

Практическое занятие 10

Расчет наклонных сечений железобетонных элементов

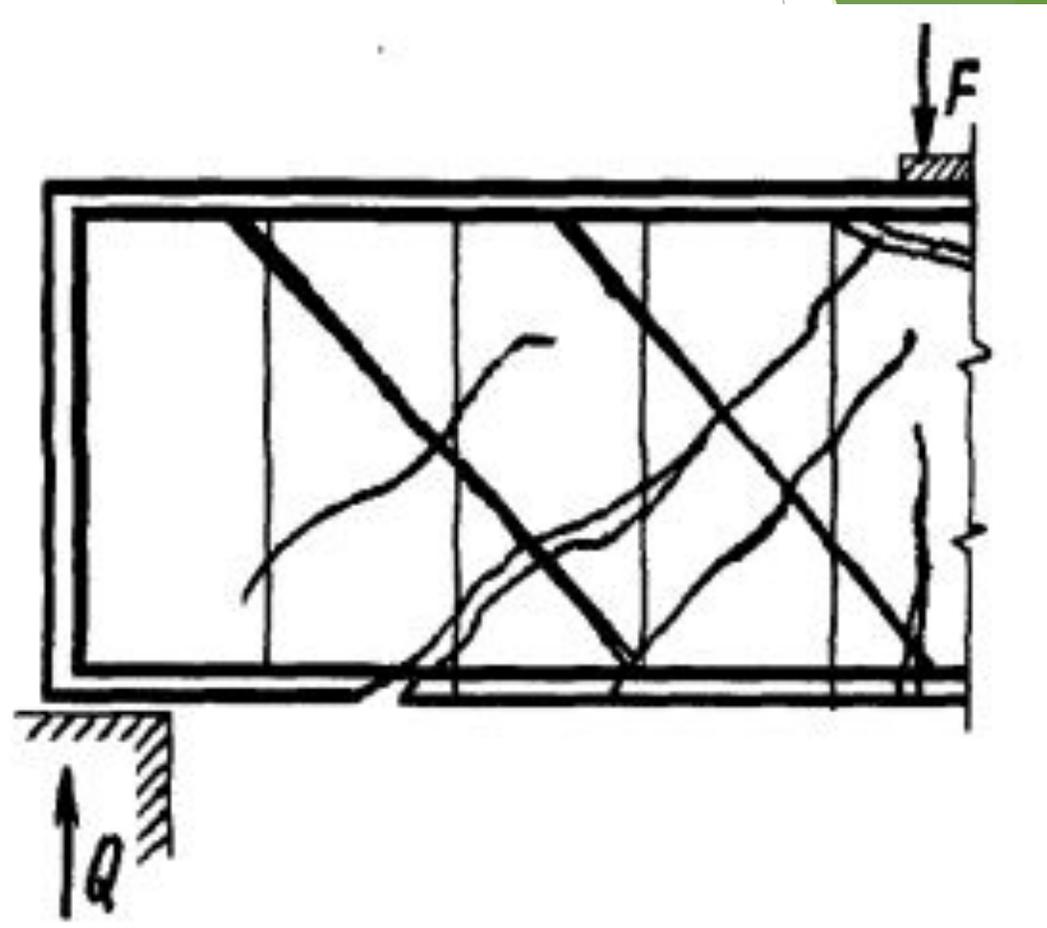
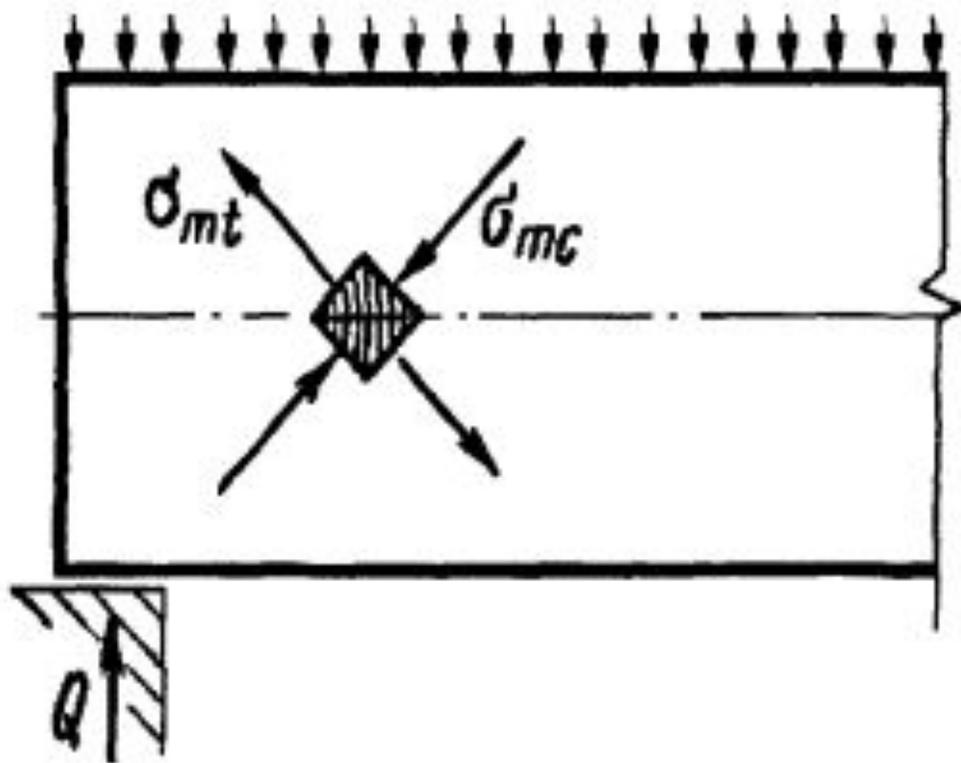
Изгибаемый элемент может разрушиться не только по сечению, нормальному к продольной оси балки, но и по наклонному сечению, расположенному вблизи опоры. Это происходит потому, что на опорном участке действуют изгибающие моменты и довольно

