверке прочности и устойчивости стен, столбов, карнизов и других элементов зданий следует принимать, что элементы перекрытий (балки, плиты, накаты) укладываются по ходу кладки и что возможно опирание элементов здания (перекрытий, балконов, лестниц и других, в том числе и укрупненных) на свежую кладку.

Если условия возведения запроектированных конструкций требуют особой последовательности работ, выдерживания кладки или специальных конструктивных мероприятий, временных креплений и т.п., об этом должны быть сделаны специальные указания на чертежах.

6 Предельная высота возведения стен без укрепления перекрытиями или покрытиями не должна превышать значений, указанных в нижеприведенной таблице

Допускаемая высота свободно стоящих стен во время кладки

Толщина стен в м	Кладка с объемным весом $\gamma > 1600$ кг/м³		Кладка с объемным весом $1300 < \gamma < 1600$ кг/м³	
	Ветровая нагрузка в кг/м²			
	40	70	40	70
	Допускаемая свободная высота стены в м			
0,25	2,25	1,3	1,8	1,0
0,38 – 0,40	4,0	3,6	3,6	3,0
0,50 – 0,52	6,5	4,0	5,5	3,6
0,60 – 0,64	10,5	6,0	8,5	5,0

7 При необходимости возведения кладки свободно стоящих стен на высоту, превышающую размеры, указанные в таблице, следует применять временные крепления, обеспечивающие устойчивость стен во время производства работ.

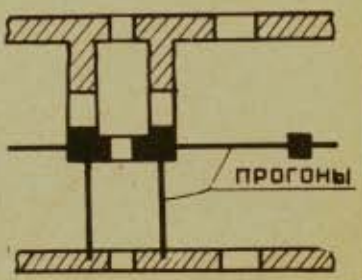
8 Высота кладки стен не ограничиваетея, если возводимая стена связана с поперечными стенами или другими конструкциями, расположенными на взаимных рассто яниях менее удвоенных значений высот, указанных в таблице

9 При возведении стен в условиях, не предусмотренных таблицей и пунктом 8, высота свободно стоящих стен **должна определяться расчетом.**

10 При кладке стен в зимних условиях высота стен определяется конструктивными указаниями по зимней кладке

11 Предельную высоту кладки свободно стоящих стен допускается увеличивать:
для стен высотой до 10м над поверхностью земли – на 30%,
для стен, защищенных от ветра, и внутренних стен – на 60%.

12 Необходимо производить проверку **свежей** кладки при опирании прогонов со сборными перекрытиями на угловые простенки лестничных клеток и отдельно стоящие столбы при больших грузовых площадях



Статический расчет зданий

При расчете каменных конструкций здание рассматривается как пространственная система.

За жесткие опоры принимаются:

поперечные каменные стены толщиной ≥ 12 см,

железобетонные " " ≥ 8 см,

контрофорсы, поперечные рамы, отрезки поперечных стен, междуэтажные перекрытия при расстоянии между поперечными стенами $\leq l$ см (см. таблицу), ветровые пояса, фермы, ветровые связи и железобетонные обвязки, рассчитанные по прочности и по деформациям на восприятие горизонтальной нагрузки от стен.

За упругие опоры принимаются:

междуэтажные перекрытия при расстоянии между поперечными стенами $> l_{ст}$ при отсутствии ветровых связей.

Максимальные расстояния $l_{ст}$ между поперечными конструкциями, при которых перекрытия считаются жесткими опорами, для стен и столбов

Вид перекрытия и покрытия	$l_{ст}$ группы кладок			
	I	II	III	IV
Деревянные	30	24	18	12
Из сборного железобетона	40	32	24	—
Железобетонные монолитные и сборные замоноличенные	50	40	30	--

Указанные в таблице значения $l_{ст}$ должны быть уменьшены в следующих случаях:

при скоростных напорах ветра $70\ кг/м^2$ на 15%

" " " " " 100 " " 25%

при высоте зданий более 20 м " 10%

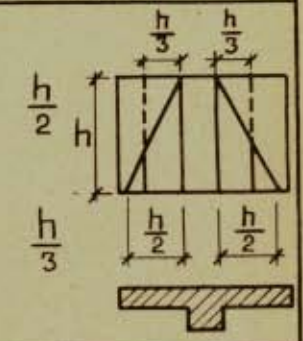
" " " " 32 м " 20%

" " " " 48 м " 25%

для узких зданий при ширине здания B менее двойной высоты этажа $h_{эт}$ — пропорционально отношению: $\frac{B}{2h_{эт.}}$

При отсутствии связей между перекрытиями, стенами и столбами последние рассматриваются как свободно стоящие и работающие как консоли, заделанные в грунт.
При расчете зданий с упругими опорами стены и столбы рассматриваются как стойки рам, заделанные в грунт и связанные шарнирно перекрытиями.
При этом все расчетные нагрузки, кроме собственного веса, уменьшаются на 10%.

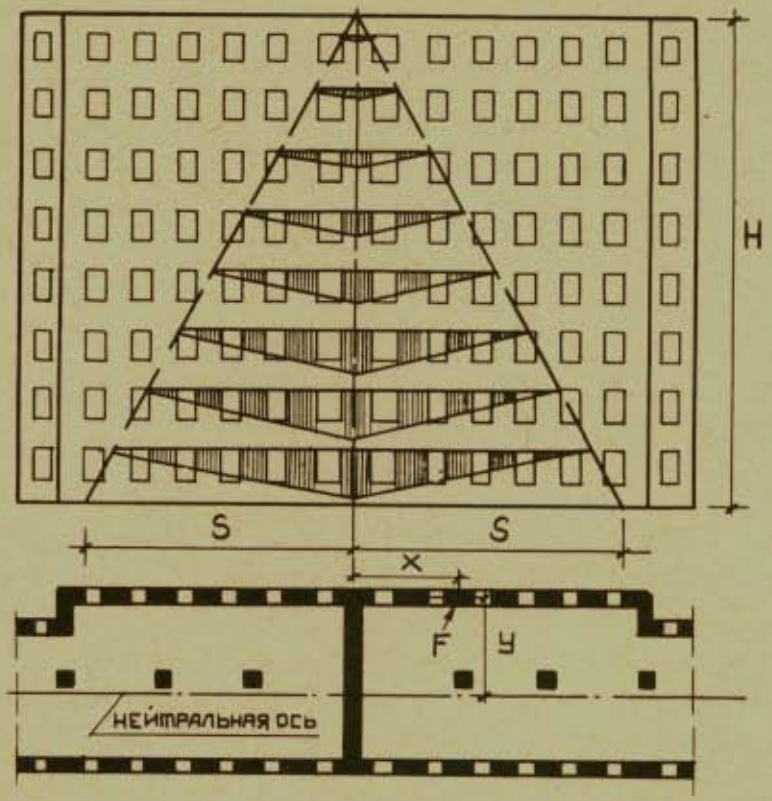
Стены с пилястрами

Тип конструкции		Расчетная ширина полки тавра
Если конструкция верхнего перекрытия обеспечивает передачу давления по всей линии опирания плиты перекрытия на стену	В стенах с проемами	Ширина стены между проемами
	В глухих стенах	Расстояние между серединами примыкающих к пилястре пролетов
Если боковое давление от стен на перекрытие передается через отдельные точки (места опирания ферм, прогонов) Если стены с пилястрами рассчитываются как стойки рам с постоянным по высоте сечением, эквивалентным по прогибу верхней точке		
При тонких стенах с пилястрами, если высота полки $< \frac{1}{10}$ высоты пилястры		Полка не учитывается

Стены и столбы, имеющие в плоскостях перекрытий опоры, рассматриваемые как жесткие, могут рассчитываться на внецентренную нагрузку, как вертикальные неразрезные балки. В целях упрощения допускается считать стену или столб расчлененными по высоте на однопролетные балки с шарнирами в плоскостях опирания балок перекрытия.
Нагрузка от верхних этажей считается приложенной в центре тяжести сечения вышележащего этажа.
Нагрузка в пределах данного этажа считается приложенной с фактическим эксцентриситетом.
Положение силы опорного давления балок см. КК 26, 2.

Расчет на ветровую нагрузку

1 При расчете на ветер (при жесткой конструктивной схеме) поперечные стены вместе с прилегающими участками продольных стен рассматриваются как консоли сложного сечения (двутавр, тавр, швеллер), заделанные в грунт. Нагрузка от ветра передается на поперечные стены через перекрытия и принимается приложенной по оси поперечной стены



2. Расчетная длина участков продольных стен S, вводимых в совместную работу с поперечной стеной

Для глухих стен	$S = 0{,}8\,h$
Для стен с проемами	$S = 0{,}7 \sum h_{\text{пояс}} \sqrt[3]{\frac{F_{\text{др}}}{F_{\text{нт}}}}$

h – расстояние от верха поперечной стены до уровня рассчитываемого сечения

$\sum h_{\text{пояс}}$ – суммарная высота горизонтальных поясов кладки между проемами от верха стены до уровня рассчитываемого сечения

$F_{\text{др}}$ – площадь горизонтального сечения сплошной стены на длине S

$F_{\text{нт}}$ – общая площадь горизонтального сечения простенков на длине S

3 Нормальные напряжения от изгиба в продольных стенах (полках сечения) принимаются убывающими по линейному закону от максимума на оси поперечной стены до нуля на расстоянии S от оси поперечной стены

4 При расчете всего сечения по обычным формулам изгиба, в которых предполагается равномерное распределение напряжений по ширине полки, принимается приведенная ширина полок сечения по $\frac{1}{2} S$ в каждую сторону от оси поперечной стены, а в торце здания – в одну сторону от оси торцовой стены

5 Дополнительное продольное усилие $N_в$ в стенах и простенках продольных стен, вызываемое изгибом коробки стен здания от ветровой нагрузки, учитывается в зданиях высотой более 24 м ($H > 24$ м)

$$N_в = \frac{M_в F y}{J}\left(1 - \frac{x}{S}\right)$$

$M_в$ – расчетный изгибающий момент от ветровой нагрузки на уровне рассчитываемого сечения

F – площадь сечения рассчитываемого простенка

y – расстояние от оси простенка до нейтральной оси сечения коробки

J – момент инерции сечения стены

x – расстояние от оси поперечной стены до оси простенка

При определении y и J принимается приведенная ширина полки сечения (см. п. 4)

6 Расчет поперечных стен на главные растягивающие напряжения

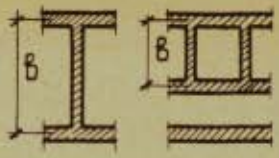
$$Q_в \leqslant \frac{m m_к R_{ск} a b}{M}; \quad R_{ск} = \sqrt{R_{гл}(R_{гл} + \sigma_0)}; \quad \sigma_0 = \frac{N}{F}$$

$Q_в$ – расчетная поперечная сила от ветровой нагрузки

$R_{ск}$ – расчетное сопротивление скалыванию кладки обжатой продольной расчетной силой N с коэффициентом перегрузки $n = 0{,}9$

a – толщина поперечной стены на участке (e), где эта толщина наименьшая, при условии:
$e > \frac{1}{4}$ высоты этажа или же $e > \frac{1}{4}$ длины стены.
При наличии в стене каналов их ширина из толщины стены исключается.

B – высота стены в плане равная расстоянию между осями полок наружных и поперечных внутренних стен, входящих в состав сечения.



M – коэффициент неравномерности касательных напряжений в сечении

$$M = \frac{S_o B}{J},$$

где S_o – статический момент половины сечения (части сечения, находящейся по одну сторону от оси, проходящей через центр тяжести сечения).

J – момент инерции всего сечения относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения,

Значения M могут приниматься:

для двутавровых сечений	$M=1{,}15$
для тавровых сечений	$M=1{,}35$
для прямоугольных сечений	$M=1{,}50$

При расчете по трещинам (см КК 54) в формуле для определения Q_B (см.КК62) принимается коэффициент условия работы $m=m_{тр}$ по табл. (см.КК 17) и поперечная сила от ветра определяется по нормативной нагрузке ($Q_B^н$).

Если сопротивление кладки скалыванию ($R_{ск}$) недостаточно, кладка армируется продольной арматурой в горизонтальных швах

Расчетное сопротивление скалыванию армированной кладки

$$R_{a.ск} = \sqrt{\frac{P\bar{R}_a}{100}\left(\frac{P\bar{R}_a}{100} + \sigma_o\right)}$$

P – процент армирования

$\bar{R}_a$ – см.КК-18.

7 Расчет перемычек на перерезывающую силу

Расчетная перерезывающая сила от ветровой нагрузки:

в поперечных стенах $$T = \frac{Q_B h_{эт} M}{B}$$

в продольных стенах $$T = \frac{Q_B h_{эт}}{2B}\left(1 - \frac{x}{S}\right)^2$$

Q_B – расчетная поперечная сила от ветровой нагрузки, воспринимаемая поперечной стеной в уровне перекрытия примыкающего к рассчитываемой перемычке.

$h_{эт}$ – расстояние по высоте между серединами проемов, разделяемых перемычкой.

X – расстояние от оси проема в продольной стене до оси поперечной стены

S – длина участка продольной стены (см КК-61 п.2)

расчетные формулы

при расчете на скалывание $T \leq \frac{2}{3} m m_к R_{гл} F$

при расчете на изгиб $T \leq \frac{1}{3} m m_к R_{ри} F \frac{c}{e}$

принимается меньшая из двух полученных величин

C – высота перемычки

e – пролет перемычки в свету

F – поперечное сечение перемычки

$R_{р.и}$ – расчетное сопротивление кладки растяжению при изгибе по перевязанному сечению

$R_{гл}$ – расчетное сопротивление кладки при главных растягивающих напряжениях.

Если сопротивление кладки недостаточно, перемычка должна быть усилена продольным армированием или железобетонными балками, рассчитываемыми на изгиб и скалывание на момент и поперечную силу.

$$M = 0{,}5\, Te \quad \text{и} \quad Q = T$$

В продольных стенах в первую очередь проверяются расчетом на скалывание перемычки в проемах, ближайших к поперечным стенам, и перемычки проемов над балконными дверями, имеющие меньшую высоту.

Если в нижнем этаже поперечные стены исключаются и заменяются колоннами и прогонами, поддерживающими стены, поперечные конструкции рассматриваются как рамы, состоящие из участков продольных стен на длину 0,5 S в обе стороны от оси поперечной стены и прогона с поддерживаемой им стеной, и рассчитываются на силу $Q_в$ приложенную в уровне перекрытия над нижним этажом. Для увеличения жесткости рекомендуется в поперечных стенах оставлять контрфорсы

8 При расчете стен и простенков на изгиб по вертикальному пролету между перекрытиями расчетный изгибающий момент может быть определен с учетом неразрезности конструкций и частичной заделки перекрытий по формуле

$$M_в = \frac{q h^2_{эт}}{12} \quad \text{(приближенная формула)}$$

Перемычки

Применяемые типы перемычек:

а) каменные – рядовые, клинчатые, арочные;

б) из сборных элементов.

Неармированные каменные перемычки не допускаются:

когда стены здания подвергаются значительным вибрациям,

" " " " " ударным воздействиям,

" возможна неравномерная осадка стен.

Максимальные пролеты перемычек в м из неармированной кладки

Марка кирпича или камня	Марка раствора	Рядовые перемычки	Клинчатые перемычки	Арочные перемычки при высоте подъема	
				1/8 – 1/12 пролета	1/6 – 1/5 пролета
⩾ 75	50–100	2,00	2,00	3,50	4,00
	25	1,75	1,75	2,50	3,00
	10	—	1,50	2,00	2,50
	4	—	1,25	1,75	2,25
35–50	50–100	1,60	1,60	2,80	3,20
	25	1,40	1,40	2,00	2,40
	10	—	1,20	1,60	2,00
	4	—	1,00	1,40	1,80
15–25	50–100	1,40	1,40	2,40	2,80
	25	1,20	1,20	1,75	2,10
	10	—	1,00	1,40	1,75
	4	—	0,85	1,20	1,55

Арочные перемычки с пролетами больше указанных в таблице конструируются и рассчитываются, как арки

Наименьшая конструктивная высота перемычек из неармированной кладки (в долях от пролета)

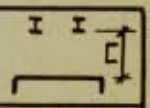
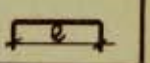
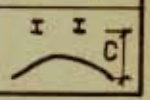
Марка раствора	Рядовые перемычки		Клинчатые перемычки	Арочные перемычки
	из кирпича	из камня		
25 и выше	0,25	0,33	0,12	0,06
10	—	—	0,16	0,08
4	—	—	0,20	0,10

Конструктивная высота перемычек принимается:

Рядовые перемычки из кирпича	Рядовые перемычки из камня	Клинчатые и арочные перемычки
высота пояса кладки на растворах повышенной прочности ⩾ 4 рядов кирпича	⩾ 3 рядов камня	высота пояса кладки на ребро

Рядовые, клинчатые и арочные перемычки рассчитываются, как арки.

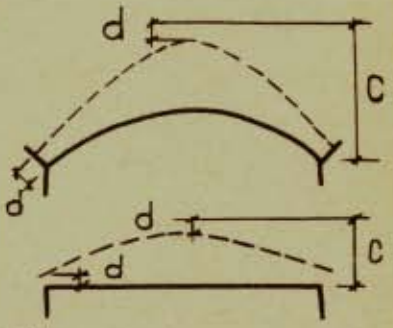
Расчетная высота перемычки – C

При наличии нагрузок от перекрытий	C – от низа перемычки до уровня опирания балок (настилов)	
При отсутствии нагрузок от перекрытий	$C = \frac{e}{3}$	
Для арочных перемычек	C – от уровня пят до уровня опирания балок	

Расстояние d кривой давления

(в долях расчетной высоты C)

Марка раствора	При марке камня и кирпича ≥ 75	При марке камня ≤ 50
100	0,10	—
50	0,12	0,15
25	0,15	0,20
10	0,20	0,25
4	0,25	0,30



Величина распора H

рядовых, клинчатых и арочных перемычек

Перемычки без затяжек	$H = \frac{M}{C - 2d}$
Перемычки с затяжками	$H = \frac{M}{h_o - d}$

M – Расчетный изгибающий момент, определяемый как для свободно лежащей балки, от собственного веса перемычки и от давления концов балок, прогонов и настилов, опирающихся на перемычку.

C – расчетная высота перемычки

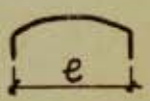
d – расстояние до расчетных центров давления в замке и пятах

h_o – расстояние от верха расчетной части перемычки до оси затяжки.

Нагрузки от собственного веса перемычек учитываются:

для летних условий – в пределах высоты $\frac{e}{3}$,

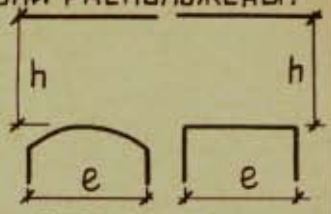
для зимних условий – в пределах высоты e (для оттаивающей кладки).



Нагрузки на перемычки от балок и настилов перекрытий не учитываются, если они расположены:

для летних условий при $h > e$,

для зимних условий при $h > 2e$ (для оттаивающей кладки),



где h – расстояние, измеренное от наивысшей точки нижней грани перемычки.

При расчете перемычек проверяется прочность кладки перемычки в замке и на опорах под действием распора. Сила распора рассматривается как внецентренно приложенная в горизонтальном направлении сила с эксцентриситетом

$$e_0 = \frac{c}{2} - d$$

Расчет растянутой зоны перемычки по раскрытию трещин не производится

Расчет крайних перемычек (у углов здания)

1. Дополнительная проверка прочности пяты на срез

$$H \leq m m_к (R_{ср} + 0{,}8 f \sigma_0) F$$

F – площадь сечения углового простенка

$R_{ср}$ – расчетное сопротивление кладки при срезе по неперевязанному сечению

σ_0 – среднее напряжение в угловом простенке от вертикальной нагрузки с коэффициентом перегрузки 0,9

f – приведенный коэффициент трения по шву кладки (см КК 19)

2. Дополнительная проверка прочности углового простенка.

Простенок проверяется на внецентренное сжатие в плоскости стены при действии вертикальной продольной силы и распора H.

Величина эксцентриситета равнодействующей на уровне подоконника

$$e \leq 0{,}7 y$$

y – расстояние от центра тяжести сечения до края сечения в сторону эксцентриситета

3 Если сопротивление пяты срезу или углового простенка на внецентренное сжатие недостаточно, для восприятия распора требуется затяжка

$$H \leq \bar{R}_a F_a$$

F_a – площадь сечения затяжки

$\bar{R}_a$ – см. КК 18.

Затяжка заделывается в кладку на глубину не менее 50 см от края проема

В рядовых перемычках во избежание выпадения кирпичей или камней из нижнего ряда под ним необходимо укладывать в слой раствора толщиной 2-3 см пачечную или круглую сталь в количестве не менее одного стержня сечением 0,2 $см^2$ на каждые 13 см толщины стены

При необходимости укладки концов балок на перемычку в пределах ее конструктивной высоты, а также в случае, если несущая способность расположенного под балками участка перемычки по расчету недостаточна, рекомендуется устройство железобетонных перемычек

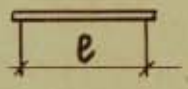
Перемычки из сборных элементов

Перемычки рассчитываются на нагрузку от балок и настилов перекрытий, опирающихся на кладку с перемычкой, и на давление от свежеуложенной не отвердевшей кладки, эквивалентной весу пояса кладки равной:

для летних условий – $\frac{e}{3}$,

для зимних условий – e

(в стадии оттаивания).



Разрешается при наличии конструктивных мероприятий (выступы в сборных перемычках, выпуска арматуры и т.п.) учитывать совместную работу кладки и перемычки.

Карнизы и парапеты

Расчет карнизов и парапетов производится на внецентренное сжатие

I Расчет для незаконченного здания

(когда отсутствует крыша и чердачное перекрытие)

Нагрузки:

1 Собственный вес карниза и вес опалубки (с коэффициентом перегрузки $n = 1{,}1$)

2 Временная нагрузка на краю карниза (расчетная)
$P = 100$ кг/пм карниза или
$P = 100$ кг на 1 элемент сборного карниза, если он имеет длину менее 1 м

3 Ветровая нагрузка на внутреннюю сторону стены на уровне выше соседних стен (без коэффициента перегрузки)

Коэффициент условия работы $m = 1{,}25$

Если анкера крепятся к балкам чердачного перекрытия, это учитывается в расчете; на чертежах дается указание о возведении перекрытия в необходимой части до установки карниза

При прочности раствора менее 50% от проектной не учитывается сцепление раствора с камнем и принимается наиболее невыгодная по условиям перевязки линия обрушения кладки.

II Расчет для законченного здания

Нагрузки:

1 Вес всех элементов здания как создающих опрокидывающий момент (с коэфициентом перегрузки $n = 1{,}1$), так и повышающих устойчивость, как-то: вес крыши, вес чердачного перекрытия и т.п (с коэффициентом перегрузки $n = 0{,}9$).
Вес крыши принимается уменьшенным на величину отсоса от ветровой нагрузки.

2 Нагрузка на краю карниза (расчетная)
Для зданий высотой $H \leqslant 10{,}5$ м (трехэтажные дома)
$P = 150$ кг/пм карниза или
$P = 150$ кг на 1 элемент сборного карниза
Для зданий высотой $H > 10{,}5$ м
$P = 500$ кг на 1 блок люльки при расстоянии между блоками 2 м.

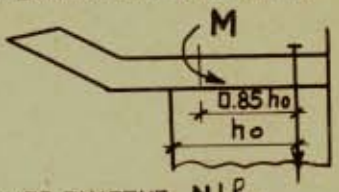
3 Ветровая нагрузка с коэффициентом перегрузки $n = 1{,}2$.

Снеговая нагрузка не учитывается

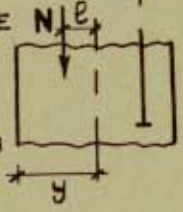
При наличии временной нагрузки на краю карниза расчетная ветровая нагрузка уменьшается на 50%

Сечение анкера определяется по усилию S в анкере

$$S = \frac{M}{0{,}85\, h_o}$$



Кладка проверяется на внецентренное сжатие при отсутствии анкеров при $0{,}7y < e < 0{,}9y$, а также при наличии анкеров в сечении на уровне их заделки производится проверка на появление трещин в растянутой зоне (по формуле см. КК-55).



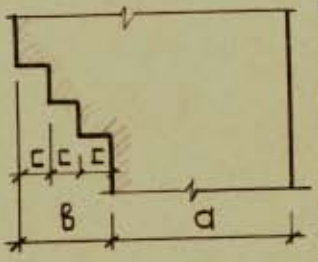
e — эксцентриситет

y — расстояние от центра тяжести сечения до края сечения в сторону эксцентриситета.

При передаче через анкер больших усилий (при тяжелых карнизах, групповом закреплении анкерами сборных элементов, при редком расположении анкеров и.т.п.) проверяются расчетом все узлы передачи усилий.

Конструктивные указания

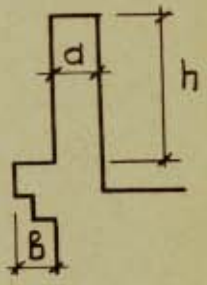
Карнизы, осуществляемые напуском кладки



$c \leq \frac{1}{3}$ — длины кирпича или камня
$в \leq \frac{3}{4} a$ — при армировании прутками, расположенными в горизонтальных швах перпендикулярно к поверхности стены
$в \leq \frac{a}{2}$ — для карниза без анкеровки

Применяемые марки растворов для карнизов и парапетов

Вынос карниза	Параметр парапета	Марка раствора
$в \leq 20$ см	$\frac{h}{a} \leq 3$	та же, что и для стены верхнего этажа
$в > 20$ см	$\frac{h}{a} > 3$	не ниже 25



Если устойчивость карнизов и парапетов недостаточна, они должны укрепляться анкерами, заделываемыми в нижних участках кладки.

Взамен анкеров, для уменьшения опрокидывающего момента консольной части карниза может делаться обратный напуск кладки со стороны чердака.

Если для обеспечения устойчивости карниза требуется специальная последовательность возведения элементов конструкций или необходимость выдержки для твердения раствора, или временное крепление, должна быть сделана соответствующая надпись на чертеже.

Анкеровка

Расстояние между анкерами e

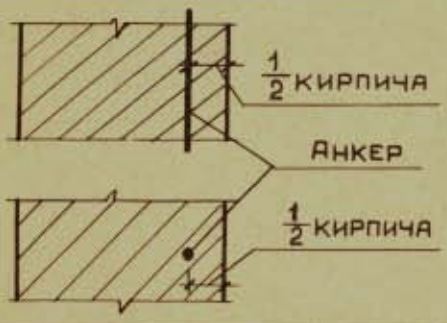
Тип закрепления концов анкера	e
Отдельными шайбами	$\leqslant 2{,}0$ м
За продольную полосу, балку или за концы прогонов	$\leqslant 4.0$ м

При чердачных перекрытиях по железобетонным балкам рекомендуется концы анкеров крепить к балкам перекрытия.

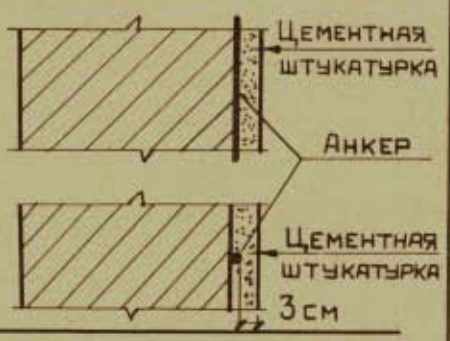
В сборных карнизах из железобетонных элементов должна быть обеспечена устойчивость каждого элемента в процессе возведения карниза.

Расположение анкеров в кладке и заделка анкера

Анкеровка внутри кладки

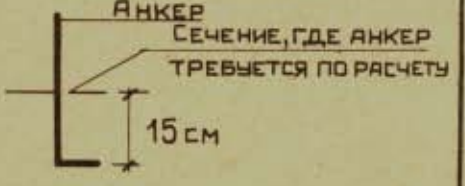


Анкеровка снаружи кладки

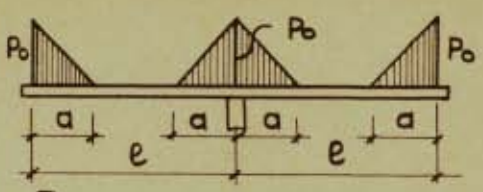


Анкеровка при кладке на растворах марки 10 и ниже

Заделка анкера

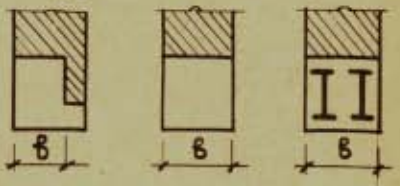


Висячие стены и расчет рандбалок



$$P_0 = 0{,}31\, P \sqrt[3]{\frac{E_к B}{E_б J_б}} \ т/м$$

$$a = \frac{P}{P_0} \ м \qquad \sigma_{max} = \frac{P_0}{B} \ кг/см^2$$



P – нагрузка на колонну

σ_{max} – максимальное напряжение в кладке

$E_к$ – модуль упругости кладки

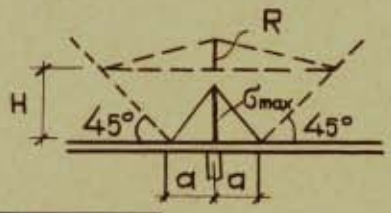
$E_б$ – модуль упругости материала балки

$J_б$ – момент инерции ж.б балки или стальной балки

Модуль упругости бетона см ЖБ-4

Модуль упругости стали $E = 2100000 \ кг/см^2$

Модуль упругости кладки см КК-6 ($E_к = E = 0{,}8E_0$)



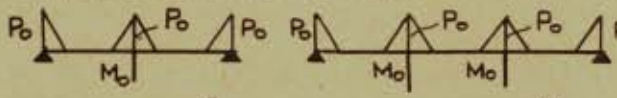
Если $\sigma_{max} > R$, кладку следует армировать.

R – расчетное сопротивление кладки.

$$H = \left(\frac{\sigma_{max}}{R} - 1\right) \cdot a$$

Порядок расчета рандбалок

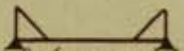
1. Определяем нагрузку на столбовую опору – P.
2. Вычисляем P_0, σ_{max} и a
3. У крайних опор при отсутствии столбовых опор принимаем ту же треугольную эпюру давления кладки на балку.
4. Рассчитываем балку на треугольные нагрузки, приложенные у опор



$$A = \frac{P_0 a^2 \ell}{24}\left(2 - \frac{a}{\ell}\right)$$

$$M_0 = 3\frac{A}{\ell} \qquad M_0 = 2{,}4\frac{A}{\ell} \quad — \text{ опорные моменты}$$

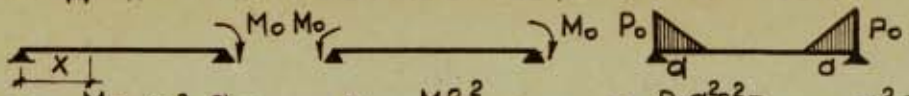
Пролетные моменты:

для однопролетной балки  $M_{пр} = 0{,}167\, P_0 a^2$

для крайних пролетов неразрезной балки (на расстоянии $\frac{a}{3}$ от свободной опоры) $M_{пр} \simeq 0{,}167 P_0 a^2 - \frac{M_0 a}{3\ell}$

для средних пролетов неразрезной балки при равных опорных моментах $M_{пр} \simeq 0{,}167 P_0 a^2 - M_0$

5 Определяем прогиб в балке от расчетных нагрузок

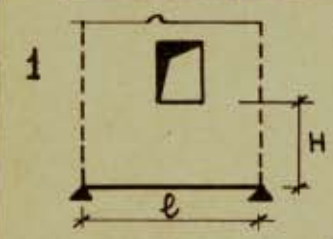


$f_x = \frac{M_o}{6EJe}(e^2 - x^2)x$ $\quad f = \frac{Me^2}{8EJ}$ $\quad f = \frac{P_o a^2 e^2}{360EJ}\left[7{,}5 - 3\frac{a^2}{e^2}\right]$

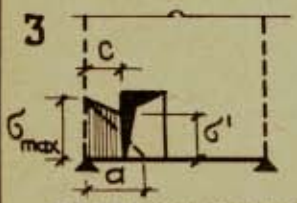
EJ — жесткость; для ж.б балки $EJ = B$ (см ЖБ 31)

Допустимый прогиб $f_{доп.} \leq \frac{e}{400}$

Учет влияния проемов



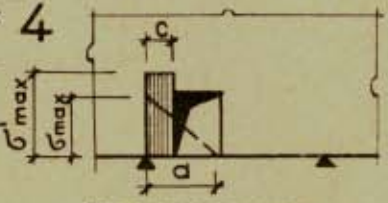
1. При $H \geq \frac{e}{2}$ проемы не учитываются



Трапецеидальная эпюра

3. $\sigma' = \left(\frac{a}{c} - 1\right)\sigma_{max}$ $\quad \sigma' < \sigma_{max}$

4. $\sigma'_{max} = \frac{a}{2c}\sigma_{max}$ $\quad \sigma'_{max} > \sigma_{max}$ $\quad a > 2c$



Прямоугольная эпюра

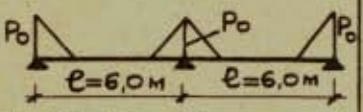
Пример 1

Кирпичная стена толщиной 38см из глиняного кирпича марки 75 на растворе марки 50 нагружает двух-пролетную неразрезную железобетонную балку. $e = 6{,}0$м. Бетон марки 200. Нагрузка на колонну 80,0т

Требуется рассчитать балку.

1 Задаемся сечением балки 38×75.

2 Определяем расчетную нагрузку P_o



$P_o = 0{,}31\,P\sqrt[3]{\frac{E_к B}{E_б J_б}}$ $\quad E_к = 20000\ кг/см^2$ ($E_к = E$ см. КК-6) $\quad E_б = 200000\ кг/см^2$ (см. ЖБ-4)

$J_б = \frac{38 \cdot 75^3}{12}$ (без учета арматуры)

$P_o = 0{,}31 \cdot 80000\sqrt[3]{\frac{20000 \cdot 38 \cdot 12}{200000\ \ 38 \cdot 75^3}} = 0{,}31 \cdot 80000 \cdot 0{,}0142$

$P_o = 354\ кг/см = 35{,}4\ т/м$

3 Определяем σ_{max}

$\sigma_{max} = \frac{P_o}{b} = \frac{354}{38} = 9{,}3\ кг/см^2 < 13\ кг/см^2$ (см КК-8)

Армировка кладки над опорой не требуется.

4. Определяем величину a

$$a = \frac{P}{P_o} = \frac{80}{35{,}4} = 2{,}26\ м$$

5. Определяем M_o и $M_{пр}$

$$A = \frac{P_o a^2 \ell}{24}\left(2 - \frac{a}{\ell}\right) = \frac{35{,}4 \cdot 2{,}26^2 \cdot 6}{24}\left(2 - \frac{2{,}26}{6}\right) = 73\ тм^2$$

$$M_o = 3\frac{A}{\ell} = 3 \cdot \frac{73}{6} = 36{,}5\ тм$$

$$M_{пр} \simeq 0{,}167\, P_o a^2 - \frac{M_o a}{3\ell} = 0{,}167 \cdot 35{,}4 \cdot 2{,}26^2 - \frac{36{,}5 \cdot 2{,}26}{3 \cdot 6} = 25{,}55\ тм$$

Подбор сечения арматуры на изгиб и расчет наклонных сечений ведется обычным порядком (см раздел ЖБ)

6 Определение прогиба производится по формуле

$$f \simeq \left[\frac{P_o a^2 \ell^2}{360}\left(7{,}5 - 3\frac{a^2}{\ell^2}\right) - \frac{M_o \ell^2}{16}\right]\frac{1}{B}$$

(прогиб в середине пролета)

жесткость B определяется в зависимости от армирования в середине пролета (см раздел ЖБ)

Пример 2

Кирпичная стена толщиной 38см из глиняного кирпича марки 75 на растворе марки 25 нагружает парные стальные однопролетные балки $\ell = 5{,}5$ м Нагрузка 18,2 т/пм

1 вычисляем P $P = 18{,}2 \cdot 5{,}5 = 100$ т

2 задаемся сечением балок

$2\,I\,45^a$ $2J = 64480\ см^4$ $2W = 2860\ см^3$

3 Модуль упругости кладки $E_к = 13200\ кг/см^2$ ($E_к = E$ см КК6)

4 Определяем расчетную нагрузку P_o

$$P_o = 0{,}31\sqrt[3]{\frac{E_к B}{E_б J_б}} = 0{,}31 \cdot 100000\sqrt[3]{\frac{13200 \cdot 38}{2100000 \cdot 64480}} = 480\ кг/см = 48{,}0\ т/м$$

5 Определяем σ_{max}

$$\sigma_{max} = \frac{P_o}{B} = \frac{480}{38} = 12{,}6\ кг/см^2 > 11\ кг/см^2$$

требуется армировка кладки (сетчатое армирование) или увеличение сечения балок

6 Определяем a $a = \frac{P}{P_o} = \frac{100}{48} = 2{,}08$ м

7 Определяем $M_{пр}$

$$M_{пр} = 0{,}167\ P_o a^2 = 0{,}167 \cdot 48 \cdot 2{,}08^2 = 346\ тм$$

8 Проверяем напряжение в балках $\sigma = \frac{M_{пр}}{2W} = \frac{3460000}{2860} = 1210\ кг/см^2$

9 Определяем прогиб

$$f = \frac{P_o a^2 \ell^2}{360 E J}\left(7{,}5 - 3\frac{a^2}{\ell^2}\right) = \frac{480 \cdot 208^2 \cdot 550^2}{360 \cdot 2100000 \cdot 64480}\left(7{,}5 - 3\frac{208^2}{550^2}\right) = 0{,}85\ см$$

$$\frac{f}{\ell} = \frac{0{,}85}{550} = \frac{1}{645}$$

Стены из крупных блоков

Кирпичные и бетонные крупные блоки применяются для строительства жилых и гражданских зданий (школ, больниц и т.п.) а также для одноэтажных промышленных зданий

Крупные кирпичные блоки подразделяются:

По назначению	Для наружных и внутренних стен Для стен подвалов и цоколей Специальные – перемычки, карнизные, для санитарных узлов и т.п.
По конструкции	Из сплошной и облегченной кладки С отверстиями (для дымоходов и вентиляционных каналов) С бороздами (для скрытой проводки) С закладными деталями (опорными плитами для прогонов, анкерами и т.п.) Усиленные сетчатым или продольным армированием. Усиленные железобетоном.
По способу отделки поверхности	С облицовкой, штукатуркой, расшивкой швов.

Крупные бетонные блоки подразделяются:

По назначению	Для наружных и внутренних стен для стен подвалов и цоколей Специальные – карнизные для санитарных узлов и т.п.
По конструкции	Сплошные Пустотелые
По виду применяемых бетонов	Из легких, или ячеистых бетонов объемным весом менее 1800 $кг/м^3$ Из обыкновенных (тяжелых) бетонов объемным весом более 1800 $кг/м^3$
По прочности при сжатии	На марки 50, 75, 100 и 150

Допускается по согласованию с заказчиком и при соответствующем обосновании изготовление из ячеистого бетона блоков марки 35

Марка сплошных бетонных блоков определяется по призменной прочности бетона, а пустотелых по формуле: $R_{бл} = R^{н}_{пр} \left(\frac{F_{нт}}{F_{бр}} \right) \cdot M$ (см КК-81, КК-82)

На рабочих чертежах указывается марка блока, а не марка бетона, из которого изготовляется блок.

Основной конструктивной схемой зданий из крупных кирпичных и бетонных блоков является схема с наружными несущими стенами и внутренней продольной несущей стеной
(при соответствующем обосновании допускается конструктивная схема — с внутренним каркасом)

Предельное расстояние между поперечными стенами (в м)

Тип стены	Высота здания	Скоростной напор ветра в кг/м²		
		< 70	70	100
Из кирпичных или бетонных блоков	≤ 20	40	34	30
Из облегченных кирпичных блоков с заполнением бетоном марки ≥ 25	> 20	36	30	27
Из облегченных кирпичных блоков с заполнением бетоном марки 15	≤ 20	32	27	24
	> 20	29	24	22

Пространственная жесткость зданий высотой до 4 этажей (~17м) может быть обеспечена стенами лестничных клеток и торцовыми стенами.
При большей высоте пространственная жесткость должна обеспечиваться сквозными поперечными капитальными стенами или одной из стен лестничной клетки, продолженной на всю ширину здания.

Максимальное расстояние между деформационными швами в стенах принимается:

При бетонных блоках При блоках из глиняного кирпича	как для стен из глиняного кирпича
При блоках из силикатного кирпича	как для стен из силикатного кирпича

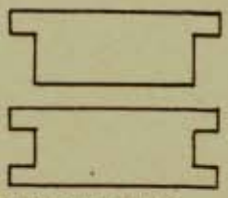
Основные требования к кирпичным блокам

1. В крупных кирпичных блоках могут применяться все виды кирпича, керамические камни со щелевидными пустотами.
2. Предел прочности раствора к моменту отправки блоков для обеспечения их транспортабельности должен быть не менее 20 $кг/см^2$.
3. Для заполнения пустот в блоках облегченных конструкций применяется бетон с объемным весом до 1500 $кг/м^3$ марки не ниже 15.
4. Применение засыпок для утепления крупных блоков — не допускается.

5. В качестве заполнителя для приготовления бетона применяются металлургические гранулированные и топливные шлаки, а также пемзовые, туфовые и другие материалы минерального происхождения.

6 Толщина горизонтальных и вертикальных швов в кладке должна быть в пределах 10–15 мм.

7 В жилых и гражданских зданиях для простенков наружных стен применяются блоки с четвертями. На сплошных участках наружных стен могут применяться блоки с четвертями, а также блоки с пазами на торцовых гранях. В промышленных зданиях могут применяться блоки без четвертей и пазов.



8 Номинальные размеры блоков (в осях швов) принимаются кратными следующим модулям:

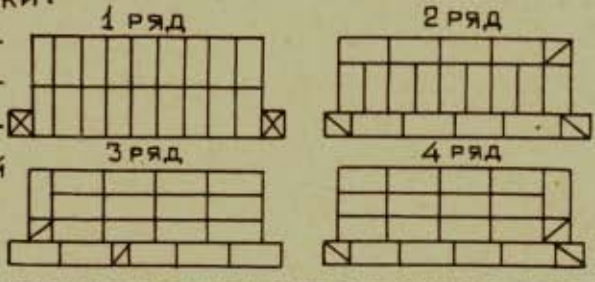
Тип здания	Модули	
	по длине	по высоте
Жилые и гражданские	20 см	30 см
Промышленные	50 см	60 см

9 Отношение длины неармированного блока к его высоте рекомендуется принимать не более 2,5.

10 Вес крупных блоков устанавливается в пределах 1,0–3,0 т.

11 Марка блока из сплошной кладки определяется ее нормативным сопротивлением сжатию.
Марка облегченного блока многослойной конструкции определяется нормативным приведенным сопротивлением многослойной кладки.

12 Кладка сплошных стеновых блоков из обыкновенного кирпича ведется по четырехрядной системе перевязки, при которой тычковые ряды располагаются по высоте блока через три ложковых ряда. В кирпичных блоках под расшивку совпадение вертикальных швов на наружной грани не допускается.
Нижний ряд блоков должен быть тычковым.



13. Рекомендуемые облегченные кладки – кирпичнобетонная и колодцевая.

14. Блоки из кирпичнобетонной кладки состоят из наружной и внутренней продольных стенок толщиной в $\frac{1}{2}$ кирпича. Промежуток между ними заполняется легким бетоном или легкобетонными вкладышами.
Связь между верстовыми стенками осуществляется тычковыми кирпичными рядами (через 3–5 ложковых рядов), заходящими в бетон на $\frac{1}{2}$ кирпича.
Тычковые ряды по высоте располагаются:
в блоках толщиной ≥ 51 см — в одной плоскости,
в блоках толщиной < 51 см — в шахматном порядке.

15. Блоки, выполняемые из колодцевой кладки.

Расстояние между диафрагмами 0,65 – 1,20 м
Вертикальные колодцы заполняются легким бетоном
Нижние 1-2 ряда блока выкладываются сплошными.

16 Сетчатое армирование осуществляется как в обычных армокаменных конструкциях. Сетки следует располагать так, чтобы при установке блоков один на другой расстояние между крайними сетками не превышало принятого в расчете.

17. В блоках с наружной продольной арматурой и для комплексных конструкций с наружным расположением железобетона укладываются только хомуты и оставляются пазы для продольной арматуры или железобетона. Установка же продольной арматуры и заполнение пазов бетоном производятся после монтажа блоков в пределах одного этажа.

18. Комплексные конструкции с расположением железобетона внутри сечения элемента — не рекомендуются.

19. Общий вынос карнизных блоков должен быть ≤ 19 см $\leq \frac{1}{2}$ толщины стены
Напуск кирпича в одном ряду должен быть $\leq \frac{1}{4}$ кирпича.

20. Для подъема блоков применяются монтажные петли. Верх петли не должен выступать за верхнюю грань блока, нижняя часть петли отгибается под прямым углом на длину не менее 10 диаметров арматуры.

21 Петли выполняются из круглой стали марки Ст.3
Применение холоднотянутой стали для петель – не допускается
Применение сварных петель для захвата блока – не допускается.

22. Блоки над проемами (балки-перемычки) выполняются в виде рядовых перемычек, железокирпичных перемычек и с применением сборного железобетона.
При отсутствии расчетной арматуры – обязательно конструктивное армирование в зоне положительного и отрицательного изгибающих моментов.
Конструктивный процент армирования – 0,1% от сечения перемычки.

23 Блоки с каналами могут быть кирпичными и бетонными
Бетонные блоки с каналами для дымоходов рекомендуется изготовлять на кирпичном щебне.

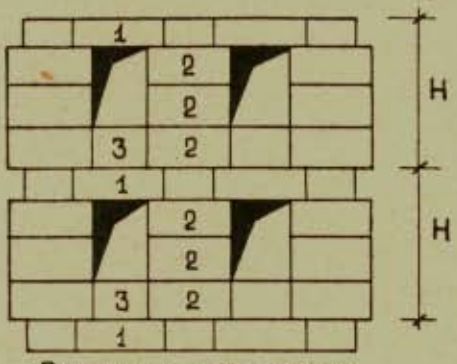
24 Железобетонные распределительные плиты, анкера для крепления перекрытий, деревянные пробки для крепления коробок укладываются в блоки при их изготовлении.

Основные требования к бетонным блокам

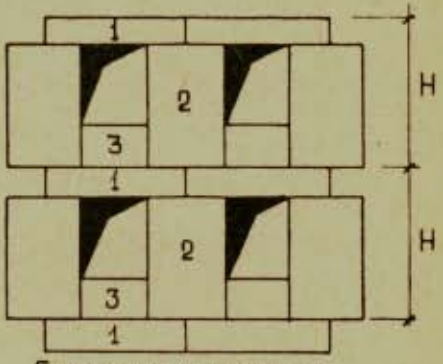
1. Блоки для наружных стен изготовляются с наружной поверхностью, офактуренной декоративным бетоном (раствором) или облицованной керамическими и другими плитами, и с внутренней поверхностью, подготовленной под окраску.
Блоки для внутренних стен изготовляются с обеими поверхностями, подготовленными под окраску.
2. Блоки для наружных стен из бетона объемным весом более 1600 $кг/м^3$ изготовляются с эффективными в теплотехническом отношении пустотами.
Блоки для наружных стен из бетона объемным весом $\leqslant$ 1600 $кг/м^3$ изготовляются сплошными или пустотелыми.
3. Блоки для наружных стен подвалов и цоколей, карнизные и другие специальные блоки, а также блоки для наружных и внутренних стен помещений с относительной влажностью воздуха более 60% не допускается изготовлять из бетона на топливных шлаках и золах, из горелых пород, из ячеистого бетона или силикатной массы.
4. Петли выполняются из круглой стали марки Ст. 3.
Применение холоднотянутой стали для петель не допускается
Применение сварных петель для захвата блока не допускается.

Системы разрезки наружных стен

Система разрезки наружных стен по высоте этажа из кирпичных блоков рекомендуется четырехрядная, из бетонных блоков рекомендуется двухрядная (при соответствующем обосновании допускается для стен из бетонных блоков и четырехрядная разрезка).



Система разрезки четырехрядная



Система разрезки двухрядная

Размеры блоков по высоте (в см)

N блока	Тип блока	Система разрезки			
		четырехрядная		двухрядная	
		H=3,3 м	H=3,9 м	H=3,3 м	H=3,9 м
1	Блок перемычка	60	60	60	60
2	Простеночный блок	90	110	270	330
3	Подоконный блок	90	90	90	90

Ширина оконных проемов принимается:
120, 140, 160 и 240 см

Проемы шириной 140 см принимаются только для школ и больниц. Проем шириной 240 см выполняется в виде двух спаренных окон шириной по 100 см с бетонным импостом 40 см

Высота оконных проемов принимается:
для жилых и гражданских зданий — 180 см,
для школ и больниц — 240 см

Сплошные кирпичные блоки из полнотелого кирпича могут применяться в следующих случаях:

1. когда полностью используется несущая способность блока
2. в зданиях с помещениями, имеющими влажность воздуха более 60%, также для цоколей, карнизов, подпорных стен.
3. во внутренних стенах без каналов при толщине в верхних этажах в 25 см

Расчет стен из крупных блоков.

1. Расчет производится в предположении жесткой конструктивной схемы, при которой перекрытия являются неподвижными опорами для стен.
2. Расчетное сопротивление сжатию кладки из крупных блоков принимается по классу работы А, если обеспечен систематический контроль за прочностью кирпича, бетона и раствора и за качеством монтажных швов. Для типовых проектов принимаются расчетные сопротивления по классу работы Б.
3. Расчетное сопротивление R в $кг/см^2$ сжатию кладки из крупных кирпичных блоков и блоков из керамических камней с щелевидными вертикальными пустотами шириной до 12 мм (при высоте ряда кладки 50-150 мм) принимается как для кирпичной кладки (см КК-8).
4. Расчетное сопротивление R в $кг/см^2$ сжатию кладки из крупных бетонных блоков см КК-9а.
5. При определении расчетного сопротивления по классу работы А необходимо соответствующие расчетные сопротивления по классу работы Б умножить на коэффициент K:

   для кладки из кирпичных блоков $K=1{,}2$

   для кладки из бетонных блоков $K=1{,}1$
6. Марка крупного бетонного блока определяется по формуле

$$R_{бл} = R^{н}_{пр} \frac{F_{нт}}{F_{бр}} \cdot M$$

$R^{н}_{пр}$ – Нормативное сопротивление бетона осевому сжатию

$F_{нт}$ – площадь сечения блока за вычетом пустот

$F_{бр}$ – площадь сечения блока без вычета пустот

M – коэффициент, зависящий от технологии изготовления блоков, от формы и размеров пустот.

При отсутствии опытных данных коэффициент M принимается:

$$M = \frac{F_{нт}}{F_{бр}}; \quad \text{и} \quad R_{бл} = R^{н}_{пр}\left(\frac{F_{нт}}{F_{бр}}\right)^2$$

Для стен подвалов из бетонных пустотелых блоков с пустотами до 50% при высоте блока 60 см (тип САКБ) $M = 0{,}85$

Марки сплошных крупных бетонных блоков и соответствующие им марки бетона

1	Марка блока ~ $R^{н}_{пр}$	150	100	75	50	35
2	Требуемая марка бетона (прочность кубика 20×20×20 см)	200	150 (125)	100	75 (65)	50

В скобках приведены значения кубиковой прочности бетона без округления, которыми рекомендуется пользоваться при подборе состава бетона в целях экономии цемента.

Требуемая марка бетона для пустотелых блоков определяется путем умножения табличных значений по графе 2 на величину $\frac{F_{бр}}{F_{н}} \cdot \frac{1}{M}$

---

7 При расчете стен из крупных кирпичных и бетонных блоков коэффициенты продольного изгиба φ в зависимости от приведенной гибкости $\beta_{пр}$ или $\lambda_{пр}$ принимаются по таблице см КК-21

Значения $\beta_{пр}$ и $\lambda_{пр}$ определяются, как для обычной кладки по формулам

$$\beta_{пр} = \frac{l_0}{d}\sqrt{\frac{1000}{\alpha}} \qquad \lambda_{пр} = \frac{l_0}{r}\sqrt{\frac{1000}{\alpha}} \text{ (см. КК-21)}$$

Значения упругой характеристики α принимаются следующие:

для кладки из кирпичных блоков таблица см КК-5

для кладки из бетонных блоков на растворах марки 25 и выше:

а) при кладке из легкобетонных блоков (в том числе блоков из ячеистого бетона) — $\alpha = 750$

б) при кладке из блоков, изготовленных из тяжелого бетона и силикатной массы, — $\alpha = 1000$

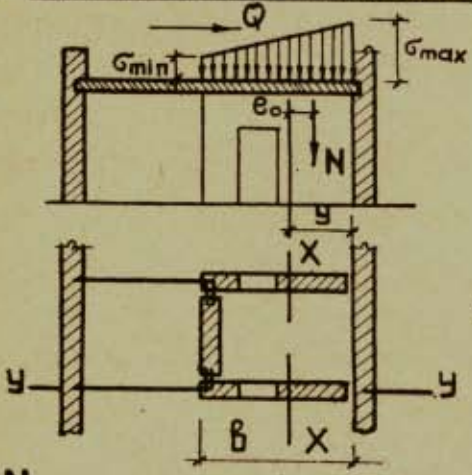
7 Поперечные стены и стены лестничных клеток рассчитываются на действующие в их плоскости изгибающие моменты и поперечные силы от ветровой нагрузки, как консоли, заделанные в грунт

Расчет ведется на внецентренное сжатие и скалывание с учетом действующих сжимающих сил.

При соединении поперечных стен с продольными гибкими связями (основной вид соединения) принимается, что вся ветровая нагрузка воспринимается только поперечными стенами без включения в работу продольных стен.

При наличии конструктивной перевязки продольные и поперечные стены работают совместно с одним общим в плане сечением, как стены из обычной каменной кладки.

8 Расчет поперечных стен (без учета работы продольных стен)



а) В плоскости У–У на вертикальную нагрузку N с учетом ветровой нагрузки Q

$$N \leq \frac{m m_к R F}{1 + \frac{e_0}{B - y}}$$

б) В плоскости Х–Х на вертикальную нагрузку N

$$N \leq m m_к \varphi R F$$

N – продольная (вертикальная сила)

R – расчетное сопротивление сжатию кладки из крупных блоков

F – площадь поперечного сечения стен с учетом ослабления проемами

e_0 – эксцентриситет силы N относительно центра тяжести сечения стены. $e_0 = \frac{M}{N}$ (M – расчетный изгибающий момент от горизонтальной нагрузки Q)

B – длина поперечной стены

y – расстояние от центра тяжести сечения стены до края сечения в сторону эксцентриситета,

m – коэффициент условия работы элемента конструкции

$m_к$ – коэффициент условия работы кладки

9 Расчет поперечных стен на поперечную силу Q

$$Q \leqslant \frac{m m_к R_{ск} в a}{M} \qquad R_{ск} \leqslant \sqrt{R_{гл}(R_{гл} + \sigma_0)}$$

a – наименьшая толщина стены

$в$ – длина поперечной стены

$R_{ск}$ – расчетное сопротивление скалыванию при наличии обжатия кладки

$R_{гл}$ – расчетное сопротивление главным растягивающим напряжениям при разрушении кладки по швам

σ_0 – напряжение сжатию в кладке при минимальной продольной нагрузке с коэффициентом перегрузки $n = 0{,}9$

M – коэффициент, зависящий от вида перевязки поперечных стен с продольными стенами

Виды перевязки стен

$M=1{,}5$ $M=1{,}5$ $M=1{,}5$ $M=1{,}15$ $M=1{,}15$ $M=1{,}35$

Сопротивление стен крупноблочной кладки главным растягивающим напряжениям может быть увеличено путем армирования горизонтальных швов.

$$R_{а.ск} = \sqrt{\frac{p \bar{R}_а}{100}\left(\frac{p \bar{R}_а}{100} + \sigma_0\right)} \qquad p = \frac{F_а}{F} 100\%$$

$R_{а.ск}$ – расчетное сопротивление скалыванию армированной кладки при наличии обжатия кладки

$\bar{R}_а$ – приведенное расчетное сопротивление арматуры (КК-18)

p – процент армирования по вертикальному сечению

10 При конструктивной перевязке поперечных и продольных стен бетонными шпонками или специальными перевязочными блоками последние рассчитываются на срез при скалывающей силе T'

$$T' = \frac{M Q h'}{в}$$

h' – расстояние между осями шпонок или перевязочных блоков по высоте стены. При одной шпонке или блоке на этаж $h' = h_{эт.}$

Сечение бетонных шпонок или перевязочных блоков должно удовлетворять требованию

$$T' \leq 0{,}65\, R_p F_{ср}$$

R_p – Расчетное сопротивление бетона растяжению

$F_{ср}$ – Площадь сечения среза бетонной шпонки или перевязочного блока

12. Перемычки в поперечных стенах рассчитываются на скалывание и на изгиб.

Скалывающая сила в перемычках от ветровой нагрузки

$$T = \frac{M Q h_{эт}}{B}$$

Q – ветровая нагрузка в рассматриваемом сечении

$h_{эт.}$ – высота этажа

Изгибающий момент в перемычках

$$M = 0{,}5\, Te$$

e – пролет перемычки между осями опорных площадок, длина которых принимается не более толщины стены

В перемычках из легкого бетона, в которых возможно коррозия арматуры, последняя должна быть уложена в слое тяжелого бетона марки не ниже 100 или раствора марки не ниже „50" при толщине 3–4 см

13. Основные конструктивные указания

1. Расстояния между температурными швами см. КК-95.
2. Кладка стен ведется на растворе марки не ниже 25.
3. Для монтажных швов кладки из крупных кирпичных блоков марку раствора принимать на 1 ступень выше марки раствора блока.
4. Толщина швов между блоками 12–20 мм.
5. Все вертикальные швы и пазы тщательно заделываются.
6. Ширина площадок опирания плит, панелей, настилов при расположении их поперек здания должны быть не менее 10 см.
7. Элементы перекрытий укладываются на растворе марки не ниже 25.
8. Швы между панелями, настилами, плитами, а также в местах примыкания к поперечным стенам заливаются цементным раствором марки 50.
9. Перекрытия связываются со стенами анкерами не реже чем через 6,0 м.
10. Перевязка стен в углах здания осуществляется:

при бетонных блоках – специальными угловыми блоками,
при кирпичных блоках – перевязкой блоков и укладкой сеток не менее чем в одном ряду на этаж.

Перевязка в местах пересечения стен Т-образными анкерами из полосовой стали толщиной 4 мм или сетками из круглой стали ϕ6 мм

Зимняя кладка

Основным способом возведения зимней кладки является способ замораживания.
Необходимо учитывать, что раннее замерзание раствора в кладке приводит к изменению ее свойств:

а) К снижению прочности и устойчивости кладки в период ее первого оттаивания,
б) К понижению последующей прочности оттаявшего раствора и к снижению сцепления между раствором и каменным материалом,
в) К снижению эффективности армирования.