большие поперечные силы. В результате их совместного действия возникают главные сжимающие σ_{mc} и главные растягивающие σ_{mt} напряжения, которые действуют под углом к оси элемента

Более опасными являются главные растягивающие напряжения. Как только σ_{mt} превысят сопротивление бетона растяжению R_{bt} , образуются наклонные трещины (рис.), которые при дальнейшем увеличении нагрузки раскрываются и происходит в конечной стадии разрушение. Элемент разрушается в результате того, что напряжения в поперечных стержнях (хомутах) достигают предельных значений, затем происходит раздробление бетона над вершиной наклонной трещины; при этом напряжения в продольной арматуре не всегда достигают предельных значений.

Поскольку бетон хорошо работает на сжатие, то главные сжимающие напряжения опасны в основном в элементах с тонкой стенкой.

**Главные напряжения в бетоне у опоры балки
и разрушение изгибаемого элемента по наклонному сечению**



Расчет железобетонных элементов по прочности сечений, наклонных к продольной оси элемента.

- ▶ **Цель расчета** - обеспечить несущую способность изгибаемого железобетонного элемента по наклонным сечениям.
- ▶ **Задачи расчета** - подобрать необходимую площадь сечения (диаметр и количество стержней в нормальном сечении) и шаг поперечной арматуры в железобетонном элементе таврового профиля и проверить прочность элемента по наклонным сечениям.

Порядок расчета прочности наклонного сечения

Условие прочности наклонного сечения: $Q \leq Q_b + Q_{sw} + Q_{sw,inc}$

где: Q_b – поперечное усилие, воспринимаемое бетоном сжатой зоны сечения:

$$Q_b = \frac{2R_{bt}bh_o^2}{c} \leq mR_{bt}bh_o;$$

m – коэффициент условия работы, $m = 1.30$;

c – длина проекции наклонной трещины (не менее h_0 и не более $2 h_0$).

$$c = \frac{h_0 - x}{\operatorname{tg}45^\circ}; (29). \text{ Минимальное значение } Q_b^{\min} = 0.6 R_{bt} bh_0, (30)$$

$Q_{sw} = m_{04} \sum R_{sw} A_{sw}$ – усилие воспринимаемое хомутами;

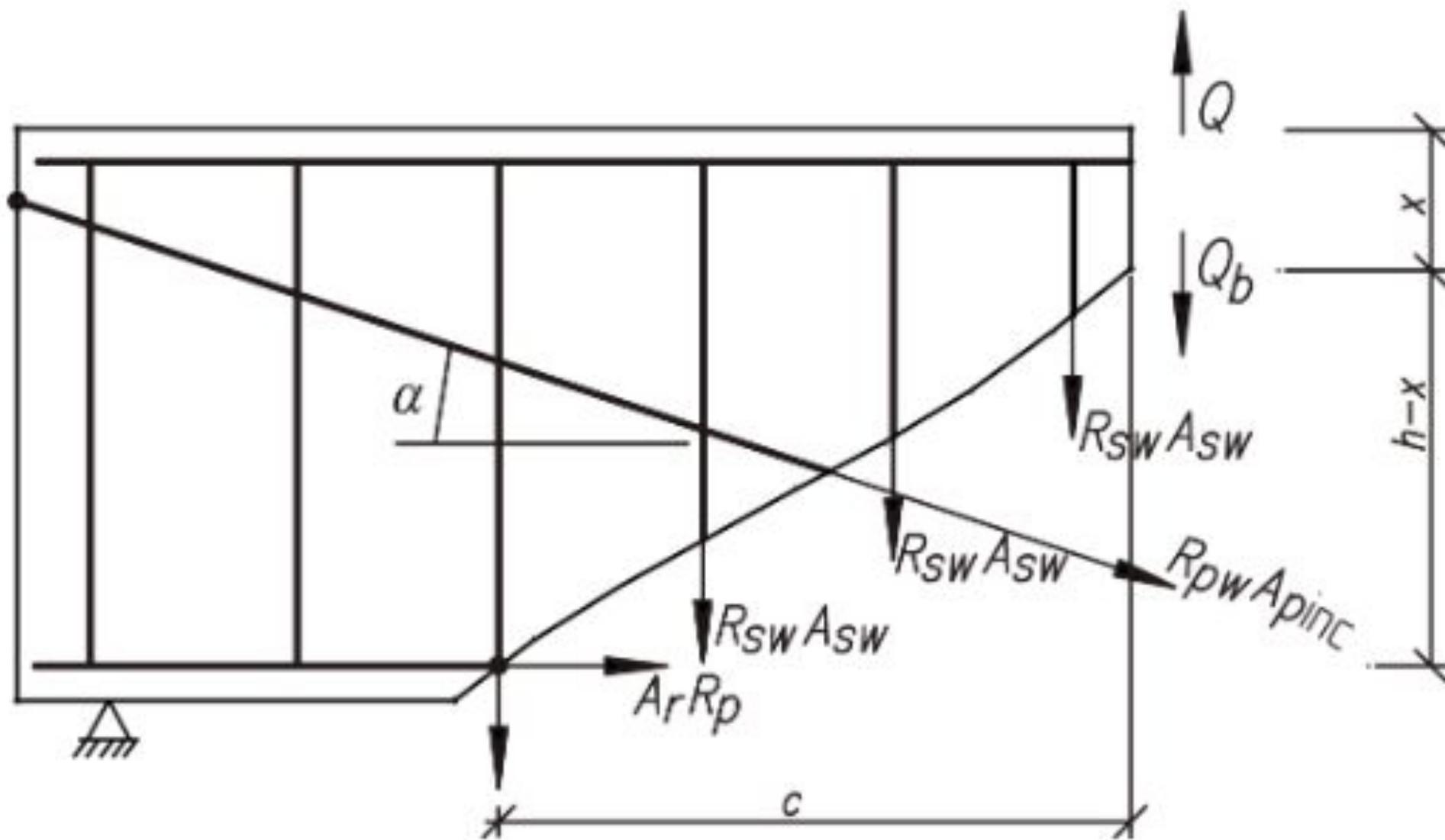
$m_{04} = 0.80$ - коэффициент условия работы для стержневой арматуры:

$$Q_{sw} = (R_{sw} A_{sw} / S_w) h_0; (31)$$

$Q_{sw,inc}$ – усилие воспринимаемое отогнутой арматурой;

$$Q_{sw,inc} = m_{04} \sum R_{pw} A_{pi} \sin \alpha. (32)$$

Расчетная схема



Порядок расчета прочности сжатой полосы между наклонными трещинами

$$Q \leq 0.3 \times \phi_{\omega 1} \times \phi_{b1} \times R_b \times b \times h_0 \quad (33)$$

Q – значение поперечной силы в расчетном сечении;

$$\phi_{\omega 1} = 1 + 5 \frac{E_s}{E_b} \frac{A_{sw}}{bS_w}; \quad (34)$$

S_w – расстояние между хомутами : $S_w \leq h_0/3$;

A_{sw} – площадь поперечной арматуры в нормальном сечении;

$$\phi_{b1} = 1 - 0.01R_b \quad (35)$$

Последовательность практического расчета прочности наклонного сечения изгибаемого элемента .