Расчет зимней кладки

Расчет несущей способности конструкций зимней кладки должен производиться для следующих стадий готовности здания:

а) основной расчет — для законченного здания,
б) Дополнительный расчет — в стадии первого оттаивания.

Основной расчет производится с учетом следующих указаний.

1. **Расчетная марка раствора**
при температуре замораживания выше −20° (−19°, −18° и т.д.) принимается на одну ступень ниже летней того же раствора,
при температуре замораживания −20° и ниже (−21°, −22° и т.д.) принимается на две ступени ниже летней того же раствора
при этом все расчетные величины принимаются для этих пониженных марок раствора.
2. Вводится дополнительный коэффициент условия работы кладки $m'_к$ (см КК-17).
3. Для армированной кладки принимается пониженное приведенное расчетное сопротивление арматуры $\bar{R}_a$ (см КК-18)

Марки растворов для зимней кладки, выполняемой способом замораживания.

Вид кладки	Вид конструкции	Минимальная марка раствора „летняя"
Кладка из кирпича и камней правильной формы	Стены и фундаменты	10
	Столбы	25
	Карнизы, перемычки	50
Кладка из бута	Стены и фундаменты	25
	Столбы	50

Расчет в стадии первого естественного оттаивания

Расчетные марки растворов в стадии оттаивания

Применяемые цементы и расчетные марки раствора	Толщина стены или столба	Расчетн. марка в стадии оттаивания
Портландцемент с противоморозными добавками или без них при расчетной марке раствора ≥ 25	≥ 38	2
	< 38	0
Пуццолановый портландцемент, шлаковый портландцемент и другие медленно твердеющие при низкой температуре цементы, не зависимо от марки раствора	—	0

Прочность цементных и смешанных растворов, изготовленных на портландцементе, твердеющих при различных температурах в % от их 28-дневной прочности при $t = +15°$

Возраст кладки в днях	Температура твердения в град.										
	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	1	2	6	10	14	19	24	29	34	40	45
1,5	2	4	10	15	20	26	33	39	46	54	65
2	3	8	13	19	25	32	40	48	57	67	80
3	5	12	19	26	35	44	52	61	70	79	90
5	10	20	30	39	48	57	65	74	82	91	100
7	16	27	39	50	59	68	76	84	92	99	105
10	24	37	51	62	72	80	87	94	100	106	—
14	33	48	63	75	84	91	97	102	106	—	—
21	45	62	78	90	97	102	106	109	—	—	—
28	55	72	88	100	100	110	—	—	—	—	—

При применении растворов, изготовленных на шлаковом и пуццолановом портландцементе, учитывается более резкое замедление нарастания прочности этих растворов при температуре твердения ниже + 15°, а именно:

При температурах твердения		
	от + 1° до + 4°	— на 80%
	от + 5° до + 9°	— на 40%
	от + 10° до + 14°	— на 20%

При проверке прочности зимней кладки в стадии оттаивания принимается коэффициент условия работы $m=1,25$ (см КК-14)

Зимняя кладка на обыкновенных растворах методом замораживания не допускается:

а) Для конструкций из бутобетона и рваного бута.

б) Для конструкций, подвергающихся в стадии оттаивания воздействию вибраций и значительных динамических нагрузок.

в) При эксцентриситетах $e > 0,25\,y$ (y – расстояние от центра тяжести сечения до края сечения в сторону эксцентриситета). И при больших поперечных нагрузках (более 0,1 от продольных нагрузок) в стадии оттаивания.

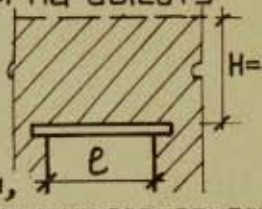
Для зимней кладки фундаментов, столбов и стен применяются цементно-известковые, цементно-глиняные пластичные растворы.
Не допускается применение известково-песчаных, известково-глиняных и глиняных растворов.

Коэффициент продольного изгиба φ определяется по гибкости $\beta_{пр}$ (см. формулу на ст. КК-21), вычисленной для значений α, взятых из таблицы КК-5 для марок раствора, принимаемых для зимней кладки (см. КК 86 и КК-87).

Расчет стен при внутреннем обогреве помещений производится на основании пунктов 251, 252, 258 и 259 НиТУ 120-55.

Для армированной кладки при расчетах для законченного здания и для стадии оттаивания принимаются пониженные приведенные расчетные сопротивления арматуры $\bar{R}_a$ (см. КК-18).

При расчете балок, поддерживающих каменные стены, в стадии оттаивания принимается нагрузка от веса опирающейся на них кладки на высоту равную пролету балки.
При большой высоте стен зимней кладки, поддерживаемых балками, вместо увеличения сечения балок и усиления опорных участков кладки, рекомендуется производить уменьшение их расчетного пролета установкой временных стоек на клиньях.



Расчет опор под прогонами, балками и другими местными нагрузками на местное сжатие (смятие) производится в стадии оттаивания по расчетному сопротивлению при сжатии без учета повышения этого сопротивления при местном сжатии.

В углах и в местах примыкания и пересечения стен на уровне междуэтажных перекрытий следует укладывать стальные связи ф 12 м/м с запуском их на 1–1,5 м и с анкеровкой на концах.

Устойчивость и несущая способность конструкций в необходимых случаях должны быть повышены на время оттаивания применением временных креплений в виде подкосов, растяжек, стоек и т.п. Временные крепления стен устанавливаются на расстояниях $a \leq 20\,d$, $a \leq 10$ м (d – толщина стены)

Конструкция временного крепления не должна препятствовать естественной осадке кладки и создавать дополнительную нагрузку на другие ее участки.

Перемычки пролетом $\ell > 1{,}5$ м должны выполняться из готовых элементов.

Устройство рядовых перемычек допускается при $\ell \leq 1{,}5$ м при условии снятия опалубки не ранее 15 дней после оттаивания кладки.

Перед оттаиванием должны быть заложены оставленные в кладке незаделанными гнезда, штрабы и т.д.

К моменту наступления оттепелей должны быть удалены не предусмотренные проектом случайные нагрузки (остатки строительных материалов и т.п.).

Величина $\beta = \frac{H}{d}$ (отношение высоты этажа к толщине стены или столба) не должна превышать значений, установленных для соответствующих групп кладок (см КК-97):

а) Для кладки законченного здания с учетом понижения марки раствора,

б) для кладки в стадии оттаивания с учетом марок раствора в стадии оттаивания (см КК-87).

Предельные отношения β свободно стоящих центрально загруженных стен, столбов и парапетов без временного крепления в период оттаивания не должны превышать $\frac{1}{2}$ предельных значений, указанных в таблицах (см КК-97—КК-99).

Если отношения β высоты этажа к толщине стен и столбов в стадии оттаивания превышают предельные, должны осуществляться временные крепления, о чем делается указание на чертежах проекта для зимних условий.

Величина средней расчетной осадки стен зимней кладки при ее первом оттаивании принимается на 1 метр высоты:

Для кладки из кирпича и бетонных камней - 0,5 мм,
для бутовой кладки — 1–2 мм.

В местах примыкания стен зимней кладки к элементам постоянной высоты должны устраиваться осадочные швы.

Зимняя кладка, подвергшаяся воздействию длительных оттепелей, может рассматриваться в последующем как не дающая осадок.

Карнизы и пояски с выносом до 20 см могут выкладываться постепенным напуском тычковых рядов кирпича на растворе марки 50 или 75 (что с учетом понижения марки на 1 или 2 ступени для зимних условий даст марку 25) (см КК-86).

Карнизы с большим выносом необходимо выкладывать по железобетонным консолям. Консольные несущие элементы заделываются зимой в процессе кладки

При возведении стен способом замораживания допускается производить облицовку их штучными материалами (ребристыми плитами, керамическими камнями, кирпичом и т.п.), конструктивно связанными с кладкой стены.

При облицовке из плит между последними должны оставаться пустые горизонтальные швы на осадку или швы с упругими прокладками (картон, рубероид в 2 слоя и т.п.), допускающими осадку облицовки в размере не менее 0,5% от высоты плиты

Облицовка стен плоскими плитами, прикрепляемыми к кладке стен раствором и анкерами, ЗАПРЕЩАЕТСЯ.

Указания по проекту для зимних условий способом замораживания

1. Если здание проектируется для выполнения в зимних условиях способом замораживания, в проекте должны быть предусмотрены эти условия. Если проект составлен для летних условий, а строительство ведется зимой, то должна быть произведена привязка к зимним условиям и сделаны соответствующие надписи на чертежах (марки растворов, армирование, временные крепления и пр.) Для типовых проектов такая привязка обязательна.
2. В проекте для зимних условий, помимо обычных указаний, должны быть даны дополнительные указания на период оттаивания, а именно:

а) Предельная высота стен, определяемая расчетом для стадии оттаивания при неполной нагрузке конструкций перекрытий (без засыпки и полов),

б) Предельная этажность, определяемая расчетом для стадии оттаивания, которая может быть возведена до пуска внутреннего обогрева.

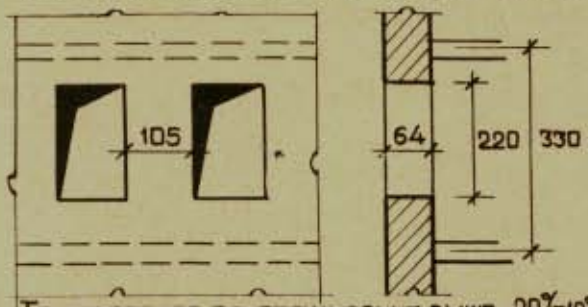
в) Об устройстве временных креплений для конструкций, которые не удовлетворяют требованиям устойчивости (по гибкости) и требованиям прочности на время оттаивания

г) О способах повышения прочности элементов конструкций в процессе возведения здания, если необходимость таковых повышений прочности будет установлена расчетом конструкций в стадии оттаивания

д) Рабочие чертежи, по которым может осуществляться кладка методом замораживания, должны иметь надпись о произведенной проверке конструкций кладки для ее возведения в зимних условиях, а также указания о частичном повышении марок раствора и о других мероприятиях по усилению отдельных элементов конструкций, прочность или устойчивость которых окажется в результате проверки недостаточной.

Примеры

Определение несущей способности простенка



Простенок 64 × 105

$F = 64 \cdot 105 = 6700\ см^2$

Марка кирпича 100

Марка раствора 50 (летняя)

Температура замораживания выше −20° (−19° − 18° и т.п.)

Марка 50 для зимних условий приравнивается марке 25

1 Основной расчет для законченного здания

Расчетное сопротивление кладки для марки 25

$R = 13\ кг/см^2$ (см КК-8)

$m = 1$ $m_k' = 1$ (см КК-16, КК-17) $\alpha = 750$ (см КК-5)

При продольном изгибе в плоскости стены $e_0 = 220\ см$

$$\beta_{пр} = \frac{e_0}{a}\sqrt{\frac{1000}{\alpha}} = \frac{220}{105}\sqrt{\frac{1000}{750}} = 2{,}1 \cdot 1{,}15 = 2{,}4 < 4 \qquad \varphi = 1$$

Несущая способность простенка

$$N_{пр} = \varphi \bar{R} F = 1 \cdot 13 \cdot 6700 = 87100\ кг = 87{,}1\ т$$

При продольном изгибе в плоскости перпендикулярной плоскости стены $e_0 = 330\ см$

$$\beta_{пр} = \frac{330}{64}\sqrt{\frac{1000}{750}} = 5{,}15 \cdot 1{,}15 = 5{,}92 \approx 6 \qquad \varphi = 0{,}96$$

Несущая способность простенка:

$$N_{пр} = \varphi \bar{R} F = 0{,}96 \cdot 13 \cdot 6700 = 83600\ кг = 83{,}6\ т$$

Для законченного здания принимаем $N_{пр} = 83{,}6\ т$

2 Расчет в стадии оттаивания

Расчетная марка раствора 2.

Расчетное сопротивление кладки для марки 2

$R = 8{,}0\ кг/см^2$ (см КК-8)

$m = 1{,}25$ (см КК-14) $m_k' = 1$ (см КК-17) $\alpha = 850$ (см КК-5)

Приведенное расчетное сопротивление $\bar{R} = m m_k' R = 1{,}25 \cdot 1 \cdot 8 = 10{,}0\ кг/см^2$

$$\beta_{пр} = \frac{330}{64}\sqrt{\frac{1000}{350}} = 5{,}15 \cdot 1{,}69 = 8{,}73 \qquad \varphi = 0{,}90$$

Несущая способность простенка

$$N_{пр} = \varphi \bar{R} F = 0{,}90 \cdot 10{,}0 \cdot 6700 = 60200\ кг = 60{,}0\ т$$

3 Расчет того же простенка при применении сетчатого армирования холоднотянутой проволокой

Приведенные расчетные сопротивления арматуры:

для летних условий: $\bar{R}_{a_л} = 1800$ кг/см²

для зимних условий:

в стадии оттаивания $\bar{R}_a = 900$ "

после отвердения оттаявшей кладки $\bar{R}_a = 1200$ "

см КК-18

Вычисляем переходные коэффициенты $\bar{K} = \frac{R_a}{R_{a_л}} \cdot \frac{R}{R_{50}}$

$\bar{K}_1 = \frac{900}{1800} \cdot \frac{8}{15} = 0{,}27$ $\bar{K}_2 = \frac{1200}{1800} \cdot \frac{13}{15} = 0{,}58$

Армируем сеткой $\phi 4$ мм через 1 ряд $S = 15$ см

размер ячейки принимаем 4×4 $C = 4$ см

процент армирования $P = 0{,}42$ (см КК-35)

Добавка к расчетному сопротивлению кладки за счет армирования $\triangle R$

для летней кладки: $\triangle R = 15{,}1$ (КК-34)

для зимней кладки:

в стадии оттаивания $\triangle R_1 = \triangle R \bar{K} = 15{,}1 \cdot 0{,}27 = 4{,}0$ кг/см²

после отвердения оттаявшей кладки $\triangle R_2 = \triangle R \bar{K}_2 = 15{,}1 \cdot 0{,}58 = 8{,}8$ "

Расчетные сопротивления армированной кладки:

в стадии оттаивания $R_{ak1} = R + \triangle R_1 = 8{,}0 + 4{,}1 = 12{,}1$ кг/см²

после отвердения оттаявшей кладки $R_{ak2} = R + \triangle R_2 = 13{,}0 + 8{,}8 = 21{,}8$ "

Определяем коэффициент продольного изгиба для армированной кладки

$\frac{1}{\sqrt{k}} = 1{,}50$ (см КК-35)

В стадии оттаивания

$\beta_{пр_a} = \beta_{пр} \frac{1}{\sqrt{k}} = 11{,}5 \cdot 1{,}5 = 17{,}3$ $\varphi = 0{,}71$

после отвердения оттаявшей кладки

$\beta_{пр_a} = \beta_{пр} \frac{1}{\sqrt{k}} = 6 \cdot 1{,}5$ 9,0 $\varphi = 0{,}90$

Несущая способность простенка

в стадии оттаивания

$N_{пр} = m m_k' \varphi F R_{ak1} = 1{,}25 \cdot 1 \cdot 0{,}71 \cdot 6700 \cdot 12{,}1 = 72000$ кг $= 72{,}0$ т

после отвердения оттаявшей кладки

$N_{пр} = m m_k' \varphi F R_{ak2} = 1{,}25 \cdot 1 \cdot 0{,}9 \cdot 6700 \cdot 21{,}8 = 165000$ кг $= 165{,}0$ т

4 Для сравнения определим несущую способность того же простенка при возведении его в летних условиях.

а) Неармированный простенок 64×105 $m=1$
Марка кирпича 100 Марка раствора 50.
Расчетное сопротивление кладки
$R=15\ кг/см^2$
Упругая характеристика $\alpha=1000$

$$\beta_{пр}=\frac{l_0}{a}\sqrt{\frac{1000}{\alpha}}=\frac{330}{64}\sqrt{\frac{1000}{1000}}=5{,}15 \qquad \varphi\simeq 0{,}98$$

Несущая способность простенка

$$N_{пр}=\varphi R F=0{,}98\cdot 15\cdot 6700=98400\ кг=98{,}4\ т$$

б) Армированный простенок
Добавка к расчетному сопротивлению кладки
$\Delta R=15{,}1\ кг/см^2$ (КК-34)
Расчетное сопротивление армированной кладки

$$R_{ак}=R+\Delta R=15{,}0+15{,}1=30{,}1\ кг/см^2>2R \text{ принимаем } R_{ак}=30{,}0$$

(или по таблице КК-36 $R_{ак}=30{,}0\ кг/см^2$)
Определяем коэффициент продольного изгиба для армированной кладки

$$\frac{1}{\sqrt{k}}=1{,}5 \qquad \beta_{пр_a}=\beta_{пр}\cdot\frac{1}{\sqrt{k}}=5{,}15\cdot 1{,}5=7{,}7 \qquad \varphi=0{,}92$$

Несущая способность армированного простенка

$$N_{пр}=\varphi R_{ак} F=0{,}92\cdot 30{,}0\cdot 6700=184000\ кг=184{,}0\ т$$

Таблица сравнений вариантов

Вид кладки	$N_{пр}$ т	
	Неармирован. кладка	Армирован. кладка
Летняя кладка	98,4	184,0
Зимняя кладка в стадии оттаивания	60,0	72,0
Зимняя кладка после твердения оттаявшей кладки	83,6	165,0

Общие конструктивные требования

Максимальное расстояние между температурными швами в стенах отапливаемых зданий в м

	Тип кладки		Марка раствора	Расчетн. зимняя наружн. температ.			
				ниже 30	21-30	11-21	10 и выше
1	Из обыкновенного глиняного кирпича Из керамических камней Из крупных блоков		100-50	50	60	80	100
			25-10	75	90	120	150
			4	100	120	150	200
2	Из силикатного кирпича Из бетонных камней		100-50	25	30	40	50
			25-10	35	45	60	75
			4	50	60	80	100
3	Из природного камня		100-50	30	35	50	60
			25-10	40	55	75	90
			4	60	75	100	125
4	Из бутобетона и крупнопористого бетона	внутри здания или в грунте		20	20	20	25
		для открытых сооружений		12	15	20	25

Расстояния между температурными швами для п. 1, 2 и 3 уменьшаются: для стен закрытых неотапливаемых зданий на 30%

для открытых каменных сооружений на 50%

увеличиваются в 2 раза для подземных сооружений из кладки, расположенных в зоне промерзания грунта.

Осадочные швы

Осадочные швы предусматриваются во всех случаях, когда можно ожидать неравномерную осадку:

1 В местах сопряжения участков здания, расположенных на разнородных грунтах.

2 При пристройке к существующему зданию.

3 При значительной разнице в высотах отдельных частей здания, превышающей 10 м, если в проекте не предусмотрены распределительные пояса.

Группы кладок

Вид кладки	Пояснение	Группы кладок I	II	III	IV
Сплошная кладка из кирпича или камней правильной формы марки ⩾50	на растворе марки...	⩾10	4		
Тоже марок 35 и 25	" "		⩾10	4	
Тоже марок 15, 10 и 7	"			любом	
тоже марки 4	"				любом
Кладка из грунтовых материалов	на растворе			известк.	глинян.
Облегченная кладка из кирпича или бетонных камней с перевязкой горизонтальными тычковыми рядами или скобами	на растворе марки ...	⩾25	⩾10		
	с бетоном или вкладышами марки ...	⩾25	10 и 15		
	с бетоном марок ...			4 и 7 или с засыпкой	
Облегченная кладка колодцевая (с перевязкой вертикальными стенками)	на растворе марки	⩾25	⩾10		
	с бетоном или вкладышами марки ...	⩾25	⩽15		
Кладка из бута под скобу или из плитняка	На растворе марки ...	⩾50	25 и 10	4	
Кладка из бута постелистого	На растворе марки...		⩾25	10 и 4	глинян-ном
Кладка из рваного бута	на растворе марки ...		⩾50	25 и 10	4
Бутобетон	на бетоне марки...	100	75 и 50	35	

Перевязка кладки

Для обеспечения нормальной прочности кладки нужна перевязка:

1. для кладки из кирпича – 1 тычковый ряд на 6 рядов кладки,
2. для кладки из камней правильной формы – 1 тычк. ряд на 3 ряда,
3. При перевязке связями (скобы) – 1 связь, $\Omega \geqslant 0{,}2\,см^2$ на $0{,}5\,м^2$ сечения стены
4. В двухслойных стенах (при разнице в прочности слоев более чем в 2 раза) количество тычков или связей увеличивается в 1,5 раза.

Допустимые отношения высот стен и столбов к их толщинам (β)

H – высота между перекрытиями

l – свободная длина между примыкающими поперечными конструкциями

a – толщина стены или меньшая сторона прямоугольного сечения столба.

При $H < l$ $\beta = \frac{H}{a}$ При $H > l$ $\beta = \frac{l}{a}$

Предельные значения β для стен, несущих нагрузки от перекрытий

При $a > 30$ см $l < 2.5\,H$, стены без проемов (для кладок I – IV группы из камней правильной формы и плит)

Марка раствора	β при группе кладок			
	I	II	III	IV
50 и выше	25	22	—	—
25	22	20	17	—
10	20	17	15	14
4 и ниже	—	15	14	13

Предельные значения β для стен и перегородок, не несущих нагрузки от перекрытий

При $a \leqslant 30$ см $l < 2{,}5\,H$, стены и перегородки без проемов

a Толщина стены в см	β при группе кладок и при марках раствора								
	I и II				III			IV	
	⩾50	25	10	⩽4	25	10	⩽4	10	⩽4
30	27	22	20	17	20	18	15	16	13
25	30	25	22	18	22	20	16	18	14
20	35	30	25	20	27	22	18	20	16
15	40	35	30	22	31	27	20	24	18
10	45	40	35	25	36	31	22	28	20
5	50	45	40	—	40	36	—	32	—

Условная толщина стены и столба a'

(a' принимается вместо a)

Тип конструкций	a'	Пояснение
Стены с пилястрами	$a' = 3{,}5r$	$r = \sqrt{\frac{J}{F}}$
Столбы сложного сечения		
Столбы круглого сечения	$a' = 0{,}85d$	d – диаметр сечения
Столбы многоугольного сечения	$a' = 0{,}85d$	d – диаметр вписанн. круга

Коэффициенты снижения K предельных отношений β

для различных условий конструирования стен и перегородок

Тип стен и перегородок	K
Стены толщиной $a \leq 30$ см, несущие нагрузку от перекрытий	0,8
Стены с проемами	$\sqrt{\frac{F_{нт}}{F_{бр}}}$
Перегородки с проемами	0,9
При $\ell > 2{,}5$ H	0,9
При $\ell > 3{,}5$ H и для нераскрепленных стен	0,8
Стены из бутовых кладок и бутобетона	0,8

Значение $F_{нт}$ и $F_{бр}$ принимаются по горизонтальному сечению стены.

Общее снижение предельных отношений β, получаемое путем умножения частных коэффициентов K, должно быть не ниже коэффициента снижения K_c, принятого для столбов. (см КК-99).

Коэффициент K' для увеличения величины $K\beta$

Тип конструкции	K'
При конструктивном продольном армировании ($P = 0{,}05\%$) в одном направлении	1,20
Тоже в двух направлениях	1,30

Если расстояние между связанными со стенами поперечными устойчивыми конструкциями не превышает величины $K\beta a$, то высота стены H не ограничивается и определяется расчетом на прочность.

Если $e < 2H$, то должно удовлетворяться условие:

$$H + e \leq 3K\beta a .$$

Предельное значение β для столбов принимать по таблице значений β для стен, несущих нагрузки от перекрытий (см КК-97), с понижающим коэффициентом K_c.

Коэффициенты снижения предельных отношений для столбов K_c

Толщина столба	Столбы из камней правильной формы	Столбы из бутовой кладки и бутобетона
90 и более	0,75	0,60
70 — 89	0,70	0,55
50 — 69	0,65	0,50
Менее 50	0,60	0,45

Узкие простенки, имеющие ширину менее толщины стены, проверяются в плоскости стены, как столбы в пределах высоты проема. Если предельные отношения их более допустимых для столбов, то простенки рассматриваются как не несущие.

Для свободно стоящих стен и столбов (не раскрепленных в верхнем сечении перекрытиями или прогонами в двух направлениях) величина β в нераскрепленном направлении должна быть на 30% ниже установленной для конструкции, раскрепленной в верхнем сечении перекрытиями.

Стены и столбы должны отвечать требованиям расчета как в законченном виде, так и в процессе их возведения. В случае необходимости устойчивость в период возведения должна быть обеспечена дополнительными мероприятиями.

Конструктивные требования к армированной кладке

Типы армирования

I Поперечное (сетчатое) армирование

II Продольное армирование (арматурой).

III Армирование комплексных конструкций

IV Армирование обоймами

Область применения

Тип армир.	Область применения	Дополнительные пояснения
I	1 Центрально сжатые элементы	при $\beta \leq 15$
	2 Внецентренно сжатые элементы при эксцентриситетах, не выходящих за пределы ядра сечения	при $\beta \leq 15$ (для прямоугольных сечений при $e_0 \leq 0{,}17\,d$)
II и III	1 Для восприятия растягивающих усилий в изгибаемых, растянутых и внецентренно сжатых элементах	когда в сечении возникают растягивающие усилия, превышающие расчетное сопротивление кладки при растяжении
	2 Для центрально и внецентренно сжатых столбов	при $\beta \geq 15$ независимо от гибкости. Цель — повышение прочности и устойчивости
	3 В тонких стенках и перегородках	Цель — повышение прочности и устойчивости
	4 В стенах и столбах, подвергающихся значительной вибрации	Цель — предохранение кладки от трещин и придания сооружению большей сейсмостойкости
IV	1 При повышении нагрузок на существующие конструкции 2 При дефектах кладки (трещины, недостаточная перевязка, низкая прочность кирпича, раствора)	

Толщина шва кладки $h_ш$

Швы кладки армированных конструкций должны иметь толщину: $h_ш \geq d + 4$ мм,
где d — диаметр арматуры.

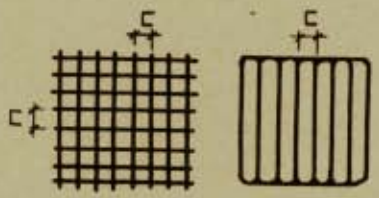
Процент армирования и диаметры арматуры

Тип арматуры	Процент армир.		d – арматуры	
	min	max	min	max
Сетчатая арматура	0,1%	1,0%	3мм	
Продольная сжатая	0,2%		8мм	
Продольная растянутая	0,05%		3мм	
При пересечении арматуры в швах				6мм
Без пересечения " ——— "				12мм

В таблице приведены минимальные проценты армирования, учитываемые в расчете.

Расстояние между стержнями сеток $C \geqslant 3$см $C \leqslant 12$см

Сетки прямоугольные и „Зигзаг" должны укладываться не реже чем через 5 рядов кладки.



„ прямоугольная „Зигзаг"

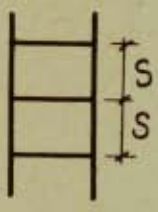
Сетки „Зигзаг" укладываются в двух смежных рядах кладки так, чтобы направления прутьев в них были взаимно перпендикулярны. Две уложенные таким образом сетки равноценны одной прямоугольной сетке.

Часть концов стержней сеток (контрольные концы) должны выступать на 5мм за поверхность кладки.

Концы растянутой арматуры должны быть заанкерены в слое бетона или раствора.

Расстояние между хомутами в сжатых элементах S

Тип армирования	S
При расположении арматуры снаружи кладки	$S = 15d$, $S \geqslant 15$см
При расположении арматуры внутри кладки	$S = 25d$
При конструктивном армировании	$S = 50$см



Расстояние между хомутами в изгибаемых элементах

$S \leqslant \frac{3}{4} h$ и $S \leqslant 50$см, где h – высота балки

Диаметр хомутов $3_{мм} \leqslant \phi \leqslant 6$мм

При расположении хомутов снаружи кладки они закрываются слоем цементного раствора толщиной не менее 1см.

Защитный слой цементного раствора

для армокаменных конструкций с арматурой, расположенной снаружи кладки.

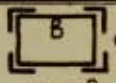
Вид армированных конструкций	В помещениях с нормальной влажност. воздуха	На откр. воздухе, во влажн. и мокр. помещ., в резервуар., фундам. и т.п.
В балках, простенках, столбах	≥ 20 мм	≥ 30 мм
В стенах	≥ 15 мм	≥ 25 мм

Армирование стен

1. Горизонтальная арматура, как правило, располагается в швах.
2. При односторонней нагрузке стены армируются одиночной арматурой, расположенной с растянутой стороны, при двусторонней переменной нагрузке — двойной арматурой.
3. Стены в $\frac{1}{2}$ кирпича и более толстые при небольших моментах разных знаков разрешается армировать одиночной арматурой, расположенной в середине толщины стены.
4. Вертикальная арматура, расположенная снаружи стены, связывается хомутами не реже чем через 80d.
5. Тонкие стены из кирпича на ребро могут армироваться вертикальными и горизонтальными стержнями в швах кладки с размером ячеек сетки 52×52 или 52×65 см.
6. Концы вертикальных и горизонтальных стержней рекомендуется заделывать в устойчивые прилегающие конструкции (капитальные стены, колонны, обвязочные балки и т.п.)

Усиление несущих столбов и простенков

1. Стальная обойма — из уголков, устанавливаемых на растворе по углам элемента. Хомуты из полосовой стали привариваются к уголкам

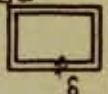


$a < b$

Шаг хомутов $S \leq a$, $S \leq 50$ см a — меньшая сторона

Обойма защищается от коррозии цементной штукатуркой.

2. Железобетонная обойма — из бетона марки 100–200



Армировка — вертикальные стержни и хомуты

Шаг хомутов $S \leq 15$ см. Толщина 6 см $\leq \delta \leq$ 12 см

3. Штукатурная обойма Армировка, как в железобетонной обойме. Арматура покрывается цементной штукатуркой из раствора марки 50–100

Усиление не рекомендуется для гибких элементов при $\frac{e_0}{a} > 15$.

Виды и марки камней, применяемых в строительстве

NN п/п	Наименование камня	Объемный вес камня в сухом состоянии брутто в кг/м³	Предел прочности камня при сжатии брутто в кг/см² марка — обычные пределы	Возможные пониженные и повышенные марки камня	
1	2	3	4	5	6
1	Камни бетонные сплошные легкие:				
	а) на топливном шлаке	1200–1900	35 – 75	–	100
	б) на доменном гранулированном шлаке	1500 – 2400	35 – 75	–	100
	в) на горных породах	1800 – 2100	35 – 75	–	100
	г) на пемзе	1000 – 1400	35 – 75	25	100
2	Камни бетонные пустотелые				
	а) из бетона на гравии или щебне	1100 – 1900	30 – 75	35	100
	б) на топливном шлаке	800 – 1400	35 – 50	–	75
	в) на гранулированном доменном шлаке	1000 – 1600	35 – 75	–	100
3	Камни бетонные сплошные тяжелые:				
	а) на гравии или щебне тяжелых пород	2100–2400	75–100	50	150-200
	б) на кирпичном или известняковом щебне	1800–2100	50–75	35	100
4	Кирпич глиняный пустотелый пластического прессования (дырчатый и пористо-дырчатый.)	1250–1450	75–100	50	150
5	Кирпич глиняный пустотелый полусухого прессования	1400–1500	75 – 100	50	–
6	Кирпич легковесный (пористый и трепельный)	700–1400	50 – 75	35	100

NN п/п	Наименование камня	Объемный вес камня в сухом состоянии брутто в кг/м³	Предел прочности камня при сжатии брутто в кг/см² (марка обычн. предел)	Возможные пониженные и повышенные марки камня	
1	2	3	4	5	6
7	Кирпич глиняный обыкновенного пластического прессования	1700-1900	75–150	50	200-300
8	Кирпич глиняный обыкновенный полусухого прессования	1800–2000	75–150	–	200-300
9	Кирпич силикатный	1800–2000	75–150	–	200-300
10	Кирпич шлаковый	1200–1400	50–75	25	
11	Камни керамические пустотелые с вертикальными пустотами	1100–1400	75–100	50	150
12	Камни гипсобетонные	1000–1500	35–50	–	–
13	Грунтоблоки повышенной водостойкости (с добавками)	1500–1800	10–15	–	25
14	Саман	1200–1500	15–25	–	–
15	Кирпич сырцовый	1700–1800	15–25	–	35
16	Туф закавказский	1100–1500	35–75	25	100
17	Известняк-ракушечник:				
	а) одесский, крымский и северокавказский	1000–1300	7–15	4	35
	б) керченский	1200–1500	10–25	7	–
	в) бакинский	1500–1800	15–50	–	75
	г) молдавский	1500–1600	25 50	15	–
18	Камень бутовый из известняка:				
	а) плотного	1900–2500	100–600	50	1000
	б) мягкого	1700–2000	35–75	–	100
19	Мрамор, гранит	2200–2900	1000 2000	–	–

ДК

ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные условные обозначения ДК1
Расчетные сопротивления R древесины сосны и ели . . ДК2
Коэффициенты расчетных сопротивлений древесины разных пород по отношению к древесине сосны и ели ДК3
Объемный вес древесины ДК3
Модуль упругости древесины ДК3
Коэффициенты снижения расчетных сопротивлений и модуля упругости древесины ДК4
Коэффициенты повышения расчетных сопротивлений древесины ДК4
Расчетные сопротивления стали ДК5
Влажность древесины ДК5
Величина сбега бревен ДК5
Основные указания о применении пород древесины . . ДК5

Основные расчетные положения:

Предельные деформации (прогибы) изгибаемых элементов ДК6
Деформации соединений при полном использовании их несущей способности ДК6
Коэффициенты трения, учитываемые в расчетах ДК7
Расчет элементов из бревен ДК7
График для определения $R_{см}$ под углом к волокнам . . ДК7
Коэффициенты условий работы элементов ДК8, ДК9

Расчет элементов деревянных конструкций:

Центрально сжатые элементы . . . . . ДК10—ДК15
Примеры расчета ДК16, ДК17
Центрально растянутые элементы ДК18
Изгибаемые элементы ДК19
Примеры расчета ДК20, ДК21
Внецентренно сжатые элементы ДК22
Внецентренно растянутые элементы ДК23
Пример ДК24
Сжатые составные элементы с неравномерно нагруженными ветвями ДК25
Расчет гнутых элементов ДК25

Расчет соединений элементов конструкций:

Общие указания по расчету на скалывание и смятие . . ДК26, ДК27
Соединения на врубках . . . . . ДК28—ДК30
Соединения на деревянных призматических шпонках . . ДК31
Соединения на цилиндрических нагелях . . . . . ДК32—ДК34
Соединения на пластинчатых нагелях ДК35
Основные указания по конструированию и расчету . . ДК36, ДК37

Сортамент пиломатериалов и бревен:

Сортамент пиломатериалов хвойных пород ДК38
Сортамент пиломатериалов лиственных пород ДК38
Моменты инерции и моменты сопротивления досок и брусьев ДК39
Параметры сечений из бревен ДК40

Основные условные обозначения:

$R_и$ – Расчетное сопротивление древесины при изгибе;
$R_р$ – " " при растяжении вдоль волокон;
$R_с$ – " " при сжатии вдоль волокон;
$R_{см}$ – " " при смятии вдоль волокон;
$R_{ск}$ – " " при скалывании вдоль волокон;
$R_{см90}$ – " " при смятии поперек волокон;
$R_{ск90}$ – " " при скалывании поперек волокон;
$R^{ср}_{ск}$ – Расчетное среднее по площади скалывания сопротивление скалыванию;
$R_{вд}$ – Расчетное сопротивление выдергиванию гвоздя;
$K_с$ – Коэффициент податливости соединений;
$m_р$ – Коэффициент условия работы элемента на растяжение;
$m_и$ – " " " " на изгиб;
$m_{ск}$ – " " " " на скалывание;
$m_{см}$ – " " " " на смятие;
$m_{гн}$ – " " " для гнутых элементов;
φ – Коэффициент продольного изгиба;
λ – Гибкость
$F_{расч}$ – Расчетная площадь поперечного сечения;
$F_{нт}$ – Площадь поперечного сечения нетто;
$F_{бр}$ – " " " брутто;
$F_{ск}$ – Расчетная площадь скалывания;
$F_{см}$ – " " смятия;
$T_{ск}$ – Полное усилие скалывания;
$S_{бр}$ – Статический момент брутто;
$W_{нт}$ – Момент сопротивления нетто;
$W_{бр}$ – " " брутто;
$J_{бр}$ – Момент инерции брутто;
$J_о$ – " " поперечного сечения опертых ветвей;
$J_{но}$ – " " неопертых ветвей;
r – Радиус инерции сечения элемента;
$\ell_о$ – Расчетная длина элемента;
$в$ – Ширина сечения элемента;
h – Высота сечения элемента;
d – Диаметр круглого сечения (гвоздя, нагеля);
N – Расчетная продольная сила;
M – Расчетный изгибающий момент;
Q – Расчетная поперечная сила;

Расчетные сопротивления R древесины сосны и ели

в кг/см²

Вид напряженного состояния	Обозначение	Расчетное сопротивл.
Изгиб	$R_и$	130
Растяжение вдоль волокон	$R_р$	100
Сжатие и смятие вдоль волокон	$R_с$; $R_{см}$	130
Сжатие и смятие по всей поверхности поперек волокон, а также в щековых врубках	$R_{с90}$; $R_{см90}$	18
Смятие поперек волокон на части длины при длине свободных концов не менее длины площадки смятия и толщины элемента:		
а) при длине площадки смятия вдоль волокон 10 см и более, а также в лобовых врубках, шпонках и опорных плоскостях конструкций	$R_{см90}$	30
б) при длине площадки смятия 3 см, а также под шайбами при углах смятия от 90° до 60°	$R_{см90}$	40
Скалывание вдоль волокон (максимальное)	$R_{ск}$	24
Скалывание поперек волокон (максимальное)	$R_{ск90}$	12

Расчетное сопротивление смятию под углом α (график см ДК–7)

$$R_{см\alpha} = \frac{R_{см}}{1 + \left[\frac{R_{см}}{R_{см90}} - 1\right] \sin^3\alpha}$$

Расчетное сопротивление скалыванию под углом α

$$R_{ск\alpha} = \frac{R_{ск}}{1 + \left[\frac{R_{ск}}{R_{ск90}} - 1\right] \sin^3\alpha}$$

Расчетное сопротивление смятию вдоль волокон для лобовых врубок в формуле $R_{см\alpha}$ принимается $R_{см} = 130$ кг/см²

Расчетное сопротивление древесины конструкций, изготовляемых на заводах, повышаются на 10% (при влажности не более 15%).

Коэффициенты расчетных сопротивлений древесины разных пород по отношению к древесине сосны и ели

Породы древесины		Коэффициент расчетного сопротивления		
		растяжен. изгибу, сжат и смятию вдоль волокон	сжатию и смятию поперек волокон	скалыванию
Хвойные	Лиственница	1,2	1,2	1,0
	Кедр сибирский	0,9	0,9	0,9
	Пихта	0,8	0,8	0,8
Твердые лиственные	Дуб	1,3	2,0	1,3
	Ясень, клен, граб	1,3	2,0	1,6
	Акация	1,5	2,2	1,8
	Береза, бук	1,1	1,6	1,3
	Вяз, ильм	1,0	1,6	1,0
Мягкие лиственные	Ольха, липа	0,8	1,3	1,1
	Осина, тополь	0,8	1,0	0,8

Объемный вес древесины в $кг/м^3$

Породы древесины		Объемный вес древесины в конструкциях	
		Защищенных от увлажнения	не защищенных от увлажнения
Хвойные	Лиственница	650	800
	Сосна, ель, кедр, пихта	500	600
Твердые лиственные	Дуб, бук, береза, ясень, клен, граб, акация, вяз, ильм	700	800
Мягкие лиственные	Осина, тополь, ольха, липа	500	600

Объемный вес свежесрубленной древесины принимается:
для хвойных и мягких лиственных пород ..... 850 $кг/м^3$,
для твердых лиственных пород ..... 1000 —"—

Модуль упругости древесины вдоль волокон независимо от породы древесины принимается при определении деформации конструкций, защищенных от увлажнения и нагрева $E = 100\,000$ $кг/см^2$

Коэффициенты снижения расчетных сопротивлений и модуля упругости Е древесины

Условия эксплуатации конструкций	Коэффициент
Кратковременное увлажнение древесины с последующим ее высыханием	0,85
Длительное увлажнение древесины	0,75
Воздействие установившейся температуры воздуха 35–50° (в производственных помещениях)	0,80
Воздействие постоянной нагрузки	0,80

Коэффициенты повышения расчетных сопротивлений древесины

Вид нагрузки	Для всех видов сопротивления, кроме смятия	Для смятия
Монтажные нагрузки	1,1	1,3
Сейсмические нагрузки	1,2	1,5

Поверочный расчет элементов и соединений на воздействие только постоянной нагрузки при $K=0,8$ производится тогда, когда усилие от расчетной постоянно действующей нагрузки превышает 0,8 усилия от расчетной полной нагрузки. К постоянно действующим нагрузкам относятся: собственный вес, длительно действующая нагрузка, например: полезные нагрузки складских и библиотечных помещений, давление воды в резервуарах, давление сыпучих тел.

Повышение расчетных сопротивлений древесины при действии монтажных и сейсмических нагрузок производится независимо от введения коэффициента для учета дополнительных или особых сочетаний нагрузок (см Н-3).

В тех случаях, когда подлежат учету несколько факторов, проявляющихся одновременно (например, повышенная влажность, повышенная температура, воздействие только постоянной нагрузки и т.д.), расчетное сопротивление и модуль упругости древесины определяются как произведения основного расчетного сопротивления или модуля упругости на все коэффициенты, которыми учитывается влияние этих факторов.

Расчетные сопротивления стали

Для расчета тяжей и болтов, работающих на растяжение, в ненарезанной части	Принимаются как для прокатной стали соответствующей марки
Тоже в нарезанной части	Тоже с коэффициентом 0,8
Для расчета двойных и тройных тяжей и болтов	Снижаются умножением на коэффициент 0,85

Влажность древесины

Тип конструкций, деталей	влажность в %
Для надземных конструкций	≤ 25
Для клееных конструкций	≤ 15
Для шпонок, нагелей, вкладышей и других мелких ответственных деталей	≤ 15
Для конструкций, длительно находящихся в увлажненном состоянии	не ограничивается

Разрешается применять древесину с влажностью > 25% для изготовления наземных конструкций, в которых усушка древесины не вызывает расстройства соединений или значительного провисания и связанных с ним дополнительных напряжений, при условии проведения мероприятий по защите древесины от гниения.

Величина сбега бревен

Изменение диаметра по длине бревна принимается:
1 см на 1 м длины бревна.

Основные указания о применении пород древесины

Тип конструкций, детали	Указания
Несущие конструкции	Применяется преимущественно древесина хвойных пород
Ответственные деревянные детали — шпонки, нагели	Изготовляются из твердых лиственных пород
Элементы гвоздевых конструкций	Не допускается применение лиственницы

Основные расчетные положения

Определение усилий в элементах и соединениях деревянных конструкций, а также расчет деревянных конструкций по деформациям производятся в предположении упругой работы материалов.

Расчет по несущей способности производится на воздействие **расчетных нагрузок**.

Расчет по деформациям производится на воздействие **нормативных нагрузок**.

Предельные деформации (прогибы) изгибаемых элементов

Элементы	Предельные прогибы в долях от пролета ℓ
Междуэтажных перекрытий	$1/250$
Чердачных перекрытий	$1/200$
Покрытий (кроме ендов)	
а) прогоны, стропильные ноги, деревоплита	$1/200$
б) обрешетка и настилы	$1/150$
Ендов	$1/400$

При наличии штукатурки прогиб элементов перекрытий только от полезной нагрузки $\leq \frac{1}{350}\ell$

Деформации соединений при полном использовании их несущей способности

Соединения	Деформации в мм
На врубках и торец в торец	1,5
На нагелях всех видов	2
На шпонках всех видов, кроме колодок, а также в примыканиях поперек волокон	3
На колодках	4

Деформация соединения при неполном использовании его расчетной несущей способности принимается пропорциональной действующему на соединение усилию.

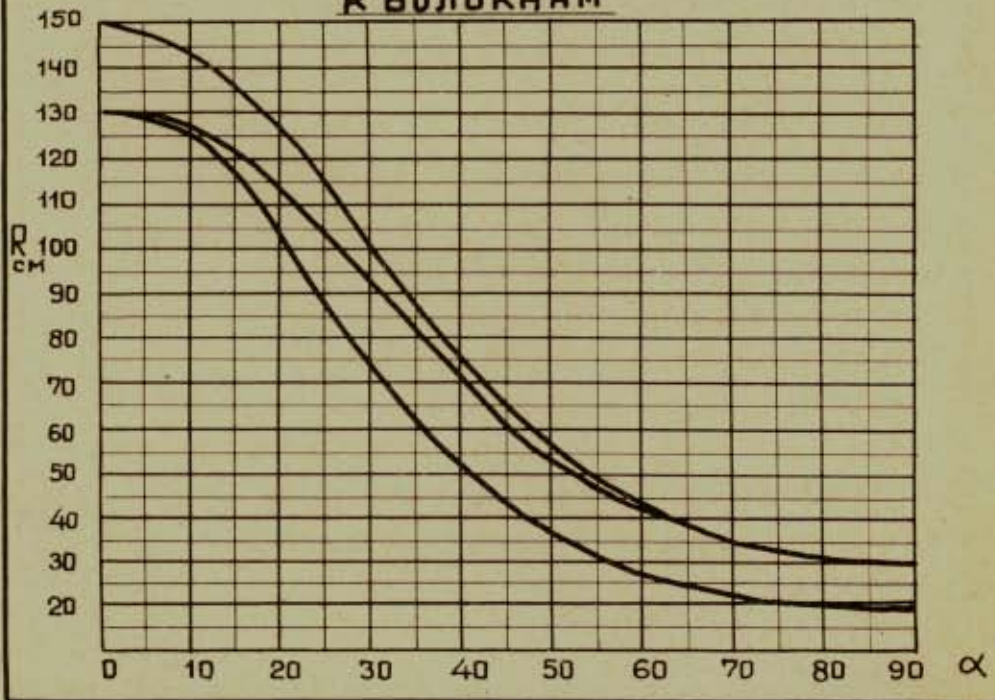
Коэффициенты трения, учитываемые в расчетах:

Условия работы		К
Если равновесие системы обеспечивается только трением при условии постоянного прижатия примыкающего элемента и отсутствия вибраций	торца по боковой поверхности	0,3
	боковых поверхностей	0,2
Если трение ухудшает условия работы конструкций и соединений, вызывая дополнительные напряжения в элементах конструкций, увеличивая угол между направлением сминающего усилия и волокон древесины, увеличивая расчетные усилия и т.п.		0,6

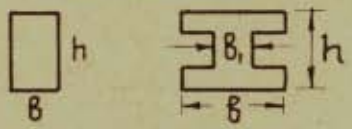
Расчет элементов из бревен производится:

1	С учетом сбега бревен (см ДК-5)	
2	При расчете на прогиб и устойчивость	По сечению, расположенному в середине расчетной длины элемента
3	При расчете на прочность	По сечению с максимальным изгибающим моментом

График для определения $R_{см}$ под углом к волокнам



Коэффициенты условий работы элемента

Вид усилия, тип элемента	Коэффициент
На растяжение	
Для элементов, не имеющих ослаблений в расчетном сечении	$m_p = 1,0$
Для элементов, имеющих ослабления;	$m_p = 0,8$
На сжатие	
Для всех элементов	$m_c = 1,0$
На изгиб	
	
Для досок, брусков и брусьев с размерами сторон сечения < 15 см	$m_и = 1,0$
Для брусьев и клееных элементов сплошного прямоугольного сечения с размерами сторон $\geqslant 15$ см при $\frac{h}{b} \leqslant 3,5$	$m_и = 1,15$
Для клееных элементов при $h > 50$ см и $b \leqslant 10$ см	$m_и = 0,85$
Для клееных элементов двутаврового сечения при $\frac{b_1}{b} = 0,5$	$m_и = 0,90$
$\frac{b_1}{b} = 0,33$	$m_и = 0,80$
$\frac{b_1}{b} = 0,25$	$m_и = 0,75$
Для прочих клееных элементов	$m_и = 1,0$
Для бревен, не имеющих врезок в расчетном сечении	$m_и = 1,2$
Для составных балок пролетом $\ell \geqslant 4$ м на пластинчатых нагелях из двух элементов	$m_и = 0,9$
" " " " трех элементов	$m_и = 0,8$
Тоже для балок из двух и трех элементов на деревянных призматических шпонках и колодках	$m_и = 0,8$
На смятие	
Для всех элементов	$m_{см} = 1,0$

Коэффициенты условий работы элемента

Вид усилия, тип элемента	Коэффициент
На скалывание при изгибе	
При расчете по древесине	$m_{ск}=1,0$
" " по клеевым швам шириной $=8$ см	$m_{ск}=0,75$
" " " " " " <8 см	$m_{ск}=0,5$
На скалывание лобовых врубок	
Для врубок с одним зубом	$m_{ск}=1,0$
Для врубок с двумя зубьями:	
при расчете первого от торца зуба	$m_{ск}=0,8$
" " второго зуба	$m_{ск}=1,15$
При угле наклона примыкающего сжатого элемента $\alpha \leq 20°$	$m_{ск}=0,8$
При угле наклона примыкающего сжатого элемента $\alpha=40°$	$m_{ск}=0,4$
при промежуточных углах α — по интерполяции	
На скалывание при расчете соединений на деревянных призматических шпонках	
Для поперечных шпонок	$m_{ск}=0,9$
Для продольных шпонок и колодок	$m_{ск}=0,8$
Для элементов, соединяемых поперечными шпонками	$m_{ск}=0,85$
Для элементов, соединяемых продольными шпонками	$m_{ск}=0,7$
Дополнительные коэффициенты для гнутых элементов	
при сжатии и изгибе $\frac{r}{a}=125$	$m_{гн}=0,7$
при сжатии и изгибе $\frac{r}{a}=150$	$m_{гн}=0,8$
при сжатии и изгибе $\frac{r}{a}=200$	$m_{гн}=0,9$
при сжатии и изгибе $\frac{r}{a}\geq 250$	$m_{гн}=1,0$
где: r — радиус кривизны гнутого элемента; a — размер сечения одной изгибаемой доски или бруса в направлении радиуса кривизны.	

Расчет элементов деревянных конструкций.

Центрально сжатые элементы

Расчет на прочность	Расчет на устойчивость
$N \leq m_c R_c F_{нт}$	$N \leq m_c \varphi R_c F_{расч.}$

где: $m_c = 1$ (см ДК–8),

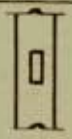
φ – коэффициент продольного изгиба,

$F_н$ – площадь поперечного сечения нетто,

$F_{расч.}$ – расчетная площадь поперечного сечения для расчета на устойчивость,

R_c – расчетное сопротивление древесины сжатию вдоль волокон (см ДК–2).

Принимаемые значения $F_{расч.}$

Характеристика элемента	Схема	$F_{расч.}$
При отсутствии ослаблений		$F_{расч} = F_{бр}$
При ослаблениях, не выходящих на ребро, если $F_{ос} \leq 0{,}25 F_{бр}$		$F_{расч} = F_{бр}$
" $F_{ос} > 0{,}25 F_{бр}$		$F_{расч} = \frac{4}{3} F_{нт}$
При симметричных ослаблениях, выходящих на ребро		$F_{расч} = F_{нт}$

$F_{ос}$ – площадь ослабления,

$F_{бр}$ – площадь поперечного сечения брутто.

При несимметричных ослаблениях, выходящих на ребра, элементы рассчитываются, как внецентренно сжатые.

Коэффициент продольного изгиба φ

при $\lambda \leq 75$	при $\lambda > 75$,
$\varphi = 1 - 0{,}8 \left(\frac{\lambda}{100}\right)^2$,	$\varphi = \frac{3100}{\lambda^2}$,

где: λ – гибкость цельных элементов, $\lambda = \frac{l_o}{r}$

l_o – расчетная длина элемента,

r – радиус инерции сечения элемента, $r = \sqrt{\frac{J_{бр}}{F_{бр}}}$

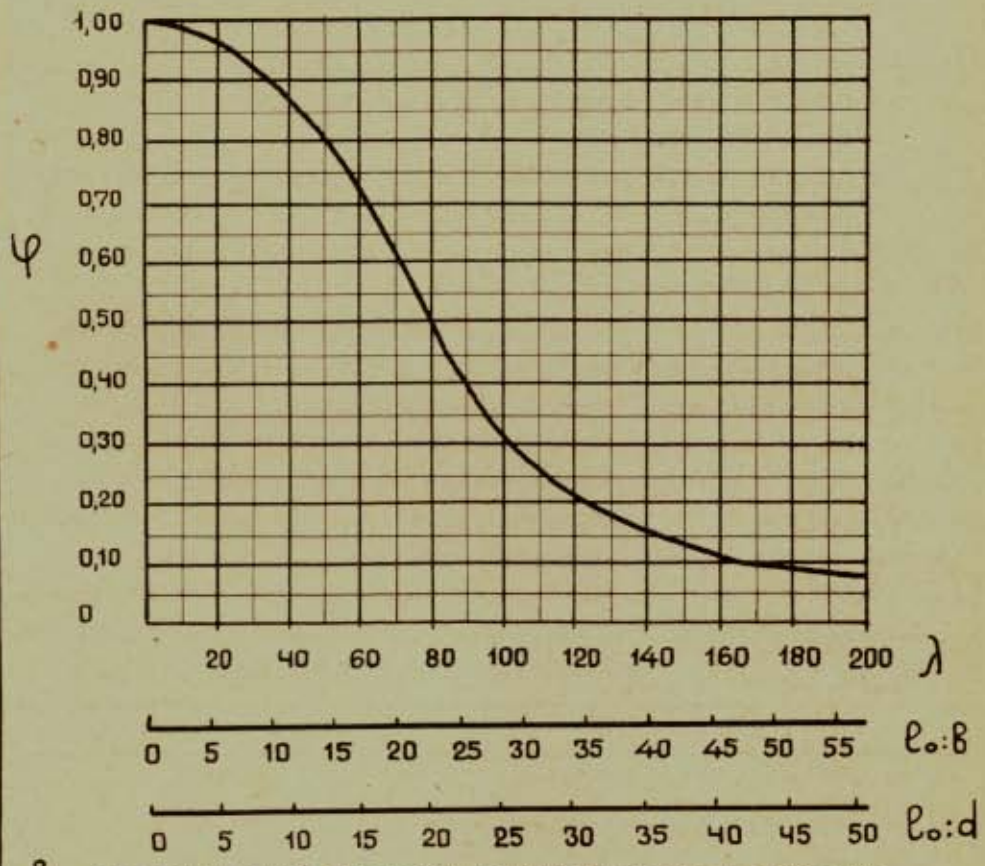
$J_{бр}$ – Момент инерции поперечного сечения брутто.

Расчетная длина элемента l_0

Тип закрепления опор	l_0
При обоих защемленных концах	$l_0 = 0{,}65\,l$
При одном защемленном и другом шарнирно закрепленном конце	$l_0 = 0{,}8\,l$
При обоих шарнирно закрепленных концах	$l_0 = 1{,}0\,l$
При одном защемленном и другом свободно нагруженном конце	$l_0 = 2{,}0\,l$

l — действительная длина элемента.

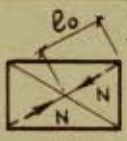
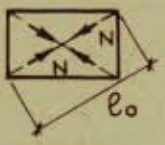
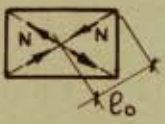
График для определения φ



b — наименьший размер прямоугольного сечения,

d — диаметр круглого сечения.

Расчетная длина пересекающихся элементов, надежно связанных между собой в месте пересечения.

Схема	Тип пересечения	Расчетная длина l_o
1 	**При проверке устойчивости в плоскости конструкции**	l_o = расстоянию от центра узла до точки пересечения элементов
2 **При проверке устойчивости из плоскости конструкции**		
а 	При пересечении двух сжатых элементов	l_o = полной длине элемента
б	При пересечении сжатого элемента с неработающим	$l_o = \frac{l_1}{\sqrt{1+\frac{l_1\lambda_1^2F_2}{l_2\lambda_2^2F_1}}}$ $l_o \geq 0{,}5\,l_1$
в 	При пересечении сжатого элемента с растянутым такой же силой	l_o = расстоянию от центра узла до точки пересечения элементов

l_1, λ_1, F_1 – полная длина, гибкость и площадь поперечного сечения сжатого элемента.

l_2, λ_2, F_2 – длина, гибкость и площадь сечения поддерживающего элемента.

При меньших значениях растягивающей силы расчетная длина сжатого элемента определяется по интерполяции между случаями „б" и „в".

Если один или оба пересекающихся элемента имеют составное сечение, в формулу „б" подставляются соответствующие значения приведенной гибкости элементов.

При проверке устойчивости сжатого нижнего пояса арочных, рамных и. т. п. конструкций, раскрепленного поперечными связями жесткости, за расчетную длину пояса следует принимать расстояние между этими связями, увеличенное на 25 %.

Связи жесткости, раскрепляющие сжатые элементы конструкций, рассчитываются на усилия равные 0,02 действующего в элементе усилия.

Гибкость сжатых элементов и их отдельных ветвей

Тип элемента	Гибкость λ
Для основных элементов	$\leqslant 120$
Для второстепенных элементов	$\leqslant 150$
Для связей	$\leqslant 200$

К числу основных элементов относятся: пояса, опорные стойки и раскосы ферм, колонны и. т. п.

Приведенная гибкость $\lambda_{пр}$ составных элементов

$$\lambda_{пр}=\sqrt{(M_y\lambda_y)^2+\lambda_1^2}\ ; \qquad M_y=\sqrt{1+K_c\frac{8hn_ш}{l_o^2n_c}}$$

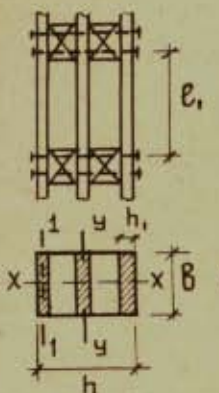


Рис.1

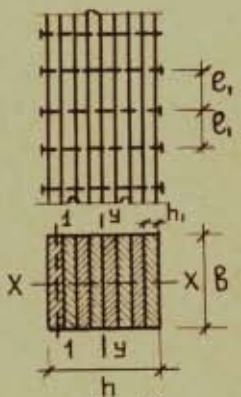


Рис.2

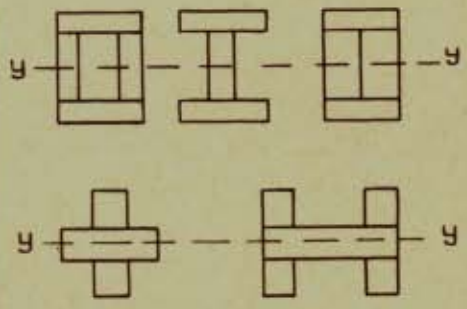


Рис.3

l_o – расчетная длина элемента в м;

B – ширина поперечного сечения в см;

h – полная высота поперечного сечения элемента в см;

λ_y – гибкость всего элемента относительно оси Y, (рис 1 и 2), вычисленная по расчетной длине элемента l_o без учета податливости соединений;

λ_1 – гибкость отдельной ветви относительно ее оси 1-1, вычисленная по расчетной длине ветви l_1, при $l_1<7h$ принимается $\lambda_1=0$;

M_y – коэффициент приведения гибкости;

$n_ш$ – расчетное количество швов в элементе (при определении $n_ш$ учитываются те швы, по которым суммируется взаимный сдвиг элементов, например, при расчете относительно оси Y рис 1 – 4 шва, рис. 2 – 7 швов, рис. 3 – 2 шва);

n_c – расчетное количество срезов связей в одном шве на 1 п м элемента (при нескольких швах с различным количеством срезов принимается среднее для всех швов количество срезов);

K_c – коэффициент податливости соединений.