Пример расчета: Необходимо определить минимальное поперечное армирование в изгибаемом элементе (балке или в плите): n_w , d_w , S_w

Дано:

- ▶ $Q=100$ кН
- ▶ $b=25$ см
- ▶ $h=50$ см
- ▶ В25
- ▶ R_{sw} - проволочная арматура Вр-I, диаметр 5 мм, 350 МПа
- ▶ $R_b=13$ МПа
- ▶ $R_{bt}=0.9$ МПа
- ▶ $E_s = 196 \cdot 10^3$ МПа = 196000 МПа

- ▶ $E_b=30000$ МПа

Алгоритм решения

1. Определяется значение рабочей высоты сечения элемента с учетом защитного слоя бетона: $h_0 = 50 - 5 = 45\text{см}$;
2. Согласно (30) определяется минимальное значение поперечного усилия, воспринимаемого бетоном : $Q_b^{\min} = 0.6 \times 90 \times 25 \times 45 = 60.75 \text{ кН}$.
3. Из условий минимальной трудоемкости и стоимости в первом приближении принимаем минимальное конструктивное армирование балки вязанными каркасами (хомутами): $n_w = 2$ при ширине балки 25см; $d_w = 6\text{мм}$ – для вязанных каркасов; $S_w = h_0/3 = 45/3 = 15\text{см}$.
4. Согласно формул (31 и 32) определяем минимальное значение поперечного усилия, воспринимаемое хомутами при $A_{sw} = 2 \times 0.283 = 0.57\text{см}^2$:

$$Q_{sw} = 0,8 \times R_{sw} \times A_{sw} \times h_0 / S_w \quad Q_{sw} = (0.8 \times 350(100) \times 0.57 / 15) \times 45 = 47.88 \text{ кН}.$$

5. Поперечное усилие, воспринимаемое бетоном и арматурой:

$$Q_b + Q_{sw} = 60.75 + 47.88 = 108.63\text{кН},$$

что больше $Q = 100 \text{ кН}$. Условие прочности выполнено при минимальном поперечном армировании.

6. Проверка прочности сжатой полосы между наклонными трещинами.

- согласно (34) определяем коэффициент, учитывающий влияние поперечного армирования на прочность бетона сжатой полосы:

$$\phi_{\omega 1} = 1 + 5 \frac{196000}{30000} \frac{0.57}{25 \times 15} = 1.05;$$

- согласно (35) определяем коэффициент:

$$\phi_{b1} = 1 - 0.01R_b = 1 - 0.01 \times 13 = 0.87;$$

- согласно (33) определяем прочность сжатой полосы:

$Q \leq 0.3 \times \phi_{\omega 1} \times \phi_{b1} \times R_b \times b \times h_o = 0.3 \times 1.05 \times 0.87 \times 1300 \times 25 \times 45 = 400.8$ кН. Условие прочности сжатой полосы выполняется.

Расчёт поперечных стержней (хомутов)

В практике проектирования чаще всего принимается армирование одними поперечными стержнями (хомутами) без отгибов. Используя формулы, приведённые выше, производят расчёт по наибольшему значению поперечной силы для наиболее опасного наклонного сечения.

Расчёт поперечной арматуры (определение диаметра и шага на приопорных участках) производится методом последовательных приближений. В качестве первого приближения принимают: диаметр поперечных стержней (хомутов) – задают из условия технологии сварки с продольной арматурой, чтобы отношение диаметра поперечного стержня к диаметру продольного составляло $\frac{1}{3} + \frac{1}{4}$; шаг поперечных стержней назначается по конструктивным требованиям, т.е. на приопорных участках (которые при равномерно распределённой нагрузке равны $\frac{1}{4}$ пролёта) для балок $h: 400$ мм – не более $\frac{h}{2}$ и не более 150 мм, для балок $h > 400$ мм – не более $\frac{h}{3}$ и не более 500 мм; на остальной части пролёта не более $\frac{3h}{4}$ и не более 500 мм.