Таблица значений K_c (d – диаметр в см)

Вид связей	K_c	
	Центр. сжатие	Сжатие с изгибом
Гвозди	$\frac{1}{10}d_{гв}^2$	$\frac{1}{5}d_{гв}^2$
Стальные цилиндрические нагели	$\frac{1}{3}d_н^2$	$\frac{1}{1,5}d_н^2$
Дубовые цилиндрические нагели	$\frac{1}{1,5}d_н$	$\frac{1}{d_н}$
Клей	0	0

При определении K_c диаметр стальных и дубовых цилиндрических нагелей принимается:

$$d \leqslant \frac{1}{4} h_{i\,min},$$

$h_{i\,min}$ — толщина наиболее тонкого из соединяемых элементов

Гвозди при защемлении концов менее $4d$ в расчете не учитываются.

$\lambda_{пр}$ не должна приниматься более гибкости ветвей, соединенных связями, поставленными по конструктивным соображениям (без расчета)

$$\lambda_{пр} \leqslant \lambda, \text{ где } \lambda = \frac{\ell_0}{\sqrt{\frac{\Sigma J_{i\,бр}}{F_{бр}}}};$$

ℓ_0 — расчетная длина элемента;

$\Sigma J_{i\,бр}$ — сумма моментов инерции брутто поперечных сечений всех ветвей относительно оси параллельной оси У (рис 1 и 2 ДК-13);

$F_{бр}$ — площадь сечения элемента брутто.

Гибкость составного элемента относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения всех ветвей (ось Х-Х рис 1 и 2 ДК-13), определяется, как для целого элемента, без учета податливости соединений (исключение — элементы с неравномерно нагруженными ветвями см ДК-25).

Расчетная гибкость составных ветвей составного элемента принимается равной $\mu_i \lambda_i$, где μ_i — коэффициент приведения гибкости, вычисленный для отдельной ветви с расчетной длиной ℓ_i, так же, как для элемента в целом.

При наличии в швах составного элемента связей различных видов (размеров) расчет ведется по любому из них с коэффициентом $K_c = K'_c$, причем за расчетное количество связей принимается $n_c = n'_c + n''_c \frac{K'_c}{K''_c} + \dots$

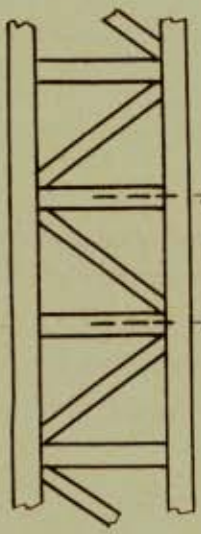
где: K'_c, n'_c относятся к расчетному виду (размеру) связей,

K''_c, n''_c — ко второму виду (размеру) связей и т.д.

Если ветви составного элемента имеют различное сечение, то расчетная гибкость ветви – λ_1 (в формуле на ст. ДК–13) принимается:

$$\lambda_1 = \frac{\ell_1}{\sqrt{\frac{\Sigma J_{1,бр}}{F_{бр}}}}$$

Приведенная гибкость решетчатого элемента или элемента со сплошной стенкой.



Принимаются:

гибкость отдельной ветви ____ $\lambda_1 = 0$,

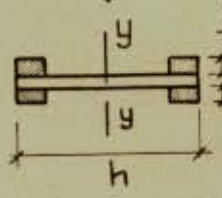
расчетное количество швов ____ $n_ш = 2$,

тогда:

$$\lambda_{пр} = \mu_y \lambda_y, \qquad \mu_y = \sqrt{1 + K_c \frac{28h}{\ell_o^2 n_c}}$$

где:

n_c – расчетное количество срезов связей суммируется по всем рабочим плоскостям между решеткой (стенкой) и одним поясом;



K_c – коэффициент податливости соединений (см таблицу ДК–13);

λ_y – гибкость всего элемента относительно оси y, вычисленная по расчетной длине ℓ_o.

Если в центрально сжатых решетчатых элементах гибкость отдельной ветви λ_1 больше гибкости элемента в целом λ, то должна производиться дополнительная проверка устойчивости ветви:

$$N \leq m_c \varphi_1 R_c F_{бр.}, \qquad m_c = 1,$$

где:

φ_1 – коэффициент продольного изгиба ветви, вычисленный по ее расчетной длине ℓ_1 (при определении φ_1 составные ветви рассматриваются как самостоятельные элементы длиной ℓ_1)

$F_{бр}$ – площадь брутто поперечного сечения стержня.

Примеры

1. Определить несущую способность центрально сжатого цельного стержня диаметром $d = 20$ см. Расчетная длина $\ell_0 = 4{,}0$ м. Материал-сосна; $R_c = 130 \frac{кг}{см^2}$ $F_{нт} = F_{расч} = F_{бр} = 3{,}14 \cdot 10^2 = 314 см^2$; $m_c = 1{,}0$.

Расчет на прочность

$N = m_c \cdot R_c F_{нт} = 1 \cdot 130 \cdot 314 = 40820 кг = 40{,}8_т$

Расчет на устойчивость

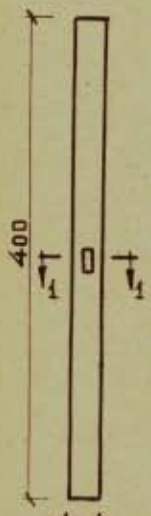
$N = m_c \varphi R_c F_{расч.}$ $\quad m_c = 1{,}0$

$\frac{\ell_0}{d} = \frac{400}{20} = 20$; по графику: $\varphi = 0{,}48$ (см ДК 11)

$N = 1 \cdot 0{,}48 \cdot 130 \cdot 314 = 19590$ кг $= 19{,}59_т$

Несущая способность определяется расчетом на устойчивость $N = 19{,}6$ т.

2 Определить несущую способность центрально сжатого цельного стержня прямоугольного сечения 20×20 см. В середине длины стержня имеется ослабление сечения. Расчетная длина $\ell_0 = 4{,}0$ м. Материал-сосна $R_c = 130 \frac{кг}{см^2}$ $F_{нт} = 20(20-5) = 300 см^2$ (в месте ослабления); $m_c = 1{,}0$



Расчет на прочность

$N = m_c R_c F_{нт} = 1 \cdot 130 \cdot 300 = 39000$ кг $= 39{,}0$ т

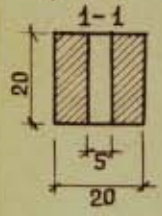
Расчет на устойчивость

$N = m_c \varphi R_c F_{расч.}$

$F_{бр} = 20 \cdot 20 = 400 см^2$ | $F_{ос} = 5 \cdot 20 = 100 см^2$

$0{,}25 F_{бр} = 0{,}25 \cdot 400 = 100 см^2$ | $F_{ос} = 0{,}25 F_{бр}$

принимаем $F_{расч.} = F_{бр} = 400 см^2$



Гибкость элемента:

$\lambda = \frac{\ell_0}{r}$, $r = \sqrt{\frac{J_{бр}}{F_{бр}}}$ Для прямоугольного сечения:

$\frac{J_{бр}}{F_{бр}} = \frac{\frac{bh^3}{12}}{bh} = \frac{h^2}{12}$, $r = \sqrt{\frac{h^2}{12}} = 0{,}289h$;

$\lambda = \frac{\ell_0}{0{,}289h} = \frac{400}{0{,}289 \cdot 20} = 69 < 75$

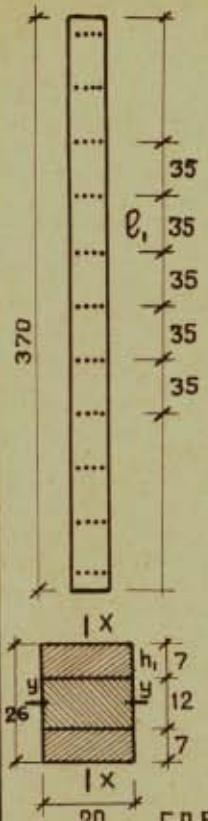
$\varphi = 1 - 0{,}8 \left(\frac{\lambda}{100}\right)^2 = 1 - 0{,}8 \cdot 0{,}69^2 = 1 - 0{,}38 = 0{,}62$;

φ – можно определить и по графику (ДК-11); $\varphi = 0{,}62$

$N = 1 \cdot 0{,}62 \cdot 130 \cdot 400 = 32200$ кг $= 32{,}2$ т

Несущая способность определяется расчетом на устойчивость.

3 Определить несущую способность центрально сжатого составного стержня на гвоздях с расчетной длиной $l_0 = 3{,}7$ м и поперечным сечением 20×26 см



Материал – сосна $R_c = 130\ кг/см^2$

$N = 20{,}0$ т; $m_c = 1{,}0$.

Расчет на прочность $F_{нт} = F_{бр} = 20 \cdot 26 = 520\ см^2$

$N = m_c R_c F_{нт} = 1 \cdot 130 \cdot 520 = 67600\ кг = 67{,}6$ т

Расчет на устойчивость

Так как площадь ослабления гвоздями $F_{ос}$ не превышает $0{,}25\ F_{бр}$, то принимаем $F_{расч} = F_{бр} = 520\ см^2$.

По всей длине с одной стороны стержня (т.е в одном шве) поставлено 44 гвоздя $d = 0{,}5$ длиной 15 см

На 1 п м стержня

$$n_c = \frac{44}{3{,}7} = 11{,}9 \text{ шт/п м}$$

Коэффициент приведения гибкости определяем по формуле $\mu_y = \sqrt{1 + K_c \frac{8 h n_ш}{l_0^2 n_c}}$,

где: $K_c = \frac{1}{10 d^2} = \frac{1}{10 \cdot 0{,}5^2} = 0{,}4$, $n_ш = 2$,

$$\mu_y = \sqrt{1 + 0{,}4 \frac{20 \cdot 26 \cdot 2}{3{,}7^2 \cdot 11{,}9}} = \sqrt{1 + 2{,}56} = 1{,}88$$

$$\lambda_y = \frac{l_0}{r} = \frac{l_0}{0{,}289 h} = \frac{370}{0{,}289 \cdot 26} = 49{,}2$$ (без учета податливости соединений)

Гибкость отдельной ветви в промежутках между связями (гвоздями) принимается $\lambda_1 = 0$, т к $l_1 < 7 h_1$

$$\lambda_{пр} = \sqrt{\mu_y^2 \lambda_y^2 + \lambda_1^2} = \mu_y \lambda_y = 1{,}88 \cdot 49{,}2 = 92{,}5; \quad \lambda_{пр} > 75$$

$$\varphi = \frac{3100}{\lambda^2} = \frac{3100}{92{,}5^2} = 0{,}36$$

φ – можно определить и по графику (ДК-11), $\varphi = 0{,}36$;

$$N_{доп} = m_c \varphi R_c F_{расч} = 1 \cdot 0{,}36 \cdot 130 \cdot 520 = 24300_{кг} = 24{,}3\ т$$

$N_{доп} > N$, $24{,}3 > 20$ т

Гибкость элемента относительно оси X–X:

$$\lambda_x = \frac{370}{0{,}289 \cdot 20} = 64 < 92{,}5;$$

Таким образом, решающим является расчет по гибкости $\mu_y \lambda_y = 92{,}5$ относительно оси Y–Y.

Центрально растянутые элементы

$$N \leq m_p R_p F_{нт}$$

$F_{нт}$ – Площадь рассматриваемого поперечного сечения нетто: при определении $F_{нт}$ ослабления, расположенные на участке длиной 20 см, принимаются совмещенными в одном сечении.

R_p – Расчетное сопротивление древесины растяжению вдоль волокон (см ДК 2).

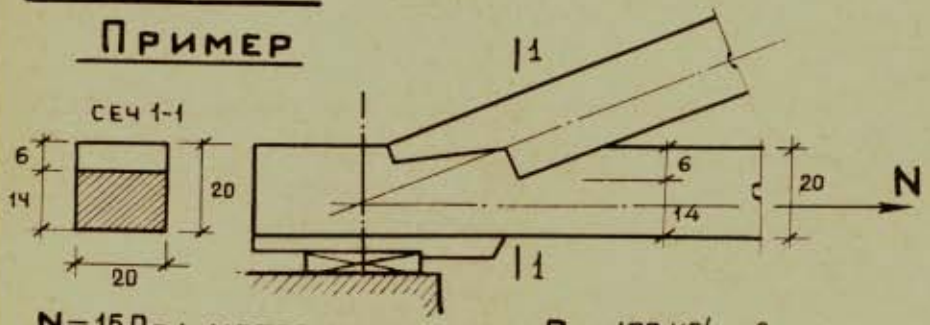
m_p – Коэффициент условия работы элемента на растяжение:

Для элементов без ослаблений ..... $m_p = 1{,}0$,

Для элементов с ослаблениями ..... $m_p = 0{,}8$ (см ДК 8).

N – Расчетная продольная сила.

Пример



$N = 15{,}0$ т ; материал – сосна ; $R_p = 100$ кг/см^2

Сечение 20×20. Ослабленное сечение 20×14 (сеч. 1-1)

Опорный узел центрируется так, чтобы усилие N проходило по оси ослабленного сечения.

$m_p = 0{,}8$ (для ослабленного сечения)

Коэффициент снижения расчетного сопротивления древесины, находящейся в условиях кратковременного увлажнения, – 0,85 (см ДК 4).

Приведенное расчетное сопротивление древесины

$\bar{R}_p = 0{,}85 \cdot m_p R_p = 0{,}85 \cdot 0{,}8 \cdot 100 = 68{,}0$ кг/см^2

$F_{нт} = 20\,(20-6) = 20 \cdot 14 = 280$ см^2 (по ослабленному сечению)

$N_{доп} = \bar{R}_p \cdot F_{нт} = 68{,}0 \cdot 280 = 19040$ кг $= 19{,}0$ т $> 15{,}0$ т

$N < N_{доп.}$ сечение достаточно.

Изгибаемые элементы

Расчет на прочность

$$M \leq m_и R_и W_{нт},$$

где: M – расчетный изгибающий момент;

$m_и$ – коэффициент условия работы элемента (см. ДК 8);

$R_и$ – расчетное сопротивление древесины изгибу (см. ДК 2);

$W_{нт}$ – момент сопротивления нетто рассматриваемого поперечного сечения.

Расчет на скалывание

$$Q \leq m_{ск} R_{ск} \frac{B J_{бр}}{S_{бр}},$$

где: Q – расчетная поперечная сила;

$m_{ск}$ – коэффициент условия работы элемента (см. ДК 9);

$R_{ск}$ – расчетное сопротивление древесины скалыванию вдоль волокон (см. ДК 2);

$J_{бр}$ – момент инерции брутто рассматриваемого поперечного сечения;

$S_{бр}$ – статический момент брутто сдвигаемой части сечения относительно нейтральной оси;

B – ширина сечения.

Расчет связей составных балок

$$n_c T \geq \frac{1{,}5\, M\, S_{бр}}{J_{бр}} \quad (\text{см. ДК–35}),$$

где: n_c – количество связей, равномерно расставленных в каждом шве изгибаемых составных элементов на протяжении от сечения с нулевым моментом до сечения с максимальным изгибающим моментом M, при распределенной по длине элемента нагрузке, а также при сосредоточенных грузах в пределах средней трети пролета;

T – расчетная несущая способность одной связи в данном шве;

$J_{бр}$ – момент инерции брутто поперечного сечения;

$S_{бр}$ – статический момент брутто части поперечного сечения элемента, отсекаемой рассматриваемым швом, относительно нейтральной оси.

При наличии в шве разных связей

$$n_c' T' + n_c'' T'' + \dots \geqslant \frac{1{,}5\, M\, S_{бр}}{J_{бр}},$$

где: n_c', T' относятся к первому виду связей,
n_c'', T'' относятся ко второму виду связей и т.д.

Расчет на прочность при косом изгибе

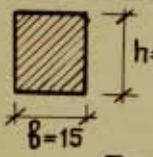
(элементов цельного сечения)

$$\frac{M_x}{m_и W_x} + \frac{M_y}{m_и W_y} \leqslant R_и$$

где: M_x, M_y — составляющие расчетного изгибающего момента соответственно для главных осей X и Y;
W_x, W_y — моменты сопротивления рассматриваемого поперечного сечения нетто для осей X и Y.

Примеры

1. Определить несущую способность бруса сечением 15×18 см, пролетом $\ell = 4{,}0$ м



Расчетная постоянно действующая нагрузка $P = 350$ кг/п.м.

Материал — сосна. $R_и = 130$ кг/см².

Брус находится в условиях длительного увлажнения.

Коэффициенты снижения расчетного сопротивления:
на воздействие постоянной нагрузки — 0,8,
на длительное увлажнение древесины — 0,75 (см ДК ч).

Коэффициент условия работы $m_и = 1{,}15$, ($b=15, h>15$).

Расчет на прочность

Приведенное расчетное сопротивление древесины:

$$\bar{R}_и = 0{,}8 \cdot 0{,}75\, m_и R = 0{,}8 \cdot 0{,}75 \cdot 1{,}15 \cdot 130 = 89{,}5 \text{ кг/см}^2$$

$$W = \frac{b h^2}{6} = \frac{15 \cdot 18^2}{6} = 810 \text{ см}^3$$

$$M = \frac{P \ell^2}{8} = \frac{0{,}35 \cdot 4^2}{8} = 0{,}7 \text{ тм} = 70000 \text{ кг см}.$$

$$M_{доп} = \bar{R}_и W = 89{,}5 \cdot 810 = 726000 \text{ кг см}.$$

$M_{доп} > M$

Расчет на прогиб

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{P \ell^4}{E J}$$

$E = 0{,}8 \cdot 0{,}75 \cdot 100000 = 60000$ кг/см²; $\ell = 400$ см;

$J = \frac{b h^3}{12} = \frac{15 \cdot 18^3}{12} = 7290$ см⁴; $P = 3{,}5$ кг/см.

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{3{,}5 \cdot 400^4}{60000 \cdot 7290} = \frac{5 \cdot 3{,}5 \cdot 2{,}56 \cdot 10^{10}}{3{,}84 \cdot 6 \cdot 0{,}729 \cdot 10^{10}} = 2{,}68 \text{ см},$$

$$\frac{f}{\ell} = \frac{2{,}68}{400} \simeq \frac{1}{150}$$

Расчет на скалывание $Q \le m_{ск} R_{ск} \frac{\beta J_{бр}}{S_{бр}}$

$R_{ск}=24\ кг/см^2$, $m_{ск}=1$.

Коэффициенты снижения расчетного сопротивления (см. ДК-4)

Приведенное расчетное сопротивление скалыванию вдоль волокон $\bar{R}_{ск}=0{,}8\cdot0{,}75\cdot m_{ск}R_{ск}=0{,}8\cdot0{,}75\cdot1\cdot24=14{,}4\ кг/см^2$

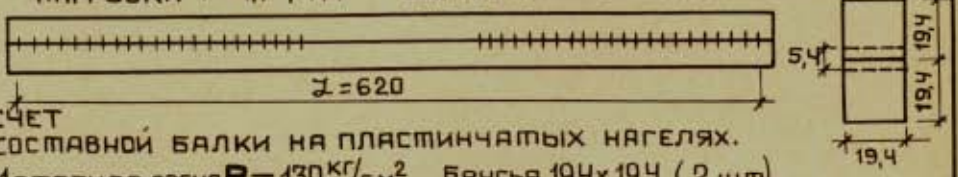
Для прямоугольного сечения:

$\frac{J_{бр}}{S_{бр}}=\frac{2}{3}\cdot h=\frac{2}{3}\cdot18=12\ см$

$Q_{доп}=\bar{R}_{ск}\cdot\frac{\beta J_{бр}}{S_{бр}}=14{,}4\cdot15\cdot12=2620\ кг$ | $Q_{доп}>Q$

$Q=\frac{pl}{2}=0{,}35\cdot\frac{4}{2}=0{,}35\cdot2=0{,}7\ т=700\ кг$

2. Нагрузка $p=1{,}1\ т/п\,м$ Балка кратковременно увлажняется



Расчет составной балки на пластинчатых нагелях.

Материал-сосна $R_и=130\ кг/см^2$. Брусья 19,4×19,4 (2 шт).

Пластинчатые нагели $\delta=1{,}2$ см, $l_{пл}=5{,}4$ см, $b_{пл}=19{,}4$ см.

Расстояние между нагелями $S=9\delta=9\cdot1{,}2=11$ см (см ДК 35).

Коэффициенты условия работы и прочие коэффициенты:

при пластинчатых нагелях из 2^х элементов $m_и=0{,}9$.

при брусьях с размерами сторон >15 см $m'_и=1{,}15$ (см ДК-8),

при кратковременном увлажнении ..... 0,85 (см ДК-4).

Приведенное расчетное сопротивление

$\bar{R}_и=0{,}85\,m_и\cdot m'_и\cdot R_и=0{,}85\cdot0{,}9\cdot1{,}15\cdot130=114\ кг/см^2$

$M=\frac{pl^2}{8}=\frac{1{,}1\cdot6{,}2^2}{8}=5{,}3\ тм$

$W=\frac{bh^2}{6}=\frac{19{,}4\cdot38{,}8^2}{6}=4860\ см^3$

$M_{доп}=\bar{R}_и W=114\cdot4860=552000\ кг\,см=5{,}52\ тм$ | $M_{доп}>M$

Расчетное количество нагелей на длине $l'=0{,}8\,l$ (см ДК 35)

$n_c=\frac{0{,}8\,l}{S}=\frac{0{,}8\cdot620}{11}=45$ На полпролета $n'_c=\frac{45}{2}\simeq22$

Несущая способность одного нагеля:

$T=14\,l_{пл}b_{пл}$ (см ДК-35), $K=0{,}85$, $T=0{,}85\cdot14\cdot5{,}4\cdot19{,}4=1245\ кг$

Несущая способность всех нагелей (для половины пролета)

$n'_c T=22\cdot1245=27300\ кг$

Для прямоугольного сечения $\frac{J_{бр}}{S_{бр}}=\frac{2}{3}h=\frac{2}{3}\cdot38{,}8=25{,}9$ см

$\frac{1{,}2\,M\,S_{бр}}{J_{бр}}=\frac{1{,}2\cdot530000}{25{,}9}=24600\ кг$ *) (см ДК 35) $\quad n'_c T>\frac{1{,}2\,M\,S_{бр}}{J_{бр}}$

Внецентренно сжатые элементы

$$\frac{N}{m_c R_c F_{нт}} + \frac{M}{m_и \xi R_и W_{нт}} \leq 1 \text{ , или } \frac{N}{F_{нт}} + \frac{M}{m_и \xi W_{нт}} \leq R_c ,$$

где: $\xi = 1 - \frac{\lambda^2 N}{3100 R_c F_{бр}}$; $\lambda = \frac{\ell_0}{r}$; $r = \sqrt{\frac{J_{бр}}{F_{бр.}}}$;

m_c – коэффициент условия работы элемента на сжатие $m_c = 1$;

$m_и$ – " " " " на изгиб (см ДК 8) ;

R_c – расчетное сопротивление древесин на сжатие

$R_и$ – " " " на изгиб; (см ДК 2);

$F_{нт}$ – площадь сечения нетто;

$F_{бр}$ – площадь сечения брутто;

$W_{нт}$ – момент сопротивления сечения нетто;

$J_{бр}$ – момент инерции сечения брутто;

ξ – коэффициент (действительный в пределах от 0 до 1), учитывающий дополнительный момент от продольной силы N при деформации элемента.

При $\frac{M}{W_{бр}} \leq 0{,}1 \frac{N}{F_{бр}}$ внецентренно сжатый элемент рассчитывается на устойчивость без учета изгибающего момента M по формуле:

$$N \leq m_c \varphi R_c F_{расч}$$ (см ДК 10)

В составных внецентренно сжатых элементах, кроме того, проверяется устойчивость наиболее напряженной ветви при $\ell_1 > 7h_1$ по формуле:

$$\frac{N}{F_{бр}} + \frac{M}{\xi W_{бр}} \leq \varphi_1 R_c ,$$

где:

ℓ_1 – расчетная длина ветви;

h_1 – толщина ветви;

φ_1 – коэффициент продольного изгиба, вычисленный по длине ℓ_1 (для отдельной ветви)

$F_{бр}$ – площадь поперечного сечения брутто;

$W_{бр}$ – момент сопротивления поперечного сечения брутто.

Устойчивость элемента в целом в плоскости перпендикулярной плоскости изгиба проверяется без учета изгибающего момента по формуле:

$$N \leq m_c \varphi R_c F_{расч.}$$ (см ДК 10).

Количество связей в шве (n_c) на половине расчетной длины внецентренно сжатого составного элемента

$$n_c T \geq \frac{1{,}5\, M\, S_{бр}}{\xi\, J_{бр}}, \quad \xi = 1 - \frac{\lambda^2 N}{3100\, R_c F_{бр}}$$

$S_{бр}$ – Статический момент брутто части поперечного сечения, отсекаемой рассматриваемым швом, относительно нейтральной оси.

$J_{бр}$ Момент инерции брутто, рассматриваемого поперечного сечения.

T – Расчетная несущая способность одной связи в данном шве.

ξ – Коэффициент (см. ДК 22).

При наличии в шве разных связей :

$$n'_c T + n''_c T'' + \cdots \geq \frac{1{,}5\, M\, S_{бр}}{\xi\, J_{бр}}$$

n'_c, T' относятся к первому виду связей;

n''_c, T'' относятся ко второму виды связей и т.д.

Если связи воспринимают, кроме сил сдвига при изгибе, еще другие усилия, количество связей в шве определяется расчетом на полное усилие.

Внецентренно растянутые элементы

$$\frac{N}{m_p R_p F_{нт}} + \frac{M}{m_и R_и W_{нт}} \leq 1, \text{ или } \frac{N}{m_p F_{нт}} + \frac{0{,}77\, M}{m_и W_{нт}} \leq R_p$$

m_p – Коэффициент условия работы элемента на растяжение

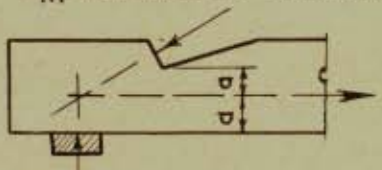
$m_и$ – " " " на изгиб (см. ДК 8);

R_p – расчетное сопротивление древесины на растяжение

$R_и$ – " " " на изгиб (см. ДК 2);

$F_{нт}$ – площадь сечения нетто;

$W_{нт}$ – момент сопротивления сечения нетто.



Следует по возможности предотвращать возникновение изгибающих моментов в ослабленных сечениях растянутых элементов путем центрирования растягивающего усилия по ослабленному сечению или другим способом. При соблюдении этого условия элементы рассчитываются на центральное растяжение.

Пример

Расчет внецентренно сжатого цельного элемента.

Требуется проверить несущую способность внецентренно сжатого элемента сечением 12×12 см.

Расчетная длина элемента $l_o = 5{,}1$ м.

Расчетная сжимающая сила $N = 2{,}0$ т.

Расчетный изгибающий момент $M = 0{,}08$ тм

$$\frac{N}{F_{нт}} + \frac{M}{\zeta m_и W_{нт}} \leq R_c$$

Материал – сосна. $R_c = 130\ кг/см^2$

Коэффициент условия работы на изгиб цельного элемента с размерами сторон сечения менее 15 см

$$m_и = 1$$

Площадь поперечного сечения

$$F_{нт} = F_{бр} = 12 \cdot 12 = 144\ см^2$$

Момент сопротивления поперечного сечения

$$W_{нт} = W_{бр} = \frac{12 \cdot 12^2}{6} = 288\ см^3$$

Коэффициент ζ, учитывающий дополнительный момент от продольной силы N при деформации элемента

$$\zeta = 1 - \frac{\lambda^2 N}{3100 R_c F_{бр}}$$

$$\lambda = \frac{l_o}{r} = \frac{l_o}{0{,}289h} = \frac{510}{0{,}289 \cdot 12} = 147$$

$$\zeta = 1 - \frac{147^2 \cdot 2000}{3100 \cdot 130 \cdot 144} = 1 - 0{,}745 = 0{,}255$$

$$\frac{N}{F_{нт}} + \frac{M}{\zeta m_п W_{нт}} \leq R_c$$

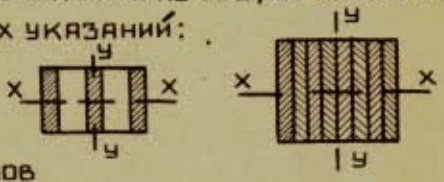
$$\frac{2000}{144} + \frac{8000}{0{,}255 \cdot 1 \cdot 288} < 130\ кг/см^2$$

$$13{,}9 + 109 < 130\ кг/см^2 \qquad 122{,}9 < 130\ кг/см^2$$

Таким образом, расчетное условие прочности внецентренно сжатого элемента соблюдено.

Сжатые составные элементы с неравномерно нагруженными ветвями.

Составные элементы на податливых соединениях, часть ветвей которых не оперта по концам или не закреплена в узлах, допускается рассчитывать на центральное и внецентреное сжатие по общим правилам, но с соблюдением следующих указаний:



1. Расчетные моменты инерции и момент сопротивления поперечного сечения элементов относительно оси „У" определяются с учетом всех ветвей.
2. Расчетный момент инерции сечения относительно оси X определяется по формуле

$$J = J_0 + 0{,}5\, J_{но},$$

где: J_0 — момент инерции поперечного сечения опертых ветвей,

$J_{но}$ — момент инерции поперечного сечения неопертых ветвей.

3. Расчетная площадь поперечного сечения элементов определяется:

а) при центральном сжатии — по сечению только опертых ветвей,

б) при внецентренном сжатии — по сечению только опертых ветвей, если проверяются эти ветви, и по полному сечению элемента, если проверяются неопертые ветви.

Расчет гнутых элементов

Гнутые сжатые и изгибаемые элементы рассчитываются с учетом дополнительного коэффициента условия работы для гнутых элементов $m_{гн}$ (см ДК9), в зависимости от отношения радиуса кривизны гнутого элемента r к размеру сечения одной изгибаемой доски или бруска в направлении радиуса кривизны a.

В формулы, вместо коэффициентов $m_с$ и $m_и$, вводятся соответственно произведения $m_с m_{гн}$ и $m_и m_{гн}$

Расчет соединений элементов конструкций

I Общие указания по расчету на скалывание и смятие

1 Расчетная несущая способность соединений на врубках, призматических шпонках и т.п. из условия смятия древесины определяется по формуле:

$$T = m_{см} R_{см\alpha} F_{см},$$

где: $m_{см}$ – коэффициент условия работы соединения на смятие;

$F_{см}$ – расчетная площадь смятия;

$R_{см\alpha}$ – расчетное сопротивление древесины смятию под углом α к направлению волокон.

2 Расчетная несущая способность соединений на врубках, призматических шпонках и т.п. из условия скалывания древесины определяется по формуле:

$$T_{ск} = m_{ск} R^{ср}_{ск\alpha} F_{ск}, \text{ где } R^{ср}_{ск\alpha} = \frac{R_{ск\alpha}}{1 + \beta \frac{l_{ск}}{e}}$$

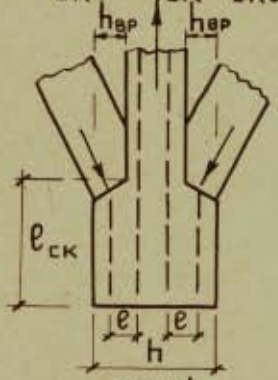


Рис.1

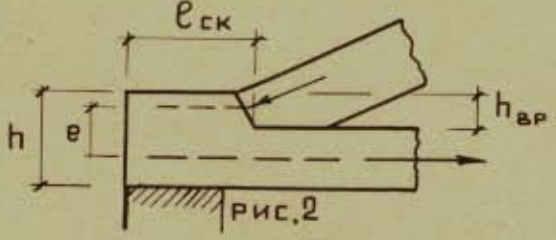


Рис.2

$$10 h_{вр} \geq l_{ск} \geq 3e,$$

где: $m_{ск}$ – коэффициент условия работы соединений на скалывание

$F_{ск}$ – расчетная площадь скалывания;

$R^{ср}_{ск\alpha}$ – расчетное среднее по площадке скалывания сопротивление скалыванию;

$R_{ск\alpha}$ – расчетное максимальное сопротивление древесины скалыванию под углом α к направлению волокон;

$h_{вр}$ – глубина врезки в элемент;

h – размер сечения элемента по направлению врезки;

$l_{ск}$ – расчетная длина плоскости скалывания;

e – плечо сил скалывания (см. ДК 27);

β – коэффициент, зависящий от схемы приложения скалывающих усилий (см. ДК 27).

Плечо сил скалывания e

Тип соединения	Рис.	e
При односторонней врезке в соединениях без зазора	См. рис. 2 Дк-26	0,5 h
При симметрично загружаемых элементах с двухсторонней врезкой	См. рис. 1 Дк-26	0,25h

Значения коэффициента β

тип элементов	β
Для растянутых элементов соединений на врубках и шпонках с односторонним (по отношению к месту приложения скалывающих сил) расположением площадки скалывания	0,25
Для сжатых элементов соединений с промежуточным (по отношению к местам приложения сил скалывания) расположением площадки скалывания, а также при деревянных шпонках	0,125

Разрешается при расчете соединений на врубках и деревянных призматических шпонках принимать $R^{ср}_{ск\alpha}$ по нижеприведенной таблице

Тип древесины	Тип соединений	Дополнит. условия	$R^{ср}_{ск}$
Сосна и ель	В лобовых врубках и элементах составных балок на шпонках	$l_{ск} \leq 2h$ или $l_{ск} \leq 10\,h_{вр}$	$R^{ср}_{ск} = 12\ кг/см^2$
	В щековых врубках	$l_{ск} \leq 5h$ или $l_{ск} \leq 10\,h_{вр}$	$R^{ср}_{ск} = 7\ кг/см^2$
Дуб	В поперечных шпонках	При отношении длины к высоте равном 2,5	$R^{ср}_{ск90} = 10\ кг/см^2$
	В продольных шпонках		$R^{ср}_{ск} = 20\ кг/см^2$

Поправочные коэффициенты к основному расчетному среднему сопротивлению скалыванию принимаются по таб. ДК-3 и ДК-4

Расчетный угол смятия древесины принимается равным углу между направлениями сминающего усилия и волокон сминаемого элемента.

Соединяемые элементы должны проверяться, помимо смятия и скалывания, также на растяжение и сжатие по ослабленным сечениям нетто.

II Соединения на врубках

Соединения на лобовых врубках:

с одним зубом

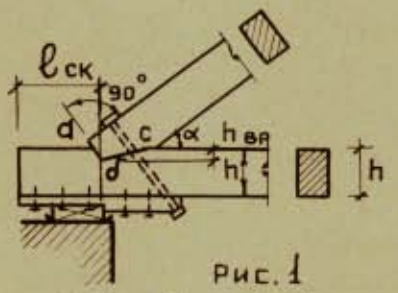


Рис. 1

$1{,}5h \leq \ell_{ск} \leq 10\,h_{вр}$

$3e \leq \ell_{ск} \leq 10\,h_{вр}$ (см ДК 26)

с двумя зубьями

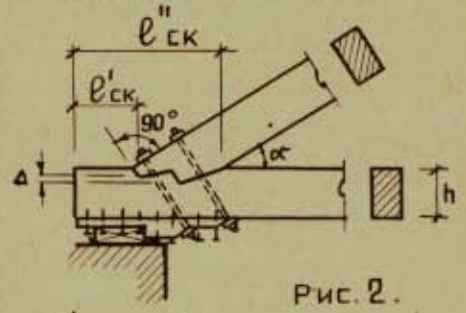


Рис. 2.

$\ell'_{ск} \geq 1{,}5\,h$; $\Delta \geq 2$ см

Соединения на лобовых врубках с двумя зубьями допускаются лишь при условии особо тщательной пригонки обоих зубьев к рабочим (упорным) плоскостям

Рабочую плоскость смятия во врубках следует располагать перпендикулярно к оси примыкающего сжатого элемента.

Элементы соединений на врубках должны быть связаны болтами, хомутами или скобами.

Расчетное сопротивление древесины скалыванию $R_{ск\alpha}$ принимается максимальным, независимо от угла примыкания сжатого элемента, например, для сосны и ели $R_{ск\alpha} = R_{ск} = 24\ кг/см^2$.

Расчетное сопротивление древесины смятию для лобовых врубок: вдоль волокон $R_{см} = 150\ кг/см^2$ (сосна, ель) [см. ДК-3]

поперек волокон $R_{см90} = 30\ кг/см^2$ (сосна, ель)

Соединения на щековых врубках не рекомендуются.

Для щековых врубок $\ell_{ск} \geq 10\,h_{вр}$ и $\ell_{ск} \geq 1{,}5$ ширины элемента

Глубина врезки $h_{вр}$

Тип врубки	Тип конструкции	$h_{вр}$
Лобовые врубки	В промежуточных узлах сквозных конструкций	$\leq \frac{1}{4}h$
	В остальных случаях	$\leq \frac{1}{3}h$
Щековые врубки	При двухсторонней врезке	$\leq 0{,}25\,h$
	При односторонней врезке	$\leq 0{,}50\,h$
	В брусьях и досках	≥ 2 см
	В бревнах	≥ 3 см.

Расчет лобовых врубок с двумя зубьями

Расчеты на скалывание по верхней плоскости на глубине врезки первого от торца зуба производится на усилие:

$$T'_{ск} = T_{ск}\frac{F'_{см}}{F_{см}}; \qquad F_{см} = F'_{см} + F''_{см}.$$

Расчет на скалывание по нижней плоскости, на глубине врезки второго зуба, производится на полную силу скалывания $T_{ск}$,

где: $T_{ск}$ – полное усилие скалывания (растягивающее усилие в нижнем поясе фермы);

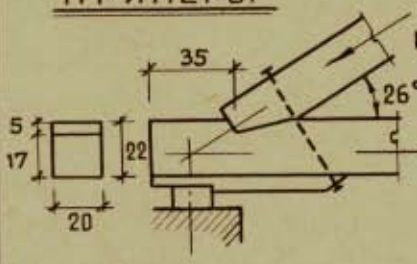
$F_{см}$ – полная расчетная площадь смятия;

$F'_{см}$ – площадь смятия первого зуба;

$F''_{см}$ – площадь смятия второго зуба.

Примеры

1. Расчет врубки с одним зубом



$N_c = 8900$ кг $\qquad N_p = 8000$ кг

Материал – сосна.

$\alpha = 26°$

$\sin\alpha = 0{,}438$; $\quad \cos\alpha = 0{,}899$;

$\sin^3\alpha = 0{,}084$.

Проверка на смятие

$$N_{см} \leq m_{см} R_{см\alpha} F_{см}$$

$N_{см} = N_c = 8900$ кг $\qquad m_{см} = 1$ $\qquad R_{см} = 150\ кг/см^2$ $\qquad R_{см90} = 30\ кг/см^2$

$$F_{см} = 20 \cdot \frac{5}{\cos 26°} = \frac{100}{\cos 26°} = \frac{100}{0{,}899} = 111\ см^2$$

$R_{см\alpha}$ при $\alpha = 26°$

$$R_{см\alpha} = \frac{R_{см}}{1 + \left(\frac{R_{см}}{R_{см90}} - 1\right)\sin^3\alpha} = \frac{150}{1 + \left(\frac{150}{30} - 1\right)\cdot 0{,}084} = \frac{150}{1 + 4 \cdot 0{,}084} = \frac{150}{1{,}336} = 112\ кг/см^2$$

$N_{см} < m_{см} R_{см\alpha} F_{см}$ $\qquad 8900 < 1 \cdot 112 \cdot 111$; $\quad 8900 < 12430$

Проверка на скалывание

$$T_{ск} \leq m_{ск} R^{ср}_{ск} F_{ск}$$

$N_{ск} = N_p = 8000$ кг $\qquad m_{ск} = 1$ $\qquad R_{ск} = 24\ кг/см^2$; $\quad \beta = 0{,}25$

$$R^{ср}_{ск} = \frac{R_{ск}}{1 + \beta\frac{\ell_{ск}}{e}} \quad \Big| \quad \ell_{ск} = 35\ см$$

$10h_{вр} = 10 \cdot 5 = 50$; $\quad \ell_{ск} < 10h_{вр}$

$1{,}5h = 1{,}5 \cdot 22 = 33$; $\quad \ell_{ск} > 1{,}5h$.

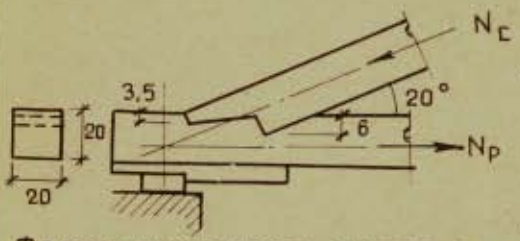
$e = 0{,}5h = 0{,}5 \cdot 22 = 11$ см $\qquad e = \frac{17}{2} + \frac{5}{2} = 8{,}5 + 2{,}5 = 11$ см

$F_{ск} = 20 \cdot 35 = 700\ см^2$

$$N_{ск} \leq m_{ск} R^{ср}_{ск} F_{ск}$$

$$R^{ср}_{ск} = \frac{24}{1 + 0{,}25\frac{35}{11}} = 13{,}4\ кг/см^2; \quad 8000 < 1 \cdot 13{,}4 \cdot 700; \quad 8000 < 9380$$

2. Расчет врубки с двойным зубом



$N_c = 10600$ кг; $N_p = 10000$ кг

Материал — сосна;

$\alpha = 20°$

$\sin\alpha = 0{,}342$; $\cos\alpha = 0{,}940$;

$\sin^3\alpha = 0{,}04$

Ферма находится в условиях повышенной влажности, подвергается кратковременному увлажнению с последующим высыханием. Коэффициент снижения расчетного сопротивления 0,85.

Проверка на смятие: $N_{см} \le m_{см} R_{см\alpha} F_{см}$;

$N_{см} = N_c = 10600$ кг; $m_{см} = 1$; $R_{см} = 150$ кг/см²; $R_{см90} = 30$ кг/см²

Приведенное расчетное сопротивление $\bar{R}_{см} = 1 \cdot 0{,}85 \cdot 150 = 127{,}5$ кг/см²

$$F'_{см} = \frac{20 \cdot 3{,}5}{\cos 20°} = \frac{20 \cdot 3{,}5}{0{,}94} = \frac{70}{0{,}94} = 74{,}5 \text{ см}^2$$

$$F''_{см} = \frac{20 \cdot 6}{\cos 20°} = \frac{20 \cdot 6}{0{,}94} = \frac{120}{0{,}94} = 127{,}5 \text{ см}^2$$

$F_{см} = F'_{см} + F''_{см} = 74{,}5 + 127{,}5 = 202$ см²

$$\bar{R}_{см} = \frac{R_{см}}{1 + \left(\frac{R_{см}}{R_{см90}} - 1\right)\sin^3\alpha} = \frac{127{,}5}{1 + \left(\frac{150}{30} - 1\right) \cdot 0{,}04} = \frac{127}{1{,}16} = 110 \text{ кг/см}^2$$

$N_{см} \le \bar{R}_{см\alpha} F_{см}$; $10600 < 110 \cdot 202 = 22200$ кг.

Проверка на скалывание: $T_{ск} \le m_{ск} R^{ср}_{ск} F_{ск}$; $R_{ск} = 24$ кг/см²

Расчет первого зуба $T_{ск} = N_p = 10000$ кг; $m_{ск} = 0{,}8$;

Приведенное расчетное сопротивление $\bar{R}_{ск} = 0{,}8 \cdot 0{,}85 \cdot 24 = 16{,}32$ кг/см²

$$\bar{R}^{ср}_{ск} = \frac{\bar{R}_{ск}}{1 + \beta \frac{\ell'_{ск}}{e}}; \quad \beta = 0{,}25; \quad \ell'_{ск} = 30 \text{ см}; \quad 10 h_{вр} = 10 \cdot 3{,}5 = 35 \text{ см}$$

$\ell'_{ск} < 10 h_{вр}$; $e = 0{,}5\ h = 0{,}5 \cdot 20 = 10$ см

$$\bar{R}^{ср}_{ск} = \frac{16{,}32}{1 + 0{,}25\ \frac{30}{10}} = \frac{16 \cdot 32}{1{,}75} = 9{,}32 \text{ кг/см}^2; \quad F'_{ск} = 20 \cdot 30 = 600 \text{ см}^2$$

$$T'_{ск} = T_{ск} \frac{F'_{см}}{F_{см}} = 10000 \cdot \frac{74{,}5}{202} = 3690 \text{ кг};$$

$T'_{ск} < \bar{R}^{ср}_{ск} F'_{ск}$; $3690 < 9{,}32 \cdot 600 = 5580$ кг.

Расчет второго зуба $T = N_p = 10000$ кг; $m_{ск} = 1{,}15$;

Приведенное расчетное сопротивление $\bar{R}_{ск} = 1{,}15 \cdot 0{,}85 \cdot 24 = 23{,}4$ кг/см²

$$\bar{R}^{ср}_{ск} = \frac{\bar{R}_{ск}}{1 + \beta \frac{\ell''_{ск}}{e}}; \quad \beta = 0{,}25; \quad \ell''_{ск} = 60 \text{ см}; \quad e = 0{,}5 h = 0{,}5 \cdot 20 = 10 \text{ см}$$

$$\bar{R}^{ср}_{ск} = \frac{23{,}4}{1 + 0{,}25\ \frac{60}{10}} = \frac{23{,}4}{2{,}5} = 9{,}4 \text{ кг/см}^2; \quad F''_{ск} = 20 \cdot 60 = 1200 \text{ см}^2$$

$T''_{ск} = T_{ск}$; $T''_{ск} < \bar{R}^{ср}_{ск} F''_{ск}$; $10000 < 9{,}4 \cdot 1200 = 11280$ кг.

III Соединения на деревянных призматических шпонках

Соединения на деревянных призматических шпонках к применению не рекомендуются.

В отдельных случаях применения, а также при проверке существующих конструкций следует руководствоваться приведенными ниже указаниями

Для обеспечения совместной работы шпонок необходима плотная пригонка всех шпонок к гнездам.

Шпонки и соединяемые элементы рассчитываются на смятие и скалывание. (см ДК 26, ДК 27)

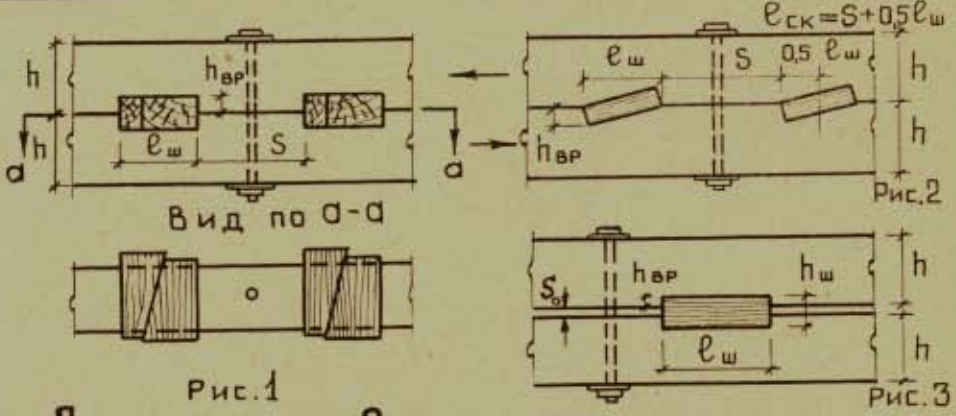


Рис.1

Рис.2

Рис.3

Длина шпонки $l_ш$

Для всех случаев	$l_ш \leq S$
" " "	$l_ш \geq 5h_{вр}$
В соединениях элементов с зазором	$l_ш \geq 2,5\,h_ш$
тоже при наклонных шпонках (колодках)	$l_ш \geq 2,5\,(S_o+2h_{вр})$

Глубина врезки $h_{вр}$

Глубина врезки в брусья	$h_{вр} \leq 0,20h$; $h_{вр} \geq 2$ см
" " в бревна	$h_{вр} \leq 0,25d$; $h_{вр} \geq 3$ см

Плечо скалывания e

При расчете шпонок в соединениях без зазора	$e = 0,5h_ш = h_{вр}$
" " шпонок-колодок в соединениях с зазором	$e = S_o + h_{вр}$
При расчете соединяемых элементов	$e = 0,5h$

Элементы, соединяемые шпонками, стягиваются болтами, рассчитываемыми на распор шпонок

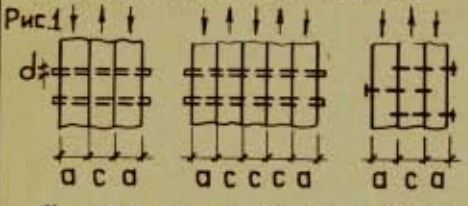
Распор одной шпонки $Q_ш$

$Q_ш = T\,\frac{h_{вр}}{l_ш}$, $Q_ш = T\,\frac{S_o+h_{вр}}{l_ш}$, где T - несущая способность одной шпонки.

IV Соединения на цилиндрических нагелях (общие указания)

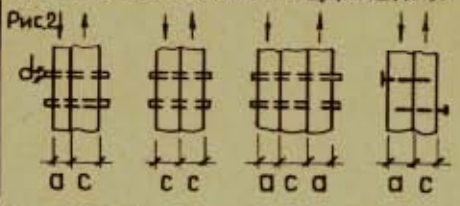
Симметричные соединения

Рис 1



Несимметричные соединения

Рис 2



a — толщина крайних элементов, а также более тонких элементов односрезных соединений;

c — толщина средних элементов, а также равных и более толстых элементов односрезных соединений;

d — диаметр нагеля.

Расчетная несущая способность цилиндрических нагелей T

Схема работы соединения	Расчетное условие	T в кг на один „срез"		
		гвоздя	стального нагеля	дубового нагеля
Симметричные соединения (рис. 1)	Смятие в средних элементах	50 cd	50 cd	30 cd
	Смятие в крайних элементах	80 ad	80 ad	50 ad
Несимметричные соединения (рис. 2)	Смятие во всех элементах равной толщины, а также смятие в более толстых элементах односрезных соединений	35 cd	35 cd	20 cd
	Смятие в более тонких крайних элементах	80 ad	80 ad	50 ad
Симметричные и несимметричные соединения	Изгиб нагеля	$250d^2+a^2$	$180d^2+2a^2$	$45d^2+2a^2$
		$\leqslant 400\,d^2$	$\leqslant 250\,d^2$	$\leqslant 65\,d^2$

Величины a, c и d принимаются в см.

Расчетная несущая способность нагеля в рассматриваемом шве из условия смятия принимается равной меньшему из двух значений, полученных для прилегающих к этому шву элементов.

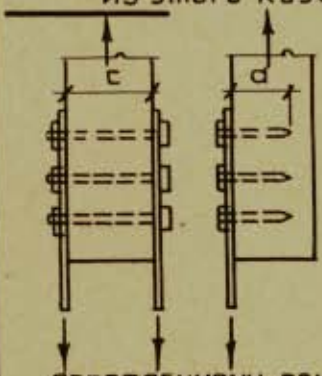
В таблице термин „срез" принят условно, поскольку соединения на нагелях разрушаются от смятия древесины или изгиба нагелей, но не от среза нагелей.

Расчетная несущая способность стального или дубового цилиндрического нагеля в рассматриваемом шве при направлении передаваемого нагелем усилия под углом α к волокнам элементов определяется умножением табличных данных на коэффициенты:
при расчете на смятие древесины в нагельном гнезде – $K\alpha$,
при расчете на изгиб нагеля ..... – $\sqrt{K\alpha}$.

Значения коэффициента $K\alpha$

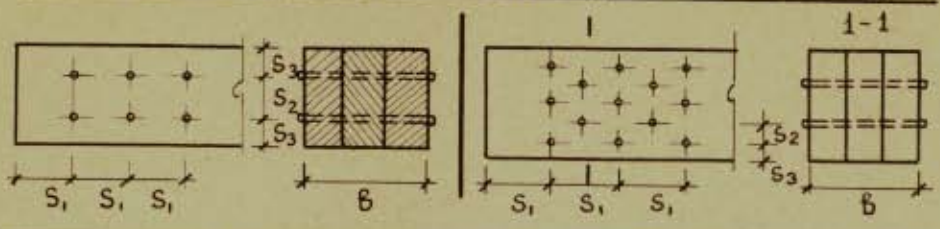
Угол α в градусах	Для стальных нагелей диаметром в см				Для дубовых нагелей
	1,2	1,6	2,0	2,4	
30	0,95	0,90	0,90	0,90	1,0
60	0,75	0,70	0,65	0,60	0,8
90	0,70	0,60	0,55	0,50	0,7

Расчетная несущая способность нагеля в соединениях элементов из древесины других пород, в конструкциях, находящихся в условиях повышенной влажности или температуры или проверяемых на воздействия только постоянной нагрузки, а также в конструкциях, рассчитываемых на воздействие монтажных или сейсмических нагрузок, определяется по вышеизложенному с умножением:
при расчете на смятие древесины в нагельном гнезде – на соответствующий коэффициент (см. ДК-3, ДК-4),
при расчете на изгиб нагеля – на корень квадратный из этого коэффициента.



Нагельные соединения со стальными накладками и прокладками рассчитываются согласно вышеизложенному.
В случае расчета из условия изгиба нагеля принимается наибольшее значение T по таблице (см. ДК-32)
Стальные накладки и прокладки проверяются на растяжение по ослабленному сечению и на смятие стенок сверленых отверстий
Несущая способность соединения на нагелях разных видов определяется как сумма несущих способностей нагелей, поставленных в соединении.
Постановка нагелей разных видов в растянутых стыках не рекомендуется. При необходимости учитывается 0,9 несущей способности нагелей разных видов.

Стальные и дубовые цилиндрические нагели



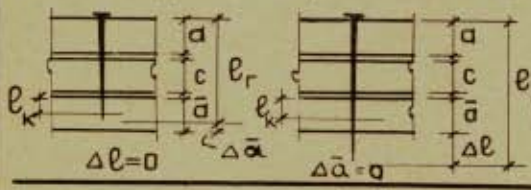
Тип нагелей	в > 10d			в ≤ 10d		
	S_1	S_2	S_3	S_1	S_2	S_3
Стальные	7d	3,5d	3d	6d	3d	2,5d
Дубовые	5d	3d	2,5d	4d	2,5d	2,5d

Нагели должны плотно ставиться в отверстия, отвечающие их диаметром и просверленные в собранном пакете.

Нагели рекомендуется располагать в два продольных ряда.

Гвозди, работающие на сдвиг

Расчетн. длина защемленного конца $\ell_к$ расчетн. длина гвоздя $\ell_г^р$

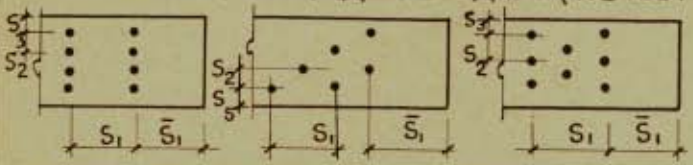


$$\ell_к = a - \Delta\bar{a} - 1{,}5d$$

$$\ell_г^р = \ell_г - \Delta\ell - 1{,}5d - 0{,}2 \cdot n,$$

где: n – число швов, толщина шва 0,2 мм

Расстояния между гвоздями (по Гост 4028-48)



$\bar{S}_1 \geq 15d$

	c ≥ 10d	c = 4d	Не пробиваем. насквозь элемен
S_1	≥ 15 d	≥ 25 d	≥ 15 d

c – толщина пробиваемого элемента

	Расстановка гвоздей	
	прямая	шахматн. и косая при α 45°
S_2	≥ 4d	≥ 3d
S_3	≥ 4d	≥ 4d

Для ольхи и осины S_1 увеличивается на 25%

Толщина пробиваемых гвоздями элементов ≥ 4d

Если $\ell_к < 4d$, работа конца гвоздя не учитывается.

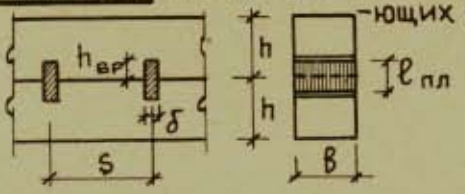
Винты (глухари и шурупы), работающие на сдвиг

Допускаются – в односрезных соединениях со стальными накладками

Расстояние между винтами, несущая способность – как для стальных нагелей

V Соединения на пластинчатых нагелях

Применение пластинчатых нагелей допускается для сплачивания брусьев в составных балках со строительным подъемом, работающих на изгиб и на сжатие с изгибом.



δ(см)	l пл(см)
1,2	5,4
1,6	7,2

$S = 9\delta$ $\quad h_{вр} \leq 0,2h$

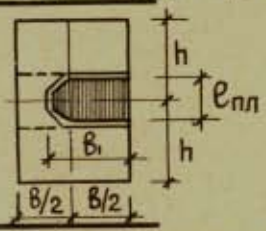
Расчетная несущая способность дубовых пластинчатых нагелей в балках из сосны и ели, защищенных от увлажнения и нагрева и рассчитываемых на воздействие постоянной и временной нагрузок

$$T = 14\, l_{пл}\, B_{пл} \quad (\text{в кг})$$

$l_{пл}$, $B_{пл}$ — длина и ширина пластинчатого нагеля в см.

Поправочные коэффициенты (см ДК3, ДК4)

Если $l_{пл} > 4,5\,\delta$, то в расчет вводится $l_{пл} = 4,5\delta$



при $B \leq 15$ см ставят сквозные нагели $B_1 = B$

при $B > 15$ см ставят глухие нагели в шахматном порядке $B_1 = 0,5\,B + 0,3\,l_{пл}$

Пластинчатые нагели изготовляются из дуба. Допускается применение березовых нагелей при условии их антисептирования. При березовых нагелях поправочный коэффициент на породу принимается по таблице (см ДК-3) по графе „сжатие и смятие поперек волокон".