Далее расчёт поперечных стержней производится в следующей последовательности:

1. Проверяют, требуется ли поперечную арматуру устанавливать по расчёту. Если оба условия (3.47) и (3.48) выполняются, то это делать не нужно и её оставляют такой, какой приняли в первом приближении. Если же не выполняется хотя бы одно из условий (3.47) или (3.48), необходим расчёт поперечных стержней.
2. Находят минимальное значение поперечного усилия, воспринимаемого бетоном сжатой зоны над вершиной наклонного сечения

$$Q_{b,min} = \varphi_{b3} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_0, \text{ где } (1 + \varphi_f + \varphi_n): 1,5.$$

3. Определяют погонное усилие в поперечных стержнях, отнесённое к единице длины элемента

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s}$$

и проверяют его по условию:

$$q_{sw} \geq \frac{Q_{b, min}}{2h_0}.$$

4. Проверяют шаг хомутов по условию $s \leq s_{max}$, где $s_{max} = \frac{\varphi_{b4} R_{bt} b h_0^2}{Q_{max}}$.

5. Вычисляют значение $M_b = \varphi_{b2} (1 + \varphi_f + \varphi_n) R_{bt} b h_0^2$.

6. Проверяют условие $q_l = g + \frac{v}{2} \leq 0,56 q_{sw}$. Если оно выполняется, то

значение c принимают по формуле $c = \sqrt{\frac{M_b}{q_l}}$; если $q_l > 0,56 q_{sw}$, то

$c = \sqrt{M_b (q_l + q_{sw})}$. При этом c не должно превышать величины $\left(\frac{\varphi_{b2}}{\varphi_{b3}} \right) h_0$;

для тяжёлого бетона это составляет $c \leq 3,33 h_0$.

7. Находят поперечную силу Q_b , которую может воспринять бетон сжатой зоны над расчётным наклонным сечением $Q_b = \frac{M_b}{c}$; при этом

проверяется условие, чтобы $Q_b \geq Q_{b, min}$.

8. Вычисляют длину проекции расчётного наклонного сечения

$c_0 = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}}$, при этом $h_0 \leq c_0 \leq 2h_0$, если $c > h_0$.

9. Определяют поперечное усилие в хомутах, пересекаемых наклонным сечением $Q_{sw} = q_{sw} c_0$.

10. Выполняют проверку условия прочности в наклонном сечении $Q = Q_{max} - q_l c \leq Q_b + Q_{sw}$. Если это условие не выполняется, то увеличивают A_{sw} или уменьшают шаг стержней s , либо делают и то и другое. Затем последовательность расчёта повторяется.

11. Проверяют прочность бетона по наклонной сжатой полосе $Q \leq 0,3 \varphi_{w1} \varphi_{b1} b h_0 R_b$.

Пример 3.12. Д а н о: железобетонная балка таврового сечения при следующих исходных данных: $Q_{max} = 80 \text{ кН}$; $b_f' = 200 \text{ см}$; $b = 20 \text{ см}$; $h = 60 \text{ см}$; $h_f' = 8 \text{ см}$; $a = 3,5 \text{ см}$; бетон класса В15; $\gamma_{b2} = 0,9$ поперечная арматура из стали класса Вр- I; продольная арматура $\text{Ø}20 \text{ А-III}$; $g=9 \text{ Н/мм}$; $v=13 \text{ Н/мм}$. Выполнить расчёт поперечных стержней.

Р е ш е н и е

Из прилож. 1,4,5 $R_b = 0,9 \cdot 8,5 = 7,65 \text{ МПа}$; $R_{bt} = 0,9 \cdot 0,75 = 0,675 \text{ МПа}$;
 $E_b = 23000 \text{ МПа}$;

$R_{sw} = 260 \text{ МПа}$ (при $\text{Ø}5 \text{ Вр- I}$); $E_s = 170000 \text{ МПа}$; $\varphi_{b2} = 2$, $\varphi_{b3} = 0,6$, $\varphi_{b4} = 1,5$,
 $\varphi_n = 0$; $h_0 = h - a = 60 - 3,5 = 56,5 \text{ см}$.

В качестве первого приближения принимаем диаметр поперечной арматуры $d_{sw} = 5 \text{ мм}$ (из условия сварки с продольными стержнями $d = 20 \text{ мм}$, см. прилож. 9, $A_{sw} = 0,196 \text{ см}^2$ (прилож. 6), шаг поперечных стержней $s = \frac{h}{3} = \frac{60}{3} = 20 \text{ см}$, $< 50 \text{ см}$ (по конструктивным требованиям).