В балках с симметричной относительно середины пролета нагрузкой пластинки в среднем участке пролета протяжением $0,2l$ могут не ставиться. Количество нагелей на полупролет балки в этом случае

$$n_{пл} = \frac{1,2\, M S_{бр}}{J_{бр} T} \quad (\text{см ДК 19})$$

VI Соединения на гвоздях, работающих на выдергивание

Расчетная несущая способность гвоздя на выдергивание

$$T = R_{вд}\, \pi d\, l_1 \;;\; l_1 \geq 10d \;;\; l_1 \geq 2a \;;\; a \geq 4d$$

l_1 — расчетная длина защемленной части гвоздя (см ДК 3ч), $l_1 = l_к$

a — толщина пробиваемого элемента.

Для воздушно-сухой древесины	$R_{вд} = 3\ кг/см^2$
Для сырой древесины, высыхающей при эксплуатации	$R_{вд} = 1\ кг/см^2$

Основные указания по конструированию и расчету

1. Для основных деревянных элементов конструкций:

$F_{нт} \geq 50\ см^2$, $F_{нт} \geq 0{,}5\, F_{бр}$.

Минимальный размер ослабленного поперечного сечения ≥ 3 см.

2. Элементы конструкций должны быть стянуты болтами, особенно в узлах и стыках $d_б \geq 1{,}2$ см

Шайбы стяжных болтов:

размер стороны или диаметр $\geq 3{,}5\, d_б$,

толщина $\geq 0{,}25 d_б$

3 Стыки элементов.

Стыки растянутых элементов следует осуществлять в одном сечении, перекрывая их деревянными накладками на стальных цилиндрических нагелях, расположенных в два продольных ряда.

Конструкция стыка должна обеспечивать осевую передачу растягивающего усилия.

Стыки сжатых элементов следует располагать вблизи узлов.

Сжатые стыки рекомендуется осуществлять лобовым упором элементов с постановкой накладок и прокладок на болтах.

Сжатые пояса плоских конструкций закрепляются прогонами, связями жесткости и т.п. для предотвращения выхода пояса из плоскости системы.

4 Деревянные конструкции должны предохраняться от загнивания конструктивными мероприятиями, обеспечивающими просыхание элементов и защиту их от увлажнения:

а) Систематическая просушка древесины устройством продухов.

б) Устройство термоизоляции с холодной стороны и пароизоляции с теплой стороны ограждающих конструкций отапливаемого здания.

в) Предохранение древесины от увлажнения устройством гидроизоляции от грунтовых вод.

В случае, когда древесина имеет значительную влажность и быстрое просушивание ее затруднительно, следует применять антисептирование древесины, предохраняющее ее от загнивания на период просушки,

5 Деревянные конструкции, как правило, следует делать открытыми, хорошо проветриваемыми, доступными во всех частях для осмотра.

Не допускается заделка поясов, опорных и промежуточных узлов, концов элементов несущих конструкций и т.п. в стены, утепленные покрытия и другие ограждающие конструкции отапливаемых зданий.

6 Не защищенные от атмосферных воздействий конструкции должны устраиваться преимущественно из брусьев и бревен.

7 Противопожарные мероприятия.

а) Деревянные конструкции следует отделять от источников огня огнестойкими преградами (перегородки, подвесные экраны, обшивки из асбокартона или кровельной стали по пропитанному глиной войлоку и.т.п.)

б) Защищать от возгорания деревянные конструкции огнезащитой покраской, облицовкой несгораемыми или трудносгораемыми плитами.

8 Настилы, цельные балки, прогоны.

Настилы, обрешетки, балки и другие изгибаемые элементы рассчитываются на прочность и прогиб.

Настилы и обрешетка кровли рассчитываются на следующие сочетания нагрузок:

а) собственный вес и снег,

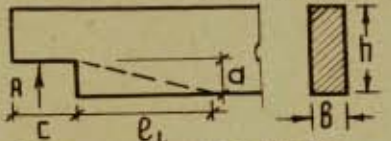
б) собственный вес и сосредоточенный груз 100 кг без умножения последнего на коэффициент перегрузки при расчете на прочность.

При расчете настилов принимается:

при расстоянии между осями ≤ 15 см сосредоточенный груз передается на две доски или два бруска

при расстоянии между осями >15 — на одну доску или брус.

9 Следует избегать ослабления крайних волокон балок в наиболее напряженных на изгиб местах



A — опорная реакция

$c \leq h$, $e_1 \geq 4a$

Глубина подрезки a

$\frac{A}{Bh}$	a	h	a
≥ 6 кг/см^2	$\leq 0{,}1h$	>18 см	$\leq 0{,}3h$
≥ 4 "	$\leq 0{,}25h$	18–12	$\leq 0{,}4h$
$\geq 2{,}5$ "	$\leq 0{,}5h$	<12 см	$\leq 0{,}5h$

Рекомендуется делать скошенную подрезку (по пунктирной линии)

Сортамент пиломатериалов хвойных пород

Вид матер.	Толщ. в мм	Ширина в мм															
Доски и брусски	16	—	—	70	80	90	100*	110	120*	130	140	150	160	170	180*	—	—
	19	—	—	70	80	90	100*	110	120*	130	140	150	160	170	180*	—	—
	25	—	—	70	80	90	100*	110	120*	130	140	150	160	170	180*	—	—
	30	—	—	—	—	—	100*	—	120*	—	—	150*	—	—	180*	—	—
	40	50*	60	70	80	90	100*	110	120*	130	140	150*	—	—	180*	—	—
	50	50*	60*	70	80*	—	100*	—	120*	—	—	150*	—	—	180*	200	220
	60	—	60*	—	80*	—	100	—	120*	—	—	150*	—	—	180*	200*	220*
	70	—	—	—	80	—	—	—	120*	—	—	150*	—	—	180*	200	220*
	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150*	—	—	180*	200	220*
	100	—	—	—	—	—	100	—	—	—	—	150*	—	—	180*	200	220*
Брусья	120	—	—	—	—	—	—	—	120*	—	—	—	—	—	—	—	—
	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150*	—	—	180*	200	—
	180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	180*	200	220*
	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	—
	220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	220*

Размеры, рекомендуемые для несущих конструкций, отмечены звездочкой *)

Сортамент пиломатериалов лиственных пород

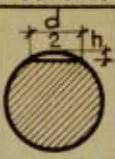
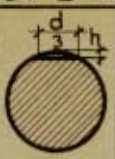
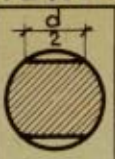
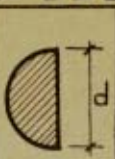
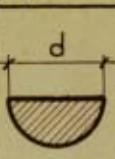
Вид матер.	Толщ. в мм	Ширина в мм															
Доски и брусски	16	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	—	—	—	—	—
	19	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	—
	25	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	220
	30	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	—	200	220
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	—	200	—
	50	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	—	200	220
	60	—	60	—	80	90	100	—	—	130	140	150	160	—	180	—	200	220
	70	—	—	70	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	180	—	200	—
	80	—	—	—	80	90	100	110	120	—	—	150	160	—	180	—	200	220
	100	—	—	—	—	—	100	110	120	130	140	150	—	—	—	—	200	220
Брусья	120	—	—	—	—	—	—	—	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150	—	—	180	—	200	—
	180	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	180	—	200	220
	200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	—
	220	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	220

Моменты инерции и моменты сопротивления досок и брусьев рекомендуемого сортамента пиломатериалов

Высота h в см	$W_{см^3}$ и $J_{см^4}$	Ширина в см								
		5	6	8	10	12	15	18	20	22
1,6	W	2,1	2,5	3,5	4,3	5,1	6,4	7,7	8,5	9,4
	J	1,7	2,0	2,7	3,4	4,1	5,1	6,2	6,8	7,5
1,9	W	3,0	3,6	4,8	6,6	7,2	9,0	10,8	12,0	13,2
	J	2,9	3,4	4,6	5,7	6,9	8,6	10,3	11,4	12,6
2,5	W	5,4	7	9	10,42	12,5	15,7	18,8	22	24
	J	6	8	10	13	15,6	19,5	23,4	26	29
3	W	8	9	12	15	18	22,5	27	30	33
	J	11	14	18	22,5	27	36	40,5	45	50
4	W	13	16	21	28,8	32	40	48	53	59
	J	27	32	43	53,3	64	80	96	107	117
5	W	20,8	25	33,3	42	50	62,5	75	83,3	92
	J	52,1	62,5	83,3	52	125	156,25	187,5	208,3	230
6	W	30	36	48	60	72	90	108	120	132
	J	90	108	144	180	216	270	324	360	396
7	W	40,8	49	65	82	98	122,2	147	163,2	180
	J	142,8	171	229	286	343	426,7	514,5	582,7	626,8
8	W	53,3	64	85	106	128	160	192	216	236
	J	213,2	256	340	426	512	638	758	852	938
10	W	83	100	133	167	202	250	300	334	366,5
	J	417	500	667	833	1000	1250	1500	1668	1833
12	W	120	144	192	240	288	360	432	480	528
	J	720	864	1152	1144	1728	2160	2584	2880	3164
15	W	187	225	300	375	450	563	675	750	825
	J	1406	1685	2250	2812	3345	4219	5051	5620	6200
18	W	270	324	432	540	648	810	972	1080	1188
	J	2430	2916	3888	4860	5830	7290	8748	9700	10680
20	W	333	400	533	667	800	1000	1200	1333	1469
	J	3333	4000	5333	6667	8000	10000	12000	13333	14665
22	W	403	484	645	807	965	1200	1452	1610	1775
	J	4435	5324	7099	8873	10640	13300	15970	17750	19214

Примечание:
W и J, очерченные жирной чертой, — для рекомендуемого сортамента пиломатериалов, применяемых в несущих Д.К.

Параметры сечений из бревен

Диаметр бревна см	Параметры		 h=0,067d	 h=0,029d				
12	F	113	110	112	107	111	57	57
	J	1018	916	986	838	956	509	142
	W	170	157	166	162	170	85	41
	z	3	2,89	2,96	2,77	2,93	3	1,59
14	F	154	149	153	146	151	77	77
	J	1886	1697	1828	1548	1772	943	263
	W	269	249	263	256	269	130	65
	z	3,5	3,37	3,46	3,23	3,42	3,5	1,85
16	F	201	195	199	189	198	101	101
	J	3217	2893	3118	2588	3022	1608	450
	W	402	372	393	374	401	201	98
	z	4	3,85	3,95	3,69	3,91	4	2,11
18	F	255	247	252	240	250	127	127
	J	5153	4635	4995	4145	4840	2576	720
	W	573	530	559	532	570	286	139
	z	4,5	4,33	4,45	4,15	4,4	4,5	2,38
20	F	314	305	312	296	309	157	157
	J	7854	7064	7613	6318	7378	3921	1098
	W	785	726	767	730	786	393	191
	z	5	4,81	4,94	4,61	4,89	5	2,64
22	F	380	369	377	358	374	190	190
	J	11499	10343	11146	9251	10801	5749	1607
	W	1045	967	1021	971	1042	522	254
	z	5,5	5,19	5,43	5,08	5,38	5,5	2,91
24	F	452	439	449	426	445	226	226
	J	16286	14648	15786	13102	15298	8143	2276
	W	1357	1255	1326	1261	1352	679	330
	z	6	5,77	5,93	5,54	5,86	6	3,17
26	F	531	516	527	500	522	265	265
	J	22432	20175	21743	18046	21071	11216	3135
	W	1726	1595	1686	1603	1719	863	419
	z	6,5	6,26	6,42	6	6,35	6,5	3,44
28	F	616	598	611	580	606	308	308
	J	30172	27137	29245	24273	28342	15086	4217
	W	2155	1993	2106	2002	2147	1078	523
	z	7	6,74	6,92	6,46	6,84	7	3,70
30	F	707	686	701	666	695	353	353
	J	39761	35762	38540	31987	37349	19880	5557
	W	2651	2451	2590	2462	2641	1326	644
	z	7,5	7,22	7,41	6,92	7,33	7,5	3,96
32	F	804	781	798	758	791	402	402
	J	51472	46295	49891	41408	48350	25736	7193
	W	3217	2974	3143	2988	3205	1619	781
	z	8	7,7	7,9	7,38	7,82	8	4,23
34	F	908	882	901	855	893	454	454
	J	65597	58999	63583	52772	61618	32798	9167
	W	3859	3568	3771	3585	3844	1930	937
	z	8,5	8,18	8,4	7,84	8,31	8,5	4,49

СК

СТАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные условные обозначения СК1
Применяемые марки стали для конструкций СК2
Применяемые марки стали для заклепок и болтов . . СК2
Модуль упругости СК2

Расчетные сопротивления R кг/см²:

Для прокатной стали толщиной от 4 до 40 мм СК3
Для отливок из углеродистой стали СК3
Для отливок из серого чугуна СК3
Для сварных швов СК4
Для заклепочных соединений СК5
Для болтовых соединений СК6
Основные расчетные положения СК7
Предельные деформации (прогибы) изгибаемых элементов СК7
Коэффициенты условий работы СК8

Расчет элементов стальных конструкций:

Центрально растянутые элементы СК9
Центрально сжатые элементы СК9
Формулы для вычисления $\lambda_{пр}$ СК9, СК10
Коэффициенты φ продольного изгиба СК11
Расчетная длина l_0 стоек и колонн СК12
Расчет соединительных элементов стоек и колонн СК13, СК14
Изгибаемые элементы СК15
Указания по определению коэффициента $\varphi_б$ СК15
Значения коэффициентов ψ для балок из стали Ст-0, Ст-2, Ст-3 и Ст-4 . . . . . СК16
Значения коэффициентов $\varphi'_б$ СК16
Коэффициенты $\varphi_б$ для прокатных нормальных двутавров из стали марок Ст-0, Ст-2, Ст-3 и Ст-4 . . . СК17
Указания по определению коэффициента $\varphi_б$ СК18
Проверка общей устойчивости балок СК19, СК20
Примеры расчета балок СК21, СК22
Внецентренно растянутые элементы СК23
Внецентренно сжатые элементы . . . . . СК23—СК26
Коэффициенты $\varphi_{вн}$ для стали марок Ст-0, Ст-2, Ст-3 и Ст-4 . . . . . СК27
Коэффициенты $\varphi_{вн}$ для стали марок Ст-5 и НЛ1 . . . . СК28
Коэффициенты $\varphi_{вн}$ для стали марки НЛ2 . . . . . СК29
Пример расчета колонны СК30

Расчет соединений сварных конструкций:

Сварные соединения СК31
Расчетная высота углового шва СК32

Указания по конструированию СК32
Заклепочные и болтовые соединения СК33
Указания по конструированию СК34
Разбивка заклепок и болтов СК34

Общие конструктивные указания:

Максимальные расстояния между температурными швами СК35
Предельная гибкость λ сжатых элементов . . . СК35
Предельная гибкость λ растянутых элементов . СК35
Указания по расчету ферм и связей СК36

Вспомогательные таблицы и сортамент:

Приближенное значение радиусов инерции некоторых сечений СК37
Длина прокатной стали СК38
Балки двутавровые (ОСТ 10016—39) СК 39
Швеллеры (ОСТ 10017—39) СК 40
Равнобокие уголки (ОСТ 10014—39) СК 41—СК 43
Неравнобокие уголки (ОСТ 10015—39) СК 44
Параметры сечений из уголков (ОСТ 10014—39) СК 45, СК 46
Балки двутавровые (ГОСТ 8239—56) СК 47, СК 48
Швеллеры А (ГОСТ 8240—56) СК 49, СК 50
Сталь угловая равнобокая (ГОСТ 8509—57) СК 51—СК 55
Сталь угловая неравнобокая (ГОСТ 8510—57) СК 56—СК 58
Сталь квадратная (ГОСТ 2591—57) СК 59
Сталь листовая рифленая (ГОСТ 8568—57) СК 60
Сталь прокатная полосовая (ГОСТ 103—57) СК 61, СК 62
Сталь прокатная тонколистовая (ГОСТ 3680—57) СК 63
Сталь прокатная широкополосная универсальная (ГОСТ 82—57) СК 64
Сталь прокатная толстолистовая (ГОСТ 5681—57) СК 65—СК 69
Трубы стальные водогазопроводные (ГОСТ 3262—55) СК 70

Основные условные обозначения

R – Расчетное сопротивление при растяжении, сжатии и
$R_{ср}$ – Расчетное сопротивление при срезе, изгибе.
$R_{см.т}$ – Расчетное сопротивление смятия торца.
$R_{см.м}$ – Расчетное сопротивление при местном смятии.
$R^{закл.}$ – Расчетное сопротивление для заклепочных соединений.
$R_p^{св}$ – Расчетное сопротивление растяжению сварного шва встык.
$R_c^{св}$ – Расчетное сопротивление сжатию сварного шва встык.
$R_{ср}^{св}$ – Расчетное сопротивление срезу сварного шва.
$R_{ср}$ – Расчетное сопротивление срезу заклепок (болтов).
$R_{см}$ – Расчетное сопротивление смятию заклепок (болтов).
R_p – Расчетное сопротивление растяжению болта.
$R_{отр}$ – Расчетное сопротивление отрыву головки заклепки.
E – Модуль упругости.
m – Коэффициент условия работы конструкции или элемента.
m_c – Коэффициент условия работы заклепочного или болтового соединения.
λ – Гибкость.
φ – Коэффициент продольного изгиба.
F – Площадь сечения. Площадь отверстия для заклепок.
$F_{бр}$ – Площадь сечения брутто.
$F_{нт}$ – Площадь сечения нетто.
$W_{бр}$ – Момент сопротивления сечения брутто.
$W_{нт}$ – Момент сопротивления сечения нетто.
$S_{бр}$ – Статический момент сечения брутто.
$J_{бр}$ – Момент инерции сечения брутто.
N – Расчетная продольная сила.
M – Расчетный изгибающий момент.
Q – Расчетная поперечная сила.
T – Сила срезывающая планку.
e – Эксцентриситет.
ℓ – Длина элемента.
ℓ_0 – Расчетная длина элемента.
ℓ_w – Расчетная длина шва.
h – Высота элемента.
h_w – Толщина углового шва.
δ – Толщина стенки.

Применяемые марки стали для конструкций

Марка	Область применения и дополнительные указания.
Ст.0	Для нерасчетных элементов конструкций. Для несущих элементов (при специальном обосновании) при статической нагрузке
Ст.2	Преимущественно для листовых конструкций.
Ст.3	Для несущих элементов конструкций.
Ст.4	Допускается применять при специальном обосновании.
Ст.5	Допускается применять при специальном обосновании. Может применяться для клепаных конструкций, а также для сварных конструкций при соблюдении режимов сварки и применения электродов и флюсов, указанных в специальных технических условиях.
НЛ1	Преимущественно для листовых конструкций.
НЛ2	Для несущих элементов (при соответствующем обосновании).

Применяемые марки стали для заклепок и болтов

Для заклепок	Ст.2, $Ст.3_{закл}$, НЛ1
Для болтов	Ст.3, Ст.5, НЛ1, НЛ2, Ст.0 (при спец. обоснов.)
Для болтов рифленых	$Ст.2_{закл}$, $Ст.3_{закл}$

Модуль упругости E в $кг/см^2$

Наименование материала	Модуль продольной упругости	Модуль сдвига
Стальное литье и прокатная сталь	2 100 000	840 000
Чугунное литье марок:		
СЧ 24-44, СЧ 28-48, СЧ 21-40, СЧ 18-36	1 000 000	—
СЧ 15-32, СЧ 12-28	850 000	—

Коэффициент линейного расширения стали $\alpha = 1{,}12 \cdot 10^{-5}$

Объемный вес: для стали $7850\ кг/м^3$, для чугуна $7200\ кг/м^3$

Расчетные сопротивления $R_в$ кг/см² для прокатной стали толщиной от 4 до 40 мм включительно.

Вид напряженного состояния	Услов. обозн.	Прокатная сталь марок					
		Ст.0	Ст.2	Ст.3 Ст.4	Ст.5	НЛ1	НЛ2
Растяжение, сжатие и изгиб.	R	1700	2000	2100	2400	2500	2900
Срез.	$R_{ср}$	1000	1200	1300	1400	1500	1700
Смятие торцовой поверхности.	$R_{см.т}$	2500	3000	3200	3600	3800	4300
Смятие местное при плотном касании.	$R_{см.м}$	1300	1500	1600	1800	1900	2200
Диаметральное сжатие катков при свободном касании.	$R_{с.к}$	60	70	80	90	95	110

Расчетные сопротивления $R_в$ кг/см² для отливок из углеродистой стали.

Вид напряженного состояния	Условн. обозн.	Марка стали	
		15Л	35Л
Растяжение, сжатие и изгиб.	R	1500	2100
Срез.	$R_{ср}$	900	1300
Смятие торцовой поверхности.	$R_{см.т}$	2250	3100
Смятие местное при плотном касании.	$R_{см.м}$	1100	1600
Диаметральное сжатие катков при свободном касании.	$R_{с.к}$	45	60

Расчетные сопротивления $R_в$ кг/см² для отливок из серого чугуна:

Вид напряженного состояния	Услов. обозн.	Марка чугуна		
		СЧ 12-28 СЧ 15-32	СЧ 18-36 СЧ 21-40	СЧ 24-44 СЧ 28-48
Сжатие центральное и сжатие при изгибе.	$R_с$	1500	1900	2600
Растяжение при изгибе.	$R_и$	450	550	800
Срез.	$R_{ср}$	350	450	600
Смятие торцовой поверхности.	$R_{см.т}$	2250	2800	3900

Расчетные сопротивления $R^{св}_{в}$ кг/см² для сварных швов

Вид сварных швов	Вид напряженного состояния	Условные обозначения	Электроды типа Э 34	Электроды типа Э 42 и автоматическая сварка под слоем флюса	Электроды типов Э 42 и Э 42А и автоматическая сварка под слоем флюса		Электроды типов Э 50А и Э 55А и автоматическая сварка под слоем флюса	
			в конструкциях из стали марок					
			Ст.0, Ст.2, Ст.3, Ст.4	Ст.0	Ст.2	Ст.3 Ст.4	НЛ1	НЛ2
В стык	Сжатие	$R^{св}_{с}$	1300	1700	2000	2100	2500	2900
В стык	Растяжение при автоматической сварке под слоем флюса, а также при ручной и полуавтоматической сварке при повышенных способах контроля качества швов.	$R^{св}_{р}$	—	1700	2000	2100	2500	2900
В стык	Растяжение при ручной и полуавтоматической сварке при обычных способах контроля качества швов.	$R^{св}_{р}$	1200	1450	1800	1800	2100	2500
В стык	Срез.	$R^{св}_{ср}$	800	1000	1200	1300	1500	1750
Угловые швы (лобовые, втавр, фланговые)	Сжатие, растяжение, срез.	$R^{св}_{у}$	900	1200	1400	1400	1800	2000

СК-4

Расчетные сопротивления для заклепочных соединений $R^{закл.}$ в кг/см² для горячей и холодной клепки с учетом коэффициентов качества отверстий

Вид напряженного состояния	Условное обозначение	Заклепки из стали марок Ст. 2 закл. и Ст. 3 закл.						Заклепки из стали марки НЛ1	
		в конструкциях из стали марок							
		Ст. 0	Ст. 2	Ст. 3 и Ст. 4	Ст. 5	НЛ1	НЛ2	НЛ1	НЛ2
Срез В	$R^{закл}_{ср}$	1800	1800	1800	1800	1800	1800	2200	2200
Срез С	$R^{закл}_{ср}$	1400	1400	1400	—	—	—	—	—
Смятие В	$R^{закл}_{см}$	3400	4000	4200	4800	5000	5800	5000	5800
Смятие С	$R^{закл}_{см}$	2700	3200	3400	—	—	—	—	—
Отрыв головок	$R^{закл}_{отр}$	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2500	2500

Заклепки и болты по качеству отверстий и условиям постановки разделяются на группы В и С.

К группе В относятся заклепки и болты, поставленные в отверстия:

а) сверленые на проектный диаметр в собранных элементах;

б) сверленые на проектный диаметр в отдельных деталях и элементах по кондукторам;

в) сверленые или продавленные на меньший диаметр в отдельных деталях с последующей рассверловкой до проектного диаметра в собранных элементах.

К группе С относятся заклепки и болты, поставленные в продавленные отверстия или в отверстия, сверленые без кондукторов в каждой детали в отдельности.

Расчетные сопротивления R в кг/см² для болтовых соединений.

Вид болтовых соединений.	Вид напряженного состояния.	Условные обозначения.	Болты из стали марки Ст.0			Болты из стали марки Ст.3						Болты из стали марки Ст.5				Болты из стали марки НЛ1		Болты из стали марки НЛ2	
			в конструкциях из стали марок																
			Ст.0	Ст.2	Ст.3 Ст.4	Ст.0	Ст.2	Ст.3 Ст.4	Ст.5	НЛ1	НЛ2	Ст.3 Ст.4	Ст.5	НЛ1	НЛ2	НЛ1	НЛ2	НЛ1	НЛ2
Чистые и рифленые болты.	Растяжение	R_p	1700	1700	1700	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2400	2400	2400	2400	2500	2500	2900	2900
	Срез В	$R_{ср}$	1350	1350	1350	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1800	1800	1800	1800	1950	1950	2200	2200
	Смятие В	$R_{см}$	3100	3600	3900	3100	3600	3900	4300	4600	5200	3900	4300	4600	5200	4600	5200	4600	5200
Черные болты.	Растяжение	R_p	1700	1700	1700	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2400	2400	2400	2400	2500	2500	2900	2900
	Срез	$R_{ср}$	900	900	900	1150	1150	1150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Смятие	$R_{см}$	2100	2400	2600	2100	2400	2600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Анкерные болты.	Растяжение	R_p	1700	1700	1700	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2400	2400	2400	2400	2500	2500	2900	2900

Основные расчетные положения

Расчет стальных конструкций должен производиться:

а) по несущей способности — на прочность и устойчивость на воздействие **расчетных нагрузок**;

б) по деформациям — на воздействие **нормативных нагрузок**.

Расчет по несущей способности на выносливость производится лишь для конструкций, непосредственно воспринимающих подвижную нагрузку и вибрации (здания металлургических заводов, подкрановые балки и т.п.).

Усилия в стальных конструкциях определяются по упругой стадии их работы.

Расчет стальных конструкций по деформациям производится по упругой стадии работы материала.

Изгибающие моменты в неразрезных прокатных или сварных балках постоянного сечения, закрепленных от потери общей устойчивости и несущих статическую нагрузку, определяют, исходя из выравнивания моментов на опорах и в пролете за счет развития пластических деформаций.

Предельные деформации (прогибы) изгибаемых элементов

Элементы конструкций	Величина прогиба в долях пролета ℓ
Балки междуэтажных перекрытий: а) главные балки, б) прочие.	$\frac{1}{400}$ $\frac{1}{250}$
Балки покрытий и чердачных перекрытий: а) главные балки, б) прогоны и обрешетки.	$\frac{1}{250}$ $\frac{1}{200}$
При наличии штукатурки прогиб балок перекрытий только от полезной нагрузки	$\frac{1}{350}$

Расчет по деформациям производится без учета ослабления сечений заклепочными и болтовыми отверстиями.

При изготовлении конструкций со строительным подъемом прогиб от постоянной нагрузки (если он не превышает строительного подъема) не учитывается.

Коэффициенты условий работы

(при расчете конструкций по несущей способности)

Тип конструкций, соединений	Коэффициент
А. Для элементов конструкций	
Для корпусов и днищ резервуаров	$m = 0{,}8$
Для колонн гражданских зданий	$m = 0{,}9$
Для опор водонапорных башен	$m = 0{,}9$
Для сжатых элементов ферм	$m = 0{,}9$
Для сплошных балок перекрытий под залами театров, клубов, кино, трибун, помещений магазинов, книгохранилищ и архивов при весе перекрытий равном или большем полезной нагрузки	$m = 0{,}9$
Для сжатых элементов стропильных ферм	$m = 0{,}95$
Для прогонов кровель зданий: при снеговой нагрузке $\leq 70\ кг/м^2$ и весе кровли $\geq 150\ кг/м^2$, а также при снеговой нагрузке $\leq 100\ кг/м^2$ и весе кровли $\geq 300\ кг/м^2$ и более	$m = 0{,}95$
Для элементов, прикрепляемых односторонне (равнобокие и неравнобокие уголки, прикрепляемые узкой полкой)	$m = 0{,}75$
Б Для соединений конструкций	
Для заклепок с потайными или полупотайными головками	$m_c = 0{,}80$
Для заклепок, работающих на растяжение (отрыв головок)	$m_c = 0{,}60$
Для черных, чистых и рифленых болтов, работающих на растяжение	$m_c = 0{,}80$
Для анкерных болтов, работающих на растяжение	$m_c = 0{,}65$
В. Для прочих элементов конструкций и соединений (за исключением указанных в специальных технич. условиях)	$m_c = 1{,}00$

Расчет элементов стальных конструкций.

Центрально растянутые элементы.

$$N \leq m R F_{нт}$$

Центрально сжатые элементы.

Расчет на прочность: ..... $N \leq m R F_{нт}$

Расчет на устойчивость: ..... $N \leq m \varphi R F_{бр}$

N – расчетная продольная сила;

m – коэффициент условия работы;

R – расчетное сопротивление растяжению или сжатию прокатной стали;

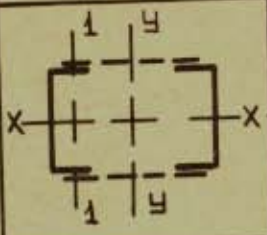
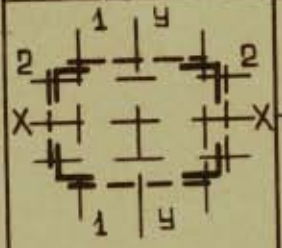
$F_{бр}$ – площадь сечения брутто;

$F_{нт}$ – площадь сечения нетто;

φ – коэффициент продольного изгиба (см СК-11).

Для составных центрально сжатых элементов, ветви которых соединены планками или решетками, коэффициент φ относительно свободной оси (перпендикулярной плоскости планок или решеток) определяется по приведенной гибкости $\lambda_{пр}$.

Формулы для вычисления $\lambda_{пр}$

Тип сечения стержня	Соединительные элементы	$\lambda_{пр}$ относительно оси X-X или Y-Y
	Планки	$\sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2}$
	Решетки	$\sqrt{\lambda_y^2 + 27\frac{F}{F_{P1}}}$
	Планки	$\sqrt{\lambda^2 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2}$
	Решетки	$\sqrt{\lambda^2 + 27\left(\frac{F_{B1}}{F_{P1}} + \frac{F_{B2}}{F_{P2}}\right)}$

Условные обозначения см СК-10

Обозначения, принятые для вычисления $\lambda_{пр}$:

λ_y – гибкость всего стержня относительно свободной оси У–У;

λ – наибольшая гибкость всего стержня;

$\lambda_1 \lambda_2$ – гибкости отдельных ветвей относительно осей 1-1 и 2-2 на участках между центрами крайних заклепок или между приваренными планками (в свету);

F – площадь сечения всего стержня;

$F_{в1} F_{в2}$ – площадь сечения пары ветвей с общей осью 1-1 и 2-2;

$F_{р1} F_{р2}$ – площади сечений раскосов решеток, лежащих в плоскостях соответственно перпендикулярных осям 1-1 и 2-2.

Составные элементы из деталей, соединенных вплотную или через прокладки, должны рассчитываться как цельные.

Наибольшее расстояние между прокладками и шайбами составных элементов ферм и связей (из двух уголков, швеллеров и т.п.) устанавливаются:

для сжатых стержней — $40\,r$,

для растянутых стержней — $80\,r$.

r – радиус инерции уголка или швеллера относительно оси параллельной плоскости расположения прокладок. (В пределах одного элемента – не менее двух прокладок).

Гибкость отдельных ветвей на участке между планками должна быть не более 40.

Ветви составных центрально сжатых элементов, соединенных решетками, должны проверяться на устойчивость на длине между узлами.

При фрезерованных торцах сжатых элементов (в стыках колонн и т.п.) сжимающая сила полностью передается на торцы.

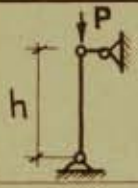
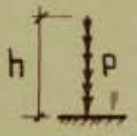
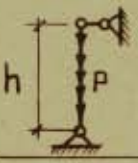
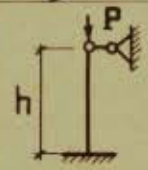
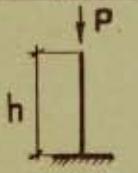
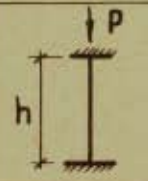
Коэффициенты φ продольного изгиба центрально сжатых элементов

N п/п	Гибкость элементов λ	Коэффициенты				
		Сталь марок			Чугун марок	
		Ст. 0, Ст. 2 Ст. 3, Ст. 4	Ст. 5 НЛ 1	НЛ 2	СЧ 15–32 СЧ 10–28 СЧ 18–36 СЧ 21–40	СЧ 24–44 СЧ 28–48
		А	Б	В	Г	Д
1	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	10	0,99	0,98	0,98	0,97	0,95
3	20	0,97	0,95	0,95	0,91	0,87
4	30	0,95	0,93	0,93	0,81	0,75
5	40	0,92	0,90	0,90	0,69	0,60
6	50	0,89	0,84	0,83	0,57	0,43
7	60	0,86	0,80	0,78	0,44	0,32
8	70	0,81	0,74	0,71	0,34	0,23
9	80	0,75	0,66	0,63	0,26	0,18
10	90	0,69	0,59	0,54	0,20	0,14
11	100	0,60	0,50	0,45	0,16	0,12
12	110	0,52	0,43	0,39	—	—
13	120	0,45	0,38	0,33	—	—
14	130	0,40	0,32	0,29	—	—
15	140	0,36	0,28	0,25	—	—
16	150	0,32	0,27	0,23	—	—
17	160	0,29	0,24	0,21	—	—
18	170	0,26	0,21	0,19	—	—
19	180	0,23	0,19	0,17	—	—
20	190	0,21	0,17	0,15	—	—
21	200	0,19	0,15	0,13	—	—

Примечание: Гибкость элемента $\lambda = \frac{l_0}{r}$, где l_0 — расчетная длина элемента, r — радиус инерции сечения. Гибкости определяются в плоскостях главных моментов инерции.

Расчетные длины сжатых стоек и колонн при проверке на продольный изгиб следует определять с учетом вида закреплений на концах.

Расчетные длины l_0 стоек и колонн постоянного сечения с четко выраженными условиями закрепления.

Схема закрепления и нагрузки	Приведенная расчетная длина l_0	Приведенная нагрузка	Схема закрепления и нагрузки	Приведенная расчетная длина l_0	Приведенная нагрузка
	$l_0 = h$	P		$l_0 = 1{,}12h$	Ph
	$l_0 = 0{,}725h$	Ph		$l_0 = 0{,}7h$	P
	$l = 2h$	P		$l_0 = 0{,}5h$	P

Расчетная длина колонн прямоугольных рам одноэтажных зданий при проверке на продольный изгиб в плоскости рамы

$$l_0 = M \cdot h$$

h — высота колонны, M — коэффициент (См. ниже)

В направлении вдоль здания расчетные длины стоек и колонн принимаются равными расстоянию между закрепленными узлами.

Значения M для колонн постоянного сечения

Закрепление в фундаменте	K							
	0	0,2	0,3	0,5	1,0	2,0	3,0	≥10
Жесткое	2,00	1,50	1,40	1,28	1,16	1,08	1,06	1,00
Шарнирное	∞	3,42	3,00	2,63	2,33	2,17	2,11	2,00

$K = \frac{i_p}{i_k}$

i_p — средняя погонная жесткость ригелей, примыкающих к проверяемой колонне;

i_k — погонная жесткость колонны.

При шарнирном креплении ригеля к колонне $K = 0$.

Расчет соединительных элементов стоек и колонн

Соединительные элементы рассчитываются на условную поперечную силу Q (в килограммах), принимаемую постоянной по всей длине стержня

Конструкции из стали марок:	Q
Ст.0, Ст.2, Ст.3 и Ст.4 Ст.5, НЛ1 и НЛ2	$Q = 20\ F_{бр}$ $Q = 40\ F_{бр}$

$F_{бр}$ – площадь всего сечения стержня в $см^2$.

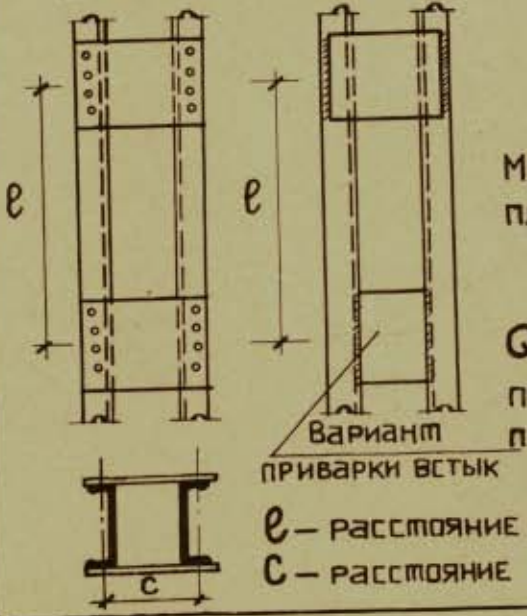
Если соединительные элементы расположены в нескольких параллельных плоскостях, то поперечная сила Q распределяется:

а) при соединительных планках (решетках) — поровну между всеми системами планок (решеток);

б) при сплошном листе и соединительных планках (решетках) — пополам между сплошным листом и всеми системами планок (решеток).

Соединительные решетки рассчитываются как решетки ферм.

Соединительные планки рассчитываются как элементы безраскосных ферм на реальную или условную поперечную силу, если последняя больше по величине; отдельные ветви колонн рассчитываются на местный изгиб от этой силы.



Сила, срезающая планку

$$T = \frac{Q_п \ell}{c}$$

Момент, изгибающий планку в ее плоскости

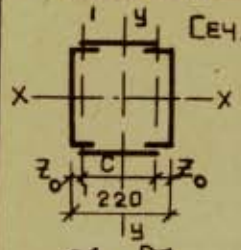
$$M = \frac{Q_п \ell}{2}$$

$Q_п$ – поперечная сила, приходящаяся на систему планок, расположенных в одной плоскости;

ℓ – расстояние между центрами планок;

c – расстояние между осями ветвей.

Пример Определить несущую способность колонны



Сеч. 2 [22а; $F=2\cdot 31{,}84=63{,}68\ см^2$; $e_0=5{,}0\ м$;

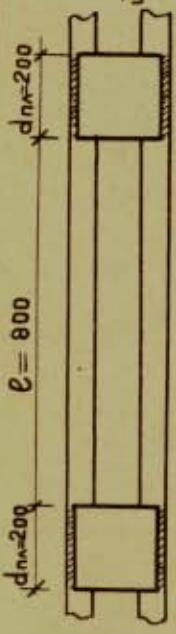
Сталь Ст.3; $R=2100\ кг/см^2$; $m=0{,}9$;

$J_{в1\text{-}1}=157{,}8\ см^4$; $z_x=8{,}67\ см$; $z_y=2{,}23\ см$; $z_0=2{,}1\ см$

Расчет относительно оси X X

$$\lambda_x=\frac{e_0}{z_x}=\frac{500}{8{,}67}=57{,}5; \qquad \varphi=0{,}868;$$

$$N_{x\text{-}x}\leq m\varphi R F_{бр}=0{,}9\cdot 0{,}867\cdot 2100\cdot 63{,}68=104000\ кг=104\ т$$



Расчет относительно оси У-У $e=80\ см$

$$\lambda_1=\frac{e}{z_y}=\frac{80}{2{,}23}=35{,}9; \qquad \lambda_y=\frac{e_0}{z_y}; \qquad z_y=\sqrt{\frac{J_y}{F}};$$

$J_y=2\,(157{,}8+31{,}84\cdot 8{,}9^2)=5335{,}6\ см^4$, где $\frac{c}{2}=8{,}9\ см$

$$z_y=\sqrt{\frac{5335{\cdot}6}{63{.}68}}=9{,}15; \qquad \lambda_y=\frac{500}{9{,}15}=54{,}5;$$

$$\lambda_{пр}=\sqrt{\lambda_y^2+\lambda_1^2}=\sqrt{54{,}5^2+35{,}9^2}=65; \qquad \varphi=0{,}835;$$

$$N_{y\text{-}y}\leq m\varphi R F_{бр}=0{,}9\cdot 0{,}835\cdot 2100\cdot 63{,}68=100000\ кг$$

$N_{y\text{-}y}\leq 100\ т$. Принимаем $N=100\ т$

Целесообразно запроектировать колонну так, чтобы было выполнено условие равноустойчивости колонны относительно осей X-X и У-У, т.е чтобы $\lambda_x=\lambda_{пр}$ и $N_{x\text{-}x}=N_{y\text{-}y}$.

Расчет планок $Q=20\,F_{бр}$ (см. СК – 14)

Поперечная сила, приходящаяся на одну планку:

$$Q_{пл}=\frac{Q}{2}=\frac{1}{2}\cdot 20\,F_{бр}=10\cdot 63{,}68=636{,}8\ кг$$

$$M_{пл}=\frac{Q_п e}{2}=\frac{636{,}8\cdot 80}{2}=25400\ кг\,см$$

$$T_{пл}=\frac{Q_п e}{c}=\frac{636{,}8\cdot 80}{17{,}8}=2870\ кг,\ где\ c=22-2\cdot 2{,}1=17{,}8\ см$$

Принимаем планку 200×10, толщина шва 8 мм

Площадь шва ..... $F_ш=0{,}7\,h_ш d_{пл}=0{,}7\cdot 0{,}8\cdot 20=11{,}2\ см^2$.

Момент сопротивления шва $W_ш=\frac{F_ш d_{пл}}{6}=\frac{11{,}2\cdot 20}{6}=37{,}3\ см^3$.

Напряжение в шве:

от момента ..... $\sigma_ш=\frac{M_{пл}}{W_ш}=\frac{25400}{37{,}3}=680\ кг/см^2$;

от поперечной силы $\tau_ш=\frac{T_{пл}}{F}=\frac{2870}{11{.}2}=256\ кг/см^2$

Результирующее напряжение:

$$\tau_{max}=\sqrt{\sigma_ш^2+\tau_ш^2}=\sqrt{680^2+256^2}=730<800\ кг/см^2.$$

Изгибаемые элементы

Расчет на прочность: $M \leq m R W_{нт}$

$$Q \leq m R_{ср} \frac{J_{бр}}{S_{бр}} \cdot \delta$$

Расчет на устойчивость: $M \leq m \varphi_{б} R W_{бр}$,

где:

M – расчетный изгибающий момент;

Q – расчетная поперечная сила;

$W_{бр}$ – момент сопротивления сечения брутто;

$W_{нт}$ – момент сопротивления сечения нетто;

$J_{бр}$ – момент инерции сечения брутто относительно нейтральной оси;

$S_{бр}$ – статический момент сдвигающейся части сечения брутто относительно нейтральной оси;

δ – толщина стенки;

R – расчетное сопротивление изгибу прокатной стали;

$R_{ср}$ – расчетное сопротивление срезу прокатной стали;

$\varphi_{б}$ – коэффициент уменьшения несущей способности изгибаемых элементов при проверке общей устойчивости, принимаемый по таблице СК-17.

Указания по определению коэффициента $\varphi_{б}$

А. Балки с сечениями, имеющие две оси симметрии (симметричные двутавры)

где: $\varphi_{б} = \psi \frac{J_y}{J_x} \left(\frac{h}{\ell}\right)^2 10^3$; $\alpha = 8 \left(\frac{\ell \delta_1}{B h}\right)^2 \left(1 + \frac{d \delta^3}{B \delta_1^3}\right)$,

J_x и J_y – наибольший и наименьший моменты инерции сечения балки;

h – полная высота балки;

ℓ – расчетная длина балки;

B – ширина пояса балки;

δ – толщина стенки балки, включая вертикальные полки уголков;

δ_1 – толщина полки балки, включая полки уголков;

d – высота вертикальной полки уголков плюс толщина пакета горизонтальных листов.

Для сварных и прокатных балок $d = 0{,}5\,h$.

Значения коэффициентов Ψ для балок из стали марок Ст.0, Ст.2, Ст.3 и Ст.4

α	Для балок без закрепления в пролете				При наличии связей в пролете, независимо от места приложения нагрузки
	при сосредоточенной нагрузке		при равномерно распределенной нагрузке		
	к верхнему канту	к нижнему канту	к верхнему канту	к нижнему канту	
	1	2	3	4	5
0,1	1,73	5,00	1,57	3,81	2,17
0,4	1,77	5,03	1,60	3,85	2,20
1,0	1,85	5,11	1,67	3,90	2,27
4	2,21	5,47	1,98	4,23	2,56
8	2,63	5,91	2,35	4,59	2,90
16	3,37	6,65	2,99	5,24	3,50
24	4,03	7,31	3,55	5,79	4,00
32	4,59	7,92	4,04	6,25	4,45
48	5,60	8,88	4,90	7,13	5,23
64	6,52	9,80	5,65	7,92	5,91
80	7,31	10,59	6,30	8,58	6,51
96	8,05	11,29	6,93	9,21	7,07
128	9,40	12,67	8,05	10,29	8,07
160	10,59	13,83	9,04	11,30	8,95
240	13,21	16,36	11,21	13,48	10,86
320	15,31	18,55	13,04	15,29	12,48
400	17,24	20,48	14,57	16,80	13,91

При одном закреплении в пролете и нагрузке по нижнему канту следует пользоваться графой 2.

Для стали марок Ст.5 и НЛ1 табличные значения Ψ умножаются на 0,83, для стали НЛ2 – на 0,71.

Если $\Psi_б > 0,85$, то вместо $\Psi_б$ в формуле (см. СК-15) подставляется величина $\Psi'_б$ (см. таблицу).

Значения коэффициентов $\Psi'_б$.

$\Psi_б$	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20
$\Psi'_б$	0,850	0,871	0,890	0,904	0,916	0,927	0,938	0,948
$\Psi_б$	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	
$\Psi'_б$	0,957	0,964	0,973	0,980	0,987	0,994	1,00	

Коэффициенты $\varphi_б$ для прокатных нормальных двутавров из стали марок Ст.0, Ст2, Ст3 и Ст4.

Место приложения нагрузки	N двутав-ра	Тип нагрузки	Пролет в м								
			2	3	4	5	6	7	8	9	10
Верхний кант	10-60	Сосредоточенная	1,00	0,98	0,92	0,82	0,68	0,58	0,51	0,45	0,41
		Равномерно распределенная	1,00	0,96	0,86	0,71	0,59	0,51	0,44	0,39	0,36
Нижний кант	10-20	Сосредоточенная	1,00	1,00	0,98	0,92	0,85	0,72	0,63	0,55	0,50
		Равномерно распределенная	1,00	1,00	0,95	0,85	0,70	0,59	0,51	0,45	0,41
	22-60	Сосредоточенная	1,00	1,00	1,00	0,98	0,93	0,86	0,75	0,65	0,58
		Равномерно распределенная	1,00	1,00	1,00	0,94	0,85	0,72	0,62	0,53	0,48

Примечание: Для стали марок Ст.5 и НЛ 1 табличные значения $\varphi_б$ должны быть умножены на 0,83; для стали марки НЛ2 табличные значения $\varphi_б$ должны быть умножены на 0,71.

Для нормальных прокатных двутавров значения коэффициентов $\varphi_б$ можно определять по нижеприведенной таблице.

СК-17

Указания по определению коэффициента φ_δ (продолжение).

Б. Балки с усиленным сжатым поясом, симметрично расположенным относительно оси стенки

$$\varphi_\delta = \psi \frac{2 J_y h z}{J_x e^2} \cdot 10^3 ,$$

где: z — расстояние по оси y наиболее удаленного волокна сжатого пояса от центра тяжести поперечного сечения.

Значения коэффициента ψ определяются следующим образом:

а) для балок без закреплений в пролете при $n \leq 0{,}8$ — по таблице (см СК-16);

б) для балок, имеющих связи в пролете, а при $n > 0{,}8$ и для балок без закреплений в пролете — по формуле:

$$\psi = \xi \sqrt{\alpha + 40 n (1-n)} .$$

Значения величины ξ

Марки стали	ξ
Для балок из стали Ст.0, Ст.2, Ст.3 и Ст.4	0,68
Для балок из стали Ст.5 и НЛ1	0,56
Для балок из стали НЛ2	0,48

$$n = \frac{J_1}{J_1 + J_2}$$

J_1 и J_2 — соответственно моменты инерции сжатого и растянутого поясов относительно оси симметрии сечения. При вычислении J_1 и J_2 стенка балки и вертикальные полки поясных уголков не включаются.

Коэффициент α вычисляется по формуле (см СК-15), причем B и δ_1 — ширина и толщина сжатого пояса.

Если $\varphi_\delta > 0{,}85$, то вместо φ_δ в формулу (СК-15) подставляется величина φ'_δ [см таблицу (СК-16)]

При расчете разрезных балок, закрепленных от потери устойчивости и несущих статическую нагрузку, момент сопротивления $W_{нт}$ для балок из прокатных профилей (двутавров, швеллеров) в формуле $M \leq mRW_{нт}$ (СК-15) принимается увеличенным на 15%, исходя из учета развития пластических деформаций, а для сварных балок постоянного сечения, удовлетворяющих тем же условиям, при отношении ширины сжатого пояса к его толщине – $\frac{в}{\delta} \leq 20$

$$W_{нт} = S_в + S_н, \text{ где:}$$

$S_в$ и $S_н$ — статические моменты относительно нейтральной оси верхней и нижней частей сечения балки, взятые по абсолютной величине.

При учете пластических деформаций в балке должна производиться проверка касательных напряжений в сечении с наибольшим изгибающим моментом. При этом касательные напряжения не должны превышать 0,4 расчетного сопротивления стали на изгиб.

Проверка общей устойчивости балок не требуется:

а) при наличии настила по балкам или монолитной железобетонной плиты, опирающихся на сжатые пояса и препятствующих повороту сечения балок;

б) для балок двутаврового сечения при отношениях свободной длины сжатого пояса к его ширине не превосходящих величин, указанных в нижеприведенной таблице (см. СК-20).

Двутавровые балки считаются закрепленными от потери общей устойчивости при соблюдении выше приведенных указаний, а также при $\varphi_б \geq 2{,}5$

$\varphi_б$ – определяется по формуле (см СК-15)

Проверка устойчивости прогонов при наклонной кровле не требуется, если составляющая нагрузки в плоскости настила воспринимается настилом или специальными устройствами.

Наибольшие отношения свободной длины сжатого пояса к его ширине, при которых не требуется проверка общей устойчивости балок двутаврового сечения.

Марки стали	Наибольшие отношения $\ell : b$	
	при нагрузке по верхнему канту	при нагрузке по нижнему канту
Ст.0, Ст.2, Ст.3 и Ст.4	16	25
Ст.5 НЛ1	14	22
НЛ2	12	18

где ℓ — свободная длина сжатого пояса балки между точками закрепления;
при отсутствии связей ℓ — пролет балки;
при наличии связей в плоскости сжатого пояса ℓ — расстояние между узлами связей;
при наличии поперечных связей, препятствующих повороту сечения балки, ℓ — расстояние между поперечными связями;
b — ширина сжатого пояса.

Стенки сплошных элементов конструкций (балок, колонн) должны быть обеспечены от потери местной устойчивости и в случае необходимости укреплены ребрами жесткости.

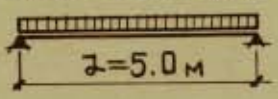
Наибольшие отношения высоты стенки к ее толщине, при которых не требуется проверка устойчивости стенок сплошных элементов конструкций

Марки стали	Наибольшие отношения $h_o : \delta$	
	для балок, укрепляемых только поперечными ребрами жесткости	для колонн
Ст.0, Ст.2, Ст.3 и Ст.4	80	70
Ст.5, НЛ1	70	65
НЛ2	65	60

где: h_o — расчетная высота стенки, принимаемая в сварном элементе равной полной высоте, а в клепаном элементе — равной расстоянию между внутренними рисками поясных уголков;
δ — толщина стенки.

Примеры:

Расчет балок междуэтажных перекрытий.

1. 

Расчетная нагрузка $P = 2.0^{т}/_{пм}$

Нормативная нагрузка $P_н = 1.6^{т}/_{пм}$.

Сталь Ст.3. $R = 2100\ кг/см^2$.

Коэффициент условия работы $m = 1$.

Расчет по несущей способности (на прочность)

$$M = \frac{P l^2}{8} = \frac{2 \cdot 5^2}{8} = 6{,}25\ тм$$

$M \leq m R W_{нт}$, $W_{нт} = \frac{M}{mR} = \frac{625000}{1 \cdot 2100} = 298\ см^3$

принимаем I 22а $W = 309\ см^3$

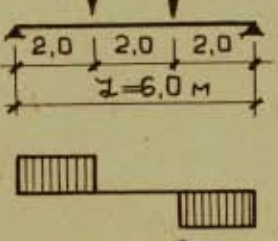
Расчет по деформациям (на прогиб)

$E = 2100\,000\ кг/см^2$, $J = 3400\ см^4$, $P_н = 16\ кг/п\,см$,

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{P_н l^4}{EJ} = \frac{5 \cdot 16 \cdot 500^4}{384 \cdot 2100000 \cdot 3400} = \frac{5 \cdot 1{,}6 \cdot 6{,}25 \cdot 10^{11}}{3{,}84 \cdot 2{,}1 \cdot 3{,}4 \cdot 10^{11}} = 1{,}62\ см$$

$$\frac{f}{l} = \frac{1{,}62}{500} = \frac{1}{310} < \frac{1}{250}$$

---

2. 

Эпюра Q

Расчетная нагрузка $P = 6{,}5\ т$.

Нормативная нагрузка $P_н = 5{,}0\ т$.

Сталь Ст.3. $R = 2100\ кг/см^2$.

Коэффициент условия работы $m = 1$, балка имеет зону чистого изгиба (где $Q = 0$).

Расчет по несущей способности (на прочность)

$M = Pa = 6{,}5 \cdot 2 = 13{,}0\ тм$, $W = \frac{M}{mR}$

$W = 1{,}075\, W_{уп}$., $1{,}075\, W_{уп} = \frac{M}{mR}$ и $W_{упр} = \frac{M}{1{\cdot}075\, mR}$

$$W_{упр} = \frac{1300\,000}{1{,}075 \cdot 1 \cdot 2100} = 575\ см^3$$

принимаем I 30а, $W = 597\ см^3$

Расчет по деформациям (на прогиб).

$E = 2100\,000\ кг/см^2$, $J = 8950\ см^4$, $P_н = 5000\ кг$,

$$f = \frac{23}{648} \cdot \frac{P_н l^3}{EJ} = \frac{23}{648} \cdot \frac{5000 \cdot 600^3}{2100000 \cdot 8950} = 2{,}05\ см$$

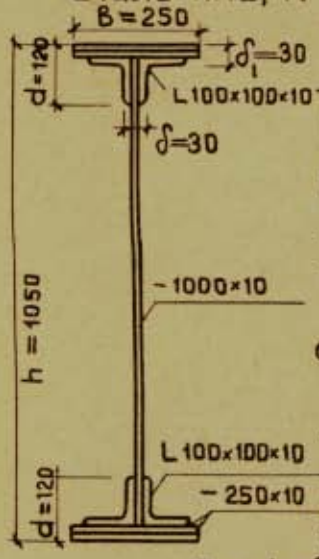
$$\frac{f}{l} = \frac{2{,}05}{600} = \frac{1}{293} < \frac{1}{250}$$

2. Расчет клепаной балки $l = 15{,}0$ м.

Расстояние между поперечными связями $e = 5{,}0$ м,

Расчетная нагрузка поверхнему канту $P = 9{,}6$ т/пм,

Сталь-НЛ2, $R = 2900$ кг/см^2, $m = 1$.



$J_x = 525000$ см^4; $J_y = 6800$ см^4; $W_x = 10000$ см^3.

Расчет по несущей способности (на прочность)

$$M = \frac{P l^2}{8} = \frac{9{,}6 \cdot 15^2}{8} = 270 \text{ тм}$$

$$M \leqslant m R W_x = 1 \cdot 2900 \cdot 10000 = 29000000 \text{ кгсм} = 290_{\text{тм}}$$

Расчет на устойчивость.

$\frac{e}{B} = \frac{500}{25} = 20 > 12$ (см. СК-20)

Требуется проверка на устойчивость

$$\alpha = 8\left(\frac{e\delta_1}{Bh}\right)^2\left(1 + \frac{d\delta^3}{B\delta_1^3}\right) = 8\left(\frac{500 \cdot 3}{25 \cdot 105}\right)^2\left(1 + \frac{12 \cdot 3^3}{25 \cdot 3^3}\right) = 6{,}8$$

по таблице (см. СК-16) находим Ψ по интерполяции $\Psi = 2.80$; так как балка выполнена из стали НЛ 2

$\Psi_1 = 0{,}71\Psi = 0{,}71 \cdot 2{,}8 = 2{,}05$ (см. СК-16)

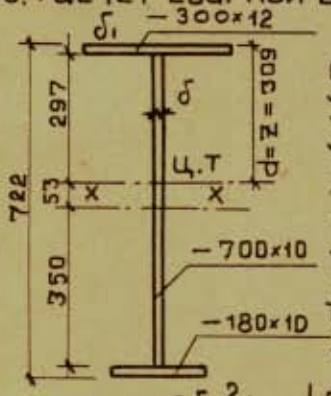
$$\varphi_\delta = \Psi_1 \frac{J_y}{J_x}\left(\frac{h}{e}\right)^2 10^3 = 2{,}05 \cdot \frac{6800}{525000}\left(\frac{105}{500}\right)^2 \cdot 10^3 = 1{,}18;$$

$\varphi_\delta > 0{,}85$. Вместо φ_δ принимаем φ'_δ (см СК-16)

по таблице (по интерполяции) находим $\varphi'_\delta = 0{,}944$

$$M \leqslant m\varphi'_\delta R W_{\delta p} = 1 \cdot 0{,}944 \cdot 2900 \cdot 10000 = 27380000_{\text{кгсм}} = 273{,}8_{\text{тм}}$$

3. Расчет сварной балки несимметричного сечения



Определение φ_δ

$e = 6{,}0$ м; Сталь Ст. 3; $R_a = 2100$ кг/см^2; $m = 1$

$J_x = 93750$ см^4 (для всего сечения относительно X-X)

$J_1 = 2700$ см^4; $J_2 = 486$ см^4 (см. СК-18)

$J_y = J_1 + J_2 = 2700 + 486 = 3186$ см^4;

$$\pi = \frac{J_1}{J_1 + J_2} = \frac{J_1}{J_y} = \frac{2700}{3186} = 0{,}85;$$

т. к $\pi > 0{,}8$ – Ψ определяем по формуле:

$\Psi = \xi\sqrt{\alpha + 40\pi(1-\pi)}$; $\xi = 0{,}68$ (см. СК-18)

$$\alpha = 8\left(\frac{e\delta_1}{Bh}\right)^2\left(1 + \frac{d\delta^3}{B\delta_1^3}\right) = 8\left(\frac{600 \cdot 1{,}2}{30 \cdot 72{,}2}\right)^2\left(1 + \frac{30{,}9 \cdot 1^3}{30 \cdot 1{,}2^3}\right) = 1{,}41;$$

$$\Psi = 0{,}68\sqrt{1{,}41 + 40 \cdot 0{,}85(1 - 0{,}85)} = 1{,}74;$$

$$\varphi_\delta = \Psi \frac{2 J_y h z}{J_\pi e^2} \cdot 10^3 = 1{,}74 \cdot \frac{2 \cdot 3186 \cdot 72{,}2 \cdot 30{,}9}{93750 \cdot 600^2} \cdot 10^3 = 0{,}73$$

Внецентренно растянутые элементы.

$$N \leqslant \frac{m R F_{нт}}{1 + e \frac{F_{нт}}{W_{нт}}} \qquad 1$$

Внецентренно сжатые элементы.