Проверим, нужна ли поперечная арматура по расчёту.

1. $Q_{max} = 2,5 R_{bt} b h_0$; $80 \cdot 10^3 \leq 2,5 \cdot 0,675 \cdot 200 \cdot 56,5 = 190,7 \cdot 10^3 \text{ Н}$. Первое условие выполняется, проверим второе условие.

2. $Q = Q_{max} - q_1 \cdot c \leq \frac{\varphi_{b4} (1 + \varphi_n) R_{bt} b h_0^2}{c}$, где c : $c_{max} = 2,5 h_0 = 2,5 \cdot 56,5 = 141,25 \text{ мм}$.

Проверим условие q_1 : $0,16 \varphi_{b4} (1 + \varphi_n) R_{bt} \cdot b$.

Здесь $q_1 = g + \frac{v}{2} = 9 + \frac{13}{2} = 15,5 \text{ Н/мм}$.

$15,5 < 0,16 \cdot 1,5 \cdot 0,675 \cdot 200 = 32,4 \text{ Н / мм}$.

Условие выполняется, поэтому принимаем $c = c_{max} = 141,25 \text{ мм}$.

Проверяем второе условие

$$80 \cdot 10^3 - 15,5 \cdot 1412,5 < 1,5 \cdot 0,675 \cdot 200(565)^2 / 1412,5$$

или $58,11 \cdot 10^3 < 45,77 \cdot 10^3$. Второе условие не выполняется, необходим расчёт поперечных стержней.

Найдём $Q_{b\min} = \varphi_{b3}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0$.

$$\text{Здесь } \varphi_f = \frac{0,75(b_f' - b)h_f'}{bh_0} = \frac{0,75(440 - 200) \cdot 80}{200 \cdot 565} = 0,127 < 0,5,$$

$$\text{где } b_f' = b + 3h_f' = 200 + 3 \cdot 80 = 440 \text{ мм.}$$

Таким образом, $Q_{b\min} = 0,6(1 + 0,127) \cdot 0,675 \cdot 200 \cdot 565 = 51,58 \cdot 10^3 \text{ Н}$.

$$\text{Определим } q_{sw} = \frac{R_{sw} A_{sw}}{s} = \frac{260 \cdot 19,2 \cdot 2}{200} = 509 = 50,96 \text{ Н/мм.}$$

Проверим условие $q_{sw} \geq \frac{Q_{b\min}}{2h_0}$:

$$50,96 \text{ Н/мм} > \frac{51,58 \cdot 10^3}{2 \cdot 565} = 45,65 \text{ Н/мм.}$$

Условие выполняется.

Проверим шаг хомутов $s \leq s_{\max} = \frac{\varphi_{b4} R_{bt} bh_0^2}{Q_{\max}}$

$$s_{\max} = \frac{1,5 \cdot 0,675 \cdot 200(565)^2}{80 \cdot 10^3} = 808 \text{ мм} > s = 200 \text{ мм.}$$

Условие выполняется

Вычислим

$$M_b = \varphi_{b2}(1 + \varphi_f + \varphi_n)R_{bt}bh_0^2 = 2(1 + 0,127) \cdot 0,675 \cdot 200(565)^2 = 97,137 \cdot 10^6 \text{ кНм.}$$

Проверим условие $q_l : 0,56q_{sw}$:

$$15,5 < 0,56 \cdot 50,96 = 28,54 \text{ Н/мм.}$$

Условие выполняется, тогда $c = \sqrt{\frac{M_b}{q_l}} = \sqrt{\frac{97,137 \cdot 10^6}{15,5}} = 2503,38 \text{ мм}$. Это

значение для тяжёлого бетона не должно превышать величины $c : 3,33h_0 = 3,33 \cdot 565 = 1881,45 \text{ мм}$. В нашем случае $2503,38 > 1881,45 \text{ мм}$, поэтому принимаем $c = 1881,45 \text{ мм}$.

Найдём $Q_b = \frac{M_b}{c} = \frac{97,137 \cdot 10^6}{1881,45} = 51,63 \cdot 10^3 \text{ Н} > Q_{b\min} = 51,58 \cdot 10^3 \text{ Н}$.