Расчет на прочность $N \leqslant \frac{m R F_{нт}}{1 + e \frac{F_{нт}}{W_{нт}}}$ 1

расчет на устойчивость:

а) в плоскости действия момента по формулам:

при $e_1 \leqslant 4$ ..... $N \leqslant m \varphi_{вн} R F_{бр}$, 2

при $e_1 > 4$ ..... $N \leqslant \frac{m R F_{бр}}{\frac{1}{\varphi_м} + \theta e_1}$ 3

б) в плоскости перпендикулярной плоскости действия момента в том случае, если изгиб происходит в плоскости наибольшей жесткости, по формуле — 4

$$N \leqslant m C \varphi_y R F_{бр},$$ где:

$$e = \frac{M}{N}; \quad e_1 = \eta\left[\left(e + \frac{e}{1000}\right)\frac{F_{бр}}{W_{1бр}} + 0{,}05\right]; \quad C = \frac{\beta}{1 + \alpha e \frac{F_{бр}}{W_{бр}}}$$

Изгибающий момент M, принимаемый для расчета

При расчете по формуле	Тип конструкции.	M
1	———	$M = M_{max}$
2 и 3	Для шарнирно — опертых стержней.	Наибольший момент в пределах средней трети длины.
	Для консолей.	Момент в заделке.
	Для колонн постоянного сечения рамных систем.	Наибольший момент в пределах длины колонны.
	Для ступенчатых колонн.	Наибольший момент на длине участка постоянного сечения.
4	Для стержней с концами, закрепленными от смещения перпендикулярно плоскости действия момента.	Максимальный момент в пределах средней трети длины.
	Для консолей.	Момент в заделке.

Условные обозначения

M – расчетный момент;

N – нормальная сила в рассматриваемом сечении;

$F_{НТ}$ – площадь сечения нетто;

$F_{БР}$ – площадь сечения брутто;

$W_{НТ}$ – момент сопротивления сечения нетто;

$W_{БР}$ – момент сопротивления сечения брутто;

$W_{1БР}$ – момент сопротивления сечения брутто для наиболее сжатого волокна;

e – длина внецентренно сжатого стержня;

λ – гибкость элемента;

λ_y – гибкость стержня в направлении перпендикулярном плоскости действия момента;

λ_c – гибкость, зависящая от марки стали;

$\varphi_{вн}$ – коэффициент понижения несущей способности внецентренно сжатого элемента (см. СК-27, СК-28, СК-29)

$\varphi_м$ – коэффициент продольного изгиба, принимаемый по гибкости стержня, в плоскости действия момента (по таблице СК-11 $\varphi_м = \varphi$);

φ_y – коэффициент продольного изгиба, принимаемый по гибкости стержня, в направлении перпендикулярном к плоскости действия момента (см СК-11 $\varphi_y = \varphi$);

e – эксцентриситет силы в плоскости изгиба;

e_1 – относительный эксцентриситет с учетом влияния формы сечения;

m – коэффициент условия работы (СК-8);

η – коэффициент влияния формы сечения (СК-26);

c – коэффициент влияния момента на устойчивость внецентренно сжатого элемента с учетом изгибно-крутильной формы потери устойчивости (СК-23);

θ – коэффициент, зависящий от гибкости λ (СК-25).

Значения коэффициента θ

λ	θ
$0 < \lambda < 50$	$\theta = 0{,}67$
$50 < \lambda < 100$	$\theta = 0{,}6 + 0{,}0015\,\lambda$
$100 < \lambda$	$\theta = 0{,}75$

Значения коэффициентов α и β:

Для двутавровых сечений при одинаковых полках, а также при неодинаковых полках с эксцентриситетом в сторону большей полки

α	β
$\alpha = 0{,}85$	при $\lambda_y \leq \lambda_c$ $\quad \beta = 1$ при $\lambda_y > \lambda_c$ $\quad \beta = \frac{0{,}6}{\varphi_y}$

где: φ – коэффициент продольного изгиба, принимаемый по гибкости λ_y (см. СК-12)

Для замкнутых сечений сплошных или с планками, или решетками.

α	β
$\alpha = 1{,}0$	$\beta = 1 + 0{,}5\,e\,\frac{F_{бр}}{W_{бр}}$

Значения гибкости λc

Марка стали	λc
Ст.0, Ст.2, Ст.3 и Ст.4	100
Ст.5, НЛ1	90
НЛ2	85

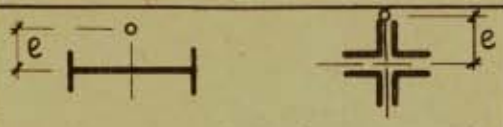
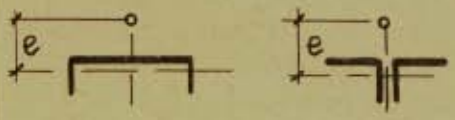
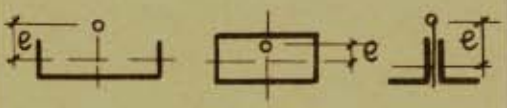
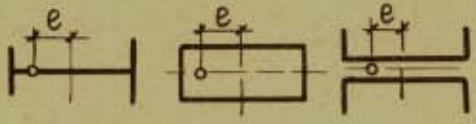
Максимальные значения коэффициента C (C_{max}) при $\lambda_y > \lambda_c$

M/Nh	0	0,2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	≥2,5
C_{max}	1.00	0.90	0.75	0,61	0,51	044	039	0,34	031	0,27	0,24	0,21

где: M – расчетный момент;
N – продольная сила;
h – высота сечения.

При эксцентриситетах в сторону малой полки для всех случаев $\alpha = \beta = 1$

Коэффициенты η влияния формы сечения.

Схема сечения	η при $20 < \lambda \leq 150$	η при $\lambda > 150$
	$0{,}775+0{,}0015\,\lambda$	1,0
	1.3	$0{,}01\lambda-0{,}2$
	1,0	1,0
	$1{,}45-0{,}003\,\lambda$	1,0

Соединительные элементы (планки или решетки) внецентренно сжатых стержней должны рассчитываться либо на фактическую поперечную силу, либо на условную поперечную силу, вычисленную согласно формулам на стр. СК-13, если последняя больше по величине.

Отдельные ветви внецентренно сжатых стержней с планками или решетками в плоскостях параллельных направлению фактической поперечной силы должны быть рассчитаны как сжато-изогнутые пояса безраскосных ферм или ферм с раскосной решеткой в необходимых случаях должен быть учтен местный изгиб поясов от поперечной силы.

При фрезерованных торцах внецентренно сжатых элементов сжимающая сила полностью передается на торцы. Стыковые соединения рассчитываются на 15% от наибольшей сжимающей силы и проверяются на наибольшее растягивающее усилие от действия изгибающего момента, соответствующего минимальной нормальной силе. При этом эпюры напряжений определяются, как для целого сечения.

Коэффициенты $\varphi_{вн}$ для стали марок Ст.0, Ст.2, Ст.3 и Ст.4

λ \ e_1	0,10	0,25	0,50	0,75	1.00	1.25	1,50	1,75	2.00	2,50	3,00	3,50	4.00
0	0.96	0.92	0.85	0.78	0.72	0,67	0.62	0.58	0.54	0.47	0.42	0.37	0.33
20	0.95	0.89	0.80	0.73	0.67	0.62	0.58	0.54	0.50	0.44	0.39	0.35	0.32
30	0.94	0.87	0.77	0.70	0.64	0.59	0.55	0.51	0.48	0.42	0.37	0.33	0.30
40	0.92	0.85	0.74	0.67	0.61	0.56	0.52	0.48	0.45	0.40	0.35	0.32	0.29
50	0.89	0.82	0.71	0.63	0.57	0.53	0.49	0.46	0.43	0.38	0.34	0.30	0.27
60	0.86	0.79	0.67	0.60	0.54	0.50	0.46	0.43	0.40	0.35	0.32	0.29	0.26
70	0.81	0.75	0.63	0.56	0.50	0.46	0.43	0.40	0.38	0.33	0.30	0.27	0.25
80	0.75	0.70	0.59	0.52	0.47	0.43	0.40	0.37	0.35	0.31	0.28	0.26	0.24
90	0.69	0.65	0.55	0.48	0.44	0.40	0.37	0.35	0.33	0.30	0.27	0.24	0.22
100	0.60	0.59	0.50	0.45	0.40	0.37	0.35	0.32	0.30	0.27	0.25	0.23	0.21
110	0.52	0.52	0.46	0.41	0.37	0.34	0.32	0.30	0.29	0.26	0.23	0.22	0.20
120	0.45	0.45	0.42	0.37	0.34	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20	0.19
130	0.40	0.40	0.38	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17
140	0.36	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17
150	0.32	0.32	0.30	0.27	0.26	0.25	0.23	0.22	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16
160	0.29	0.29	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.18	0.17	0.16	0.15
170	0.26	0.26	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14
180	0.23	0.23	0.23	0.22	0.20	0.20	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
190	0.21	0.21	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
200	0.19	0.19	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12

Коэффициенты $\varphi_{вн}$ для стали марок Ст.5 и НЛ1

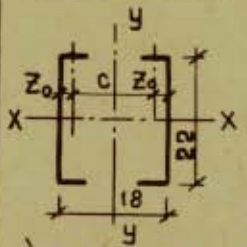
λ \ e_1	0.10	0,25	0,50	0.75	1,00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
0	0.96	0.92	0.84	0.78	0.72	0.66	0.62	0.57	0.54	0.47	0.41	0.37	0.33
20	0.95	0.88	0.79	0.72	0.67	0.62	0.57	0.53	0.50	0.43	0.39	0.34	0.31
30	0.93	0.86	0.76	0.69	0.63	0.58	0.54	0.50	0.47	0.41	0.37	0.33	0.30
40	0.90	0.83	0.73	0.65	0.59	0.54	0.51	0.47	0.44	0.39	0.35	0.31	0.28
50	0.84	0.80	0.69	0.62	0.56	0.51	0.47	0.44	0.41	0.37	0.33	0.29	0.27
60	0.80	0.76	0.65	0.57	0.52	0.48	0.44	0.41	0.39	0.34	0.31	0.28	0.25
70	0.74	0.71	0.60	0.53	0.48	0.44	0.41	0.38	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24
80	0.66	0.65	0.55	0.49	0.44	0.40	0.37	0.35	0.33	0.29	0.27	0.24	0.22
90	0.59	0.59	0.50	0.44	0.40	0.37	0.34	0.32	0.31	0.28	0.25	0.23	0.21
100	0.50	0.50	0.45	0.40	0.37	0.34	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.21	0.20
110	0.43	0.43	0.40	0.37	0.33	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.18
120	0.38	0.38	0.37	0.33	0.30	0.28	0.26	0.25	0.24	0.22	0.20	0.19	0.17
130	0.32	0.32	0.32	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16
140	0.28	0.28	0.28	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.16	0.15
150	0.27	0.27	0.26	0.24	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.15	0.14
160	0.24	0.24	0.24	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13
170	0.21	0.21	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13
180	0.19	0.19	0.19	0.18	0.18	0.17	0.16	0.15	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11
190	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11
200	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10

Коэффициенты $\varphi_{вн}$ для стали марки НЛ2

λ \ e_1	0.10	0,25	0,50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00
0	0.96	0.92	0,85	0.78	0.72	0.67	0.62	0.57	0,53	0.47	0.40	0.37	0.33
20	0.95	0.87	0.79	0.72	0.66	0,61	0.57	0.53	0.49	0.43	0.38	0.34	0.31
30	0.93	0.85	0.76	0.68	0.62	0.57	0.53	0.50	0.46	0.41	0.36	0.33	0.29
40	0.90	0.82	0.72	0.64	0.58	0.53	0.49	0.46	0.43	0.38	0.34	0.31	0.28
50	0.83	0.79	0.68	0.60	0.54	0,50	0.46	0.43	0.40	0.36	0.32	0.29	0.26
60	0.78	0.74	0.62	0,55	0.50	0.46	0.42	0.40	0.37	0.33	0, 30	0. 27	0.25
70	0.71	0.68	0.57	0,51	0.45	0.42	0,39	0.36	0.34	0.31	0. 28	0,25	0.23
80	0.63	0.62	0.52	0.46	0.41	0,38	0.36	0.33	0,31	0.28	0.26	0,23	0.21
90	0.54	0.54	0.47	0,41	0.38	0.35	0.33	0.31	0.29	0.26	0,24	0.22	0.20
100	0.45	0.45	0,41	0.37	0.34	0.32	0.30	0,28	0.26	0.24	0.22	0,20	0.19
110	0.39	0.39	0.37	0,34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0. 20	0,19	0.18
120	0.33	0.33	0.33	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23	0.22	0,21	0,19	0,18	0.16
130	0,29	0.29	0.29	0.27	0.25	0.24	0.22	0.21	0.20	0,19	0.17	0,16	0.15
140	0.25	0.25	0.25	0,24	0.23	0.21	0.20	0.19	0.19	0.17	0,16	0.15	0.14
150	0.23	0.23	0.23	0.22	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0,16	0. 15	0,14	0.14
160	0.21	0.21	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.15	0,14	0,13	0,12
170	0.19	0.19	0.18	0,18	0.17	0.16	0.15	0.15	0,15	0.14	0,13	0,12	0.12
180	0.17	0.17	0.17	0,16	0.16	0.15	0.14	0.14	0.14	0.12	0,12	0,11	0,10
190	0.15	0.15	0.15	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12	0.12	0,11	0,11	0.10
200	0,13	0,13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0,11	0, 11	0. 10	0.10	0.10

Пример

Расчет колонны



Сечение 2 [22а. $\ell_0 = 5{,}0$ м.

Сталь Ст.3. $R_a = 2100$ кг/см^2.

$N = 50$ т. $M = 3{,}5$ тм.

Изгиб в плоскости У–У:

Эксцентриситет $e = \frac{M}{N} = \frac{3{,}5}{50} = 0{,}07$ м $= 7$ см

а) Проверка устойчивости в плоскости действия момента (У–У):

$W_{1\,бр} = 217{,}6 \cdot 2 = 435{,}2$ см^3;

$F_{бр} = 31{,}84 \cdot 2 = 63{,}68$ см^2; $z_x = 8{,}67$ см;

Гибкость $\lambda_x = \frac{\ell_0}{z_x} = \frac{500}{8{,}67} = 57{,}5$;

Коэффициент η влияния формы сечения (см СК-26)

$\eta = 1{,}45 - 0{,}003\lambda_x = 1{,}45 - 0{,}003 \cdot 57{,}5 = 1{,}45 - 0{,}17 = 1{,}28$;

Относительный эксцентриситет с учетом влияния формы

$$e_1 = \eta\left[\left(e + \frac{\ell_0}{1000}\right)\frac{F_{бр}}{W_{1\,бр}} + 0{,}05\right] =$$

$$= 1{,}28\left[\left(7 + \frac{500}{1000}\right)\cdot\frac{63{,}68}{435{,}2} + 0{,}05\right] = 1{,}28\,(7{,}5 \cdot 0{,}147 + 0{,}05) =$$

$= 1{,}47 < 4$ (см. СК – 23),

$N \leq m\varphi_{вн} R F_{бр}$; $m = 0{,}9$ (см. СК-8);

$\lambda = 57{,}5$; $e_1 = 1{,}47$; $\varphi_{вн} \simeq 0{,}46$ (см. таблицу СК-27);

$N \leq 0{,}9 \cdot 0{,}46 \cdot 2100 \cdot 63{,}68 = 55500$ кг $= 55{,}5$ т > 50 т.

б) Проверка устойчивости в плоскости, перпендикулярной плоскости действия момента (Х–Х).

(Делаем эту проверку, т.к изгиб происходит в плоскости наибольшей жесткости)

$N \leq m C \varphi_y R F_{бр}$, где: $C = \frac{\beta}{1 + \alpha e \frac{F_{бр}}{W_{бр}}}$; $z_0 = 2{,}1$;

$\lambda_c = 100$ (см СК – 25);

$\frac{c}{2} - z_0 = \frac{18}{2} - 2{,}1 = 6{,}9$ см; $J_{1-1} = 157{,}8$ см^4;

$J_y = 2\,(157{,}8 + 31{,}84 \cdot 6{,}9^2) = 3356$ см^4;

$r_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}} = \sqrt{\frac{3356}{63{,}68}} = 7{,}2$ см; $\lambda_y = \frac{\ell_0}{r_y} = \frac{500}{7.2} = 69{,}5$;

$\lambda_c > \lambda_y$; $\alpha = 0{,}85$; $\beta = 1$ (см СК–25),

$\varphi = 0{,}81$ (см. СК – 11); $\frac{F_{бр}}{W_{бр}} = \frac{63{,}68}{435{,}2} = 0{,}146$;

$C = \frac{1}{1 + 0{,}85 \cdot 7 \cdot 0{,}146} = 0{,}54$;

$N \leq 0{,}9 \cdot 0{,}54 \cdot 0{,}81 \cdot 2100 \cdot 63{,}68 = 52700$ кг $= 52{,}7$ т > 50 т.

Расчет соединений стальных конструкций

I. Сварные соединения

Расчет на растяжение швов встык, расположенных перпендикулярно к действующей силе,

$$N \leq m R_p^{св} \ell_w \delta .$$

Расчет на сжатие швов встык, расположенных перпендикулярно к действующей силе,

$$N \leq m R_c^{св} \ell_w \delta .$$

Расчет на растяжение косых швов встык

$$N \leq m R_p^{св} \ell_w \frac{\delta}{\sin\alpha} .$$

Расчет на сжатие косых швов встык

$$N \leq m R_c^{св} \ell_w \frac{\delta}{\sin\alpha} .$$

Расчет на срез косых швов встык

$$N \leq m R_{ср}^{св} \ell_w \frac{\delta}{\cos\alpha} .$$

Расчет на сжатие, растяжение и срез угловых швов

$$N \leq 0{,}7\, m R_y^{св} \ell_w h_w .$$

N – Расчетная продольная сила, действующая на соединение.

m – Коэффициент условия работы конструкции или элемента (см СК-8).

ℓ_w – Расчетная длина шва, равная полной длине за вычетом 10 мм.

δ – Наименьшая толщина соединяемых элементов

h_w – Толщина углового шва (по катету)

α – Угол между направлением действующей силы и косого шва.

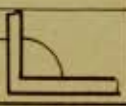
$R_p^{св}$ – Расчетное сопротивление растяжению сварного шва встык (см. СК-4).

$R_c^{св}$ – Расчетное сопротивление сжатию сварного шва встык (см СК-4).

$R_{ср}^{св}$ – Расчетное сопротивление срезу сварного шва встык (см СК-4).

$R_y^{св}$ – Расчетное сопротивление углового шва (см СК-4).

Расчетная высота углового шва.

Тип шва	Расчетная высота шва
Шов с вогнутой поверхностью (ручная сварка)	Принимается равной высоте вписанного равнобедренного треугольника
Шов с отношением сторон 1:1,5	$0,7\,h_ш$, где $h_ш$ — меньший катет
Шов с отношением сторон 1:1 и выпуклой формой	$0,7\,h_ш$ 

При применении сварки с глубоким проваром расчетная высота угловых швов определяется по специальной инструкции.

Расчетная длина шва при выводе шва за пределы стыка (на подкладках и т.п.) принимается равной его полной длине.

Швы встык, работающие на изгиб, рассчитываются по формулам, установленным для целого сечения, с расчетным сопротивлением согласно таблице СК4.

Применение комбинированных соединений, в которых часть усилий воспринимается сварными швами, а часть — заклепками, во вновь проектируемых конструкциях запрещается.

Указания по конструированию.

Концы швов встык должны выводиться за пределы стыка.

Размеры и форма сварных угловых швов.

Условия работы, тип шва и т.п.		Указания
В конструкциях, непосредственно воспринимающих регулярные подвижные и вибрационные нагрузки.	Лобовые швы.	отношение катетов 1:1,5
	Фланговые швы.	" " 1:1
	При ручной сварке	швы вогнутой формы
	При автоматической и полуавтоматич. сварке.	швы могут иметь прямую форму
	Фланговые и лобовые швы	концы подвергаются механич. обработке
Толщина углового шва в конструкциях.	При статической нагрузке	≥ 4 мм $\leq 1,5\,\delta_{min}$
	При подвижной и вибрационной нагрузке	$1,2\,\delta_{min}$
Расчетная длина флангового и лобового швов		≥ 40 мм $\geq 4h_ш$
Наибольшая длина флангового шва:		
а) если усилие возникает на всей длине шва		длина не ограничивается
б) " " " на части длины шва		$\leq 60\,h_ш$
Расстояние в свету при прерывистых швах:		
а) в сжатых элементах		$\leq 15\,\delta_{min}$
б) в растянутых элементах		$\leq 30\,\delta_{min}$
В соединениях внахлестку величина напуска		$\geq 5\,\delta_{min}$

II Заклепочные и болтовые соединения.

Расчет на срез заклепок и болтов:

$$N \leqslant m m_c n n_{ср} R_{ср} \frac{\pi d^2}{4}.$$

Расчет на смятие заклепок и болтов:

$$N \leqslant m m_c n R_{см} d \Sigma\delta.$$

Расчет на отрыв головок заклепок:

$$N \leqslant m m_c n R_{отр} \frac{\pi d^2}{4}.$$

Расчет на растяжение болтов:

$$N \leqslant m m_c n R_p \frac{\pi d_o^2}{4},$$

где:

m_c — Коэффициент условий работы заклепочного или болтового соединений (см. СК-8).

$n_{ср}$ — Число рабочих срезов одной заклепки или болта.

n — Число заклепок или болтов в соединении.

d — Диаметр отверстия для заклепки или наружный диаметр стержня болта.

d_o — Внутренний диаметр нарезки болта.

$\Sigma\delta$ — Наименьшая суммарная толщина элементов, сминаемых в одном направлении.

$R_{ср}$ — Расчетное сопротивление срезу заклепок (болта).

$R_{см}$ — Расчетное сопротивление смятию заклепки (болта).

$R_{отр}$ — Расчетное сопротивление отрыву головки заклепки.

R_p — Расчетное сопротивление растяжению болта.

Заклепки и болты, работающие одновременно на срез и растяжение, проверяются отдельно на срез и растяжение.

В креплениях одного элемента к другому через прокладки или иные промежуточные элементы, а также в креплениях с односторонней накладкой число заклепок (болтов) увеличивается против расчета на 10%.

При прикреплении выступающих полок уголков или швеллеров с помощью коротышей число заклепок (или болтов), прикрепляющих одну из полок коротыша, должно быть увеличено против расчета на 50%.

Указания по конструированию заклепочных соединений и болтов.

В рабочих элементах конструкций число заклепок, прикрепляющих элемент в узле или расположенных по одну сторону стыка, должно быть не менее 2.

Толщина склепываемого пакета, как правило, не должна превосходить 5 диаметров заклепок.

При применении заклепок с повышенными головками и коническими стержнями толщина пакета может доходить до 7 диаметров (с производством клепки в два молота или скобой).

Разбивка заклепок и болтов должна производиться согласно нижеприведенной таблице.

Соединительные заклепки и болты должны размещаться, как правило, на максимальных расстояниях.

Разбивка заклепок и болтов.

Наименование	Величина расстояния
Расстояние между центрами заклепок и болтов в любом направлении:	
а) минимальное — для заклепок	3d
" — для болтов	3,5d
б) максимальное в крайних рядах при отсутствии окаймляющих уголков при растяжении и сжатии	8d или 12δ
в) максимальное в средних рядах и в крайних рядах при наличии окаймляющих уголков при растяжении	16d или 24δ
г) максимальное в средних рядах и в крайних рядах при наличии окаймляющих уголков при сжатии	12d или 18δ
Расстояние от центра заклепок или болтов до края элемента:	
а) минимальное вдоль усилия	2d
б) минимальное поперек усилия при обрезных кромках	1,5d
в) минимальное поперек усилия при прокатных кромках	1,2d
г) максимальное	4d или 8δ

d — диаметр отверстия для заклепки или болта;
δ — толщина наиболее тонкого наружного элемента пакета.

Общие конструктивные указания:

Стальные конструкции жилых и гражданских зданий и сооружений должны проектироваться преимущественно сварными.

Монтажные соединения должны проектироваться преимущественно сварными или болтовыми.

Увеличения толщины стали на ржавение не допускается, кроме случаев, оговоренных специальными техническими условиями.

Максимальные расстояния между температурными швами

(когда расчет стальных конструкций на действие температуры не производится)

Тип конструкции	Расстояние в м.
В конструкциях отапливаемых зданий	150 м
В конструкциях неотапливаемых зданий	120 м
В конструкциях открытых эстокад	90 м

Предельные гибкости λ сжатых элементов.

Наименование элементов конструкций	λ_{max}
Пояса, опорные раскосы и стойки ферм, передающие опорные реакции	120
Прочие элементы ферм	150
Основные колонны	120
Второстепенные колонны (фахверк, фонари и т.п.), элементы решетки колонн, связи по колоннам	150
Связи, за исключением связей по колоннам	200

Предельные гибкости λ растянутых элементов.

Наименование элементов конструкций	Максимальная допускаемая гибкость λ_{max}	
	При непосредственном действии динамической нагрузки.	При действии статической нагрузки
Пояса и опорные раскосы ферм	250	400
Прочие элементы ферм	350	400
Нижние пояса подкрановых ферм	150	—
Все элементы, кроме тяжей "	400	400

В сооружениях, не подвергающихся динамическим воздействиям, гибкость растянутых элементов проверяется только в вертикальной плоскости. При проверке гибкости перекрестных растянутых раскосов связей из одиночных уголков радиус инерции принимается относительно оси параллельной полке уголка.

Указания по расчету ферм и связей.

Расчетные длины при определении гибкости элементов ферм с простой решеткой

Направление продольного изгиба	Пояса	Решетка	
		опорные раскосы и опорные стойки	прочие элементы
В плоскости фермы	ℓ	ℓ	$0{,}8\ell$
Из плоскости фермы	ℓ_1	ℓ	ℓ

где: ℓ – геометрическая длина элемента (расстояние между центрами узлов),

ℓ_1 – расстояние между узлами, закрепленными от смещения из плоскости фермы.

В фермах с параллельными поясами и перекрестной решеткой расчетная длина пересекающихся стержней решетки при определении их гибкости в плоскости фермы должна приниматься равной расстоянию от центра узла до точки их пересечения.

Расчетная длина из плоскости фермы стержней перекрестной решетки.

Характеристика узла пересечения стержней решетки	При растяжении в поддерживающем стержне	При неработающем (поддерживающем) стержне	При сжатии в поддерживающем стержне
Оба стержня не прерываются	$0{,}5\ell$	$0{,}7\ell$	ℓ
Поддерживающий стержень прерывается и перекрывается фасонкой	$0{,}7\ell$	ℓ	ℓ

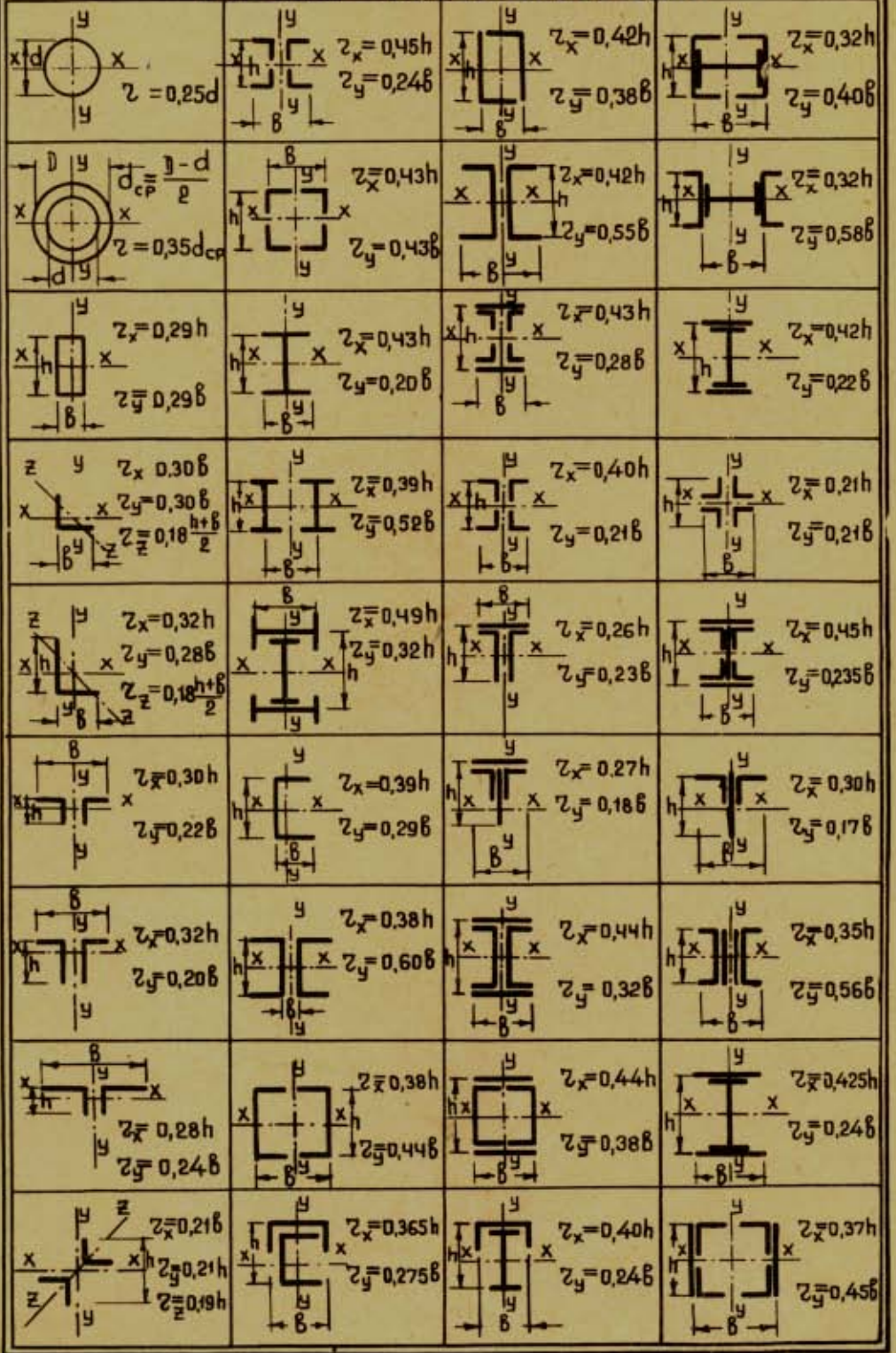
где: ℓ – геометрическая длина стержня.

Стержни, служащие для уменьшения расчетной длины сжатых элементов, рассчитываются на усилие равное условной поперечной силе в основном сжатом стержне (см СК-13).

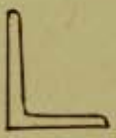
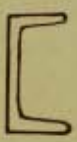
В отношении значении предельной гибкости они приравниваются к связям (см. СК-35).

Наибольшие расстояния между прокладками и шайбами составных элементов ферм и связей (из двух уголков, швеллеров и т.п.):
для сжатых стержней – $40i$; для растянутых стержней – $80i$,
(где: i – радиус инерции L, C относительно оси параллельной плоскости расположения прокладок) В пределах элемента – не мене 2 прокладок.

ПРИБЛИЖЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ РАДИУСОВ ИНЕРЦИИ НЕКОТОРЫХ СЕЧЕНИЙ

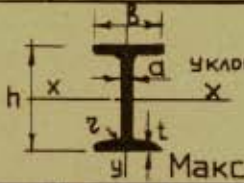


Длина прокатной стали

Наименование профилей	Измерители	Размеры номера профилей, веса сечения	Нормальная длина м	Максимальная поставляемая длина
Сталь угловая равнобокая (по ОСТ 10014-39)	Размеры уголков	с 20×3 до 40×6	4-7	9
		с 45×4 до 80×10	4-12	12
		с 90×8 до 130×16	4-12	19
		с 150×12 до 230×24	6-12	19
Сталь угловая неравнобокая  (по ОСТ 10015-39)	Размеры уголков	с 30×20×3 до 45×30×6	4-7	9
		с 60×40×5 до 90×60×10	4-12	12
		с 100×75×8 до 150×100×16	4-12	19
		с 180×120×12 до 200×150×20	6-12	19
Сталь двутавровая (по ОСТ 10016-39)	Номера профилей	с N 10 до N 18	5-9	19
		с N 20 до N 60	6-13	19
Сталь швеллерная  (по ОСТ 10017-39)	Номера профилей	с N 5 до N 8	5-9	12
		с N 10 до N 18	5-9	19
		с N 20 до N 40	6-13	19

Примечание.

Длина прокатной стали сортаментов по ГОСТ 6239-56, ГОСТ 8240-56, ГОСТ 8509-57, ГОСТ 8510-57, ГОСТ 2591-57, ГОСТ 3680-57, ГОСТ 82-57 и ГОСТ 5681-57 указана на соответствующих им форматках.



Балки двутавровые

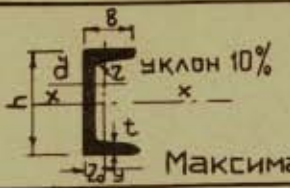
Сортамент

/по ОСТ 10016-39/.

Максимальные и минимальные длины см. СК-38.

NN проф		Вес 1пм в кг	Размеры в мм h	b	d	t	F см²	Ось X X Jx см⁴	Wx см³	rx см	Ось Y Y Jy см⁴	Wy см³	ry см
10		11.2	100	68	4.5	7,6	14.3	245	49	4,14	33	9.72	1,52
12		14.0	120	74	5,0	8,4	17,8	436	72,7	4,95	46,9	12,7	1,62
14		16,9	140	80	5,5	9,1	21,5	712	102	5,76	64,4	16,1	1,73
16		20,5	160	88	6,0	9,9	26,1	1130	141	6,58	93,1	21,2	1,89
18		24,1	180	94	6,5	10,7	30,6	1660	185	7,36	122	26,0	200
20	а	27,9	200	100	7,0	11,4	35,5	2370	237	8,15	158	31,5	2,12
	б	31,1	200	102	9,0	11,4	39,5	2500	250	7,96	169	33,1	2,06
22	а	33,0	220	110	7,5	12,3	42,0	3400	309	8,99	225	40,9	2,31
	б	36,4	220	112	9,5	12,3	46,4	3570	325	8,78	239	42,7	2,27
24	а	37,4	240	116	8,0	13,0	47,7	4570	381	9,77	280	48,4	2,42
	б	41,2	240	118	10,0	13,0	52,6	4800	400	9,57	297	50,4	2,38
27	а	42,8	270	122	8,5	13,7	54,6	6550	485	10,9	345	56,6	2,51
	б	47,1	270	124	10,5	13,7	60,0	6870	509	10,7	366	58,9	2,47
30	а	48,0	300	126	9,0	14,4	61,2	8950	597	12,1	400	63,5	2,55
	б	52,7	300	128	11,0	14,4	67,2	9400	627	11,8	422	65,9	2,50
	в	57,4	300	130	13,0	14,4	73,2	9850	657	11,6	445	68,5	2,46
33	а	53,4	330	130	9,5	15,0	68,1	11900	721	13,2	460	70,7	2,60
	б	58,6	330	132	11,5	15,0	74,7	12500	757	12,9	484	73,4	2,55
	в	63,8	330	134	13,5	15,0	81,3	13100	794	12,7	510	76,1	2,51
36	а	59,9	360	136	10,0	15,8	76,3	15760	875	14,4	552	81,2	2,69
	б	65,6	360	138	12,0	15,8	83,5	16530	919	14,1	582	84,3	2,64
	в	71,2	360	140	14,0	15,8	90,7	173.10	962	13,8	612	87,4	2,60
40	а	67,6	400	142	10,5	16,5	86,1	21720	1090	15,9	660	93,2	2,77
	б	73,8	400	144	12,5	16,5	941	22780	1140	15,6	692	96,2	2,71
	в	80,1	400	146	14,5	16,5	102	23850	1190	15,2	727	99,6	2,65
45	а	80,4	450	150	11,5	18,0	102	32240	1430	17,7	855	114	2,89
	б	87,4	450	152	13,5	18,0	111	33760	1500	17,4	894	118	2,84
	в	94,5	450	154	15,5	18,0	120	35280	1570	17,1	938	122	2,79
50	а	93,6	500	158	12,0	20,0	119	46470	1860	19,7	1120	142	3,07
	б	101	500	160	14,0	20,0	129	48560	1940	19,4	1170	146	3,01
	в	109	600	162	16,0	20,0	139	50640	2080	19,0	1220	151	2,96
55	а	105	550	166	12,5	21,0	134	62870	2290	21,6	1370	164	3,19
	б	114	550	168	14,5	21,0	145	65640	2390	21,2	1420	170	3,14
	в	123	550	170	16,5	21,0	156	68410	2490	20,9	1480	175	3,08
60	а	118	600	176	13,0	22,0	151	83860	2800	23,5	1700	193	3,36
	б	128	600	178	15,0	22,0	163	87460	2920	23,2	1770	199	3,30
	в	137	600	180	17,0	22,0	175	91060	3040	22,8	1840	205	3,24

Номера профилей, очерченные жирной чертой, не прокатываются.



Швеллеры

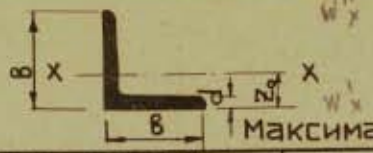
Сортамент

/по ОСТ 10017-39/

Максимальные и минимальные длины см. СК-38

NN проф.		Вес 1 пм в кг	Размеры в мм h	b	d	t	F см²	Z_0	Ось x-x J_x см⁴	W_x см³	i_x см	Ось y-y J_y см⁴	W_y см³	i_y см
5		5,44	50	37	4,5	7,0	6,93	1,35	26,0	10,4	1,94	8,3	3,55	1,10
6,5		6,70	65	40	4,8	7,5	8,54	1,38	55,2	17,0	2,54	12,0	4,59	1,19
8		8,04	80	43	5,0	8,0	10,24	1,43	101,3	25,3	3,15	16,6	5,79	1,27
10		10,00	100	48	5,3	8,5	12,74	1,52	198,3	39,7	3,95	25,6	7,80	1,41
12		12,06	120	53	5,5	9,0	15,36	1,62	346,3	57,7	4,75	37,4	10,17	1,56
14	а	14,53	140	58	6,0	9,5	18,51	1,71	563,7	80,5	5,52	53,2	13,01	1,70
	б	16,73	140	60	8,0	9,5	21,31	1,67	609,4	87,1	5,35	61,1	14,12	1,69
16	а	17,23	160	63	6,5	10,0	21,95	1,80	866,2	108,3	6,28	73,3	16,30	1,83
	б	19,74	160	65	8,5	10,0	25,15	1,75	934,5	116,8	6,10	83,4	17,55	1,82
18	а	20,17	180	68	7,0	10,5	25,69	1,88	1272,7	141,4	7,04	98,6	20,03	1,96
	б	22,99	180	70	9,0	10,5	29,29	1,84	1369,9	152,2	6,84	111,0	21,52	1,95
20	а	22,63	200	73	7,0	11,0	28,83	2,01	1780,4	178,0	7,86	128,0	24,20	2,11
	б	25,77	200	75	9,0	11,0	32,83	1,95	1913,7	191,4	7,64	143,6	25,88	2,09
22	а	24,99	220	77	7,0	11,5	31,84	2,10	2393,9	217,6	8,67	157,8	28,17	2,23
	б	28,45	220	79	9,0	11,5	36,24	2,03	2571,4	233,8	8,42	176,4	30,05	2,21
24	а	26,55	240	78	7,0	12,0	34,21	2,10	3052,2	254,3	9,45	173,8	30,47	2,25
	б	30,62	240	80	9,0	12,0	39,00	2,03	3282,6	273,5	9,17	194,1	32,51	2,23
	в	34,39	240	82	11,0	12,0	43,81	2,00	3513,0	292,7	8,96	213,4	34,42	2,21
27	а	30,83	270	82	7,5	12,5	39,27	2,13	4362,0	323,1	10,54	215,6	35,52	2,34
	б	35,07	270	84	9,5	12,5	44,67	2,06	4690,1	347,4	10,25	239,2	37,72	2,31
	в	39,30	270	86	11,5	12,5	50,07	2,03	5018,1	371,7	10,10	261,4	39,79	2,28
30	а	34,45	300	85	7,5	13,5	43,89	2,17	6047,9	403,2	11,72	259,5	41,10	2,43
	б	39,16	300	87	9,5	13,5	49,59	2,13	6497,9	433,2	11,41	289,2	44,03	2,41
	в	43,81	300	89	11,5	13,5	55,89	2,09	6947,9	463,2	11,15	315,8	46,38	2,38
33	а	38,70	330	88	8,0	14,0	49,50	2,21	8076,8	489,5	12,80	307,5	46,65	2,50
	б	43,88	330	90	10,0	14,0	55,90	2,14	8675,7	525,8	12,46	338,4	49,32	2,46
	в	49,06	330	92	12,0	14,0	62,50	2,10	9274,7	562,1	12,18	367,9	51,81	2,43
36	а	47,80	360	96	9,0	16,0	60,89	2,44	11874,2	659,7	13,97	455,0	63,34	2,73
	б	53,45	360	98	11,0	16,0	68,09	2,37	12651,8	702,9	13,63	496,7	66,85	2,70
	в	59,10	360	100	13,0	16,0	75,29	2,34	13429,4	746,1	13,36	536,4	70,02	2,67
40	а	58,91	400	100	10,5	18,0	75,05	2,49	17577,9	878,9	15,38	592	78,83	2,81
	б	65,19	400	102	12,5	18,0	83,05	2,44	18644,5	932,9	14,96	640	82,52	2,78
	в	71,47	400	104	14,5	18,0	91,05	2,42	19711,2	995,6	14,71	687,8	86,19	2,75

Номера профилей, очерченные жирной чертой, не прокатываются.

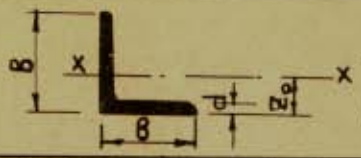


Равнобокие уголки
/по ОСТ 10014-39/

Максимальные и минимальные длины см. СК-38

Размеры в мм		Вес 1 п.м в кг	F см²	Ось X-X				Z_o см
b	d			J_x см⁴	W'_x см³	W''_x см³	r_x см	
20	3	0,89	1,13	0,40	0,67	0,29	0,60	0,60
	4	1,15	1,46	0,49	0,77	0,36	0,58	0,64
25	3	1,12	1,43	0,80	1,00	0,45	0,75	0,73
	4	1,46	1,86	1,02	1,33	0,59	0,74	0,77
30	4	1,78	2,27	1,82	2,05	0,86	0,90	0,89
	5	2,18	2,78	2,20	2,37	1,06	0,89	0,93
35	4	2,10	2,67	3,02	2,99	1,21	1,06	1,01
	5	2,57	3,28	3,61	3,44	1,47	1,05	1,05
40	4	2,42	3,08	4,60	4,07	1,60	1,22	1,13
	5	2,97	3,79	5,54	4,74	1,96	1,21	1,17
	6	3,52	4,48	6,41	5,30	2,30	1,20	1,21
45	4	2,73	3,48	6,60	5,24	2,04	1,38	1,26
	5	3,37	4,29	8,00	6,15	2,50	1,37	1,30
	6	3,99	5,08	9,29	6,93	2,94	1,35	1,34
50	5	3,77	4,80	11,2	7,89	3,14	1,53	1,42
	6	4,47	5,69	13,1	8,97	3,70	1,52	1,46
60	5	4,57	5,82	19,9	11,99	4,59	1,85	1,66
	6	5,42	6,91	23,3	13,71	5,42	1,84	1,70
	7	6,26	7,97	26,4	15,17	6,20	1,82	1,74
	8	7,09	9,03	29,6	16,63	7,01	1,81	1,78
65	6	5,93	7,55	29,8	16,37	6,37	1,98	1,82
	7	6,84	8,71	33,9	18,23	7,31	1,97	1,86
	8	7,75	9,87	38,1	20,05	8,28	1,96	1,90
	9	8,63	11,0	41,7	21,50	9,15	1,95	1,94
	10	9,51	12,1	45,4	22,93	10,00	1,94	1,98
75	6	6,89	8,78	46,7	22,67	8,59	2,31	2,06
	7	7,96	10,1	53,4	25,43	9,89	2,29	2,10
	8	9,03	11,5	60,1	28,08	11,21	2,28	2,14
	9	10,0	12,8	66,1	30,32	12,43	2,27	2,18
	10	11,1	14,1	72,2	32,52	13,67	2,26	2,22
	11	12,1	15,4	77,7	34,38	14,83	2,25	2,26
	12	13,1	16,7	83,3	36,22	16,02	2,24	2,30

Номера профилей, очерченные жирной чертой, не прокатываются.



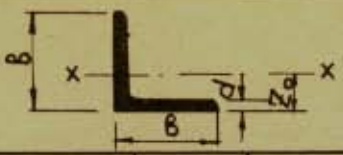
Равнобокие уголки

/ по ОСТ 10014-39 /

/ Продолжение /

Размеры в мм		Вес 1 п.м в кг	F см²	Ось X X				Z_0 см
b	d			J_x см⁴	W_x' см³	W_x'' см³	r_x см	
80	6	7,36	9,38	57.0	26.0	9,8	2.47	2.19
	7	8,51	10,8	65,1	29.2	11.3	2.45	2.23
	8	9,66	12,3	73.3	32.3	12.8	2.44	2.27
	9	10,7	13,7	80,8	35.0	14.2	2.43	2.31
	10	11,9	15,1	88.4	37.6	15.7	2.42	2.35
90	8	11.0	14.0	106	42.2	16,3	2.76	2,51
	9	12,2	15,6	117	45,9	18,1	2.75	2,55
	10	13,5	17.2	128	49,4	20.0	2.74	2,59
	11	14.8	18,8	138	52.5	21.7	2.72	2.63
	12	16,0	20,4	149	55,8	23,5	2.71	2.67
	13	17.2	21.9	159	58,9	25,2	2.70	2.70
	14	18,4	23.4	169	61.7	27.0	2.69	2.74
100	8	12,3	15,6	147	53.5	20,3	3.07	2.75
	9	13,7	17.4	163	58,4	22,5	3.06	2.79
	10	15,1	19.2	179	63,3	25.0	3.05	2.83
	11	16,5	21.0	194	67,6	27,2	3.04	2,87
	12	17.9	22,8	209	71,8	29.5	3.03	2,91
	13	19,2	24,5	223	75,6	31,6	3,02	2,95
	14	20.6	26,3	237	79,3	33,8	3.01	2.99
	15	22.0	28,0	251	82,8	36.0	3.00	3,03
	16	23,3	29,7	265	86,6	38,2	2,99	3.06
120	10	18,3	23,3	316	94,9	36,4	3.68	3,33
	11	20,0	25,4	343	101,8	39,7	3,67	3,37
	12	21.7	27.6	371	108,8	43,2	3,66	3,41
	13	23.4	29,8	397	115,0	46,4	3,65	3,45
	14	25.1	31.9	423	121.2	49,7	3.64	3,49
	15	26,7	34.0	448	126,9	52,9	3,63	3,53
	16	28,4	36,1	274	133,1	.56,2	3,62	3,56
	17	30.0	38,2	497	138,1	59.2	3.61	3,60
	18	31,6	40,3	520	142,9	62,2	3,60	3,64
130	10	19.8	25,3	406	113,4	43,1	4,01	3,58
	11	21.7	27,7	441	121,8	47,0	4.00	3,62
	12	23,6	30,0	477	130,3	51,1	3,99	3,66
	13	25,4	32,4	511	138,1	54,9	3,97	3,70
	14	27,3	34.7	545	145,7	58,9	3,96	3,74
	15	29,1	37,0	576	152,4	62,5	3,94	3,78
	16	30,9	39,3	608	159,2	66,2	3,93	3,82

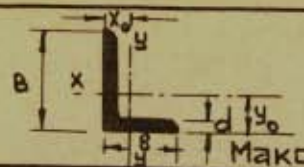
Номера профилей, очерченные жирной чертой, не прокатываются.



Равнобокие уголки
/по ОСТ 10014-39/
Продолжение

Размеры в мм		Вес 1 п.м в кг	F см²	Ось x–x				Z_0 см
b	d			J_x см⁴	W_x^I см³	W_x^{II} см³	r_x см	
150	12	27.4	34,9	745	180	68,7	4,62	4,15
	13	29,6	37,7	801	191	74,1	4,61	4,19
	14	31,7	40,4	857	203	79,5	4,60	4,22
	15	33,8	43,1	909	213	84,6	4,59	4,26
	16	36,0	45,8	961	223	89,8	4,58	4,30
	17	38,1	48,5	1010	233	94,7	4,57	4,34
	18	40,1	51,1	1060	242	99,8	4,56	4,38
	19	42,2	53,7	1107	250	104,3	4,54	4,42
	20	44,3	56,4	1154	259	109,5	4,52	4,46
180	14	38,3	48,8	1515	305	116,3	5,57	4,97
	15	40,9	52,1	1609	321	123,9	5,56	5,01
	16	43,5	55,4	1704	337	131,6	5,55	5,05
	17	46,0	58,7	1794	353	139,0	5,53	5,09
	18	48,6	61,9	1885	367	146,5	5,52	5,13
200	16	48,7	62,0	2355	424	163	6,17	5,55
	17	51,5	65,6	2487	446	173	6,16	5,58
	18	54,4	69,3	2619	466	182	6,15	5,62
	19	57,2	72,9	2743	485	191	6,14	5,66
	20	60,1	76,5	2868	503	201	6,13	5,70
	22	65,7	83,7	3108	539	218	6,10	5,77
	24	71,3	90,8	3349	573	237	6,07	5,85
	27	79,8	101,2	3674	619	261	6,01	5,94
	30	88,3	111,5	3999	663	286	5,96	5,03
220	16	53,7	68,4	3168	525	199	6,80	6,04
	18	60,0	76,4	3513	574	221	6,77	6,12
	20	66,4	84,5	3859	622	244	6,75	6,20
	22	72,6	92,4	4186	668	266	6,73	6,27
	24	78,8	100,4	4514	711	288	6,71	6,35
	26	84,9	108,2	4824	751	310	6,68	6,42
	28	91,0	115,9	5135	790	331	6,66	6,50
230	24	82,6	105,3	5207	790	317	7,03	6,59

Номера профилей, очерченные жирной чертой, не прокатываются.



Неравнобокие уголки

по ОСТ 10015-39

Максимальные и минимальные длины см СК-38

Размеры уголка в мм			Вес 1 м в кг	Площ. сечения в см²	Расстоян. центра тяж.		Ось X X				Ось Y-Y	
B	B	d			X_0 см	Y_0 см	J_x см⁴	W_x' см³	W_x'' см³	r_x см	J_y см⁴	r_y см
30	20	3	1,12	1.43	0,51	1,00	127	1,27	0,63	0,94	0,45	0,56
		4	1,46	1,86	0,55	1.04	1,61	1.55	0,82	0,93	0,56	0,55
35	20	4	1,62	2,06	0.51	1,25	2,48	1,98	1.10	1.10	0,53	0.53
		5	1,98	2,52	0.55	1,29	2,98	2,31	1.35	1.09	0.70	0.53
45	30	4	2,26	2.88	0.72	1.48	5.81	3,92	1.92	1.42	2.06	0.84
		6	3.28	4,18	0,82	1.56	8,15	5,22	2,77	1,40	2.85	0.83
60	40	5	3,79	4,83	0,97	1,95	17,4	8,92	4,30	1,90	6.19	1,13
		6	4,49	5,72	1.01	2.00	20,3	10,15	5,07	1,88	7.20	1,12
		8	5,84	7,44	1.09	2.08	25,8	12,40	6,58	1,86	9.04	1.10
75	50	5	4,80	6.11	1.17	2,39	34,9	14.60	6,83	2,39	12,5	1,43
		6	5,69	7.25	1,21	2.44	41.0	16,80	8,10	2,37	14,6	1.42
		8	7,43	9.47	1.29	2,52	52.4	20,79	10,58	2,35	18,6	1.40
		10	9,11	11.60	1.36	2,60	63.0	24.23	12,86	2,33	22,1	1.38
80	55	6	6,16	7.85	1.33	2.56	50,6	19,77	9,30	2,53	19,6	1.58
		8	8,06	10.30	1.41	2.64	64,9	24,58	12,11	2,51	24,9	1.56
		10	9,90	12,60	1.48	2.72	78,2	28,75	14,81	2,49	29,8	1.54
90	60	6	6,90	8,78	1,41	2,82	72,4	25,14	11,83	2,87	26,0	1.72
		8	9,08	11.50	1,49	2.96	93,2	31.48	15,43	2,85	32.2	1.70
		10	11,10	14,10	1.56	3,05	113,0	37.05	18,99	2,82	39,8	1.68
100	75	8	10,6	13,5	1,88	3,11	135	43.4	19,6	3,16	65,0	2,19
		10	13,1	16,7	1,96	3,20	163	50,9	24,0	3,13	78,5	2,17
		12	15,5	19,7	2,04	3,87	190	58,1	28,2	3,11	91,1	2,15
120	80	8	12,2	15,6	1,88	3,85	229	59,5	28,1	3,88	82,3	2,30
		10	15,1	19,2	1,96	393	279	71.0	34,6	3,81	99,6	2,27
		12	17,9	22,8	2,04	4,01	326	81,3	40,8	3,79	116	2,25
130	90	8	13,5	17,2	2,11	4,08	297	72,8	33,3	4,15	118	2,62
		10	16,7	21,3	2,19	4,16	362	87,0	40,9	4,12	143	2,59
		12	19,8	25,2	2,27	4,25	424	99,8	48,5	4,10	167	2,57
		14	22,8	29,1	2,35	4,33	484	111,8	55,8	4,08	189	2,56
150	100	10	19,1	24,3	2,35	4.81	557	115,8	54.7	4,78	201	2,87
		12	22,6	28,8	2,43	4,90	655	133,7	64,8	4,76	235	2,85
		14	26,2	33,3	2,51	4,98	749	150,4	74,8	4,73	267	2,83
		16	29,6	37.7	2,59	5,06	839	165,8	84,4	4,71	297	2,81
180	120	12	27,4	34,9	2,82	5,79	1156	199,6	94.7	5,75	417	346
		14	31.7	40,4	2,90	5,87	1326	225,9	109,3	5,73	476	3,44
		16	35,9	45,8	2,98	5,95	1490	250,4	123,6	5,71	532	3,41
200	120	12	29,2	37,3	2,68	6,64	1546	232,8	115,7	6,45	428	3,39
		14	33,9	43,2	2,76	6,72	1776	264,3	133,7	6,42	489	3,36
		16	38,4	49,0	2,84	6,80	1997	293,7	151,3	6,38	547	3,34
200	150	12	32,2	41.0	3,62	6,08	1666	274,0	110,7	6,37	810	4,44
		16	42,3	53,9	3,78	6,27	2155	348,7	156,9	6,32	1043	4.40
		18	47,3	60,3	3,85	633	2388	377,3	174.7	6,30	453	4,38
		20	52,2	66,5	3,93	6,41	2614	407.8	192,3	6,27	1258	4.35

Номера профилей, очерченные жирной чертой, не прокатываются.

Параметры сечений из уголков

Равнобокие уголки /по ОСТ 10014-39/

Профиль	F	z	F	z_x	z_y
20 – 3	1.13	0.39	2.26	0.60	1.25
4	1.46	0.38	2.92	0.58	1.28
25 – 3	1.43	0.47	2.86	0.75	1.44
4	1.86	0.47	3.72	0.74	1.47
30 – 4	2.27	0.58	4.54	0.90	1.65
5	2.78	0.58	5.56	0.89	1.68
35 – 4	2.67	0.69	5.34	4.06	1.85
5	3.28	0.68	6.56	1.05	1.87
40 – 4	3.08	0.79	6.16	1.22	2.04
5	3.79	0.78	7.58	1.21	2.07
6	4.48	0.78	8.96	1.20	2.09
45 – 4	3.48	0.88	6.96	1.38	2.24
5	2.29	0.87	8.58	1.37	2.25
6	5.08	0.86	10.16	1.35	2.28
50 – 5	4.80	0.98	9.6	1.53	2.45
6	5.69	0.97	11.4	1.52	2.48
60 – 5	5.82	1.19	11.6	1.85	2.85
6	6.91	1.19	13.8	1.84	2.87
7	7.97	1.18	15.94	1.82	2.88
8	9.03	1.17	18.1	1.81	2.91
65 – 6	7.55	1.28	15.1	1.98	3.06
7	8.71	1.28	17.42	1.97	3.08
8	9.87	1.27	19.7	1.96	3.10
9	11.0	1.26	22.0	1.95	3.13
10	12.1	1.25	24.2	1.94	3.15
75 – 6	8.78	1.51	17.6	2.31	3.44
7	10.1	1.49	20.2	2.29	3.48
8	11.5	1.48	23.0	2.28	3.49
9	12.8	1.48	25.6	2.27	3.52
10	14.1	1.47	28.2	2.26	3.54
11	15.4	1.46	30.8	2.25	3.56
12	16.7	1.45	33.4	2.24	3.61
80 – 6	9.38	1.58	18.76	2.47	3.64
7	10.8	1.58	21.6	2.45	3.67
8	12.3	1.57	24.6	2.44	3.69
9	13.7	1.57	27.4	2.43	3.72
10	15.1	1.56	30.2	2.42	3.73
90 – 8	14.0	1.77	28.0	2.76	4.08
9	15.6	1.77	31.2	2.75	4.10
10	17.2	1.76	34.4	2.74	4.11
11	18.8	1.76	37.6	2.72	4.14
12	20.4	1.75	40.8	2.71	4.16
13	21.9	1.75	43.8	2.70	4.19
14	23.4	1.75	46.8	2.69	4.21
100 – 8	15.6	1.98	31.2	3.07	4.47
9	17.4	1.98	34.8	3.06	4.49
10	19.2	1.97	38.4	3.05	4.51
11	21.0	1.97	42.0	3.04	4.54
12	22.8	1.96	45.6	3.03	4.56
13	24.5	1.96	49.0	3.02	4.58
14	26.3	1.95	53.6	3.01	4.60
15	28.0	1.95	56.0	3.00	4.63
16	29.7	1.95	59.4	2.99	4.65

Профиль	F	z	F	z_x	z_y
120 – 10	23.3	2.36	46.6	3.68	5.31
11	25.4	2.36	50.8	3.67	5.34
12	27.6	2.35	55.2	3.66	5.36
13	29.8	2.35	59.6	3.65	5.39
14	31.9	2.34	63.8	3.64	5.41
15	34.0	2.34	68.0	3.63	5.43
16	36.1	2.34	72.2	3.62	5.45
17	38.2	2.33	76.4	3.61	5.48
18	40.3	2.33	80.6	3.60	5.50
130 – 10	25.3	2.56	50.6	4.01	5.70
11	27.7	2.56	5.54	4.00	5.73
12	30.0	2.55	60.0	3.99	5.76
13	32.4	2.55	64.8	3.97	5.78
14	34.7	2.54	69.4	3.96	5.81
15	37.0	2.53	74.0	3.94	5.83
16	39.3	2.52	78.6	3.93	5.84
150 – 12	34.9	2.98	69.8	4.62	6.55
13	37.7	2.98	75.4	4.61	6.57
14	40.4	2.97	80.8	4.60	6.60
15	43.1	2.96	86.2	4.59	6.62
16	45.8	2.95	91.6	4.58	6.64
17	48.5	2.95	97.0	4.57	6.66
18	51.5	2.94	102.2	4.56	6.67
19	53.7	2.93	107.4	4.54	6.69
20	56.4	2.91	112.8	4.52	6.70
180 – 14	48.8	3.58	97.6	5.57	7.80
15	52.1	3.57	104.2	5.56	7.83
16	55.4	3.56	110.8	5.55	7.85
17	58.7	3.55	117.4	5.53	7.87
18	61.9	3.54	123.8	5.52	7.89
200 – 16	62.0	3.93	123.4	6.17	8.64
17	65.6	3.93	131.2	6.16	8.66
18	69.3	3.93	138.5	6.15	8.68
19	72.9	3.92	145.8	6.14	8.70
20	76.5	3.92	153.0	6.13	8.72
22	83.7	3.91	167.4	6.10	8.75
24	90.8	3.90	181.6	6.07	8.79
27	101.2	3.88	202.4	6.01	8.83
30	111.5	3.87	223.0	5.96	8.85
220 – 16	68.4	4.37	136.8	6.80	9.47
18	76.4	4.35	152.8	6.77	9.50
20	84.5	4.34	169.0	6.75	9.53
22	92.4	4.33	184.8	6.73	9.57
24	100.4	4.32	200.8	6.71	9.60
26	108.2	4.31	216.4	6.68	9.63
28	115.9	4.30	231.8	6.66	9.66
230 – 24	105.3	4.51	210.6	7.03	9.95

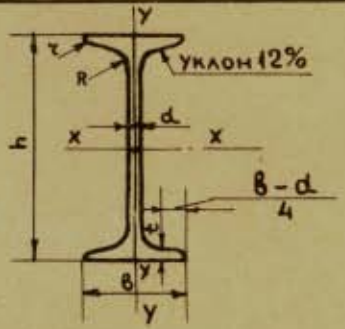
Зазор между уголками принят равным 10 мм.

Параметры сечений из уголков

Неравнобокие уголки /по ГОСТ 10015-39/

Профиль							
	F	z	z_{x1}	z_y	F	z_{x2}	z_{y2}
30-20-3	1,43	0,43	0,56	1,77	2,86	0,94	1,15
4	1,86	0,43	0,55	1,80	3,72	0,93	1,18
35-20-4	2,06	0,42	0,53	1,86	4,12	1,10	1,13
5	2,52	0,42	0,53	2,20	5,04	1,09	1,17
45-30-4	2,88	0,65	0,84	2,44	5,76	1,42	1,50
6	4,18	0,64	0,83	2,49	8,36	1,40	1,56
60-40-5	4,83	0,87	1,13	3,10	9,66	1,90	1,85
6	5,72	0,86	1,12	3,13	11,44	1,88	1,88
8	7,44	0,85	1,10	3,18	14,88	1,86	1,95
75-50-5	6,11	1,09	1,43	3,74	12,2	2,39	2,19
6	7,25	1,08	1,42	3,78	14,5	2,37	2,22
8	9,47	1,07	1,40	3,83	19,9	2,35	2,27
10	11,60	1,07	1,38	3,88	23,2	2,33	2,32
80-55-6	7,85	1,19	1,58	3,98	15,7	2,53	2,42
8	10,30	1,19	1,56	4,02	20,6	2,51	2,46
10	12,60	1,18	1,54	4,07	25,2	2,49	2,50
90-60-6	8,78	1,30	1,72	4,43	17,6	2,87	2,58
8	11,50	1,29	1,70	4,48	23,0	2,85	2,62
10	14,10	1,29	1,68	4,53	28,2	2,82	2,66
100-75-8	13,5	1,62	2,19	4,80	27,0	3,16	3,24
10	16,7	1,60	2,17	4,84	33,4	3,13	3,28
12	19,7	1,59	2,15	4,88	39,4	3,11	3,33
120-80-8	15,6	1,75	2,30	5,79	31,2	3,83	3,30
10	19,2	1,73	2,27	5,85	38,4	3,81	3,35
12	22,8	1,71	2,25	5,87	45,6	3,79	3,40
130-90-8	17,2	1,97	2,62	6,20	34,4	4,15	3,70
10	21,3	1,95	2,59	6,22	42,6	4,12	3,74
12	25,2	1,94	2,57	6,28	50,4	4,10	3,78
14	29,1	1,93	2,55	6,33	58,2	4,08	3,82
150-100-10	24,3	2,18	2,87	7,16	48,6	4,78	4,05
12	28,8	2,18	2,85	7,21	57,6	4,76	4,09
14	33,3	2,16	2,83	7,25	66,6	4,73	4,13
16	37,7	2,15	2,81	7,29	75,4	4,71	4,17
180-120-12	34,8	2,62	3,46	8,53	69,8	5,75	4,79
14	40,4	2,62	3,44	8,57	80,8	5,73	4,84
16	45,8	2,60	3,41	8,63	91,6	5,71	4,86
200-120-12	37,3	2,64	3,39	9,61	74,6	6,45	4,64
14	43,2	2,61	3,36	9,65	86,4	6,42	4,68
16	49,0	2,60	3,34	9,70	98,0	6,88	4,73
200-150-12	41,0	3,26	4,44	9,16	82,0	6,37	6,14
16	53,9	3,23	4,40	9,25	107,8	6,32	6,15
18	60,3	3,21	4,86	9,29	120,6	6,30	6,17
20	66,5	3,21	4,35	9,35	138,0	6,27	6,20

Зазор между уголками принят равным 10 мм.



Сталь прокатная

БАЛКИ ДВУТАВРОВЫЕ

Сортамент по ГОСТ 8239-56

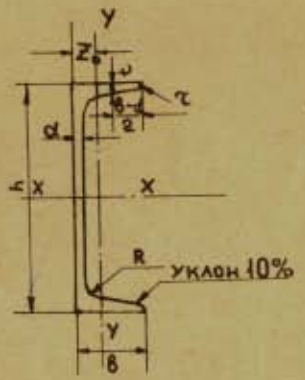
Максимальные и минимальные длины.

Балки №№ 10-18 вкл длиной от 5 до 13 м
" №№ 20-70 " " от 6 до 19 м

№ № профилей	Вес 1 п м	Размеры			Площадь сечения	Справочные величины для осей						
		h	в	d		x - x				y - y		
						J_x	W_x	r_x	S_x	J_y	W_y	r_y
	кг	мм			$см^2$	$см^4$	$см^3$	см	$см^3$	$см^4$	$см^3$	см
10	11,1	100	70	4,5	14,2	244	48,8	4,15	28,0	35,3	10,1	1,58
12	13,0	120	75	5,0	16,5	403	67,2	4,94	38,5	43,8	11,7	1,63
14	14,8	140	82	5,0	18,9	632	90,3	5,78	51,5	58,2	14,2	1,75
16	16,9	160	90	5,0	21,5	945	118	6,63	67,0	77,6	17,2	1,90
18	18,7	180	95	5,0	23,8	1330	148	7,47	83,7	94,6	19,9	1,99
~~18а~~	19,9	180	102	5,0	25,4	1440	160	7,53	90,1	119	23,3	2,17
20	20,7	200	100	5,2	26,4	1810	181	8,27	102	112	22,4	2,06
~~20а~~	22,2	200	110	5,2	28,3	1970	197	8,36	111	148	27,0	2,29
22	23,7	220	110	5,3	30,2	2530	230	9,14	130	155	28,2	2,26
~~22а~~	25,4	220	120	5,3	32,4	2760	251	9,23	141	203	33,8	2,50
24	27,3	240	115	5,6	34,8	3460	289	9,97	163	198	34,5	2,37
~~24а~~	29,4	240	125	5,6	37,5	3800	317	10,1	178	260	41,6	2,63

Продолжение

№№ профилей	Вес 1 п.м кг	Размеры h мм	Размеры b мм	Размеры d мм	Площадь сечения см²	Справочные величины для осей X – X J_x см⁴	W_x см³	r_x см	S_x см³	Y – Y J_y см⁴	W_y см³	r_y см
27	31,5	270	125	6,0	40,2	5010	371	11,2	210	260	41,5	2,54
~~27а~~	33,9	270	135	6,0	43,2	5500	407	11,3	229	337	50,0	2,80
30	36,5	300	135	6,5	46,5	7080	472	12,3	268	337	49,9	2,69
~~30а~~	39,2	300	145	6,5	49,9	7780	518	12,5	292	436	60,1	2,95
~~33~~	42,2	330	140	7,0	53,8	9840	597	13,5	339	419	59,9	2,79
36	48,6	360	145	7,5	61,9	13380	743	14,7	423	516	71,1	2,89
40	56,1	400	155	8,0	71,4	18930	947	16,3	540	666	85,9	3,05
45	65,2	450	160	8,6	83,0	27450	1220	18,2	699	807	101	3,12
~~50~~	76,1	500	170	9,3	96,9	39120	1560	20,1	899	1040	122	3,28
55	88,6	550	180	10,0	113	54810	1990	22,0	1150	1350	150	3,46
60	103	600	190	10,8	131	75010	2500	23,9	1440	1720	181	3,62
~~65~~	119	650	200	11,7	151	100840	3100	25,8	1790	2170	217	3,79
~~70~~	137	700	210	12,7	174	133890	3830	27,7	2220	2730	260	3,96
70а	158	700	210	15,0	202	152700	4360	27,5	2550	3240	309	4,01
70б	184	700	210	17,5	234	175370	5010	27,4	2940	3910	373	4,09



Сталь прокатная

ШВЕЛЛЕРЫ А

Сортамент по ГОСТ 8240-56

Максимальные и минимальные длины

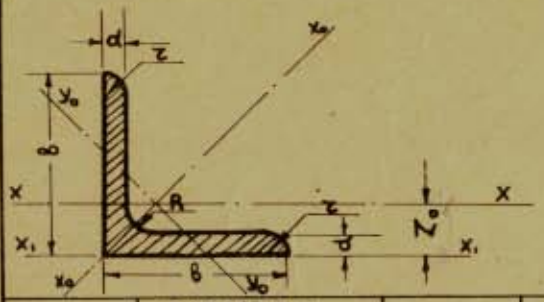
Швеллеры	N 5-8	вкл.	длиной	от 5 до 12 м
??	N 10-18	??	??	от 5 до 19 м
??	N 20-40	??	??	от 6 до 19 м

№№ профилей	Вес 1 п м кг	Размеры h мм	Размеры b мм	Размеры d мм	Площадь сечения см²	Справочные величины для осей X-X J_x см⁴	W_x см³	r_x см	S_x см³	Y-Y J_y см⁴	W_y см³	r_y см	z_0 см
5	5,42	50	37	4,5	6,90	26,1	10,4	1,94	6,36	8,41	3,59	1,10	1,36
6,5	6,50	65	40	4,5	8,28	54,5	16,8	2,57	10,0	11,9	4,58	1,20	1,40
8	7,78	80	45	4,8	9,91	99,9	25,0	3,17	14,8	17,8	5,89	1,34	1,48
10	9,20	100	50	4,8	11,7	187	37,3	3,99	21,9	25,6	7,42	1,48	1,55
12	10,8	120	54	5,0	13,7	313	52,2	4,78	30,5	34,4	9,01	1,58	1,59
14	12,3	140	58	5,0	15,7	489	69,8	5,59	40,7	45,1	10,9	1,70	1,66
~~14а~~	13,2	140	62	5,0	16,9	538	76,8	5,65	44,6	56,6	13,0	1,83	1,84
16	14,1	160	64	5,0	18,0	741	92,6	6,42	53,7	62,6	13,6	1,87	1,79
~~16а~~	15,1	160	68	5,0	19,3	811	101	6,48	58,5	77,3	16,0	2,00	1,98
18	16,1	180	70	5,0	20,5	1080	120	7,26	69,4	85,6	16,9	2,04	1,95
~~18а~~	17,2	180	74	5,0	21,9	1180	131	7,33	75,2	104	18,7	2,18	2,13
20	18,4	200	76	5,2	23,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07

СК-49

Продолжение

№ № профилей	Вес 1 п м кг	Размеры h мм	Размеры b мм	Размеры d мм	Площадь сечения см²	Справочные величины для осей X-X J_x см⁴	W_x см³	r_x см	S_x см³	Y-Y J_y см⁴	W_y см³	r_x см	Z_o см
~~20а~~	19,6	200	80	5,2	25,0	1660	166	8,15	95,2	137	24,0	2,34	2,27
22	20,9	220	82	5,3	26,7	2120	193	8,91	111	151	25,4	2,38	2,24
~~22а~~	22,5	220	87	5,3	28,6	2320	211	9,01	121	186	29,9	2,55	2,47
24	24,0	240	90	5,6	30,6	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
~~24а~~	25,8	240	95	5,6	32,9	3180	265	9,84	151	254	37,2	2,78	2,67
27	27,7	270	95	6,0	35,2	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	31,8	300	100	6,5	40,5	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
~~33~~	36,5	330	105	7,0	46,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
~~36~~	41,9	360	110	7,5	53,4	10820	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40	48,3	400	115	8,0	61,5	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75



Сталь прокатная угловая равнобокая

Сортамент (по ГОСТ 8509-57)

Максимальные и минимальные длины.

Для №	2–4	от 4	до 9 м
" "	4,5–8	" 4	" 12 "
" "	9–14	" 4	" 19 "
" "	16 и более	" 6	" 19 "

№ № профилей	Размеры		Площадь профиля	Вес 1 п м	Справочные величины для осей							
					X – X		$X_0 - X_0$		$Y_0 - Y_0$		$X_1 - X_1$	Z_0
	b	d			J_x	r_x	J_{x_0} макс.	r_{x_0} макс.	J_{y_0} мин.	r_{y_0} мин.	J_{x_1}	
	мм		$см^2$	кг	$см^4$	см	$см^4$	см	$см^4$	см	$см^4$	см
2	20	3	1,13	0,89	0,40	0,59	0,63	0,75	0,17	0,39	0,81	0,60
		4	1,46	1,15	0,50	0,58	0,78	0,73	0,22	0,38	1,09	0,64
2,5	25	3	1,43	1,12	0,81	0,75	1,29	0,95	0,34	0,49	1,57	0,73
		4	1,86	1,46	1,03	0,74	1,62	0,93	0,44	0,48	2,11	0,76
~~2,8~~	28	3	1,62	1,27	1,16	0,85	1,84	1,07	0,48	0,55	2,20	0,80
3,2	32	~~3~~	1,86	1,46	1,77	0,97	2,80	1,23	0,74	0,63	3,26	0,89
		4	2,43	1,91	2,26	0,96	3,58	1,21	0,94	0,62	4,39	0,94
3,6	36	~~3~~	2,10	1,65	2,56	1,10	4,06	1,39	1,06	0,71	4,64	0,99
		4	2,75	2,16	3,29	1,09	5,21	1,38	1,36	0,70	6,24	1,04
4	40	~~3~~	2,35	1,85	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	6,35	1,09
		4	3,08	2,42	4,58	1,22	7,26	1,53	1,90	0,78	8,53	1,13
4,5	45	~~3~~	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	9,04	1,21
		4	3,48	2,73	6,63	1,38	10,50	1,74	2,74	0,89	12,1	1,26
		5	4,29	3,37	8,03	1,37	12,70	1,72	3,33	0,88	15,3	1,30
5	50	~~3~~	2,96	2,32	7,11	1,55	11,30	1,95	2,95	1,00	12,4	1,33
		~~4~~	3,89	3,05	9,21	1,54	14,60	1,94	3,80	0,99	16,6	1,38
		5	4,80	3,77	11,20	1,53	17,80	1,92	4,63	0,98	20,9	1,42

Продолжение

№ № профилей	Размеры b, мм	Размеры d, мм	Площадь профиля, см²	Вес 1 п м, кг	Справочные величины для осей X – X: J_x, см⁴	X – X: r_x, см	$X_0 - X_0$: J_{x_0} макс., см⁴	$X_0 - X_0$: r_{x_0} макс, см	$Y_0 - Y_0$: J_{y_0} мин, см⁴	$Y_0 - Y_0$: r_{y_0} мин, см	$X_1 - X_1$: J_{x_1}, см⁴	Z_0, см
5,6	56	~~3,5~~	3,86	3,03	11,6	1,73	18,4	2,18	4,80	1,12	20,3	1,50
		~~4~~	4,38	3,44	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	23,3	1,52
		5	5,41	4,25	16,0	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	29,2	1,57
6,3	63	~~4~~	4,96	3,90	18,9	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	33,1	1,69
		5	6,13	4,81	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	41,5	1,74
		6	7,28	5,72	27,1	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	50,0	1,78
7	70	~~4,5~~	6,20	4,87	29,0	2,16	46,0	2,72	12,0	1,39	51,0	1,88
		~~5~~	6,86	5,38	31,9	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	56,7	1,90
		6	8,15	6,39	37,6	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	68,4	1,94
		7	9,42	7,39	43,0	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	80,1	1,99
		8	10,7	8,37	48,2	2,13	76,4	2,68	20,0	1,37	91,9	2,02
7,5	75	~~5~~	7,39	5,80	39,5	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	69,6	2,02
		6	8,78	6,89	46,6	2,30	73,9	2,90	19,3	1,48	83,9	2,06
		7	10,1	7,96	53,3	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	98,3	2,10
		8	11,5	9,02	59,8	2,28	94,9	2,87	24,8	1,47	113	2,15
		9	12,8	10,1	66,1	2,27	105	2,86	27,5	1,46	127	2,18
8	80	~~5,5~~	8,63	6,78	52,7	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	93,2	2,17
		6	9,38	7,36	57,0	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	102	2,19
		~~7~~	10,8	8,51	65,3	2,45	104	3,09	27,0	1,58	119	2,23
		8	12,3	9,65	73,4	2,44	116	3,08	30,3	1,57	137	2,27

СК-52

Продолжение

№ № профилей	Размеры b	Размеры d	Площадь профиля	Вес 1 п м	Справочные величины для осей X – X J_x	X – X r_x	$X_0 - X_0$ J_{x_0} макс	$X_0 - X_0$ r_{x_0} макс	$Y_0 - Y_0$ J_{y_0} мин	$Y_0 - Y_0$ r_{y_0} мин	$X_1 - X_1$ J_{x_1}	Z_0
	мм		см²	кг	см⁴	см	см⁴	см	см⁴	см	см⁴	см
9	90	~~6~~	10,6	8,33	82,1	2,78	130	3,50	34,0	1,79	145	2,43
		7	12,3	9,64	94,3	2,77	150	3,49	38,9	1,78	169	2,47
		8	13,9	10,9	106	2,76	168	3,48	43,8	1,77	194	2,51
		9	15,6	12,2	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	219	2,55
10	100	~~6,5~~	12,8	10,1	122	3,09	193	3,88	50,7	1,99	214	2,68
		7	13,8	10,8	131	3,08	207	3,88	54,2	1,98	231	2,71
		8	15,6	12,2	147	3,07	233	3,87	60,9	1,98	265	2,75
		10	19,2	15,1	179	3,05	284	3,84	74,1	1,96	333	2,83
		12	22,8	17,9	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	402	2,91
		14	26,3	20,6	237	3,00	375	3,78	99,3	1,94	472	2,99
		16	29,7	23,3	264	2,98	416	3,74	112	1,94	542	3,06
~~11~~	~~110~~	7	15,2	11,9	176	3,40	279	4,29	72,7	2,19	308	2,96
		8	17,2	13,5	198	3,39	315	4,28	81,8	2,18	353	3,00
12,5	125	8	19,7	15,5	294	3,87	467	4,87	122	2,49	516	3,36
		9	22,0	17,3	327	3,86	520	4,86	135	2,48	582	3,40
		10	24,3	19,1	360	3,85	571	4,84	149	2,47	649	3,45
		12	28,9	22,7	422	3,82	670	4,82	174	2,46	782	3,53
		14	33,4	26,2	482	3,80	764	4,78	200	2,45	916	3,61
		16	37,8	29,6	539	3,78	853	4,75	224	2,44	1051	3,68

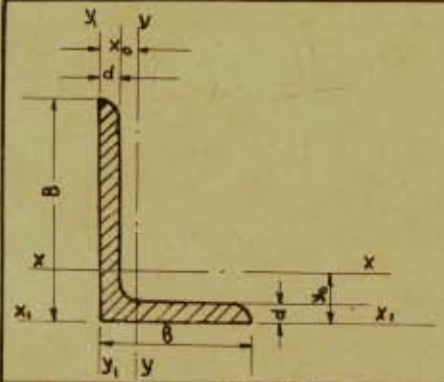
Продолжение

№№ профилей	Размеры b	Размеры d	Площадь профиля	Вес 1 п м	Справочные величины для осей X – X		$X_0 - X_0$		$Y_0 - Y_0$		$X_1 - X_1$	Z_0
					J_x	r_x	J_{x_0} макс	r_{x_0} макс	J_{y_0} мин	r_{y_0} мин	J_{x_1}	
	мм		$см^2$	кг	$см^4$	см	$см^4$	см	$см^4$	см	$см^4$	см
14	140	9	24,7	19,4	466	4,34	739	5,47	192	2,79	818	3,78
		10	27,3	21,5	512	4,33	814	5,46	211	2,78	911	3,82
		12	32,5	25,5	602	4,31	957	5,43	248	2,76	1097	3,90
16	160	10	31,4	24,7	774	4,96	1229	6,25	319	3,19	1356	4,30
		11	34,4	27,0	844	4,95	1341	6,24	348	3,18	1491	4,35
		12	37,4	29,4	913	4,94	1450	6,23	376	3,17	1633	4,39
		14	43,3	34,0	1046	4,92	1662	6,20	431	3,16	1911	4,47
		16	49,1	38,5	1175	4,89	1866	6,17	485	3,14	2191	4,55
		18	54,8	43,0	1299	4,87	2061	6,13	537	3,13	2472	4,63
		20	60,4	47,4	1419	4,85	2248	6,10	589	3,12	2752	4,70
~~18~~	~~180~~	11	38,8	30,5	1216	5,60	1933	7,06	500	3,59	2128	4,85
		12	42,2	33,1	1317	5,59	2093	7,04	540	3,58	2324	4,89
20	200	12	47,1	37,0	1823	6,22	2896	7,84	749	3,99	3182	5,37
		13	50,9	39,9	1961	6,21	3116	7,83	805	3,98	3452	5,42
		14	54,6	42,8	2097	6,20	3333	7,81	861	3,97	3722	5,46
		16	62,0	48,7	2363	6,17	3755	7,78	970	3,96	4264	5,54
		20	76,5	60,1	2871	6,12	4560	7,72	1182	3,93	5355	5,70
		25	94,3	74,0	3466	6,06	5494	7,63	1438	3,91	6733	5,89
		30	111,5	87,6	4020	6,00	6351	7,55	1688	3,89	8130	6,07

Продолжение

№№ профилей	Размеры b, мм	Размеры d, мм	Площадь профиля, $см^2$	Вес 1 п м, кг	Справочные величины для осей X – X: J_x, $см^4$	X – X: r_x, см	$X_0 – X_0$: J_{x_0} макс, $см^4$	$X_0 – X_0$: r_{x_0} макс, см	$Y_0 – Y_0$: J_{y_0} мин, $см^4$	$Y_0 – Y_0$: r_{y_0} мин, см	$X_1 – X_1$: J_{x_1}, $см^4$	Z_0, см
~~22~~	~~220~~	14	60,4	47,4	2814	6,83	4470	8,60	1159	4,38	4941	5,93
		16	68,6	53,8	3175	6,81	5045	8,58	1306	4,36	5661	6,02
		16	78,4	61,5	4717	7,76	7492	9,78	1942	4,98	8286	6,75
		18	87,7	68,9	5247	7,73	8337	9,75	2158	4,96	9342	6,83
		20	97,0	76,1	5765	7,71	9160	9,72	2370	4,94	10401	6,91
~~25~~	~~250~~	22	106,1	83,3	6270	7,69	9961	9,69	2579	4,93	11464	7,00
		25	119,7	94,0	7006	7,65	11125	9,64	2887	4,91	13064	7,11
		28	133,1	104,5	7717	7,61	12244	9,59	3190	4,89	14674	7,23
		30	142,0	111,4	8177	7,59	12965	9,56	3389	4,89	15753	7,31

СК-55



Сталь прокатная угловая неравнобокая Сортамент (по ГОСТ 8510-57).

Максимальные и минимальные длины.

Для	№ 2,5/1,6 – 5/3,2	вкл	от 4 до 9	м
”	” 5,6/3,6 – 9/5,6	”	от 4 до 12	м
”	” 10/6,3 – 16/10	”	от 4 до 19	м
”	” 18/11 и выше		от 6 до 19	м

№ № профилей	Размеры B	b	d	Площадь профиля.	Вес 1 п м	Справочные величины для осей x – x J_x	r_x	y – y J_y	r_y	x_1 – x_1 J_{x_1}	Расстояние от центра тяжести y_0	y_1 – y_1 J_{y_1}	Расстояние от центра тяжести x_0
	мм			$см^2$	кг	$см^4$	см	$см^4$	см	$см^4$	см	$см^4$	см
~~2,5/1,6~~	25	16	3	1,16	0,91	0,70	0,78	0,22	0,44	1,56	0,86	0,43	0,42
~~3,2/2~~	32	20	3	1,49	1,17	1,52	1,01	0,46	0,55	3,26	1,08	0,82	0,49
			4	1,94	1,52	1,93	1,00	0,57	0,54	4,38	1,12	1,12	0,53
~~4/2,5~~	40	25	3	1,89	1,48	3,06	1,27	0,93	0,70	6,37	1,32	1,58	0,59
			4	2,47	1,94	3,93	1,26	1,18	0,69	8,53	1,37	2,15	0,63
4,5/2,8	45	28	3	2,14	1,68	4,41	1,43	1,32	0,79	9,02	1,47	2,20	0,64
			4	2,80	2,20	5,68	1,42	1,69	0,78	12,1	1,51	2,98	0,68
~~5/3,2~~	50	32	3	2,42	1,90	6,17	1,60	1,99	0,91	12,4	1,60	3,26	0,72
			4	3,17	2,49	7,98	1,59	2,56	0,90	16,8	1,65	4,42	0,76
~~5,6/3,6~~	56	36	3,5	3,16	2,48	10,1	1,79	3,30	1,02	20,3	1,80	5,43	0 82
			4	3,58	2,81	11,4	1,78	3,70	1,02	23,2	1,82	6,25	0, 84
			5	4,41	3,46	13,8	1,77	4,48	1,01	29,2	1,86	7,91	0, 88
6,3/4,0	63	40	4	4,04	3,17	16,3	2,01	5,16	1,13	33,0	2,03	8,51	0,91
			5	4,98	3,91	19,9	2,00	6,26	1,12	41,4	2,08	10,8	0,95
			6	5,90	4,63	23,3	1,99	7,28	1,11	49,9	2,12	13,1	0,99
			8	7,68	6,03	29,6	1,96	9,15	1,09	66,9	2,20	17,9	1,07
~~7/4,5~~	70	45	4,5	5,07	3,98	25,3	2,23	8,25	1,28	51,0	2,25	13,6	1,03
			5	5,59	4,39	27,8	2,23	9,05	1,27	56,7	2,28	15,2	1,05

Продолжение

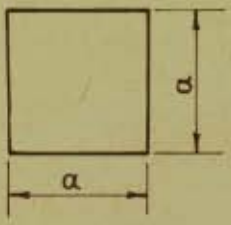
№ № профилей	Размеры B, мм	b, мм	d, мм	Площадь профиля, см²	Вес 1 п.м, кг	Справочные величины для осей x – x: J_x, см⁴	r_x, см	y – y: J_y, см⁴	r_y, см	x_1 – x_1: J_{x_1}, см⁴	Расстояние от центра тяжести y_0, см	y_1 – y_1: J_{y_1}, см⁴	Расстояние от центра тяжести x_0, см
7,5/5	75	50	5	6,11	4,79	34,8	2,39	12,5	1,43	69,7	2,39	20,8	1,17
			6	7,25	5,69	40,9	2,38	14,6	1,42	83,9	2,44	25,2	1,21
			8	9,47	7,43	52,4	2,35	18,5	1,40	112	2,52	34,2	1,29
8/5	80	50	5	6,36	4,99	41,6	2,56	12,7	1,41	84,6	2,60	20,8	1,13
			6	7,55	5,92	49,0	2,55	14,8	1,40	102	2,65	25,2	1,17
9/5,6	90	56	5,5	7,86	6,17	65,3	2,88	19,7	1,58	132	2,92	32,2	1,26
			6	8,54	6,70	70,6	2,88	21,2	1,58	145	2,95	35,2	1,28
			8	11,18	8,77	90,9	2,85	27,1	1,56	194	3,04	47,8	1,36
10/6,3	100	63	6	9,59	7,53	98,3	3,2	30,6	1,79	198	3,23	49,9	1,42
			7	11,1	8,70	113	3,19	35,0	1,78	232	3,28	58,7	1,46
			8	12,6	9,87	127	3,18	39,2	1,77	266	3,32	67,6	1,5
			10	15,5	12,1	154	3,15	47,1	1,75	333	3,40	85,8	1,58
11/7	110	70	6,5	11,4	8,98	142	3,53	45,6	2,00	286	3,55	74,3	1,58
			7	12,3	9,64	152	3,52	48,7	1,99	309	3,57	80,3	1,6
			8	13,9	10,9	172	3,51	54,6	1,98	353	3,61	92,3	1,64
12,5/8	125	80	7	14,1	11	227	4,01	73,7	2,29	452	4,01	119	1,8
			8	16	12,5	256	4,00	83,0	2,28	518	4,05	137	1,84
			10	19,7	15,5	312	3,98	100	2,26	649	4,14	173	1,92
			12	23,4	18,3	365	3,95	117	2,24	781	4,22	210	2,0

СК-57

Продолжение

№ № профилей	Размеры B	b	d	Площадь профиля	Вес 1 п. м	Справочные величины для осей x – x J_x	r_x	y – y J_y	r_y	$x_1 - x_1$ J_{x_1}	Расстояние от центра тяжести y_0	$y_1 - y_1$ J_{y_1}	Расстояние от центра тяжести x_0
	мм			$см^2$	кг	$см^4$	см	$см^4$	см	$см^4$	см	$см^4$	см
14/9	140	90	8	18	14,1	364	4,49	120	2,58	727	4,49	194	2,03
			10	22,2	17,5	444	4,47	146	2,56	911	4,58	245	2,12
16/10	160	100	9	22,9	18,0	606	5,15	186	2,85	1221	5,19	300	2,23
			10	25,3	19,8	667	5,13	204	2,84	1359	5,23	335	2,28
			12	30,0	23,6	784	5,11	239	2,82	1634	5,32	405	2,36
			14	34,7	27,3	897	5,08	272	2,8	1910	5,40	477	2,43
~~18/11~~	~~180~~	110	10	28,3	22,2	952	5,8	276	3,12	1933	5,88	444	2,44
			12	33,7	26,4	1123	5,77	324	3,1	2324	5,97	537	2,52
20/12,5	200	125	~~11~~	34,9	27,4	1449	6,45	446	3,58	2920	6,5	718	2,79
			12	37,9	29,7	1568	6,43	482	3,57	3189	6,54	786	2,83
			14	43,9	34,4	1801	6,41	551	3,54	3726	6,62	922	2,91
			16	49,8	39,1	2026	6,38	617	3,52	4264	6,71	1061	2,99
~~25/16~~	~~250~~	160	12	48,3	37,9	3147	8,07	1032	4,62	6212	7,97	1634	3,53
			16	63,6	49,9	4091	8,02	1333	4,58	8308	8,14	2200	3,69
			18	71,1	55,8	4545	7,99	1475	4,56	9358	8,23	2487	3,77
			20	78,5	61,7	4987	7,97	1613	4,53	10410	8,31	2776	3,85

СК-58



Сталь горячекатаная квадратная
Сортамент /по ГОСТ 2591-57/

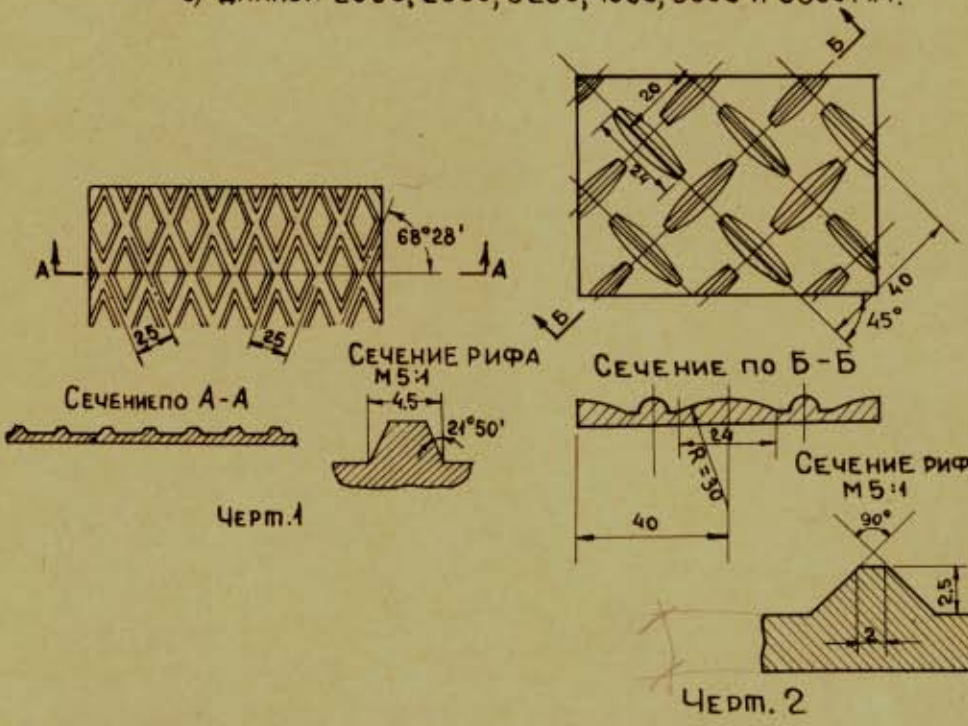
Максимальные и минимальные длины

При стороне квадрата	до 25 мм	от 5 до 10 м
" " "	от 26 до 50 мм	от 4 до 9 м
" " "	от 53 до 110 мм	от 4 до 7 м
" " "	свыше 110 мм	от 3 до 6 м

a мм	F см²	J см⁴	Вес 1 п м в кг	a мм	F см²	J см⁴	Вес 1 п м в кг
5	0,25	0,0052	0,196	30	9,00	6,75	7,06
6	0,36	0,0108	0,28	32	10,24	8,75	8,04
7	0,49	0,0200	0,39	34	11,56	11,14	9,07
8	0,64	0,0341	0,50	36	12,96	14,00	10,17
9	0,81	0,0547	0,64	38	14,44	17,38	11,24
10	1,00	0,0833	0,79	40	16,00	21,40	12,56
11	1,21	0,1220	0,95	42	17,64	25,93	13,85
12	1,44	0,1728	1,13	45	20,25	34,20	15,90
13	1,69	0,2380	1,33	48	23,04	44,24	18,09
14	1,96	0,3201	1,54	50	25,00	52,0	19,63
15	2,25	0,4219	1,77	53	28,09	65,75	22,05
16	2,56	0,5461	2,01	56	31,36	81,95	24,61
17	2,89	0,696	2,27	60	36,00	108,0	28,26
18	3,24	0,8748	2,54	63	39,69	130,88	31,16
19	3,61	1,0860	2,82	65	42,25	149,0	33,17
20	4,00	1,3333	3,14	70	49,00	200,0	38,47
21	4,41	1,6207	3,46	75	56,25	264,0	44,16
22	4,84	1,9521	3,80	80	64,00	341,0	50,24
24	5,76	2,7648	4,52	85	72,25	435,0	56,72
25	6,25	3,2552	4,91	90	81,00	547,0	63,59
26	6,76	3,8081	5,30	95	90,25	677,0	70,85
28	7,84	5,138	6,15	100	100,00	833,0	78,50

Сталь листовая рифленая (ромбическая и чечевичная) по ГОСТ 8568-57

Листы стальные рифленые поставляются:
а) с толщиной основания 2,5; 3; 4; 5; 6 и 8 мм;
б) шириной 600, 710, 800, 900, 1000, 1100, 1250 и 1400 мм;
в) длиной 2000, 2500, 3200, 4000, 5000 и 6300 мм.

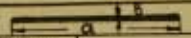


Черт. 1

Черт. 2

Размеры листов рифленой стали для ромбической и чечевичной стали.

Толщина основания листа	Высота рифа	Ширина листа		Теоретический вес 1 м² листа кг.	Род стали
		мини-мальная	макси-мальная		
2,5	1,0	600	1250	21,6	Ромбическая сталь
3	1,0	600	1250	25,6	
4	1,0	710	1400	33,4	
5	1,5	1000	1400	42,3	
6	1,5	1000	1400	50,1	
8	2,0	1000	1400	66,8	
2,5	2,5	600	1250	22,6	Чечевичная сталь
3	2,5	600	1250	26,6	
4	2,5	710	1400	34,4	
5	2,5	1000	1400	42,3	
6	2,5	1000	1400	50,1	
8	2,5	1000	1400	65,8	

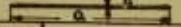


Сталь прокатная полосовая /по ГОСТ 103-57/

Ширина a мм	Толщина δ мм										Ширина a мм
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	
	Теоретический вес 1 п м полосы, кг.										
12	0,38	0,47	0,57	0,66	0,75	—	—	—	—	—	12
14	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88	—	—	—	—	—	14
16	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,15	1,26	—	—	—	16
18	0,57	0,71	0,85	0,99	1,13	1,27	1,41	—	—	—	18
20	0,63	0,79	0,94	1,10	1,26	1,41	1,57	1,73	1,88	—	20
22	0,69	0,86	1,04	1,21	1,38	1,55	1,73	1,90	2,07	—	22
25	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96	2,16	2,36	2,75	25
28	0,88	1,10	1,32	1,54	1,76	1,98	2,20	2,42	2,64	3,08	28
30	0,94	1,18	1,41	1,65	1,88	2,12	2,36	2,59	2,83	3,36	30
32	1,01	1,26	1,50	1,76	2,01	2,26	2,54	2,76	3,01	3,51	32
36	1,13	1,41	1,69	1,97	2,26	2,51	2,82	3,11	3,39	3,95	36
40	1,26	1,57	1,88	2,20	2,51	2,83	3,14	3,45	3,77	4,40	40
45	1,41	1,77	2,12	2,47	2,83	3,18	3,53	3,89	4,24	4,95	45
50	1,57	1,96	2,36	2,75	3,14	3,53	3,93	4,32	4,71	5,50	50
56	1,76	2,20	2,64	3,08	3,52	3,95	4,39	4,83	5,27	6,15	56
60	1,88	2,36	2,83	3,30	3,77	4,24	4,71	5,18	5,65	6,59	60
63	1,98	2,47	2,97	3,46	3,95	4,45	4,94	5,44	5,93	6,92	63
65	2,04	2,55	3,06	3,57	4,08	4,59	5,10	5,61	6,12	7,14	65
70	2,20	2,75	3,30	3,85	4,40	4,95	5,50	6,04	6,59	7,69	70
75	2,36	2,94	3,53	4,12	4,71	5,30	5,89	6,48	7,07	8,24	75
80	2,51	3,14	3,77	4,40	5,02	5,65	6,28	6,91	7,54	8,79	80
85	2,67	3,34	4,00	4,67	5,34	6,01	6,67	7,34	8,01	9,34	85
90	2,83	3,53	4,24	4,95	5,65	6,36	7,07	7,77	8,48	9,89	90
95	2,98	3,73	4,47	5,22	5,97	6,71	7,46	8,20	8,95	10,44	95
100	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85	8,64	9,42	10,99	100
105	3,30	4,12	4,95	5,77	6,59	7,42	8,24	9,07	9,89	11,54	105
110	3,45	4,32	5,18	6,04	6,91	7,77	8,64	9,50	10,36	12,09	110
120	3,77	4,71	5,65	6,59	7,54	8,48	9,42	10,36	11,30	13,19	120
125	3,93	4,91	5,89	6,67	7,85	8,83	9,81	10,79	11,78	13,74	125
130	4,08	5,10	6,12	7,14	8,16	9,18	10,21	11,23	12,25	14,29	130
140	4,40	5,50	6,59	7,69	8,79	9,89	10,99	12,09	13,19	15,39	140
150	4,71	5,89	7,07	8,24	9,42	10,60	11,78	12,95	14,13	16,49	150
160	5,02	6,28	7,54	8,79	10,05	11,30	12,56	13,82	15,07	17,58	160
170	5,34	6,67	8,01	9,34	10,68	12,01	13,35	14,68	16,01	18,68	170
180	5,65	7,07	8,48	9,89	11,30	12,72	14,13	15,54	16,96	19,78	180
190	5,97	7,46	8,95	10,44	11,93	13,42	14,92	16,41	17,90	20,88	190
200	6,28	7,85	9,42	10,99	12,56	14,13	15,70	17,27	18,84	21,98	200

СК-61

Сталь прокатная полосовая /по ГОСТ 103-57/ продолжение



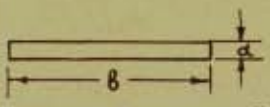
Теоретический вес 1 п.м полосы, кг.

Ширина a мм	Толщина δ мм 16	18	20	22	25	28	30	32	36	40	45	50	56	60	Ширина a мм
12															12
14															14
16															16
18															18
20															20
22															22
25	3,14														25
28	3,52														28
30	3,77	4,24	4,71												30
32	4,02	4,52	5,02												32
36	4,52	5,09	5,65												36
40	5,02	5,65	6,28	6,91	7,85	8,79									40
45	5,65	6,36	7,07	7,77	8,83	9,89	10,60	11,30	12,72						45
50	6,28	7,07	7,85	8,64	9,81	10,99	11,78	12,56	14,13						50
56	7,03	7,91	8 79	9,67	10,99	12,31	13,19	14,07	15,82						56
60	7,54	8,48	9,42	10,36	11,78	13,19	14,13	15,07	16,95	18,84	21,20				60
63	7,91	8,90	9,69	10,88	12,36	13,85	14,34	15,82	17,80	19,78	22,25				63
65	8,16	9,19	10,21	11,23	12,76	14,29	15,31	16,33	18,37	20,41	22,96				65
70	8,79	9,89	10,99	12,09	13,74	15,39	16,49	17,58	19,78	21,98	24,73				70
75	9,42	10,60	11,78	12,95	14,72	16,49	17,66	18,84	21,19	23,55	26,49				75
80	10,05	11,30	12,56	13,82	15,70	17,58	18,84	20,09	22,61	25,12	28,26	31,40	35,17		80
85	10,68	12,01	13,35	14,68	16,68	18,68	20,02	21,35	24,02	26,69	30,03	33,36	37,36	40,04	85
90	11,30	12,72	14,13	15,54	17,66	19,78	21,20	22,61	25,43	28,26	31,79	35,33	39,56	42,39	90
95	11,93	13,42	14,92	16,41	18,84	20,88	22,37	23,86	26,85	29,83	33,56	37,29	41,76	44,75	95
100	12,56	14,13	15,70	17,27	19,63	21,98	23,55	25,12	28,26	31,40	35,33	39,25	43,96	47,10	100
105	13,19	14,84	16,49	18,18	2061	23,08	24,73	26,37	29,67	32,97	37,09	41,21	46,16	49,46	105
110	13,82	15,54	17,27	19,00	21,59	24,18	25,91	27,63	31,09	34,54	38,86	43,18	48,35	51,81	110
120	15,07	16,96	18,84	20,72	23,55	26,38	28,26	30,14	33,91	37,68	42,39	47,10	52,75	56,52	120
125	15,70	17,66	19,63	21,59	24,53	27,48	29,44	31,40	35,32	39,25	44,16	49,06	54,95	58,88	125
130	16,33	18,37	20,41	22,45	25,51	28,57	30,62	32,65	36,73	40,82	45,92	51,03	57,14	61,23	130
140	17,58	19,78	21,98	24,18	27,48	30,77	32,97	35,17	39,56	43,96	49,46	54,95	61,54	65,94	140
150	18,84	21,20	23,55	25,91	29,44	32,97	35,33	37,68	42,39	47,10	52,99	58,88	65,94	70,65	150
160	20,10	22,61	25,12	27,63	31,40	35,17	37,63	40,19	45,22	50,24	56,52	62,80	70,33	75,36	160
170	21,35	24,02	26,09	29,36	33,36	37,37	40,04	42,70	48,04	53,38	60,05	66,73	74,73	80,07	170
180	22,61	25,43	28,26	31,09	35,33	39,56	42,39	45,22	50,87	56,52	63,59	70,65	79,12	84,78	180
190	23,86	26,85	29,83	32,81	37,29	41,76	44,75	47,72	53,69	59,66	67,12	74,58	83,52	89,49	190
200	25,12	28,26	31,40	34,54	39,25	43,96	47,10	50,24	56,52	62,80	70,65	78,50	87,92	94,20	200

Максимальные и минимальные длины

При весе 1пм полосы	Нормальная
До 19кг включительно	от 3 до 9 м
от 19 до 60кг включит.	от 3 до 7 м
Свыше 60кг	от 3 до 5 м

СК-62



Сталь прокатная толстолистовая

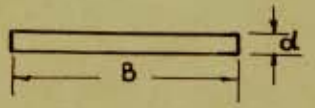
Сортамент (по ГОСТ 3680-57)

Размеры листовой стали в мм (горячекатаной)

Толщина листов d	Ширина листов в									
	600	(670)	710	750	800	(900)	1000	(1100)	1250	1400
	Длина листов									
0.8; 0.9	1200 1420	1200 1420	1420	1500	1500					
1.0; 1.1; 1.2; 1.4; (1.5); 1.6; 1.8	1200 1420	1200 1420	1420	1500	1500	1800 2000	2000			
2.0; 2.2; 2.5; 2.8	1420 2000	1420 2000	1420 2000	1500 2000	1500 2000	1800 2000	2000	2200	2500	
3.0; 3.2; 3.5; (3.8); 4.0	1420 2000	1420 2000	1420 2000	1500 2000	1500 2000	1800 2000	2000	2200	2500	2800 3000 3500 4000

Примечания:

1. По соглашению сторон допускается поставка листов больших размеров по ширине и длине, чем указано в таблице.
2. Размеры, указанные в скобках, применять не рекомендуется.



Сталь прокатная широкополосная универсальная

Сортамент

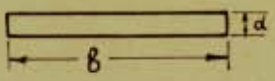
/по ГОСТ 82-57/

Длина полос устанавливается от 5 до 18 м

d мм	B мм (Через каждые 10 мм)	d мм	B мм (Через каждые 10 мм)	d мм	B мм (Через каждые 10 мм)
4	160 — 300	12	160 — 1050	30	160 — 1050
5	160 — 340	14	160 — 1050	32	160 — 1050
6	160 — 1050	16	160 — 1050	36	160 — 1050
7	160 — 1050	18	160 — 1050	40	160 — 1050
8	160 — 1050	20	160 — 1050	45	160 — 1050
9	160 — 1050	22	160 — 1050	50	160 — 1050
10	160 — 1050	25	160 — 1050	56	160 — 1050
11	160 — 1050	28	160 — 1050	60	160 — 1050

Примечание.

Ширины полос для всех толщин: 160; 170; 180; 190; 200; 210; 220; 240; 250; 260; 280; 300; 320; 340; 360; 380; 400; 420; 450; 480; 500; 530; 560; 600; 630; 650; 670; 710; 750; 800; 850; 900; 950; 1000 и 1050.



Сталь прокатная толстолистовая

Сортамент /по ГОСТ 5681-57/

мм

Таблица №1

Толщина листов d	Ширина листов в								
	600	710	1000	1250	1400	1500	1600	(1700)	1800
	Длина листов								
4; 4,5	2000	2000	2000	2500	2800				
			(4200)	3500	3500	3500	3500		
			6000	(4200)	(4200)	(4200)	(4200)		
				4500	4500	4500	4500		
				5000	5000	5000	5000		
				5500	5500	5500	5500		
				6000	6000	6000	6000		
5; 5,5				2500	2800	3000			
				3500	3500	3500	3500		
				(4200)	(4200)	(4200)	(4200)		
				4500	4500	4500	4500		
				5000	5000	5000	5000		
				5500	5500	5500	5500		
				6000	6000	6000	6000		
6; 7					2800				
					3500				
				(4200)	(4200)	(4200)			
				4500	4500	4500	4500	4500	4500
				5000	5000	5000	5000	5000	5000
				5500	5500	5500	5500	5500	5500
				6000	6000	6000	6000	6000	6000
					(6500)	(6500)	(6500)	(6500)	(6500)
					7000	7000	7000	7000	7000

Продолжение

Толщина листов d	Ширина листов b								
	1250	1400	1500	1600	(1700)	1800	(1900)	2000	(2100)
	Длина листов								
8		2800							
		3500							
	(4200)	(4200)	(4200)						
	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	
	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	
	5500	5500	5500	5500	5500	5500	5500	5500	
	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	
	(6500)	(6500)	(6500)	(6500)	(6500)	(6500)	(6500)	(6500)	
	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	
9; 10; 11		2800							
		3500							
	(4200)	(4200)	(4200)						
	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
	5500	5500	5500	5500	5500	5500	5500	5500	5500
	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
		(6500)	(6500)	(6500)	(6500)	(6500)	(6500)	(6500)	(6500)
		7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
12; (13); 14; (15)		(4200)							
		4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
		5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
		5500	5500	5500	5500	5500	5500	5500	5500
		6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
		(6500)	(6500)	(6500)	(6500)	(6500)	(6500)	(6500)	(6500)
		7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
		(7500)	(7500)	(7500)	(7500)	(7500)	(7500)	(7500)	(7500)
		8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000

Продолжение

Толщина листов d	Ширина лист. 2200	Ширина лист. 2300	Толщина листов d	Ширина лист. 2200	Ширина лист. 2300	Толщина листов d	Ширина лист. 2200	Ширина лист. 2300
	Длина лист.			Длина лист.			Длина лист.	
							4500	4500
							5000	5000
				4500		12; (13);	5500	5500
8			9; 10; 11	5000		14; (15)	6000	6000
				5500			(6500)	(6500)
				6000			7000	7000
				(6500)			(7500)	(7500)
				7000			8000	8000

Таблица № 2

Толщина листов	Ширина листов	Длина листов
16; (17), 18, (19), 20	1400, 1500, 1600, (1700), 1800, (1900), 2000, (2100), 2200, 2300	4500, 5000, 5500, 6000, (6500), 7000, (7500), 8000.
(21), 22, (24), 25, (26), 28, 30, 32	1400, 1500, 1600, (1700), 1800, (1900), 2000, (2100), 2200, (2300), 2400	4500, 5000, 5500, 6000, (6500), 7000, (7500), 8000.
(34), 36, (38), 40, (42), 45, (48), 50, (53), 56, 60	1500, 1600, (1700), 1800, (1900), 2000, (2100), 2200, (2300), (2400), 2500	4500, 5000, 5500, 6000, (6500), 7000, (7500), 8000

Примечания к табл. 1 и 2

1. Размеры, указанные в скобках, применять не рекомендуется
2. Стандартные размеры листов из нержавеющей и других марок высоколегированной стали могут быть выбраны из табл. 1 и 2 по соглашению сторон.
3. Сталь, прокатанная на непрерывных станах, по соглашению сторон может поставляться в рулонах.
4. Наибольшие размеры изготовляемых листов указаны в табл. 3.

НАИБОЛЬШИЕ РАЗМЕРЫ ЛИСТОВ

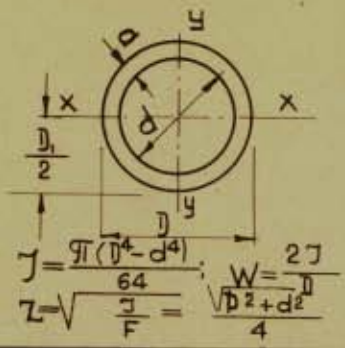
Таблица № 3

Толщина листов мм	Ширина листов, м																				
	1,2	св 1,2 до 1,3	св 1,3 до 1,4	св 1,4 до 1,5	св 1,5 до 1,6	св 1,6 до 1,7	св 1,7 до 1,8	св 1,8 до 1,9	св 1,9 до 2,0	св 2,0 до 2,1	св 2,1 до 2,2	св 2,2 до 2,3	св 2,3 до 2,4	св 2,4 до 2,5	св 2,5 до 2,6	св 2,6 до 2,7	св 2,7 до 2,8	св 2,8 до 2,9	св 2,9 до 3,0	св 3,0 до 3,2	св 3,2 до 3,4	св 3,4 до 3,6
	Длина листов, м																				
4	10	10	10	10	10	10	10														
4,5; 5; 5,5	12	12	12	12	12	10	10	10	10												
6	12	12	12	12	12	12	12	10	10												
7	12	12	12	12	12	12	12	12	12												
8; 9; 10; 11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10	10	10	10							
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	10	8	8	8	8		
13	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	10	8	8	8		
14	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11,5	11	10,5	10	8	8	8		
15	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11,5	11	10,5	10	9,5	9	8	8		
16	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11,5	11	10,5	10	9,5	9	9	8,5	7	7		
17; 18	12	12	12	12	12	12	12	11,5	11	10,5	10	9,5	9	8,5	8	8	7,5	7	7		
19	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11,5	11	10,5	7	7		

СК-68

продолжение

Толщина листов мм	Ширина листов, м																							
	1.2	св1.2 до 1.3	св1.3 до 1.4	св1.4 до 1.5	св1.5 до 1.6	св1.6 до 1.7	св1.7 до 1.8	св1.8 до 1.9	св1.9 до 2.0	св2.0 до 2.1	св2.1 до 2.2	св2.2 до 2.3	св2.3 до 2.4	св2.4 до 2.5	св2.5 до 2.6	св2.6 до 2.7	св2.7 до 2.8	св2.8 до 2.9	св2.9 до 3.0	св3.0 до 3.2	св3.2 до 3.4	св3.4 до 3.6
	Длина листов, м																							
20	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11.5	11	10.5	9	9					
21; 22	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11.5	11	10.5	10	10	9	9					
24	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11.5	11	10.5	10	10	10	10	9	9					
25; 26	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	11	10	10	10	10	10	9	9					
28	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	9	9					
30; 32; 34		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	10	10	10	9	9	9				
36; 38; 40			12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	10	10	10	9	9	9	8	8		
42; 45; 48; 50				12	12	12	12	12	12	12	12	12	11	11	10	10	10	10	10	9	8.5	8.5		
53; 56; 60					12	12	12	12	12	11	11	11	10	10	9	9	9	8.5	8.5	7.5	7	7		



Трубы стальные водогазопроводные газовые

Сортамент /по ГОСТ 3262-55/

Условный проход		Трубы					Для обыкновенных труб		Вес муфты на 1 м трубы из расчета 1 муфты на 6 м кг ≈
		D	Обыкновенные		Усиленные		Момент инерции J	Момент сопротивлен. W	
мм	дюймы	мм	a мм	Вес 1 м (без муфты) кг	a мм	Вес 1 м (без муфты) кг	см⁴	см³	
8	1/4"	13,5	2,25	0,62	2,75	0,73	0,13	0,19	—
10	3/8"	17,0	2,25	0,82	2,75	0,97	0,29	0,34	—
15	1/2"	21,25	2,75	1,25	3,25	1,44	0,70	0,64	0,013
20	3/4"	26,75	2,75	1,63	3,5	2,01	1,50	1,12	0,02
25	1	33,5	3,25	2,42	4,0	2,91	3,42	2,04	0,03
32	1 1/4"	42,25	3,25	3,13	4,0	3,77	7,40	3,50	0,04
40	1 1/2"	48,0	3,5	3,84	4,25	4,58	12,1	5,04	0,06
50	2"	60,0	3,5	4,88	4,5	6,16	24,9	8,3	0,09
70	2 1/2"	75,5	3,75	6,64	4,5	7,88	54,5	14,5	0,13
80	3"	88,5	4,0	8,34	4,75	9,81	95,1	21,5	0,2
100	4"	114,0	4,0	10,85	5,0	13,44	215	37,7	0,4
125	5"	140,0	4,5	15,04	5,5	18,24	426	60,7	0,6
150	6"	165,0	4,5	17,81	5,5	21,63	716	86,8	0,8

По требованию потребителя трубы без резьбы (под сварку) с условным проходом свыше 50 мм должны поставляться облегченными с толщиной стенки на 0,75 мм менее указанной в таблице для обыкновенных труб.

Длина труб должна соответствовать:
для труб черных без резьбы ... 4–12 м
" " " с резьбой, а также оцинкованных .... 4–8 м
Допускается в партии до 5% труб длиной от 2 до 4 м.

Г

ГРУНТЫ, ФУНДАМЕНТЫ, СВАЙНЫЕ ОСНОВАНИЯ, ПОДПОРНЫЕ СТЕНКИ.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Номенклатура грунтов Г1
Виды песчаных и крупнообломочных грунтов Г1
Коэффициент пористости ε песчаных грунтов Г2
Классификация песчаных и глинистых макропористых грунтов в зависимости от влажности Г2
Скальные грунты Г2
Число пластичности $W_ц$ Г2
Коэффициент пористости ε, коэффициент размягчения $K_{разм}$, степень влажности g Г3
Грунтовые воды Г3
Расчетная глубина промерзания Г4
Таблица значений коэффициента m_t Г4
Глубина заложения фундаментов $H_ф$ из условия возможности пучения грунтов при промерзании Г5
Требуемые минимальные марки каменных материалов и растворов для подземной кладки и кладки цоколей . . . Г6
Фундаменты, цоколи и стены подвалов Г7
Расчет оснований и фундаментов Г8

Расчетные сопротивления R кг/см²:

оснований из глинистых грунтов Г9
оснований из макропористых грунтов Г10
песчаных оснований Г10
оснований из крупнообломочных грунтов Г10
Поправочный коэффициент K^1, зависящий от ширины фундамента Г11
Поправочные коэффициенты m и k, зависящие от глубины заложения и характера грунта Г11, Г12
Свайные основания . . . . . Г13—Г15
Подпорные стенки Г16

Номенклатура грунтов

1 Глинистые грунты.