Длина проекции расчётного наклонного сечения

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{97,137 \cdot 10^6}{50,96}} = 1380,63 \text{ мм} > 2h_0 = 2 \cdot 565 = 1130 \text{ мм,}$$

поэтому принимаем $c_0 = 1130 \text{ мм}$.

Определим $Q_{sw} = q_{sw} \cdot c_0 = 50,96 \cdot 1130 = 57,58 \cdot 10^3 \text{ Н}$.

Проверим условие прочности

$$Q = Q_{max} - q_1 c \leq Q_b + Q_{sw} :$$

$$58,11 \cdot 10^3 \text{ Н} < 51,63 \cdot 10^3 + 57,58 \cdot 10^3 = 109,21 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Условие прочности выполняется.

Выполним проверку прочности бетона по наклонной сжатой полосе

$$Q_{max} : 0,3 \varphi_{w1} \varphi_{b1} b h_0 R_b.$$

Здесь $\varphi_{w1} = 1 + 5\alpha\mu_w : 1,3$, где $\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{170000}{23000} = 7,39$;

$$\mu_w = \frac{A_{sw}}{bs} = \frac{39,2}{200 \cdot 200} = 0,00098; \quad \varphi_{m1} = 1 + 5 \cdot 7,39 \cdot 0,00098 = 1,036 < 1,3;$$

$$\varphi_{b1} = 1 - 0,01 R_b = 1 - 0,01 \cdot 7,65 = 0,92.$$

Таким образом, подставляя вычисленные значения в формулу, получим

$$80 \cdot 10^3 < 0,3 \cdot 1,036 \cdot 0,92 \cdot 200 \cdot 565 \cdot 7,65 = 247,18 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Прочность бетона по наклонной сжатой полосе обеспечена.

(3.47)

(3.48)

$$Q_{max} \leq 2,5 R_b b h_0,$$

$$Q = Q_{max} - q_1 c \leq \varphi_{b1} (1 + \varphi_n) R_b b h_0^2 / c.$$

Расчетные сопротивления бетона

Вид сопротивления	Усл об.	Расчетное сопротивление, МПа (кг/см ²) бетонов класса										
		B20	B22,5	B25	B27,5	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
При расчетах по предельным состояниям первой группы												
Сжатие осевое (призменная прочность)	R_b	10.5 (105)	11.75 (120)	13.0 (135)	14.30 (145)	15.50 (160)	17.50 (180)	20.0 (205)	22.0 (225)	25.0 (255)	27.50 (280)	30.0 (305)
Растяжение осевое	R_{bt}	0.85 (8.5)	0.90 (9.0)	0.95 (10.0)	1.05 (10.5)	1.10 (11.0)	1.15 (12.0)	1.25 (13.0)	1.30 (13.5)	1.40 (14.0)	1.45 (14.5)	1.50 (15.5)

Сортамент арматуры (выборка, испр.) (ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Пособие к СНиП 2.03.01-84)

Номинальный диаметр стержня, мм	Расчетная площадь поперечного стержня, мм ² , при числе стержней									Теоретическая масса 1 м длины арматуры, кг	Диаметр арматуры классов				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		A-I	A-II	A-III	At-III	Bp-I
3	7,1	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	0,052	—	—	—	—	+
4	12,6	25,1	37,7	50,2	62,8	75,4	87,9	100,5	113	0,092	—	—	—	—	+
5	19,6	39,3	58,9	78,5	98,2	117,8	137,5	157,1	176,7	0,144	—	—	—	—	+
6	28,3	57	85	113	141	170	198	226	254	0,222	+	—	+	—	—
8	50,3	101	151	201	251	302	352	402	453	0,395	+	—	+	—	—
10	78,5	157	236	314	393	471	550	628	707	0,617	+	+	+	+	—
12	113,1	226	339	452	565	679	792	905	1018	0,888	+	+	+	+	—
14	153,9	308	462	616	769	923	1077	1231	1385	1,208	+	+	+	+	—
16	201,1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1810	1,578	+	+	+	+	—
18	254,5	509	763	1018	1272	1527	1781	2036	2290	1,998	+	+	+	+	—
20	314,2	628	942	1256	1571	1885	2199	2513	2828	2,466	+	+	+	+	—
22	380,1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421	2,984	+	+	+	+	—
25	490,9	982	1473	1963	2454	2945	3436	3927	4418	3,84	+	+	+	—	—
28	615,8	1232	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	4,83	+	+	+	—	—
32	804,3	1609	2413	3217	4021	4826	5630	6434	7238	6,31	+	+	+	—	—
36	1017,9	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161	7,99	+	+	+	—	—
40	1256,6	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9,865	+	+	+	—	—