Связные грунты, для которых число пластичности $W_n > 1$

Супесь	$1 \leq W_n \leq 7$
Суглинок	$7 \leq W_n \leq 17$
Глина	$17 < W_n$

Глинистые грунты, обладающие в природном сложении видимыми невооруженным глазом порами, значительно превосходящими размеры частиц, составляющих скелет грунта — называются макропористыми грунтами.

2 Песчаные грунты — сыпучие, в сухом состоянии не обладающие свойством пластичности ($W_n < 1$), содержащие менее 50% по весу частиц крупнее 2 мм.

3 Крупнообломочные грунты — несцементированные, содержащие более 50% по весу обломков кристаллических или осадочных пород с размерами более 2 мм,

Виды песчаных и крупнообломочных грунтов

Наименование видов грунтов	Распределение частиц грунта по крупности в % от веса сухого грунта
Песчаные грунты	
Гравелистый песок	Вес частиц > 2мм составляет > 25%
Крупный песок	" " > 0,5мм " > 50%
Средней крупности песок	" " > 0,25мм " > 50%
Мелкий песок	" " > 0,1мм " > 75%
Пылеватый песок	" " > 0,1мм " < 75%
Крупнообломочные грунты	
Щебенистый грунт (при преобладании окатанных частиц – галечниковый)	Вес частиц > 10мм составляет > 50%
Дресвяный грунт (при преобладании окатанных частиц – гравийный)	Вес частиц > 2мм составляет > 50%

Коэффициенты пористости ε песчаных грунтов

Вид песчаных грунтов	плотность сложения		
	плотные	средней плотности	рыхлые
Пески гравелистые, крупные и средней крупности	$\varepsilon < 0{,}55$	$0{,}55 \leq \varepsilon \leq 0{,}65$	$\varepsilon > 0{,}65$
Пески мелкие	$\varepsilon < 0{,}60$	$0{,}60 \leq \varepsilon \leq 0{,}70$	$\varepsilon > 0{,}70$
Пески пылеватые	$\varepsilon < 0{,}60$	$0{,}60 \leq \varepsilon \leq 0{,}80$	$\varepsilon > 0{,}80$

Классификация песчаных и глинистых макро-пористых грунтов в зависимости от влажности

Вид грунта	пояснение
Маловлажные	Если вода заполняет < 50% объема пор
Очень влажные	" " >50% и < 80% "
Насыщенные водой	" " > 80% "

4 **Скальные грунты** изверженные, метаморфические и осадочные породы с жесткой связью между зернами (спаянные и сцементированные), залегающие в виде сплошного массива или трещиноватого слоя, образующего подобие сухой кладки.

Скальные грунты, обладающие пределом прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии менее 50 $кг/см^2$ (мергели, окаменелые глины, песчаники с глинисто-кремневым цементом и т.п.), а также размягчаемые и растворимые гипс, гипсовые песчаники и т.д. называются —

— полускальными грунтами.

Скальные грунты, имеющие коэффициент размягчения $K_{рзм} < 0{,}75$, называются —

— размягчаемыми.

Число пластичности $W_п$

$$W_п = W_т - W_р$$

$W_т$ — весовая влажности (выраженная в %) на границе текучести,

$W_р$ — тоже на границе раскатывания.

Коэффициент пористости ε

$$\varepsilon = \frac{\text{объем пор}}{\text{объем минеральной части грунта}}$$

Коэффициент размягчения $K_{рзм}$

$$K_{рзм} = \frac{\text{Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии}}{\text{предел прочности при сжатии в воздушносухом состоянии}}$$

Степень влажности g (доля заполнения объема пор водой)

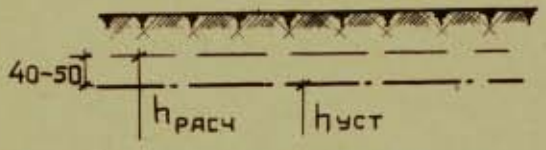
$$g = \frac{W \cdot \gamma_у^ч}{\varepsilon \gamma_у^в}$$

W – природная весовая влажность грунта в долях единицы;
$\gamma_у^ч$ – удельный вес материала частиц грунта;
$\gamma_у^в$ – удельный вес воды $\gamma_у^в = 1{,}0\ т/м^3$;
ε – коэффициент пористости грунта природного сложения.

Грунтовые воды

При проектировании фундаментов необходимо учитывать сезонное колебание уровня грунтовых вод, а также возможность его понижения или повышения, связанную с проведением технических мероприятий (дренаж, водоводная и канализационная сеть на площадке, подпор воды плотинами и т.п.).

Расчетный уровень грунтовых вод следует принимать на 40–50 см выше установившегося уровня



$$h_{расч} = h_{уст} + 40\,(50)$$

Степень агрессивности грунтовых природных вод для материала фундаментов, а также возможность их загрязнения агрессивными производственными водами учитываются при расположении уровня грунтовых вод выше подошвы фундаментов.
В случае агрессивности грунтовых или производственных вод должны быть предусмотрены мероприятия, обеспечивающие фундаменты от разрушения.

Расчетная глубина промерзания

$$H = m_t H^н$$

$H^н$ – нормативная глубина промерзания,

m_t – коэффициент влияния теплового режима здания на промерзание грунта у наружных стен.

Нормативная глубина промерзания $H^н$ в м

Населенный пункт	$H^н$	Населенный пункт	$H^н$	Населенный пункт	$H^н$
Актюбинск	1,8	Кострома	1,5	Ростов	0,9
Архангельск	1,7	Куйбышев	1,6	Саратов	1,5
Астрахань	0,9	Курск	1,1	Свердловск	1,9
Барнаул	2,1	Ленинград	1,2	Смоленск	1,1
Вильнюс	0,9	Минск	0,9	Сталинград	1,1
Вологда	1,5	Молотов	1,9	Таллин	1,0
Воронеж	1,3	Москва	1,4	Тобольск	2,1
Горький	1,5	Новосибирск	2,2	Ульяновск	1,6
Днепропетровск	0,9	Омск	2,2	Уфа	1,8
Казань	1,7	Пенза	1,5	Харьков	1,0
Киев	0,9	Псков	1,1	Челябинск	1,9
Киров	1,7	Рига	0,9	Оренбург	1,8

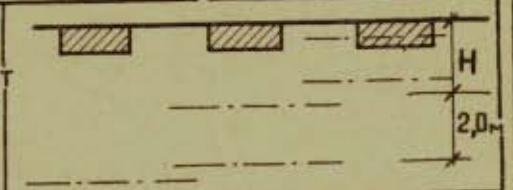
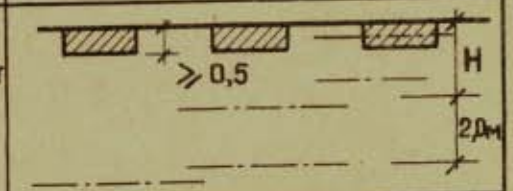
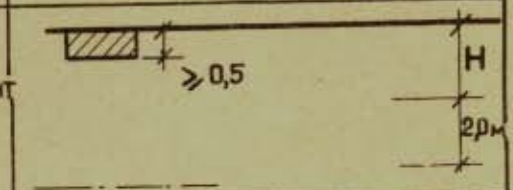
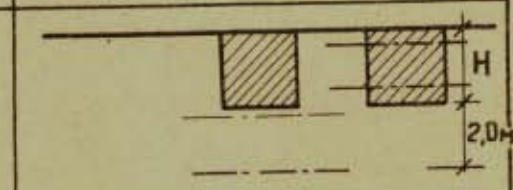
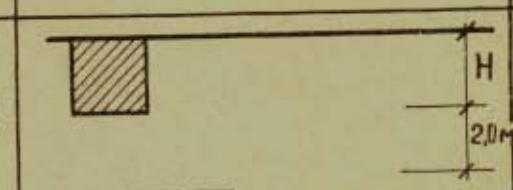
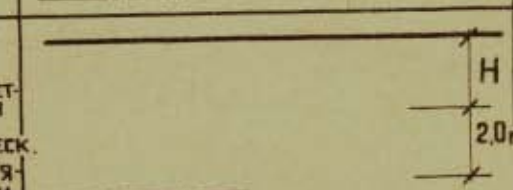
Таблица значений коэффициента m_t

Тепловой режим здания и конструкция полов	m_t
1. Регулярно отапливаемые здания с расчетной температурой воздуха в помещении не ниже 10°	
а) полы на грунте	0,7
б) полы на лагах по грунту	0,8
в) полы на балках	0,9
2. Прочие здания	1,0

Для супесей и песков мелких и пылеватых нормативная глубина промерзания принимается с коэффициентом 1,2.

Глубина промерзания грунтов у холодильников определяется специальными расчетами.

Глубина заложения фундаментов $H_ф$ из условия возможности пучения грунтов при промерзании

Вид грунта	Глубина заложения фундамента $H_ф$
Скальные	$H_ф$ не зависит от H 
Крупнообломочные Пески гравелистые крупные и средней крупности	$H_ф$ не зависит от H 
Пески мелкие и пылеватые Супеси при $W \leqslant W_p$ Суглинки и глины при $W < W_p + 0,50\,W_п$	$H_ф$ не зависит от H 
Пески мелкие и пылеватые Супеси независимо от W Суглинки и глины независимо от W	$H_ф \geqslant H$ 
Супеси при $W \geqslant W_p$ Суглинки и глины при $W > W_p + 0,75\,W_п$	$H_ф \geqslant H$ 
Суглинки и глины при $W \geqslant W_p + 0,50\,W_п$ и при $W \leqslant W_p + 0,75\,W_п$	$H_ф$ назначается по техническим условиям 

$H_ф$ – глубина заложения фундамента,
H – расчетная глубина промерзания,
W – природная влажность,
W_p – влажность на границе раскатывания,
$W_п$ – число пластичности.

Условное обозначение уровня грунтовых вод

Требуемые минимальные марки каменных материалов и растворов для подземной кладки и кладки цоколей ниже гидроизоляционного слоя в зависимости от степени долговечности

Растворы

Цементно известк.	Цементно-глинян.	Известк.
25	—	—
10	—	—
10	4	4
50	50	—
25	25	—
10	10	—

Растворы

Цементн.	Цементно-известк.	Цементно-глинян.
50	—	—
50	—	—
25	25	25

Бетонные камни, за исключением камней на топливном шлаке.

При защите фундаментов от увлажнения гидроизоляцией при облицовке цоколей плитками толщиной ≥35мм марка может снижаться на 1 ступ.

ФУНДАМЕНТЫ, ЦОКОЛИ И СТЕНЫ ПОДВАЛОВ

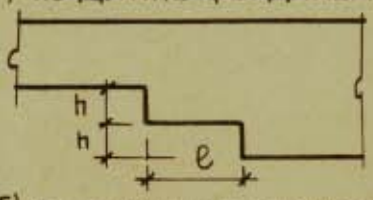
Толщина фундаментов, стен и столбов

Вид кладки	Размеры в см	
	стены	столбы
Бутовая кладка	⩾ 50	⩾ 60×60
Бутобетон	⩾ 35	⩾ 40×40

Рекомендуется сильно нагруженные простенки и столбы выполнять из кладки „под скобу".

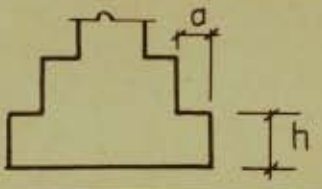
Уступы в фундаментах

а) по длине фундамента



Грунты	
плотные	неплотные
$h \leqslant e$	$h \leqslant 0{,}5\,e$
$h \leqslant 1{,}0$ м	$h \leqslant 0{,}5$ м

б) в сечении фундамента



Вид кладки	h см
Бутовая кладка	35 — 60 см
Бутобетон	⩾ 30 см

Марка раствора или бетона		Давление на грунт σ	
		$\sigma \leqslant 2$ кг/см²	$\sigma > 2{,}5$ кг/см²
50 — 100	$\frac{h}{a} \geqslant$	1,25	1,50
10 — 35		1,50	1,75
4		1,75	2,00

Поверка уступов расчетом на изгиб и срез не требуется.

Предел прочности бутовой и бутобетонной кладки, если это возможно по срокам возведения здания и ввода его в эксплуатацию, принимается для трехмесячного возраста кладки.

При расчете подвальных стен учитывается боковое давление земли и находящейся на поверхности земли нагрузки. При отсутствии специальных требований нагрузка на поверхности принимается 1000 кг/м².

Марка раствора для зимней кладки фундаментов способом замораживания

Вид кладки	стены и фундаменты	столбы
из кирпича и камней правильной формы	(⩽3эт)–10; (⩾4эт)–25	25
из бута	25	50

Расчет оснований и фундаментов.

Расчет оснований по деформациям производится на воздействие НОРМАТИВНЫХ НАГРУЗОК.

Расчет на устойчивость производится на воздействие РАСЧЕТНЫХ НАГРУЗОК.

Требование расчета оснований зданий и промышленных сооружений по деформациям считается удовлетворенным, если среднее давление на основание ОТ НОРМАТИВНЫХ НАГРУЗОК не превосходит условных расчетных сопротивлений (R) оснований и если при этом одновременно соблюдаются следующие условия:

а) основание сложено по всей площади здания или сооружения из грунтов однородного горизонтального напластования, сжимаемость которых по глубине до 5 м от подошвы фундамента не увеличивается.

б) здания и сооружения имеют конструкции, получившие широкое применение в строительстве.

Требование расчета оснований по деформациям считается удовлетворенным во всех случаях, если здание или сооружение, независимо от их конструкций, возводится на скальных грунтах.

Расчет по расчетным сопротивлениям основания производится по формуле

$$P < R$$

P – среднее давление по подошве фундамента в $кг/см^2$, принимаемое на грунты основания;

R – расчетное сопротивление в $кг/см^2$ грунтов основания, определяемое по таблицам (см. Г 9, Г 10).

Расчет самих конструкций фундаментов (на изгиб, срез, и т. п.) следует производить на воздействие РАСЧЕТНЫХ НАГРУЗОК.

Расчетные сопротивления оснований при глубине заложения фундамента 1,5 – 2,0 м и ширине фундамента 0,6 – 1,0 м принимаются по нижеприведенным таблицам, причем глубина заложения фундамента $H_ф$ измеряется: при планировке срезкой – от планировочной отметки, при планировке подсыпкой – от природного уровня грунта.

Расчетные сопротивления R в $кг/см^2$ оснований из глинистых (не макропористых) грунтов с малой структурной связностью

Наименование грунта	Коэффициент пористости ε	Состояние грунта в основании	
		Твердое	Пластичное
Супеси	0,5	3,0	3,0
	0,7	2,5	2,0
Суглинки	0,5	3,0	2,5
	0,7	2,5	1,8
	1,0	2,0	1,0
Глины	0,5	6,0	4,0
	0,6	5,0	3,0
	0,8	3,0	2,0
	1,1	2,5	1,0

Для твердого состояния $W \leq 1,2\,W_p$.

Для пластичного состояния $W > 1,2\,W_p$.

W – природная влажность,

W_p – влажность на границе раскатывания.

Для промежуточных значений ε расчетное сопротивление R определяется по интерполяции.

Определение состояния глинистых (не макропористых) грунтов по влажности производится, если $W < W_т$ и выполнено условие:

$$g \geq 0,80$$

$W_т$ – весовая влажность на границе текучести,

g – степень влажности (см Г 3).

Расчетные сопротивления $R_в$ кг/см² оснований из макропористых грунтов

Степень водонасыщенности грунта	R
Маловлажные	2,5
Очень влажные	2,0
Насыщенные водой	1,5

Расчетные сопротивления $R_в$ кг/см² песчаных оснований

Наименование грунта	Грунты основания	
	плотные	средней плотности
Пески гравелистые и крупные независимо от их влажности.	4,5	3,5
Пески средней крупности независимо от их влажности.	3,5	2,5
Пески мелкие:		
а) маловлажные	3,0	2,0
б) очень влажные и насыщенные водой.	2,5	1,5
Пески пылеватые:		
а) маловлажные,	2,5	2,0
б) очень влажные,	2,0	1,5
в) насыщенные водой.	1,5	1,0

Расчетные сопротивления $R_в$ кг/см² оснований из крупнообломочных грунтов

Наименование грунта	R
Щебенистый (галечниковый) с песчаным заполнением пор	6,0
Дресвяный (гравийный) из обломков кристаллических пород	5,0
Дресвяный (гравийный) из обломков осадочных пород	3,0

Расчетные сопротивления оснований для зданий и сооружений, имеющих фундаменты примерно одинаковой формы и различающиеся по площади не более чем на 50%, а также для зданий и сооружений с одним сплошным фундаментом, принимаются по вышеприведенным табличным значениям с умножением их на поправочный коэффициент K', зависящий от ширины фундамента.

$$R = K' \cdot R_{табл.}$$

Таблица значений K'

Наименование грунта	Ширина фундамента в м				
	1,0	2,0	3,0	4,0	⩾ 5
Грунты крупнообломочные и песчаные	1,0	1,12	1,25	1,38	1,50
Грунты глинистые и пылеватые пески	1,0	1,05	1,10	1,15	1,20

Расчетное сопротивление основания при глубине заложения фундаментов $H_ф > 2{,}0$ м или $H_ф < 1{,}5$ м определяется путем умножения расчетного сопротивления оснований R (табличные данные) на коэффициент m.

При $H_ф > 2.0$ м $\quad m = 1 + \frac{\gamma_0}{R}\left[K\,(H_ф - 200) - h\right]$

При $H_ф < 1{,}5$ м $\quad m = 0{,}5 + 0{,}0033\,H_ф$.

$H_ф$ – глубина заложения фундамента в см,

h – разность отметок природного уровня грунта и пола подвала в см,

γ_0 – среднее значение объемного веса грунта, залегающего выше подошвы фундамента, в кг/см^2

R – расчетное сопротивление основания в кг/см^2,

K – коэффициент, принимаемый по таблице (см. Г 12).

Таблица значений K

Наименование грунта под подошвой фундамента	K
Пески крупнообломочный грунт	2,5
Супесь, суглинок	2,0
Глина	1,5

В необходимых случаях допускается при возрасте насыпи 5 лет и более принимать (при расчете для $H_ф > 2,0$ м) глубину заложения $H_ф$ от отметки планировки насыпи.

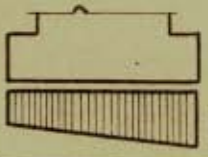
Расчетные сопротивления оснований при расчете на дополнительные сочетания нагрузок увеличиваются на 20%.

Расчетные сопротивления оснований из щебенистых и галечниковых грунтов с глинистым заполнением пор принимаются в зависимости от состояния по влаж-ности глинистого заполнителя.

Расчетное сопротивление оснований, устраиваемых из песчаных подушек, выполненных из песков гравелистых, крупных и средней крупности, укладываемых слоями с последующим уплотнением, принимаются как для песчаных грунтов.

Разрешается использовать в качестве естественных оснований искусственно намытые грунты. Расчетные сопротивления оснований из намытых грунтов назначаются в каждом отдельном случае в зависимости от наименования и плотности грунтов и от качества намыва.

Наибольшее давление на грунт у края подошвы внецентренно нагруженного фундамента при расчете на основные, а также дополнительные сочетания нагрузок не должна быть более 1,2 R, где R – расчетное сопротивление.



$R_{max} \leq 1,2R$

Свайные основания

Допускаемая вертикальная нагрузка на одиночную сваю

Для свай-стоек: Нагрузка определяется по прочности материала сваи,

Для висячих свай: $P_д = R^h F_c + P H_1 f$,

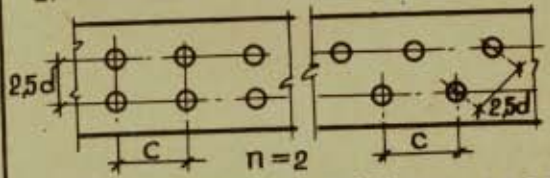
где: $P_д$ – допускаемая нагрузка на сваю,
R^h – расчетное сопротивление грунта на глубине h в плоскости нижних концов свай,
F – площадь поперечного сечения сваи,
P – периметр—"——" —"—"—
H_1 – глубина погружения сваи относительно отметки подошвы ростверка,
f – Удельное сопротивление грунта (см Г14).

Размерность всех величин принимать в КГ и СМ.
Напряжение материала сваи не должно превышать расчетных сопротивлений материала по прочности.

Допускаемая горизонтальная нагрузка на единичную сваю определяется в необходимых случаях по прочности материала сваи на изгиб, рассматривая сваю как балку заделанную одним концом в грунт.

Общие указания

1. Расстояния между сваями в одном ряду „C"



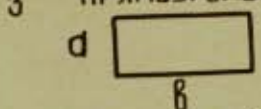
$$C = \frac{n P_д}{N}$$

n – число рядов свай

N – давление на 1,0 п м подошвы ростверка
$P_д$ – допускаемая нагрузка на одну сваю
d – диаметр или сторона поперечного сечения

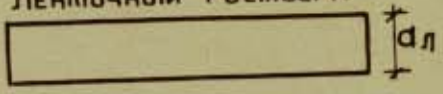
2. $C_{min} = 0{,}7$ м

3. Прямоугольный ростверк



$a < b$

Ленточный ростверк



Если $C \geq 6d$ и $H_1 > a$ или $H_1 > 2a_л$,
то сопротивление основания принимается равным сумме сопротивлений одиночных свай.

Допускаемая вертикальная нагрузка на свайное основание

Основание из свай-стоек

Нагрузка определяется как сумма нагрузок, допускаемых на отдельные сваи в основании, рассматриваемые как отдельные опоры.

Основание из висячих свай

Нагрузка определяется из условия расчетного сопротивления грунта в плоскости нижних концов сваи, рассматривая грунтовый массив, ограниченный сверху и снизу горизонтальными плоскостями равными площади ростверка, как отдельный фундамент (включающий в себя и все сваи)

$$R_{ф}^{h} = \frac{Q + g - \Sigma f S}{F} \leqslant R^{h},$$

где: R^{h} – расчетное сопротивление грунта на глубине h в плоскости нижних концов сваи,

$R_{ф}^{h}$ – фактическое давление на грунт на глубине h,

Q – нагрузка на свайное основание,

g – вес грунтового массива (вместе со сваями),

F – площадь подошвы ростверка,

S – боковая поверхность грунтового массива,

f – удельное сопротивление грунта на боковой поверхности грунтового массива.

Размеры всех величин принимать в кг и см.

Таблица значений f в $кг/см^2$

Наименование грунта	f
Пески и гравелистые грунты плотные	0,6
" —— " —— " —— средней плотности	0,3
" —— " —— " —— рыхлые	0,1
Супеси (в зависимости от плотности)	0,1-0,2
Суглинки и глины в твердом состоянии	0,4
—— " —— —— " —— в пластичном состоянии	0,2
—— " —— —— " —— в текучем состоянии	0,075
Илы (в зависимости от плотности)	0,01-0,05

Разбивка свай в основании внецентренно нагруженного ростверка

Тип свай	Разбивка
При сваях-стойках При висячих сваях (при $C \geq 6d$)	Производится в соответствии с расчетной эпюрой давления в пределах ростверка
При висячих сваях (при $C \leq 6d$)	производится равномерно в пределах ростверка

Указания по расчету свай

В необходимых случаях производится расчет осадок оснований из висячих свай аналогично расчету осадок фундаментов на естественном основании, принимая за подошву основания условного фундамента плоскость нижних концов свай.

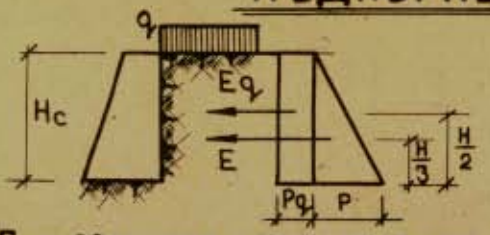
Расчет свай на продольный изгиб производится для той части глубины, в пределах которой залегают пласты слабых грунтов.

Размеры и марки бетона свай в зависимости от сопротивляемости грунтов при забивке свай

Размеры свай		Марки бетона свай в грунтах			Размеры свай	
ℓ м	$d \times d$ см	легко проходимых	средней проходимости	трудно проходимых	$d \times d$ см	ℓ м
5	20×20	170	170	170	30×30	5
6						6
7	25×25	170	170	200		7
8						8
9	30×30	170 / 200	200	200 / 250	35×35	9
10						10
11			200			11
12						12
13	35×35	200 / 250	250	250 / 300	40×40	13
14						14
15			250			15
16						16
17	40×40	250 / 300	300	300	45×45	17
18						18
19						19
20			300			20
21						21
22	45×45	300				22
23						23
24						24
25						25

ГОСТы ГОСТ 5305-50 Основания свайные. Нормы проектирования
ГОСТ 5686-51 Сваи пробные. Методы испытаний

Подпорные стенки



$$P = K \cdot H_c \qquad P_q = K\frac{q}{\gamma}$$

$$E = K\frac{H_c^2}{2} \qquad E_q = K\frac{q H_c}{\gamma}$$

$$K = \gamma\, tg^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

P — ордината давления грунта на стенку на глубине H_c,
P_q — ордината давления на стенку от временной нагрузки,
E — равнодействующая давления грунта на стенку,
E_q — равнодействующая давления грунта от временной нагрузки,
H_c — высота подпорной стенки,
q — интенсивность равномерно распределенной временной нагрузки,
γ — объемный вес грунта,
φ — угол естественного откоса,
K — табличный коэффициент.

NN	Наименование грунта	γ т/м³	$\varphi°$	K
1	Песок крупнозернистый сухой	1,5	35	0,407
	Песок мелкозернистый сухой	1,6	35	0,434
	Песок мелкозернистый естеств. влажн.	1,8	40	0,391
	Песок мелкозернистый насыщен. влажн.	2,0	25	0,812
2	Галька угловатая	1,8	45	0,309
	Галька округлая	1,9	30	0,633
3	Каменный щебень мокрый	1,6	30	0,533
	Каменный щебень мокрый	1,6	40	0,348
4	Насыпная земля разрыхленная сухая	1,4	40	0,304
	Насыпная земля разрыхлен. естеств. влаж.	1,6	45	0,275
	Насыпная земля разрыхлен. насыщен. влажн.	1,8	30	0,600
	Насыпная земля утрамбованная, сухая	1,7	40	0,370
	Насыпная земля утрамбов. естеств. влажн.	1,9	35	0,515
5	Суглинок разрыхленный сухой	1,5	40	0,326
	Суглинок разрыхленный естеств влажн.	1,6	45	0,275
	Суглинок разрыхленный, насыщен. влаж.	2,0	20	0,980
	Суглинок утрамбованный сухой	1,8	40	0,391
	Суглинок утрамбованн. естеств. влажн.	1,9	70	0,059
6	Глина разрыхленная сухая	1,6	40	0,348
	Глина разрыхленная мокрая	2,0	20	0,980
	Глина плотная естествен. влажн.	2,5	70	0,078

ГИ

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Гидроизоляционные материалы — мастики:

Мастика битумная кровельная ГИ1
Мастика дегтевая кровельная ГИ1

Гидроизоляционные рулонные материалы:

Дегтевые материалы из кровельного картона:
Толь кровельной беспокровный ГИ2
Толь кровельный с песочной посыпкой ГИ2
Толь с крупнозернистой посыпкой ГИ2
Битумные материалы из кровельного картона:
Пергамин кровельный ГИ2
Рубероид ГИ2
Рубероид с крупнозернистой посыпкой ГИ2
Специальные рулонные материалы:
Гидроизол ГИ2
Ткани гидроизоляционные ГИ2
Металлоизол ГИ2
Борулин ГИ2
Борулин пластифицированный ГИ2
Основные указания по гидроизоляционным материалам ГИ3
Указания по применению гидроизоляционных материалов . . . . . ГИ4—ГИ6
Защита зданий от грунтовой влаги:
Гидроизоляция зданий без подвала ГИ7
Гидроизоляция зданий с подвалом ГИ7

Типы гидроизоляций:

Обмазочная гидроизоляция ГИ8
Оклеечная гидроизоляция ГИ8
Асфальтовая гидроизоляция ГИ8
Детали узлов ГИ9
Детали плоских кровель ГИ10, ГИ11

I Гидроизоляционные материалы-мастики

1 Мастика битумная кровельная (горячая) ГОСТ 2889-51.

Мастика представляет собой смесь, состоящую из нефтяных битумов и наполнителей (асбест, тальк).

Область применения мастик различных марок

Назначение	Уклон кровли	Температура воздуха в тени (наивысшая)	Марка мастики
Для приклеивания битумных рулонных материалов	≤ 20%	$t_{max} = +38°$ $t_{max} = +45°$	МБК-Г-65 МБК-Г-75
	> 20%	$t_{max} = +38°$ $t_{max} = +45°$	МБК-Г-75 МБК-Г-85
Для покрытия уложенных битумных рулонных материалов с засыпкой слоем гравия, шлака и т.д.	≤ 10%	$t_{max} = +38°$ $t_{max} = +45°$	МБК-Г-65 МБК-Г-75
Для покрытия уложенных битумных рулонных материалов без засыпки слоем гравия, шлака и т.д.	≤ 20%	$t_{max} = +38°$ $t_{max} = +45°$	МБК-Г-75 МБК-Г-85
	> 20%	$t_{max} = +38°$ $t_{max} = +45°$	МБК-Г-85 МБК-Г-90
Для обмазочной пароизоляции и для изоляции фундаментов допускаются мастики			МБК-Г-65 МБК-Г-75

2 Мастика дегтевая кровельная (горячая) ГОСТ 3580-51.

Мастика представляем собой смесь, состоящую из каменноугольных пеков (или из сплавов пека с каменноугольным дегтем или маслом) и наполнителей.

Область применения мастик различных марок

Назначение	Уклон кровли	Температура воздуха в тени (наивысшая)	Марка мастики
Для приклеивания дегтевых рулонных материалов	≤ 20%	$t_{max} = +38°$ $t_{max} = +45°$	МДК-Г-50 МДК-Г-60
	> 20%	$t_{max} = +38°$ $t_{max} = +45°$	МДК-Г-60 МДК-Г-70
Для покрытия уложенных дегтевых рулонных материалов с засыпкой слоем гравия, шлака и т.д.	≤ 10%	$t_{max} = +38°$ $t_{max} = +45°$	МДК-Г-50 МДК-Г-60
Для покрытия уложенных дегтевых рулонных материалов без засыпки слоем гравия, шлака и т.д.	≤ 20%	$t_{max} = +38°$	МДК-Г-70
Для обмазочной пароизоляции и для изоляции фундаментов, если по проекту не требуется более высокая теплостойкость.			МДК-Г-60 МДК-Г-70

II Гидроизоляционные рулонные материалы

1 Дегтевые материалы из кровельного картона

Изготовляются путем пропитки картона каменноугольными или сланцевыми дегтевыми продуктами.

а) Толь кровельный беспокровный (толь-кожа) ГОСТ 1887-51

б) Толь кровельный с песочной посыпкой ГОСТ 1886-52

изготовляется с оставлением поверхностных пленок пропиточной массы на обеих сторонах полотна с последующей их посыпкой кварцевым песком.

в) Толь с крупнозернистой посыпкой ..... ГОСТ 5176-54

изготовляется с последующим покрытием с двух сторон слоем более тугоплавких дегтевых продуктов с введенными в них минеральными наполнителями и нанесением на лицевую поверхность крупнозернистой минеральной посыпки.

г) Битумные материалы из кровельного картона

изготовляются путем пропитки картона мягкими нефтяными битумами.

а) Пергамин кровельный ..... ГОСТ 2697-51

б) Рубероид ..... ГОСТ 2165-51

Изготовляется с последующим покрытием тугоплавкими нефтяными битумами с одной или двух сторон (рубероид односторонний, рубероид двухсторонний).

в) Рубероид с крупнозернистой посыпкой ГОСТ 4867-54

изготовляется с последующим покрытием с двух сторон слоем более тугоплавких битумов и нанесением на лицевую поверхность крупнозернистой минеральной посыпки.

3. Специальные рулонные материалы

а) Гидроизол (ГОСТ 7415-55) - беспокровный материал изготовленный путем пропитки асбестовой бумаги нефтяными окисленными битумами.

б) Ткани гидроизоляционные – хлопчатобумажные, джутовые или асбестовые, пропитанные нефтяным битумом с температурой размягчения не ниже 50°, и ткани джутовые, пропитанные и покрытые битумами.

в) Металлоизол – алюминевая фольга, покрытая с обеих сторон слоем нефтяного битума (иногда в смеси с распушенными асбестовыми волокнами).

г) Борулин – изготовляется тщательным смешиванием на вальцах высушенных асбестовых волокон и подогретого битума с последующей прокаткой смеси.

е) Борулин пластифицированный

Изготовляется с добавкой нефтяных масел, обладает повышенной пластичностью.

III Основные указания по гидроизоляционным материалам

1. Для рулонных материалов из кровельного картона как дегтевых, так и битумных применяется: „картон кровельный" ГОСТ 3135-52.

2. Битумные материалы лучше сопротивляются вредному воздействию солнечных лучей и других атмосферных факторов и дают более прочную и долговечную кровлю, чем дегтевые материалы.

3. Дегтевые материалы более стойки по отношению к загниванию во влажной среде, так как содержат антисептирующие вещества (феноль) и при отсутствии прямого действия солнечного света более долговечны, чем битумные материалы.

4. Сочетания битумных и дегтевых материалов недопустимо: например, нельзя класть рубероид на дегтевой мастике или толь на битумной мастике.

5. Гидроизоляционные материалы из обычных битумокартонов и дегтекартонов имеют ряд недостатков:
   а) невысокую прочность,
   б) недостаточную растяжимость (при температурных и других деформациях в гидроизоляции могут образовываться разрывы),
   в) большое водопоглащение, набухание,
   г) возможное загнивание картонной основы.

6) Специальные гидроизоляционные рулонные материалы обладают более высокими качествами по сравнению с битумными и дегтевыми материалами. Гидроизол имеет асбестовую основу и поэтому не гниет и более долговечен, чем обычные битумокартоны.
Гидроизоляционные ткани обладают повышенным сопротивлением разрыву (вдвое большим, чем гидроизол), а также высокой гибкостью и растяжимостью. Недостаток металлоизола – возможность коррозии алюминия при действии вод, содержащих извести. Борулин-пластичен, имеет малое водопоглащение, значительную водонепроницаемость, но прочность на растяжение невысока.

IV Указания по применению гидроизоляционных материалов.

1. Толь кровельный беспокровный (толькожа) марки ТК-350-200 ширина полотна 750 и 1000 мм

Основное назначение

а) Для нижних слоев кровельного ковра.
б) Для пароизоляционных слоев, не соприкасающихся непосредственно со штукатуркой.

Допускаемое применение

а) Для верхнего слоя кровельного ковра при условии покрытия его горячей дегтевой мастикой с засыпкой сплошным слоем гравия, шлака или защитой плитками.
б) В качестве гидроизоляционного материала в зданиях и сооружениях II и III классов.
в) В качестве подкладочного материала под толь кровельный с песочной посыпкой, плитки асбоцементные и черепицу.

Приклеивающим и покровным материалом служит мастика дегтевая кровельная (горячая) ГОСТ 3580-51.

2 Толь кровельный с песочной посыпкой марки ТП-350-300 ширина полотна 750 и 1000 мм

Основное значение

а) Для верхнего слоя кровельного ковра с засыпкой сплошным слоем гравия или защитой плитками.

Допускаемое применение

а) Для кровель временных сооружений при кладке на горячих мастиках и на гвоздях.
б) В качестве гидроизоляционного материала в зданиях и сооружениях II и III классов.

Приклеивающим материалом служит мастика дегтевая кровельная (горячая) ..... ГОСТ 3580-51

3 Толь с крупнозернистой посыпкой

Ширина полотна 650 и 1050 мм

Основное назначение

а) Для верхнего слоя кровельного ковра малоэтажных жилых зданий II и III классов при укладке на горячих мастиках.

Приклеивающим материалом служит мастика дегтевая кровельная (горячая) ..... ГОСТ 3580-51

4 Пергамин кровельный
марки П-350-200 Ширина полотна 750 и 1000 мм.

Основное назначение

а) Для нижних слоев кровельного ковра в качестве подкладочного материала под рубероид при укладке на горячей мастике.

б) В качестве подкладочного материала под листы фасонные битумные, плитки асбоцементные и черепицу.

Приклеивающим и покровным материалом служит мастика битумная кровельная (горячая) ГОСТ 2889-51.

5. Рубероид с мелкой минеральной посыпкой
(посыпка с двух сторон)

Марки: При покрытии битумом с двух сторон РМ 500, РМ 350
" " " с одной стороны РОМ 500, РОМ 350.

Ширина полотна 750 и 1000 мм.

Основное назначение РМ-500-350

Для верхнего и нижнего слоев кровель зданий I и II классов при укладке на холодных мастиках.

Основное назначение РОМ-500-350

Для верхнего слоя кровель зданий I и II классов при укладке на горячих мастиках ГОСТ 2889-51.

Допускаемое применение РМ и РОМ

Для гидроизоляции.

6. Рубероид с чешуйчатой посыпкой
(посыпка с одной стороны)

Марки: При покрытии битумом с двух сторон Р4-500, Р4-350,
" " " с одной стороны Р04-500, Р04-350.

Ширина полотна 750 и 1000 мм.

Основное назначение Р4-500-350

Для верхнего слоя кровель зданий I и II классов и малоэтажных жилых зданий при укладке на холодных мастиках.

Основное назначение Р04-500-350

Для верхнего слоя кровель зданий I и II классов и малоэтажных жилых зданий при укладке на горячих мастиках ГОСТ 2889-51.

7 Рубероид с крупнозернистой посыпкой

Ширина полотна 650 и 1050 мм.

Основное назначение

а) Для верхнего слоя кровельного ковра зданий I и II классов и малоэтажных жилых зданий.

Приклеивающим материалом являются:
мастика битумная кровельная (горячая) ГОСТ 2889-51,
мастика битумная кровельная холодная.

8 Гидроизол

марки Ги-1, Ги-2 Ширина полотна 950 мм.

Основное назначение

а) Для устройства гидроизоляционного слоя в подземных и других сооружениях.

б) Для устройства защитного противокоррозионного покрытия на металлических трубопроводах (кроме теплопроводов).

в) Для гидроизоляции плоских кровель.

Приклеивающим материалом являются нефтяные окисленные битумы.

9. Ткани гидроизоляционные

Основное назначение

а) Для многослойной оклеечной гидроизоляции повышенной прочности (в частности для конструкции со сложным очертанием поверхностей).

10 Металлоизол

Основное назначение

Для оклеечной гидроизоляции при требовании повышенной прочности (подземные и гидротехнические сооружения I класса) в комбинации с другими изоляционными материалами.

Металлоизол применяется только в условиях, исключающих возможность коррозии его основания.

11. Борулин

марки Б и БП (пластифицированный).

Основное назначение

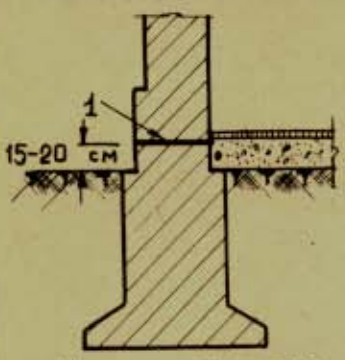
а) Для гидроизоляции трубопроводов канального и бесканального типов

б) Для плоских кровель.

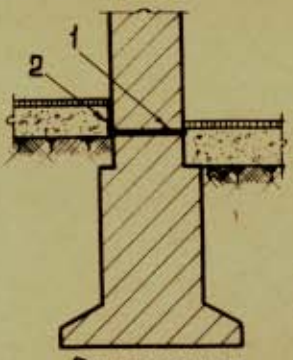
Борулин БП допускается укладывать при t — 10°
Борулин Б " " " t + 5°

V Защита зданий от грунтовой влаги

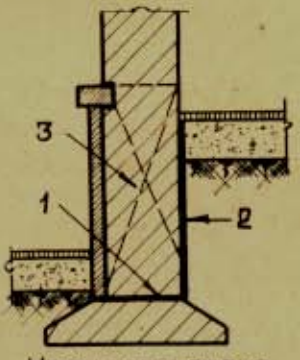
А. Гидроизоляция зданий без подвала.



Наружная стена с цоколем без облицовки



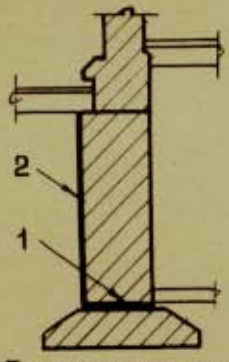
Внутренняя стена



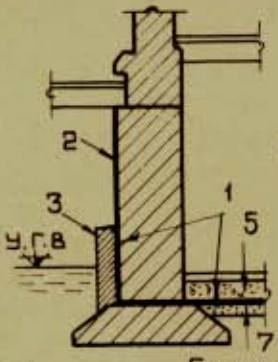
Наружная стена с облицованным цоколем

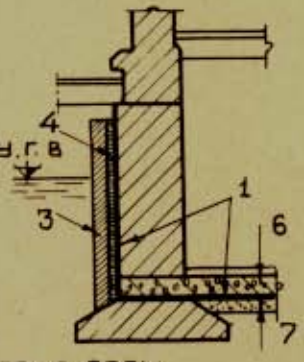
1. Гидроизоляционный слой.
2. Двойной слой битума.
3. Кладка на цементном растворе.

Б. Гидроизоляция зданий с подвалом



Грунтовые воды ниже пола подвала.





Грунтовые воды выше пола подвала.

1. Гидроизоляционный слой.
2. Двойной слой битума (обмазка).
3. Мятая жирная глина 25 см.
4. Кладка из кирпича-железняка 12 см.
5. Слой нагрузочного бетона.
6. Железобетонная плита (при напоре ⩾ 50 см).
7. Бетонная подготовка.

У.Г.В – уровень грунтовых вод.

Гидроизоляционный слой должен быть сплошным и непрерывным и наклеиваться по выравненной раствором поверхности.

Стены запрещается засыпать землей выше гидроизоляционного слоя

При наличии грунтовых вод их уровень во время производства работ должен быть понижен не менее чем на 50 см, считая от нижней отметки гидроизоляции.

VI Типы гидроизоляции

1. Обмазочная гидроизоляция

Обмазочная гидроизоляция выполняется не менее чем в 2 слоя из горячих мастик, приготовленных из черного вяжущего и наполнителя или из чистого битума.

Поверхность под гидроизоляцию выравнивается и огрунтовывается.

Изоляция должна быть сплошной без раковин, трещин, вздутий и отставаний.

2. Оклеечная гидроизоляция

Оклеечная гидроизоляция выполняется из гнилостойких рулонных материалов: гидроизол, металлоизол (при отсутствии воздействий щелочной среды), толь с песочной посыпкой, толь беспокровный, борулин, рубероид с антисептированной или любой другой негниющей основой.

Количество слоев изоляции определяется проектом. При наличии гидростатического напора должно наклеиваться не менее трех слоев.

Все слои должны плотно склеиваться между собой.

Перед наклейкой ковра основание очищается от пыли и мусора; цементное основание огрунтовывается холодной грунтовкой.

Расположение одного шва над другим в смежных слоях и наклейка рулонных материалов во взаимно перпендикулярном направлении не допускается.

После устройства и освидетельствования изоляции ее следует сразу же покрывать защитной конструкцией.

3. Асфальтовая гидроизоляция.

Асфальтовая гидроизоляция применяется для защиты конструкций от капилярной влаги и при устройстве полов в мокрых цехах, банях и т.п.

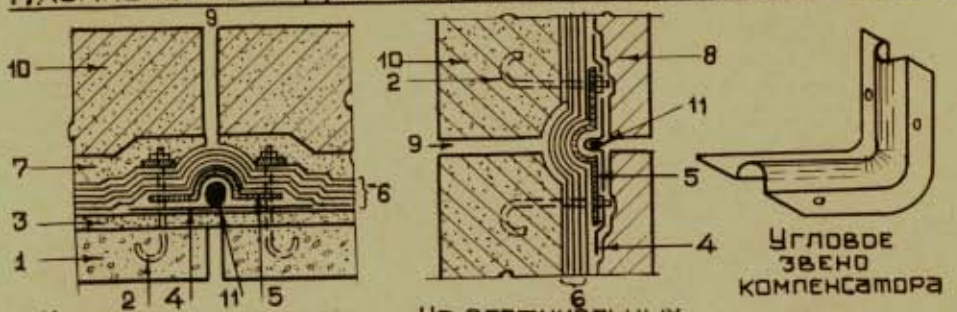
Асфальтовая гидроизоляция выполняется из литого или жесткого асфальтобетона, который укладывается сплошным плотным слоем.

Поверхность под изоляцию очищается от мусора и пыли и огрунтовывается холодной грунтовкой; при укладке жесткого асфальтобетона поверхность основания после высыхания грунтовки окрашивается горячей мастикой.

Укладка асфальтовой смеси на горизонтальные поверхности изолируемых конструкций производится с уплотнением смеси вибрацией.

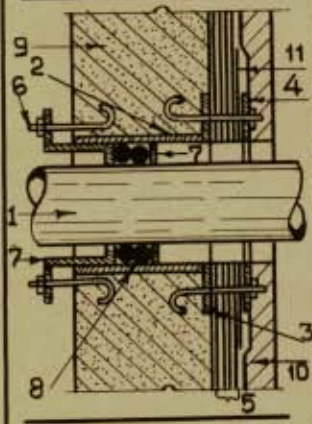
VII Детали узлов

А Компенсаторы для изоляции деформационных швов



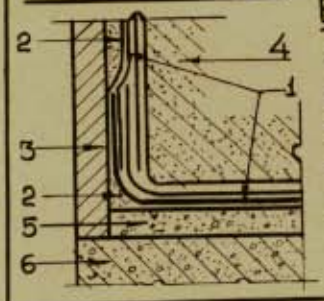
1.— Бетонная подготовка.
2.— Анкерные болты.
3.— Выравнивающая стяжка (15–25 мм).
4.— Дополнительный слой рулонного материала.
5.— Металлический компенсатор (лист толщиной 1–2 мм).
6.— Основные слои гидроизоляционного ковра.
7.— Защитная стяжка (30–50 мм).
8.— Защитная стенка.
9.— Деформационный шов.
10.— Изолируемая конструкция.
11.— Просмоленный жгут.

Б Гидроизоляция у закладных частей

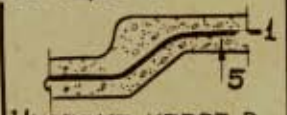


1.— Труба.
2.— Закладная часть (отрезок трубы).
3.— Фланец.
4— Накладка.
5.— Гидроизоляционный ковер.
6.— Крепежные болты.
7— Зажимное кольцо сальника и упор.
8— Уплотняющая набивка.
9.— Изолируемая конструкция.
10.— Защитная стенка.
11.— Дополнительный слой гидроизоляции.

В Детали оклеечной гидроизоляции



1.— Гидроизоляционный ковер.
2.— Раствор.
3.— Наружная кирпичная облицовка.
4.— Кладка стен подвала.
5.— Бетонная подготовка.
6.— Кладка фундамента



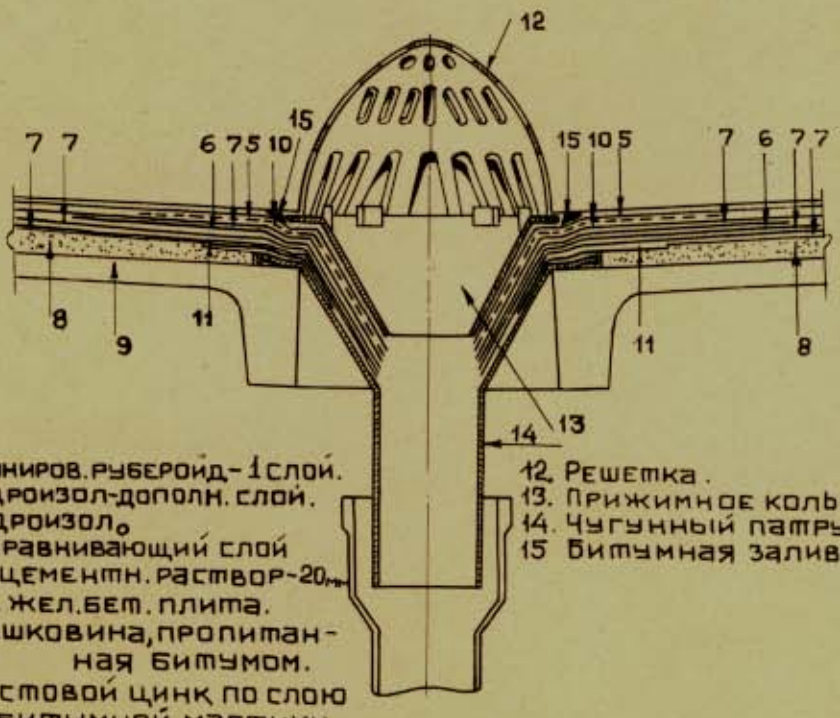
Укладка ковра в месте перегиба.

VIII Детали плоских крыш

А Неэксплуатируемые крыши

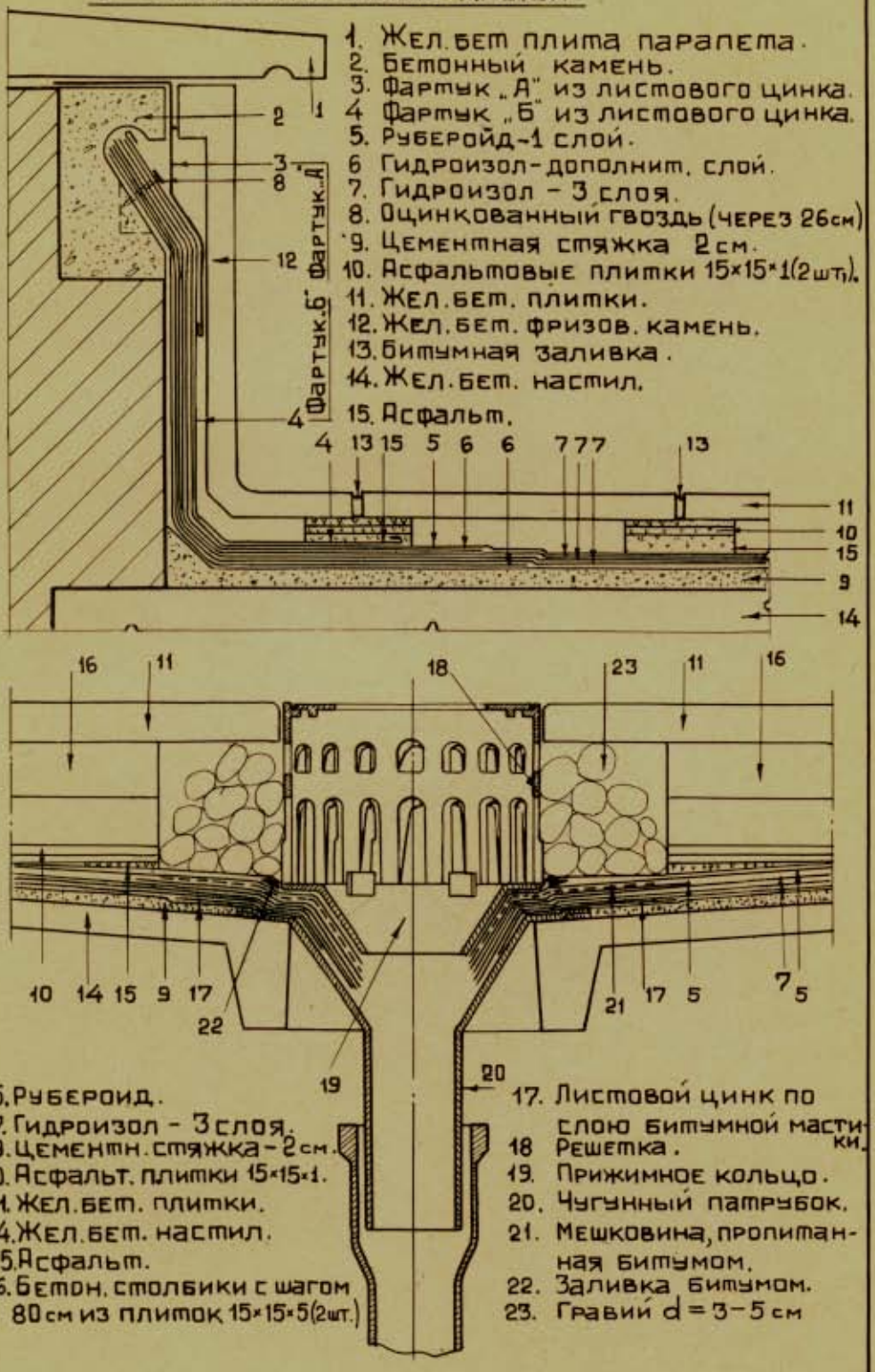
⁄. чердачные ⁄.

1. Жел. бет. плита парапета.
2. Бетонный камень.
3. Фартук „А" из листового цинка.
4. Фартук „Б" из листового цинка.
5. Бронированный рубероид – 1 слой.
6. Гидроизол-дополнительный слой.
7. Гидроизол – 3 слоя.
8. Выравнивающий слой – цементный раствор – 20 мм.
9. Сб. жел. бет. плита.



5. Брониров. рубероид – 1 слой.
6. Гидроизол-дополн. слой.
7. Гидроизол.
8. Выравнивающий слой цементн. раствор-20мм.
9. Сб. жел. бет. плита.
10. Мешковина, пропитанная битумом.
11. Листовой цинк по слою битумной мастики.
12. Решетка.
13. Прижимное кольцо.
14. Чугунный патрубок.
15. Битумная заливка.

б Эксплуатируемые крыши



ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Настоящий раздел справочника составлен
инж. **Видгольц О. М.** и
инж. **Мичуриным В. Ф.**

ОГЛАВЛЕНИЕ

Основные положения ЗИ1
Нормативные требования к звукоизоляции ограждающих конструкций от воздушного шума ЗИ2, ЗИ3
Ударный шум ЗИ4
Типы упругих прокладок ЗИ4
Материалы для упругих прокладок под полы ЗИ4
Воздушный шум ЗИ5
Кривые для определения средней звукоизолирующей способности от воздушного шума акустически однородных конструкций ЗИ6
Звукоизолирующее влияние воздушных прослоек . . . ЗИ7
Звукоизолирующее влияние дверей и окон ЗИ7, ЗИ8
Конструктивные указания по обеспечению требуемой звукоизолирующей способности ограждений . . . ЗИ9—ЗИ11

Предисловие

Настоящий раздел справочника составлен в соответствии с проектом инструкции по звукоизоляции жилых и общественных зданий, разработанной в 1957г Академией Строительства и Архитектуры СССР, взамен инструкции И-104-53.

В проекте инструкции приняты единая унифицированная методика измерений и более усовершенствованная нормативная оценка звукоизоляции ограждающих конструкций зданий.

Основные положения

Уровень силы звука или звукового давления является физической характеристикой звука или шума и измеряется в

ДЕЦИБЕЛАХ (ДБ)

Звукоизолирующая способность ограждающих конструкций — перегородок, перекрытий, также измеряется в

ДЕЦИБЕЛАХ (ДБ)

и характеризует собой то количество децибел, на которое уменьшается громкость звука или шума при проникновении его из одного помещения в другое через ограждающую конструкцию.

Наличие в ограждающей конструкции щелей или отверстий снижает звуко-
- изолирующую способность этой огражда-
- ющей конструкции, создавая иные пути для проникновения звука или шума.

Нормативные требования к звукоизоляции ограждающих конструкций

Таблица требуемой средней звукоизолирующей способности от воздушного шума (в децибелах)

Тип здания	Наименование ограждающих конструкций		„Дб"
Жилые здания	Стены и перегородки	Межквартирные	48
		Отделяющие жилые комнаты от лестничных клеток, помещений общественного пользования и подсобных (конторские помещения, красные уголки, кухни, санузлы и т. п.)	48
		Разделяющие жилые комнаты в квартире	40
	Междуэтажн. перекрытия	Разделяющие жилые комнаты	48
		Отделяющие жилые комнаты от помещений общественного пользования и подсобных (конторские помещения, красные уголки, кухни, санузлы и т.п.)	48
Общежития	Стены и перегородки	Разделяющие жилые комнаты	48
		Отделяющие жилые комнаты от санузлов, кухонь помещений общественного пользования (конторские помещения, красные уголки, гостинные, вестибюли) и лестничных клеток	48
	Междуэтажн. перекрытия	Разделяющие жилые комнаты	48
		Отделяющие жилые комнаты от помещений общественного пользования и подсобных (конторские помещения, красные уголки гостинные, вестибюли, санузлы, кухни и т.п.)	48
Гостиницы	Стены и перегородки	Разделяющие номера	44
		Отделяющие номера от санитарных узлов общего пользования, лестничных клеток и помещений общественного пользования и подсобных (вестибюли, залы ресторанов, столовые, конторские помещения, кухни, моечные)	48
	Междуэтажн. перекрытия	Разделяющие номера	48
		Отделяющие номера от помещений общественного пользования и подсобных (вестибюли, залы ресторанов, столовые, конторские помещения, кухни, моечные).	48

Тип здания	Наименование ограждающих конструкций		Дб"
Административные здания с конторскими помещениями	Стены и перегородки	Разделяющие соседние конторские помещения	40
		Отделяющие кабинеты от соседних кабинетов и конторских помещений.	42
		Отделяющие кабинеты и конторские помещения от лестничных клеток, помещений общественного пользования и подсобных (вестибюли, залы, библиотеки, красные уголки, столовые, санузлы)	48
	Междуэт. перекрыт.	Разделяющие кабинеты, конторские помещения между собой и от других помещений общественного пользования и подсобных (вестибюли, залы, библиотеки, красные уголки, столовые, санузлы и т.п.)	44
Общеобразовательные школы	Стены и перегородки	Разделяющие классы	44
		Отделяющие классы от санузлов, лестничных клеток и других помещений школы	48
		Отделяющие читальные залы от других помещений	48
		Отделяющие жилые помещения от других помещений школы	48
	Междуэт. перекрыт.	Разделяющие классы между собой и отделяющие их от других помещений школы	44
		Отделяющие жилые помещения от других помещений школы.	48
Больницы	Стены и перегородки	Разделяющие палаты	42
		Отделяющие палаты от других помещений и лестничных клеток	44
		Разделяющие кабинеты врачей между собой и отделяющие их от других помещний больницы	44
		Отделяющие операционные от других помещений больницы.	48
		Отделяющие жилые помещения от других помещений больницы	48
	Междуэт. перекрытия	Разделяющие палаты и отделяющие их от других помещений	44
		Отделяющие операционные от других помещений	48
		Отделяющие жилые помещения от других помещений	48

Нормативные требования к перегородкам относятся только к конструкциям, не имеющим окон и дверей.

Ударный шум

Все однородные конструкции перекрытий и конструкции, состоящие из слоев различных жестких материалов, плотно связанных между собой (без воздушных прослоек) являются весьма звукопроводными в отношении ударного шума и не отвечают нормативным требованиям.

В целях повышения звукоизолирующей способности перекрытий от ударного шума применяются упругие прокладки.

Типы упругих прокладок

1) отдельные прокладки,
2) сплошные ленты,
3) сплошные прокладки по всей площади или засыпка по всей площади.

Материалы для упругих прокладок под полы

NN п/п	Наименование материалов	Толщина см	Объемный вес в кг/м³
1	Маты из стеклянной ваты	2,5-3	50-100
2	Минеральный войлок на синтетической связке	2,5-3	125-150
3	Маты из минеральной ваты	3	125-150
4	Плиты „Кордин"	3-3,5	300
5	Профилированные древесно-волокнистые мягкие плиты	2,5	200-250
6	Минераловатные плиты „КЧ"	3	300-350
7	Минеральная пробка	3	300-350
8	Изоляционные асбоцементные плиты	3	300-350
9	Древесноволокнистые мягкие плиты	2,5	200-250
10	Засыпка из шлака с крупностью частиц от 0,5 до 1,5 см	6-8	800-900
11	Засыпка из песка	6-8	1600-1700

Материалы, обеспечивающие нормативную звукоизоляцию от ударного шума

	Тип перекрытий	типы прокладок (см ЗИ-4)
А	Перекрытия, разделяющие жилые комнаты в жилых домах, гостиницах, общежитиях и операционные в больницах	1, 2, 3 и 5 *) 4 **) 6, 7, 8, 9, 10 и 11
Б	Перекрытия, разделяющие классы в школах, кабинеты, конторские помещения в административных зданиях и палаты в больницах	6, 7, 8, 9, 10 и 11

*) применяются только в беспустотных полах в виде сплошного слоя.

**) допускается применять при замене паркета линолеумом на слое полутвердой древесноволокнистой плиты толщиной 0,8 см.

Слоистые полы, состоящие из:
мягкой древесноволокнистой плиты толщиной 2,5 см,
полутвердой » — » — » — » — 0,8 см и
твердой » — » — » — » — 0,4 см,
при паркете на битуме относятся к группе Б,
при замене паркета – линолеумом » — » — А.

Рекомендации применения упругих прокладок от ударного шума относятся к перекрытиям, имеющим железобетонную несущую часть весом не менее 180 кг/м^2.

Воздушный шум

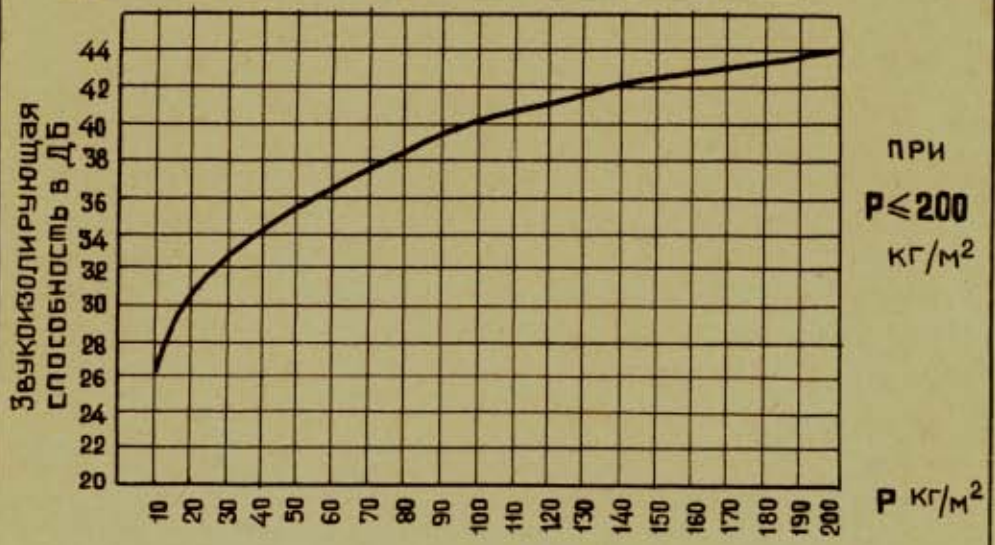
Звукоизолирующая способность однородных ограждающих конструкций, в зависимости от веса, определяется по графику (ЗИ-6)

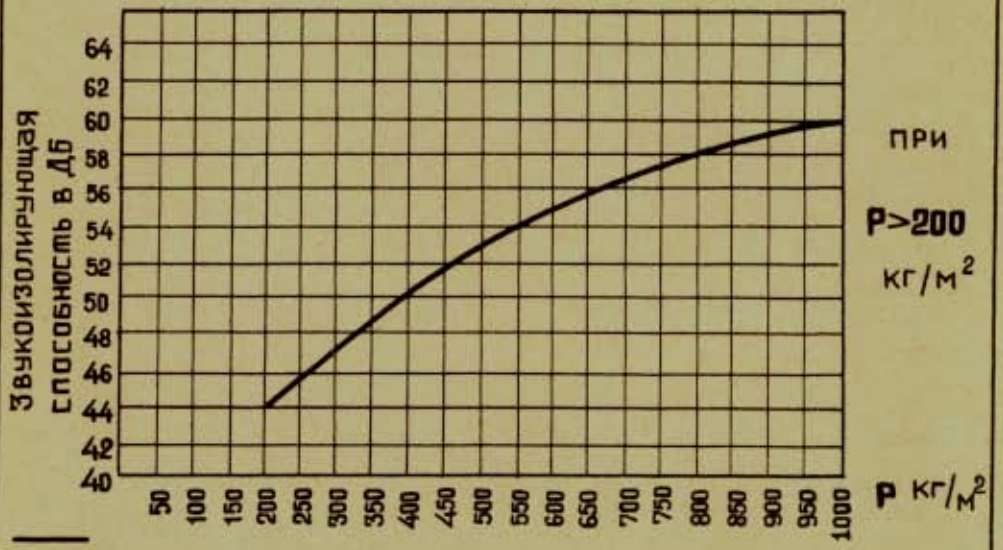
Какустически однородным конструкциям относятся также конструкции, состоящие из нескольких слоев разнородных материалов, жестко связанных между собой.

Для таких конструкций звукоизолирующая способность определяется по суммарному весу 1 м^2 по графику (ЗИ-6).

При определении веса 1 м^2 ограждения не учитывается вес ребер и вес частей ограждения, заделываемых в другие ограждающие конструкции.

Кривые для определения средней звукоизолирующей способности от воздушного шума акустически однородных ограждающих конструкций





Средняя звукоизолирующая способность двойных стен со сплошной воздушной прослойкой (без жестких связей) определяется по суммарному весу обеих стенок (по графику) и к полученному результату добавляется значение дополнительного звукоизолирующего эффекта воздушной прослойки (см. таблицу ЗИ-7).

Звукоизолирующее влияние воздушных прослоек

Толщина воздушной прослойки в см	3	4	5-6	7-8	9
Звукоизолирующее влияние воздушной прослойки в Дб	1	3	5	6	7

Звукоизолирующее влияние дверей и окон

Звукоизолирующая способность конструкций, имеющих двери или окна, обуславливается главным образом звукоизоизоляционными качествами двери или окна.

Средняя звукоизолирующая способность глухой части перегородки, имеющей дверь, должна быть на 10 Дб более звукоизолирующей способности двери.

Дальнейшее увеличение звукоизолирующей способности глухой части ограждения дает незначительный эффект.

Средняя звукоизолирующая способность дверей

Тип дверей	толщина		Дб
	филенки или щита	стекла	
Двери с толщиной филенок или щита от 10 мм до 45 мм остекленной со стеклом от 2 мм до 8 мм	10 – 15	2	16
	20 – 30	3-4	18
	30 – 45	6-8	20

Указанные значения относятся к дверям с хорошо выполненными притворами:

просвет между дверью и коробкой ≤ 1 мм,

— „ — — „ — — „ — и полом ≤ 5 мм.

Средняя звукоизолирующая способность двойных дверей (две двери в одном проеме) выше одинарной той же конструкции, примерно, на 10 Дб.

Средняя звукоизолирующая способность окон

Тип окон	толщина стекла	Дб
Окна с двойными переплетами при расстоянии между ними 100 – 120 мм	2	26
	4	30
Окна со спаренными переплетами	2	22
	4	26

Основным мероприятием по увеличению звукоизолирующей способности дверей и окон является уменьшение воздухопроницаемости дверных и оконных проемов. Увеличение звукоизолирующей способности оконных и дверных проемов достигается следующими мероприятиями:

а) Применением хорошо высушенной древесины (влажность до 12%) с тщательной плотной пригонкой дверей и окон в притворах к коробкам.

б) Применением в притворах уплотняющих прокладок из профилированной резины, резины с замкнутыми порами, фетра и т.п. и уплотнением щели под дверью устройством порога или фартука-волокуши. Полотна дверей, ведущих из лестничной клетки в квартиру, рекомендуется обивать тканью по войлоку с устройством наплывов из этой ткани над шелями по периметру двери.

Увеличение звукоизолирующей способности окон и дверей в децибелах (дБ)

Мероприятия		дБ
Уплотнение прокладками притворов оконных переплетов.	Уплотнение одного переплета	5
	Уплотнение двух переплетов	7
Уплотнение прокладками притворов полотен дверей.	При наличии порога с уплотняющей прокладкой	7
	При наличии фартука – волокуши	5
Увеличение расстояния между переплетами окон.	от 100 до 200 мм	4
	от 100 до 300 мм	6
Применение дверей слоистой конструкции *)	при наличии порога	≥ 25
	При применении уплотняющих прокладок	≥ 30

*) Двери слоистой конструкции состоят из деревянного каркаса, облицованного жесткими древесноволокнистыми плитами или трехслойной фанерой с заполнением из стеклянной ваты или минерального войлока.

Конструктивные указания по обеспечению требуемой звукоизолирующей способности ограждений

1. Все помещения, являющиеся источником шума, не должны примыкать непосредственно к помещениям, требующим тишины; например, мусоропроводы, лифтовые шахты, трубопроводы водоснабжения и канализации не должны примыкать к жилым комнатам.
2. Однородные конструкции стен и перегородок рекомендуется для уменьшения веса, когда это возможно, заменять на конструкции, состоящие из двух стенок с воздушной прослойкой толщиной не менее 5 см.
3. Звукоизолирующая способность однородных конструкций стен и перегородок может быть повышена устройством с двух сторон сухой штукатурки на относе из полутвердых древесноволокнистых плит или гипсовой штукатурки с воздушной прослойкой 2,5–3 см.
   Такая облицовка повышает среднюю звукоизолирующую способность от воздушного шума на 3 Дб.
4. Перегородки должны устанавливаться непосредственно на несущие конструкции перекрытий на слое раствора.
   При наличии подпольных пространств под низом перегородки по всей ее длине устраивается вертикальная диафрагма (заглушка) из бетона, кирпича или других материалов толщиной не менее толщины перегородки.
5. Места сопряжений перегородок между собой, со стенами, перекрытиями и каркасом зданий должны обеспечивать возможность их плотной заделки. Рекомендуется перегородки заводить в толщу стен в борозды или штрабы. Места примыкания тщательно проконопачиваются паклей или минеральным войлоком, смоченным гипсовым раствором, и заделываются раствором.

При примыкании перегородок к стенам впритык оставляется зазор 10-15 мм по всей высоте перегородки. Зазор проконопачивается паклей или минеральным войлоком, смоченным гипсовым раствором.
Конопатка делается не на всю толщину перегородки. Зазор, не заполненный конопаткой, с каждой стороны перегородки на 2-3 см заделывается снаружи раствором.

6 В полах беспустотной конструкции на упругих прокладках последние укладываются насухо, без раствора, впритык.
При устройстве полов по лентам и отдельным прокладкам из упругих материалов ленты и прокладки приклеиваются к несущей части перекрытия мастикой.
При устройстве полов на упругих прокладках последние не должны увлажняться или пропитываться раствором. Прокладки не следует прибивать к лагам.
В местах примыкания полов на упругих прокладках или засыпках к стенам, перегородкам или к каркасу следует оставлять зазор 1-1,5 см, заполняемый упругими прокладками.
Плинтусы следует крепить только к перегородкам или только к полу.

7 Решение сопряжений панелей перекрытий между собой должно обеспечивать плотную заделку раствором или бетоном.
Рекомендуется боковые грани панелей делать профильного очертания, дающего возможность получить сопряжение шпоночного вида.
Панели следует заводить в толщу стен, к которым они примыкают.
В случае примыкания панелей к стенам впритык, рекомендуется делать боковые грани панелей профильного очертания или скошенными.
Зазор между панелью и стеной проконопачивается паклей или минеральным войлоком, смоченным в гипсовом растворе, на толщину меньшую толщины панели на 2-2,5 см.
Остающийся сверху зазор заполняется раствором.

При укладке панелей на ригели и балки оставляется между гранями панелей зазор не менее 3 см. Шов сопряжения между панелями заполняется на всю толщину панели раствором или бетоном.

8. Монтаж оборудования, вызывающего вибрации, должен производиться на отдельной плите, установленной на упругих прокладках.
9. Присоединение трубопроводов к насосам и воздуховодов к вентиляторам следует осуществлять при помощи резинового шланга или вставки из прорезиненной ткани.
10. Стенки воздуховодов при прохождении через жилые комнаты должны иметь звукоизолирующую способность не менее 35 дБ.
11. В бороздах стен и шахт, устраиваемых для проводки стояков центрального отопления, канализации, водопровода и газоснабжения, необходимо для устранения распространения по ним шума устраивать на каждом этаже по всей площади борозды или шахты специальные горизонтальные диафрагмы (заглушки) из бетона или шлакобетона толщиной не менее толщины несущей части перекрытия.
12. Стояки канализационных и водопроводных систем не рекомендуется крепить к стенам и перегородкам, ограждающим жилые комнаты квартир, общежитий и номера гостиниц.
13. Все отверстия, оставленные в конструкциях зданий (перекрытиях, перегородках, стенах) для различного рода проводок, должны быть после их устройства тщательно заделаны раствором на всю толщину конструкций.
14. При производстве строительных работ должен быть обеспечен систематический контроль за тщательностью выполнения мероприятий по звукоизоляции. В журналах работ и актах на скрытые работы должны быть отмечены все мероприятия, принятые для обеспечения звукоизоляции зданий.

СМ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стеновые строительные материалы:

Кирпич глиняный обыкновенный СМ1
Кирпич глиняный пустотелый пластического прессования . . СМ2
Кирпич глиняный пустотелый полусухого прессования . . . СМ3
Кирпич силикатный СМ4
Камни шлакобетонные и бетонные (сплошные) СМ5
Камни керамические пустотелые стеновые пластического прессования СМ6, СМ7

Облицовочные стеновые материалы:

Малогабаритная плитка СМ8
Кирпич и камни керамические лицевые СМ8
Камень лицевой керамический двойной высоты офактуренный СМ9
Листы облицовочные плоские асбоцементные СМ10

Вяжущие материалы:

Портландцемент. Гидрофобный портландцемент. Пластифицированный портландцемент. Пуццолановый портландцемент. Белый и цветные портландцементы. Шлакопортландцемент СМ11
Портландцемент для строительных растворов СМ12
Глиноземистый цемент СМ12
Глиноземистый ангидридовый цемент СМ13
Глиноземистые цементы с наполнителями СМ13
Быстросхватывающиеся расширяющиеся цементы СМ13
Магнезиальный портландцемент. Шлаковый магнезиальный портландцемент. Гипс строительный из местных гипсосодержащих пород СМ14

Кровельные материалы:

Сталь кровельная листовая СМ15
Плитки асбоцементные плоские СМ15
Листы асбоцементные профилированные СМ16
Черепица глиняная СМ16

Теплоизоляционные материалы:

Вата минеральная СМ17
Войлок из минеральной ваты СМ17
Плиты из неавтоклавного пенобетона СМ18
Плиты древесно-волокнистые СМ18
Картон асбестовый СМ19
Неорганические сыпучие материалы СМ20

Гидроизоляционные материалы СМ20

Строительные материалы для полов:

Доски для настилки чистых полов СМ21
Паркет деревянный СМ21
Плитки керамические для полов СМ22
Мозаика ковровая керамическая СМ23
Плиты древесно-волокнистые СМ23
Линолеум СМ23

Строительные материалы для перегородок:

Плиты гипсовые для перегородок СМ24
Плиты перегородочные шлакобетонные пустотелые СМ24

Асбоцементные трубы, муфты и короба:

Трубы и муфты асбоцементные для безнапорных трубопроводов СМ25
Асбоцементные короба, трубы и муфты к ним для вентиляции СМ25

I Стеновые строительные материалы

1 Кирпич глиняный обыкновенный ГОСТ 530-54

Изготовляется из глин с добавками или без них и обжигается.

Кирпич пластического прессования - из глиняной массы с влажностью 17-30%

Кирпич полусухого прессования из глиняной массы с влажностью 8-10%.

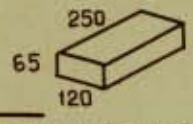
В зависимости от предела прочности при сжатии и изгибе кирпич подразделяется на марки:

150 100 и 75

Пределы прочности кирпича при сжатии и изгибе и соответствующие им марки кирпича

Марка кирпича	Предел прочности в кг/см²					
	при сжатии		при изгибе			
	Кирпич пластического и полусухог. прессован.		Кирпич пластическ. прессован.		Кирпич полусух. прессования	
	Средн. для 5 образцов	Наименьш. для отдельного образца	Средн для 5 образц.	Наименьш. для отдельн образца	Средн. для 5 образц.	Наименьш. для отдельн. образца
150	150	100	28	14	20	10
100	100	75	22	11	16	8
75	75	50	18	9	12	6

Размеры кирпича



Длина – 250 мм
Ширина – 120 мм
Толщина – 65 мм

Требуемая морозостойкость – 15 циклов замораживания с последующим оттаиванием в воде (от t=-15° до t=+15°)

Основное назначение

Для наружных и внутренних стен жилых, общественных и промышленных зданий.

Для печей и дымовых труб.

Допускаемое применение

Для цоколей и фундаментов зданий

Для наружных и внутренних стен влажных помещений.

2 Кирпич глиняный пустотелый пластического прессования. ГОСТ 6316-55

Изготовляется из глин с добавками или без них и обжигается

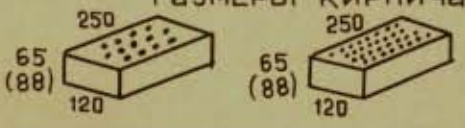
В зависимости от предела прочности при сжатии и изгибе по сечению брутто (без вычета пустот) кирпич подразделяется на марки:

150, 100, 75 и 50.

Пределы прочности кирпича при сжатии и изгибе по сечению брутто и соответствующие им марки кирпича

Марка кирпича	Предел прочности в кг/см²			
	При сжатии		При изгибе	
	Средний для 5 образцов	Наименьш. для отдельн. образца	Средний для 5 образцов	Наименьш. для отдельн. образца.
150	150	100	20	10
100	100	75	16	8
75	75	50	14	7
50	50	35	12	6

Размеры кирпича



Длина — 250 мм
Ширина — 120 мм
Толщина — 65 и 88 мм

Число пустот шт	13	19	32	78
Диаметр отверстия мм	16	16	16	10

Требуемая морозостойкость — 15 циклов замораживания с последующим оттаиванием в воде (от t=-15° до t=+15°).

Основное назначение

Для наружных и внутренних стен жилых, общественных и промышленных зданий.

Допускаемое применение

Для цоколей зданий выше гидроизоляционного слоя.
Для стен влажных помещений.

Не допускается применять

Для фундаментов и цоколей зданий ниже гидроизоляционного слоя при отсутствии специальной защиты от грунтовых вод.
Для стен мокрых помещений.

3 Кирпич глиняный пустотелый полусухого прессования ГОСТ 6248-52

Изготовляется из глины и обжигается.

В зависимости от предела прочности при сжатии и изгибе по сечению брутто (без вычета пустот) кирпич подразделяется на марки:

100, 75 и 50.

Пределы прочности кирпича при сжатии и изгибе по сечению брутто и соответствующие им марки кирпича

Марка кирпича	Предел прочности в кг/см²			
	при сжатии		при изгибе	
	Средний для 5 образцов	Наименьш. для отдельн. образца	Средний для 5 образцов	Наименьш. для отдельн. образца
100	100	85	16	12
75	75	60	14	10
50	50	40	12	8

В каждом кирпиче не менее четырех несквозных пустот, расположенных перпендикулярно постелям.

Размеры кирпича в мм

Вид кирпича	Длина	Ширина	Толщина
Одинарный	250	120	65
Полуторный	250	120	103

Требуемая морозостойкость–15 циклов замораживания с последующим оттаиванием в воде (от t = -15° до t = +15°).

Основное назначение

Для наружных и внутренних стен жилых, общественных и промышленных зданий II и III классов с нормальной влажностью помещений.

Допускаемое применение

Для цоколей зданий выше гидроизоляционного слоя с защитой с наружной поверхности плитками толщиной не менее 35 мм.

Не допускается применять

Для фундаментов и цоколей зданий ниже гидроизоляционного слоя.

Для стен влажных и мокрых помещений.

4 Кирпич силикатный

ГОСТ 379-53

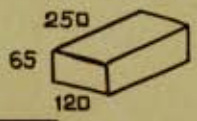
Изготовляется из смеси извести и кварцевых песков. Смесь твердеет под действием пара в автоклаве.

В зависимости от предела прочности при сжатии и изгибе кирпич подразделяется на марки:
150, 100 и 75

Пределы прочности кирпича при сжатии и изгибе и соответствующие им марки кирпича

Марка кирпича	Предел прочности в кг/см²			
	при сжатии		при изгибе	
	Средний для 5 образцов	Наименьш. для отдельн. образца	Средний для 5 образцов	Наименьш. для отдельн. образца
150	150	125	28	20
100	100	75	22	12
75	75	50	18	10

Размеры кирпича



Длина — 250 мм
Ширина — 120 мм
Толщина — 65 мм

Требуемая морозостойкость – 15 циклов замораживания с последующим оттаиванием в воде (от t=–15 до t=+15°)

Основное назначение

Для наружных и внутренних стен жилых, общественных и промышленных зданий.

Допускаемое применение

Для цоколей в сухих грунтах в зданиях II класса

Не допускается применять:

Для цоколей и фундаментов во влажных и насыщенных водой грунтах.
Для наружных стен влажных и мокрых помещений.
Для печей и нагреваемых участков печных труб.
Для открытых конструкций (парапеты, столбы и т.п.) не защищенных от увлажнения.

5 Камни шлакобетонные и бетонные ГОСТ 6928-54 (сплошные)

Изготовляются из смеси гидравлических вяжущих с минеральными плотными или пористыми заполнителями.

Марки сплошных камней, изготовленных из легкого бетона с объемным весом в высушенном состоянии до 1600 кг/м³:

100, 75, 50 и 35

Пределы прочности камней при сжатии и соответствующие им марки камней.

Марка камня	Предел прочности в кг/см²	
	Средний из 5 образцов	Наименьший для отдельн. образца.
100	100	75
75	75	50
50	50	35
35	35	28

Типы и размеры основных и дополнительных камней в мм

Тип	Наименование камня	Длина	Ширина	Высота
	Основные камни			
А	Целый камень	390	190	188
Б	Продольная половинка	390	90	188
	Дополнительные камни			
В	Три четверти камня типа А	290	190	188
Г	Три четверти камня типа Б	290	90	188
Д	Полкамня (поперечная половинка типа А)	190	190	188
Е	Полкамня (поперечная половинка типа Б)	190	90	188
Ж	Продольная половинка для перевязки с кирпичной облицовкой	390	90	113
З	Полкамня (поперечная половинка типа Ж)	190	90	113

Требуемая морозостойкость — 15 циклов замораживания с последующим оттаиванием в воде (от $t=-15°$ до $t=+15°$).

Основное назначение

Для наружных и внутренних стен жилых и общественных зданий.

Допускаемое применение

Камни марок 100, 75 и 50 для цоколей в сухих грунтах для зданий II и III классов.

Не допускается применять

Для цоколей фундаментов без надежной гидроизоляции во влажных грунтах.

Для наружных стен влажных помещений без защиты пароизоляционными материалами.

Для открытых конструкций (парапеты, столбы и т.п.), не защищенных от увлажнений.

6. Камни керамические пустотелые стеновые пластического прессования ГОСТ 6328-55

Изготовляются из глин с добавками или без них и обжигаются.

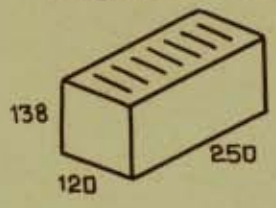
В зависимости от предела прочности при сжатии по сечению брутто (без вычета площади пустот) камни подразделяются на марки:

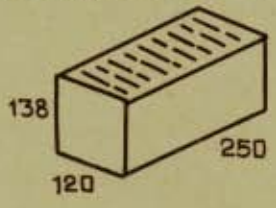
150, 100, 75 и 50.

Пределы прочности камней при сжатии по сечению брутто и соответствующие им марки камней.

Марка камня	Предел прочности в кг/см²	
	Средний из 5 образцов	Наименьший для отдельн. образца
150	150	100
100	100	75
75	75	50
50	50	35

Размеры камней (по ГОСТ у) в мм





Длина — 250
Ширина — 120
Толщина — 138

Размеры камней (по СНиП) в мм

Вид камня	Длина	Ширина	Толщина
Камни для несущих стен и стен каркасных зданий	190 и 290	90 и 190	188
Камни для внутренних ненесущих стен и перегородок	190 и 290	70, 90 и 190	188 и 288

Требуемая морозостойкость – 15 циклов замораживания и последующего оттаивания в воде (от $t=-15$ до $t=+15°$).

Камни для несущих стен и стен каркасных зданий.

Основное назначение

Для наружных и внутренних несущих стен жилых, общественных и промышленных зданий.

Допускаемое применение

Для наружных и внутренних стен и каркасных зданий, для перегородок.

Не допускается применять

Для фундаментов и цоколей зданий.

Для наружных стен мокрых помещений.

Камни для внутренних несущих стен

Основное назначение

Для внутренних несущих стен и перегородок.

Допускаемое применение

Для наружных и внутренних стен каркасных зданий.

Не допускается применять

Для фундаментов и цоколей зданий ниже гидроизоляционного слоя без специальных мер защиты от грунтовых вод.

Для наружных стен мокрых помещений.

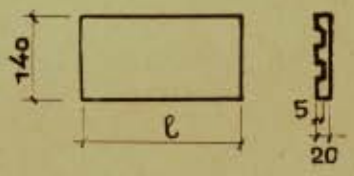
Облицовочные стеновые материалы

1. Малогабаритная плитка. Технические условия, плитки фасадные керамические малогабаритные за № 15-55.

Плитки предназначены для облицовки выполненных ранее каменных стен.

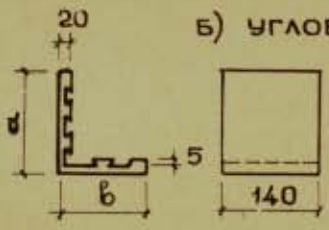
Плитки подразделяются на рядовые и угловые

а) рядовые плитки



Тип плиток	Длина ℓ мм
П - 1	250
П - 2	180
П - 3	140

б) угловые плитки



Тип плиток	Размеры мм	
	a	b
ПУ - 1	180	140
ПУ - 2	180	70
ПУ - 3	100	70

2. Кирпич и камни керамические лицевые ГОСТ 7484-55 (белые семищелевые кирпич и камень)

Кирпич и камни керамические предназначаются для облицовки (фасадов, внутренних стен вестибюлей, лестничных клеток, переходов и т.п.), ведущейся одновременно с кладкой стен каменных зданий.

Кирпич, в зависимости от предела прочности при сжатии и изгибе, и камни, в зависимости от предела прочности при сжатии, подразделяются на три марки: 150, 100 и 75.

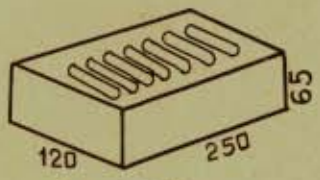
Кирпич и камни рядовые имеют две смежные лицевые поверхности - тычковую и ложковую.

Водопоглощение кирпича и камней из белообжгущихся глин А-Б не более 12%.

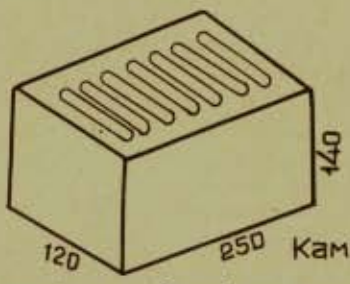
Требуемая морозостойкость - 25 циклов замораживания при t = -15° и оттаивания в воде t = +15° С.

Размеры, форма и расположение сквозных отверстий в семищелевых кирпичах соответствуют ГОСТу 6316-55, тоже в камнях-ГОСТу 6328-55.

Размеры семищелевых облицовочных кирпичей и камней



Кирпич



Камень

5. Камень лицевой керамический двойной высоты офактуренный ГОСТ 7484-55 (красный семищелевой офактуренный камень).

Две смежные поверхности (ложковая и тычковая) имеют гладкую, рельефную или офактуренную поверхность.

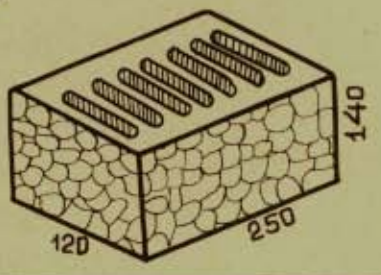
Камни керамические предназначаются для облицовки фасадов, внутренних стен вестибюлей лестничных клеток, переходов и т.п., ведущейся одновременно с кладкой стен каменных зданий.

Камни в зависимости от предела прочности при сжатии подразделяются на три марки: 150, 100 и 75.

Камни рядовые имеют две смежные лицевые поверхности – тычковую и ложковую.

Водопоглощение камней должо быть не более 12%.

Требуемая морозостойкость – 25 циклов замораживания при $t = -15°$ и оттаивания в воде при $t = +15°$ С.



Листы облицовочные плоские асбоцементные

ГОСТ 929-47

Листы облицовочные изготовляются из асбеста и цемента

Марки листов:
- НП – непрессованные гладкие,
- П – прессованные гладкие,
- ПО – прессованные офактуренные.

Листы каждой марки могут быть окрашены различными красителями.

Предел прочности листов при изгибе в двух взаимно перпендикулярных направлениях:

для прессованных листов – ≥ 200 кг/см²,

" непрессованных " – ≥ 150 кг/см².

Размеры листов (в мм)

Марки листов					
НП			П и ПО		
Длина	Ширина	Толщина	Длина	Ширина	Толщина
1600	1200	8, 10	1200	800	4, 6, 8
1200	1200		1200	600	
1200	800	6, 8, 10	800	600	
1200	600		600	600	
800	600		600	300	
600	600				
600	300				

Указания по применению листов

Вид листов	Основное назначение	Допускаемое применение
НП, П, ПО неокрашенные	Для внутренней облицовки стен, перегородок, потолков вспомогательных промышленных зданий.	Для внутренней облицовки стен, перегородок, потолков общественных зданий. Для наружной облицовки деревянных зданий.
П, ПО окрашенные	Для облицовки и панелей санузлов, кухонь и других помещений с повышенной влажностью.	Для наружной и внутренней облицовки стен, перегородок, потолков жилых, общественных и промышленных зданий.
НП, П, ПО цветные	Для наружной облицовки стен деревянных зданий.	Для внутренней облицовки стен, перегородок, потолков жилых, общественных и промышленных зданий.

Вяжущие материалы

Вид материала	марки	Основное назначение	Допускаемое применение	Не допускается применять
Портландцемент ГОСТ у 970-41	200, 250, 300 400 500, 600	Для бетонных и железобетонных надземных, подземных и подводных конструкций.	Для строительных растворов с введением (для экономии цемента) извести, глины и других молотых наполнителей.	Для конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных вод без специальных мер защиты.
Гидрофобный портландцемент	300, 400 500, 600			
Пластифицированный портландцемент	300, 400 500, 600			
Быстротвердеющий портландцемент	300			
Пуццолановый портландцемент ГОСТ 970-41	200 250 300 400 500	Для бетонных и железобетонных подземных и подводных конструкций, подвергающихся воздействию пресных вод.	1 Для бетонных и железобетонных надземных конструкций, находящихся в условиях повышенной влажности. 2 Для строительных растворов.	Для конструкций: 1. подвергающихся быстрому высыханию, 2. подвергающихся систематическому многократному замораживанию и оттаиванию или увлажнению и высыханию.
Белый и цветные портландцементы ГОСТ 965-41	200, 250, 300, 400	Для архитектурно-отделочных, скульптурных и покрасочных работ.	———	Для обычных строительных растворов и бетонов (по экономическим соображениям).
Шлакопортландцемент ГОСТ 970-41	150 200 250 300 400 500	Для бетонных и железобетонных надземных, подземных и подводных конструкций, подвергающихся воздействию пресных вод.	Для строительных растворов.	Для конструкций, подвергающихся систематическому многократному замораживанию и оттаиванию или увлажнению и высыханию.

СМ-11

Вид материала	Марки	Основное назначение	Допускаемое применение	Не допускается применять
Портландцемент для строительных растворов Гост 4726-49	100 150 200	1 Для строительных растворов в надземных сооружениях. 2 Для конструкций из бетонов низких и средних марок.	———	Для конструкций: 1 железобетонных, 2 подводных, 3 подвергающихся быстрому высыханию, 4 подвергающихся систематическому многократному замораживанию и оттаиванию или увлажнению и высыханию.
Глиноземистый цемент Гост 969-41	300 400 500 600	1 Для бетонных и железобетонных конструкций с высокой маркой бетона (в короткие сроки твердения), а также для конструкций, подвергающихся попеременному воздействию воды и мороза. 2 Для жароупорных растворов и бетонов. 3 Для бетонных и железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию сернистых газов.	———	Для конструкций надземных и подводных, в которых температура бетона в результате внешнего температурного воздействия и тепловыделения может в процессе затвердевания подняться выше 25° (в частности, в конструкциях большой толщины или большого объема).

СМ-12

Вид материала	марки	Основное назначение	Допускаемое применение	Не допускается применять
Глиноземистый ангидридовый цемент	300 400 500 600	Для бетонных и железобетонных конструкций с высокой маркой бетона (в короткие сроки твердения) при температуре бетона в процессе твердения более 25°	Для конструкций, подвергающихся попеременному воздействию воды и мороза.	———
Глиноземистые цементы с наполнителями	300 400	Для бетонных и железобетонных конструкций со средней и низкой марками бетона (в короткие сроки твердения)	Для бетонных и железобетонных конструкций с высокой маркой бетона (в короткие сроки твердения) а также для конструкций, подвергающихся попеременному воздействию воды и мороза.	Для конструкций надземных и подводных, в которых температура бетона в результате внешнего температурного воздействия и тепловыделения может в процессе затвердевания подняться выше 25° (в конструкциях большой толщины или большого объема)
Быстросхватывающиеся расширяющиеся цементы	300 400 500 600	Для зачеканки и гидроизоляции швов тюбингов, раструбных труб и тому подобных элементов. Для заделки фундаментных болтов в бетонных и железобетонных конструкциях, подливки под машины и т.п.	Для получения плотных стыков в сборных бетонных и железобетонных конструкциях, для заделки трещин в бетонных и железобетонных конструкциях и т.п.	При производстве работ при $t<0°$ без обогрева. При работе конструкций в эксплуатационных условиях при $t>80°$. Для конструкций, подвергающихся воздействию грунтовых вод.

СМ-13

Вид материала	марки	Основное назначение	Допускаемое применение	Не допускается применять
Магнезиальный портландцемент ГОСТ 3909-47	200 250 300 400 500	Для бетонных и железобетонных надземных и подземных конструкций, защищенных от воздействия грунтовых вод.	Для строительных растворов в надземных и подземных конструкциях, защищенных от воздействия грунтовых вод.	1. Для конструкций, подвергающихся воздействию грунтовых вод. 2. Для подводных конструкций. 3. Для конструкций при повышенных требованиях к сопротивлению растяжению. 4. Для бетонных и железобетонных изделий, изготовляемых с пропариванием.
Шлаковый магнезиальный портландцемент ГОСТ 3909-47	150 200 250 300 400 500	Для бетонных и железобетонных надземных и подземных конструкций.	1. Для строительных растворов. 2 Для бетонных и железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию пресных вод.	1 Для конструкций, подвергающихся воздействию грунтовых вод. 2 Для конструкций при повышенных требованиях к сопротивлению растяжению. 3. Для бетонных и железобетонных изделий, изготовляемых с пропариванием.
Гипс строительн. и вяжущие из местных гипсосодержащих пород ГОСТ 125-4	35, 50, 75, 100, 150, 200 и 300	Для штукатурных растворов. Для производства гипсовых и гипсобетонных изделий и архитектурн. деталей.	Для кладочных растворов в надземных частях зданий.	

СМ-14

Кровельные материалы

1 Сталь листовая кровельная ..... ГОСТ 1393-47

Кровельные листы изготовляются из мягкой углеродистой стали путем горячей прокатки, а также с дополнительной пробивкой на молотах и поставляются в отожженом состоянии.

Размеры листов и их вес

Длина мм	1420 , 2000								
Ширина мм	710 , 1000								
Толщина мм	0,38	0,41	0,44	0,51	0,57	0,63	0,70	0,76	0,82
Вес кг	3,00	3,25	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50

Приведенный в таблице вес относится к листам длиной 1420 мм и шириной 710 мм.

2. Плитки асбоцементные плоские ..... ГОСТ 691-55

Изготовляются из асбеста и портландцемента и предназначаются для кровельных покрытий.

Типы плиток:

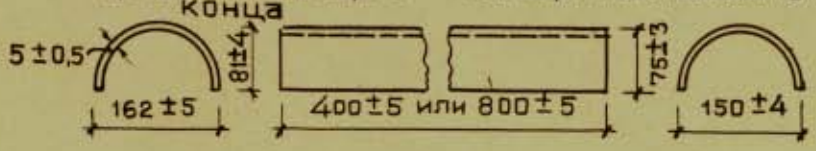
Наименов. плиток	Форма плиток	Обозначение	Размеры в мм A	B	C	Толщина	Вес плитки в г
Рядовая		ПК-1	400	400	467	4	1240
Краевая		ПК-2	—	—	467	4	805
Фризовая		ПК 3	400	200	—	4	625

Предел прочности при изгибе в любом направлении плиток должен быть не менее 240 $кг/см^2$.

Коньковый элемент

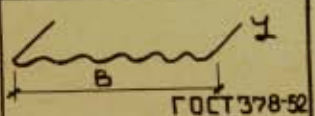
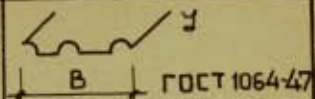
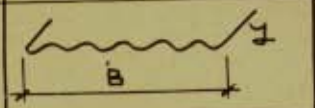
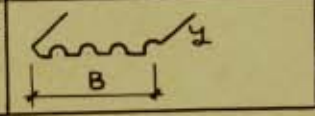
Торец перекрывающего конца

Торец перекрываемого конца



3. Листы асбоцементные профилированные

Изготовляются из асбеста и портландцемента, типы и размеры листов:

Вид листов	Схема	Обозначение	Размеры в мм: L	B	толщина	Вес 1 м² кровли в кг
Волнистые обыкновенного профиля	 ГОСТ 378-52	ВО	1200	678	5,5	14
Полуволнистые обыкновенного профиля	 ГОСТ 1064-47	ПВО-1	800	553	6	13
		ПВО-2	1200	553	6	12
Волнистые усиленного профиля		ВУ-1	2800	1000	8	20
		ВУ-2	2300	1000	8	20
Полуволнистые усиленного профиля		ПВУ-1	1850	до 1350	10	от 18 до 28
		ПВУ-2	1600	до 1000	10	

Для неутепленных кровель жилых и общественных зданий — ВО, ПВО-1 и ПВО-2.

Для неутепленных кровель промышленных зданий и утепленных бесчердачных кровель промышленных зданий — ВУ-1, ВУ-2, ПВУ-1 и ПВУ-2.

4. Черепица глиняная ..... ГОСТ 1808-54

Изготовляется из глиняных масс с последующим обжигом.

Тип черепицы	Размеры в мм: кроющие Длина	кроющие Ширина	габаритные Длина	габаритные Ширина	Вес 1 м² покрытия в кг
Пазовая штампованная	310	190	—	—	50
Пазовая ленточная	333	200	400	220	50
Плоская ленточная	160	155	365	155	65
Коньковая	333	—	365	200	—

5. Картон кровельный. Мастика битумная кровельная. Мастика дегтевая кровельная. Толь кровельный беспокровный. Толь кровельный с песочной посыпкой. Толь с крупнозернистой посыпкой. Пергамин. Рубероид. Рубероид с крупнозернистой посыпкой. Гидроизол и борулин —

— см. раздел справочника „ГИ" — Гидроизоляция жилых и общественных зданий".

Теплоизоляционные материалы

1. Вата минеральная ..... ГОСТ 4640-52

Состоит из тончайших стекловидных волокон, получаемых путем распыления жидкого расплава шихты из металлургических топливных шлаков, горных пород или иных силикатных материалов.

Марки минеральной ваты и показатели

Показатели		Марки		
		150	200	250
Объемный вес кг/м³		150	200	250
Коэффициент теплопроводности λ	при t=+30°	0,040	0,045	0,050
	при t=+100°	0,050	0,055	0,060

λ в ккал/м.час. град

Применяется в качестве теплоизоляционного материала при температуре изолируемых поверхностей до t+600°, а также для изготовления теплоизоляционных штучных изделий.

2. Войлок из минеральной ваты ... ГОСТ 6125-52

Представляет собой рулонный или листовой материал, полученный в результате обработки волокон минеральной ваты битумом.

Марки и показатели

Показатели	Марки		
	150	200	250
Объемный вес кг/м³	150	200	250
Коэффициент теплопроводн. λ при температуре t=30°	0,05	0,055	0,06

Применяется для теплоизоляции промышленных установок, трубопроводов и оборудования при температуре изолируемых поверхностей до t+60°, а также в ограждающих конструкциях зданий.

При изоляции объектов, находящихся вне зданий, применение войлока допускается при температуре изолируемых поверхностей до t+200°.

Размеры листов войлока:

Длина от 1000 до 3000 мм
Ширина от 375 до 1200 мм

толщина 20, 40 и 60 мм.

3. Плиты из неавтоклавного пенобетона ГОСТ 5742-51

Искусственные камневидные изделия с равномерно распределенными в них мелкими и шарообразными замкнутыми воздушными ячейками.

Пенобетон изготовляется путем смешивания цементного теста или цементного раствора с пеной, получаемой из различных пенообразователей, с последующим твердением в условиях пропаривания или в естественных условиях при положительной температуре.

Марки и показатели

Показатели	Марки	
	400	500
Объемный вес $кг/м^3$	до 400	До 500
Предел прочности при сжатии $кг/см^2$ не менее	5	7
Коэффициент теплопроводности при $t = 25 \pm 5°$	0,095	0,110

Размеры плит

По длине – 700, 750, 800, 850, 900, 950 и 1000 мм

По ширине – 500 мм

По толщине – 60, 80, 100 и 120 мм

Применяются для теплоизоляции ограждающих конструкций гражданских и промышленных зданий, холодильного оборудования, а также поверхностей промышленного оборудования и трубопроводов при температуре поверхностей до + 400°

4. Плиты древесноволокнистые (оргалит) ГОСТ 4598-53

Изготовляются из древесных или иных растительных волокон с добавками специальных составов.

Типы и размеры плит

Тип плит	Длина мм	Ширина мм	Толщина мм
Изоляционные	3000, 2700, 1800, 1600, 1200	1600, 1200 (1100) 600 (1000)	12,5 (20) 25
Полутвердые отделочные	3600, 3000, 2700, 2000, 1800, 1600, 1200	(1950) 1600 1200 (800) (600)	8
Твердые отделочные			4

Размеры в скобках—для плит, которые разрешается изготовлять на оборудовании, установленном в 1953 г., впредь до его амортизации.

Показатели для различных типов плит

Показатели	Тип плит		
	изоляционные	полутверд. отделочн.	твердые отделочн.
Объемный вес кг/м³	до 400	от 500 до 700	от 800 до 1100
Предел прочности при изгибе кг/см²	8	40	150
Коэффициент теплопроводности λ	0,047	не нормируется	

Применяются в качестве отделочного и изоляционного материала в конструкциях и изделиях, защищенных от увлажнения:

Изоляционные - для теплоизоляции ограждающих конструкций жилых, общественных и промышленных зданий.

Полутвердые - для обшивки стен, потолков и перегородок в жилых, общественных и промышленных зданий II и III классов.

Твердые - для изготовления дверей, встроенной мебели, щитов для пола и т.п. изделий.

5 Картон асбестовый ..... ГОСТ 2850-45

Асбестовый картон - огнестойкий листовой материал, основным компонентом которого является хризотиловый асбест.

Применяется в качестве термоизоляционного, огнезащитного и электроизоляционного материала.

Марки асбестового картона:

А - без наполнителя и связующего

АС - с минеральным наполнителем и связующим.

Размеры листов:

Длина и ширина: от 900 до 1000 мм,

толщина : 2, 2.5, 3, 3,5, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 и 12 мм.

Пределы прочности при растяжении во взаимно перпендикулярных направлениях в кг/см²

	Марки картона			
	А		АС	
	1й сорт	2й сорт	1й сорт	2й сорт
В одном направлении ≥	12	10	14	12
В другом направлении ≥	6	5	8	7

6 Неорганические сыпучие материалы для теплоизоляционных засыпок

а) Шлаки и золы топливные.
б) Шлаки гранулированные.
в) Пемза и туф дробленые.
г) Вулканический пепел.

Применяются для теплоизоляции ограждающих конструкций жилых, общественных и промышленных зданий II и III классов при отсутствии плитных теплоизоляционных материалов.

Характеристики материалов

Вид материала	Объемный вес кг/м³	Коэффициент теплопроводн. λ
Шлаки и золы топливные	от 700 до 1000	0,165 0,215
Шлаки гранулированные	от 400 до 1000	0,105 0,200
Пемзы и туфы дробленые	от 400 до 1000	0,120 0,150
Вулканический пепел	от 400 до 600	0,105 0,135

Гидроизоляционные материалы

Картон кровельный ..... ГОСТ 3135 – 52
Мастика битумная кровельная (горячая) ..... ГОСТ 2889 – 51
Мастика дегтевая кровельная (горячая) ..... ГОСТ 3580 – 51
Толь кровельный беспокровный (толь-кожа) ..... ГОСТ 1887 – 51
Толь кровельный с песочной посыпкой ..... ГОСТ 1886 – 52
Толь с крупнозернистой посыпкой ..... ГОСТ 5176 – 54
Пергамин кровельный ..... ГОСТ 2697 – 51
Рубероид ..... ГОСТ 2165 – 51
Рубероид с крупнозернистой посыпкой ..... ГОСТ 4867 – 54
Гидроизол ..... ГОСТ 7415 – 55
Борулин
Борулин пластифицированный
Ткани гидроизоляционные
Металлоизол.

Все перечисленные гидроизоляционные материалы приведены в разделе справочника „ГИ" – Гидроизоляция жилых и общественных зданий."

Строительные материалы для полов

1 Доски для настилки чистых полов

ГОСТ 6310-52

Размеры в мм

Тип досок	Длина	Ширина	Толщина (высота)
Для укладки по лагам	—	74, 95, 114	37 (толщина заготовки 40)
Для укладки по дощатому настилу	—	74, 84, 94 104, 114	22 (толщина заготовки 25)

2 Паркет деревянный

ГОСТ 862-52

Паркет представляет собой деревянные дощечки для настилки полов, правильно оторцованные и остроганные с четырех сторон, с кромками специального профиля.

Паркет изготовляется из древесины дуба, ясеня, клена, бука, береста, вяза, ильма, граба, сосны, лиственницы и березы.

Размеры паркета в мм

Длина ℓ	150	200	250, 300, 350	400, 450	500
Ширина $в$	от 35 до 75	от 35 до 80	от 35 до 90	от 45 до 90	от 55 до 90
Толщина	12, 17, 20 в зависимости от профиля и породы древесины				

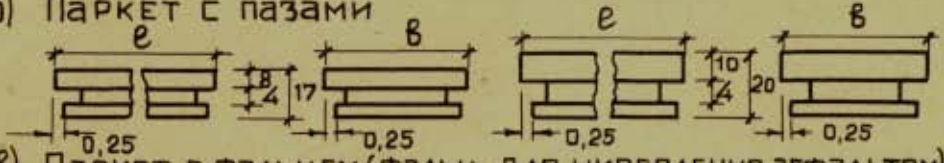
Градация по ширине для всех типов 5 мм.

Ширина паркета из древесины бука и березы $в \leqslant 70$ мм.

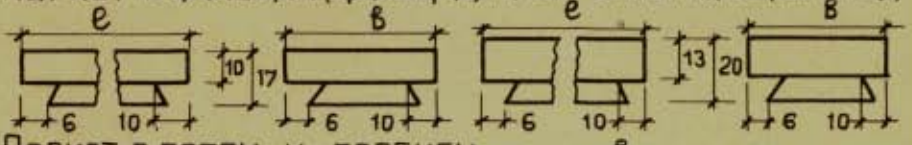
Типы паркета

а) Паркет с косой кромкой

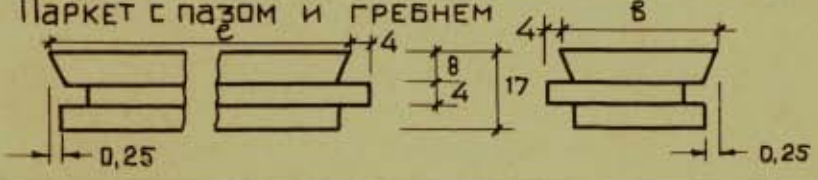
б) Паркет с пазами



в) Паркет с фальцем (фальц - для укрепления асфальтом)



г) Паркет с пазом и гребнем



Толщина паркета

Тип паркета	Вид древесины	Толщина в мм
Паркет с косой кромкой	дуб, ясень, клен, бук, берест, вяз, ильм и граб.	12
	Лиственница, сосна, береза.	17
Паркет с пазом и Паркет с фальцем	Дуб, ясень, клен, бук, берест, вяз, ильм и граб.	17
	лиственница, сосна, береза,	20
Паркет с пазом и гребнем	Дуб, ясень, клен, бук, берест, вяз, ильм и граб.	17

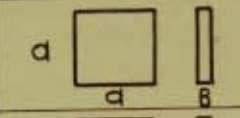
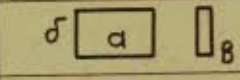
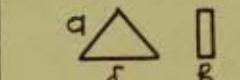
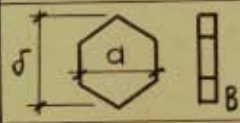
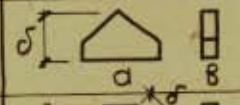
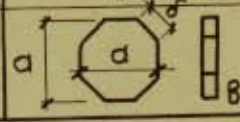
Вкладной шип

(для паркета с пазами)

3 Плитки керамические для полов ГОСТ 6787-53

Изготовляются из глиняной массы с окрашивающими примесями или без них и обжигаются.
Предназначаются для настилки полов в жилых, гражданских и промышленных зданиях.
Плитки укладываются на цементном растворе, перед укладкой плитки насыщают водой в течение 3 часов.

Форма и размеры плиток

Наименование и форма плиток	Тип плиток	Размеры в мм a	б	c
Квадратные 	1	50	—	10
	2	100	—	10
	3	100	—	10
Прямоугольные (половинки квадратных) 	4	100	50	10
	5	150	75	13
Треугольные 	6	50	71	10
	7	100	141	10
	8	150	212	13
Шестигранные 	9	100	115	10
	10	150	173	13
Четырехугольные (половинки шестигранных)	11	50	115	10
	12	75	173	13
Пятигранные (половинки шестигранных) 	13	100	57,5	10
	14	150	86,5	13
Восьмигранные 	15	150	50	13

4 Мозаика ковровая керамическая

Изготовляется из высококачественной керамической массы методом сухого прессования и обжига.
Объемный вес 2400-2500 кг/м³.
Размеры плиток 25×25 мм и 25×52 мм, толщина 6 мм.
Для удобства укладки плитки наклеиваются лицевой стороной по заданному рисунку на бумажные листы, на обратной стороне которых наносится рисунок.
Плитки укладываются на бетонную подготовку по слою цементного раствора 1:3 — 1:4

5. Плиты древесноволокнистые (оргалит) ГОСТ 4598-53
см. СМ-20.
Плиты твердые отделочные применяются для верхнего слоя пола.
Плиты полутвердые отделочные применяются для слоя, подстилаемого под твердые плиты.
Приклеивающим материалом служит битумная мастика

6 Линолеум ГОСТ 7251-54

Глифталевый линолеум — изготовляется из пластической массы, состоящей из растительных масел, жиров или их заменителей, искусственных или естественных смол с наполнителями (пробковая мука, древесная мука, пигменты и др.).
Полихлорвиниловый линолеум — изготовляется из синтетических смол с наполнителями (тальк, пигменты и др.).
Линолеум с нелицевой стороны имеет основу, состоящую из кардельной, полукардельной или джуто-кенафной ткани.
Линолеум изготовляется в виде полотнищ, дорожек, ковров и предназначается для отделки полов в жилых и общественных помещениях.

Размеры линолеума

Тип линолеума	Толщина мм	Ширина в см	
		полотнищ	дорожек
Глифталевый	2,5 и 3	180 и 200	50, 67, 100, 150
Полихлорвиниловый	2 и 2,5	160	75 и 160

Глифталевый линолеум толщиной 3мм и полихлорвиниловый толщиной 2,5 мм применяют для полов общественных помещений с интенсивным движением.
Для наклейки применяется казеиновый клей, мастика.

Строительные материалы для перегородок

1. Плиты гипсовые для перегородок ..... ГОСТ 6428-52

Плиты изготовляются из полуводного гипса с минеральными и органическими заполнителями или без них. Плиты предназначаются для устройства перегородок в помещениях с относительной влажностью воздуха до 70%.

Допускается применение плит в санузлах при условии защиты поверхности плит от воздействия влаги.

Размеры плит: Длина 800 мм | Толщина 100 или 80 мм
Ширина 400 мм |

Диаметр пазов на торцах и продольных гранях:
в плитах толщиной 100 мм — 30–34 мм,
» » 80 мм — 28–30 мм.

Объемный вес плит: от 950 до 1300 кг/м³,
для плит толщиной 80 мм допускается до 1700 кг/м³.

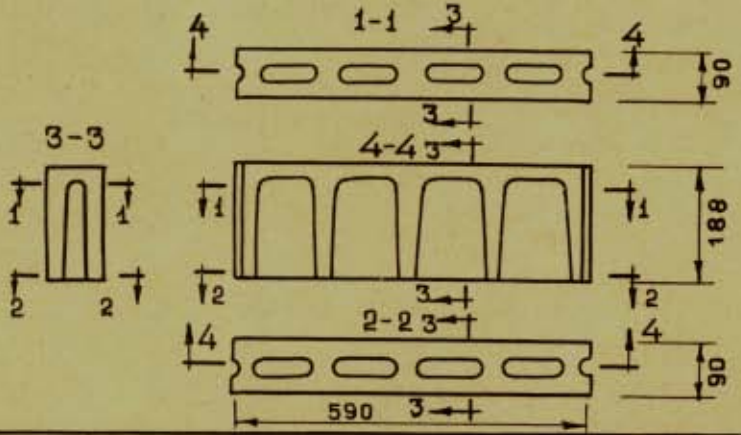
2. Плиты перегородочные шлакобетонные пустотелые — ТУ 231-55 МСП МХП

Плиты изготовляются из смеси гидравлических вяжущих с заполнителями и из топливных или металлургических шлаков без армирования (шлакобетон марки 35).

Плиты применяются для перегородок в помещениях при отсутствии динамических воздействий.

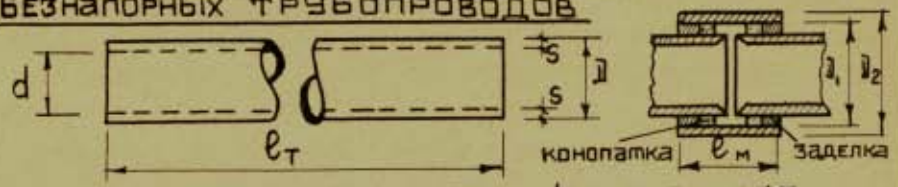
Объемный вес в высушенном состоянии ≤ 1500 кг/м³.

Размеры плит: Длина 590 мм, ширина 190 мм, толщина 90 мм.



Асбоцементные трубы, муфты и короба.

1 Трубы и муфты асбоцементные для ..... ГОСТ 1839-48 безнапорных трубопроводов



Геометрические данные соб. веса 1 п м труб и муфт.

Трубы (размеры в мм)						Муфты (размеры в мм)					
Условн. проход	D	d	S	$l_т$	Вес 1 п м в кг	Условн. проход	D	D_1	D_2	$l_м$	Вес 1 п м в кг
50	58	44	7	2500 и 3000	2,3	50	58	71	95	150	0,94
75	83	69	7	" "	3,3	75	83	96	120	"	1,25
100	109	93	8	" "	5,1	100	109	123	147	"	1,55
125	135	119	8	" "	6,5	125	135	147	171	"	1,82
150	159	141	9	" "	8,5	150	159	170	198	"	2,44
200	215	195	10	3000 и 4000	13,0	200	215	235	263	"	3,30
250	265	243	11	" "	17,6	250	265	279	309	"	4,20
300	315	291	12	" "	23,0	300	315	338	370	"	5,30
350	364	338	13	" "	29,0	350	364	386	420	"	6,45
400	414	386	14	" "	35,4	400	414	431	467	180	9,25
500	514	482	16	" "	50,0	500	514	535	575	"	12,60
600	612	576	18	" "	68,0	600	612	639	683	200	18,40

2. Асбоцементные короба, трубы и муфты к ним для вентиляции (размеры в мм)

Короба				Муфты к коробам				Трубы	Муфты к трубам
Тип	Внутр. сечен.	Толщ. стенки	Длина	Для короб. с внутр. сечен.	Внутр. разм. сторон муфты	Толщ. стенок	Длина		
	106×106	7	2000-4000	106×106	145×145	8	160	141×8	170×8
	100×150	8	3000-4000	100×150	141×191	8	160	184×8	220×8
Муфтовые	150×150	8	3000-4000	150×150	193×193	8	160	235×9	270×9
	150×200	8	4000	150×200	193×243	8	160	279×10	320×10
	150×300	8	4000	150×300	196×346	8	160	368×10	400×10
	200×200	8	4000	200×200	246×246	8	160	456×12	494×12
	200×300	8	4000	200×300	246×346	8	160	546×16	600×16
Раструбные	200×412	8	1600					768×18	816×18
	300×300	8	1600						
	300×400	10	1600						
	300×500	10	1600						
	400×400	10	1600						
	400×500	10	1600						