Модуль упругости бетона

Класс бетона по прочности на сжатие	B20	B22,5	B25	B27,5	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
$E_B \times 10^{-3}$ МПа (кг/см ²)	27,0 (275)	28,5 (290)	30,0 (306)	31,50 (321)	32,50 (332)	34,50 (352)	36,0 (367)	37,50 (382)	39,0 (398)	39,50 (403)	40,0 (408)

Примечания: Значение E_B следует уменьшить на 10 % для бетона, подвергнутого термовлажностной обработке, а так же для бетона, работающего в условиях попеременного замораживания и оттаивания. Модуль сдвига бетона G_B следует принимать равным $0,4 E_B$.

Нормативные и расчетные сопротивления арматуры

Класс арматурной стали	Диаметр, мм	Нормативные сопротивления растяжению R_{sn} и R_{ph} , МПа (кг/см ²) при расчетах по предельным состояниям второй группы $R_{s,ser}$ $R_{p,ser}$	Расчетные сопротивления растяжению при расчетах по предельным состояниям I группы для автодор. и городских мостов R_s и R_p/R_{sw} , МПа (кг/см ²)
1	2	3	4
Ненапрягаемая арматура			
1. Стержневая: а) гладкая А-1	6-40	235 (2400)	210 (2150)/
б) периодического профиля А-II, А _с -II	10-40	295 (3000)	265 (2700)/
А-III	6 и 8	390 (4000)	340 (3450)/
	10-40	390 (4000)	350 (3550)/

**НОРМАТИВНЫЕ И РАСЧЕТНЫЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ, МОДУЛЬ
УПРУГОСТИ ПРОВОЛОЧНОЙ АРМАТУРЫ И ПРОВОЛОЧНЫХ КАНАТОВ**

Класс	Диаметр, мм	Нормативное сопротивление R_{sn}	Расчетное сопротивление, МПа			Модуль упругости E_s , МПа
			растяжению		Сжатию R_{sc}	
			продольной R_s	поперечной и отогнутой $R_{s,w}$		
Bp-I	3	410	375	270	375	170 000
	4	405	365	265	365	
	5	395	360	260	360	
B-II	3	1490	1240	990	400	200 000
	4	1410	1180	940		
	5	1335	1100	890		
	6	1255	1050	835		
	7	1175	980	785		
	8	1100	915	730		
Bp-II	3	1460	1205	970	400	200 000
	4	1370	1145	915		
	5	1255	1055	835		
	6	1175	980	785		
	7	1100	915	730		
	8	1020	850	670		
K-7	6	1450	1200	975	400	180 000
	9	1370	1145	915		
	12	1335	1100	890		
	15	1295	1080	865		
K-19	14	1410	1175	940	400	180 000

Контрольные задания

1. Укажите расчетное условие, обеспечивающее прочность сжатой полосы между наклонными трещинами:
 - а) $Q \leq 0.3 \varphi_{b1} \cdot \varphi_{w1} \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0$;
 - б) $Q \leq 0.3 \varphi_{b1} \cdot \varphi_{w1} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0$;
 - в) $Q \geq 0.3 \varphi_{b1} \cdot \varphi_{w1} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0$;
2. Укажите расчетное условие, обеспечивающее прочность по наклонному сечению без поперечной арматуры:
 - а) $Q \leq Q_b$;
 - б) $Q \leq 0.5 Q_b$;
 - в) $Q \leq 0.75 Q_b$;
3. Условие прочности по наклонным сечениям на действие изгибающего момента?
 - а) $M \geq M_s + M_{sw}$;
 - б) $M \leq M_s + M_{sw}$;
 - в) $M \leq M_s - M_{sw}$.
4. Назовите конструктивные требования по установке поперечной арматуры в железобетонных балках?
5. Дайте характеристику параметрам: q_{sw} , R_{sw} , c , S , Q_b , Q_{sw} .
6. Покажите эскиз плоского и объемного сварных и вязанных каркасов.
7. Какая арматура может быть использована в качестве поперечной?
 - а) А240;
 - б) А240, А300, А400, А500 ;
 - в) А240, А300Q ;
 - г) любая.