

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВПО «КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный факультет
Кафедра «Строительного производства»

Строительные конструкции, здания и сооружения

методические указания
по проведению практических занятий аспирантов

направление подготовки
08.06.01 «Техника и технологии строительства»

Краснодар
КубГАУ
2015

Гл 1.Изгибаемые элементы.

Расчет поперечной арматуры.

Задача 1. Дано: расчетный изгибающий момент $M=15 \text{ тс} \cdot \text{м}$; размеры сечения: $b=25 \text{ см}$, $h=50 \text{ см}$. требуется определить площадь сечения арматуры F_a .

Решение. Предположим, что рассматриваемый элемент проектируется без предварительного напряжения. Тогда для него целесообразно принять марку бетона 200 ($m_{б1} = 0,85$; $R_{пр}=90 \cdot 0,85 = 77 \text{ кгс /см}^2$) и класс арматурной стали А- III ($R_a = 3400 \text{ кгс /см}^2$).

Решение ведем в соответствии с алгоритмом.

$$A=2+\frac{2}{2}=3 \text{ см}; \quad h_0=50-3=47 \text{ см};$$

$$A_0 = \frac{M}{R_{пр} b h_0^2} = \frac{1\,500\,000}{25 \cdot 47^2 \cdot 77} = 0,35.$$

По табл. I.2. $A_R = 0,44 > A_0$; по табл. I.1. $\xi = 0,45$. Необходимая площадь сечения арматуры по формуле:

$$F_a = \xi b h_0 A_0 \frac{R_{пр}}{R} = 0,45 \cdot 25 \cdot 47 \frac{77}{3400} = 11,8 \text{ см}^2.$$

Подбираем стержни по площади $11,8 \text{ см}^2$, принимаем $4\emptyset 20\text{А} - \text{III}$ ($F_a = 12,56 \text{ см}^2$).

Если бы элемент проектировали предварительно-напряженным, для него следовало бы принять более высокую марку бетона и более высокий класс арматурной стали, например, бетон марки 300 ($m_{б1} = 0,85$; $R_{пр} = 135 \cdot 0,85 = 115 \text{ кгс /см}^2$). И сталь класса Ат-VI ($R_a = 8000 \text{ кгс /см}^2$). В этом случае необходимо знать установившееся (т. е. с учетом всех потерь) предварительное напряжение, например $\sigma_{02} = 5800 \text{ кгс /см}^2$.

Ход расчета остается прежним:

$$A_0 = \frac{M}{R_{пр} b h_0^2} = \frac{1\,500\,000}{25 \cdot 47^2 \cdot 115} = 0,236;$$

$$\sigma_A = R_a + 4000 - \sigma_{02} = 8000 + 4000 - 5800 = 6200 \text{ кгс /см}^2;$$

По табл. I.1 $\xi_0 = 0,758$, а по формуле:

$$\xi_R = \frac{\xi_0}{1 + \frac{\sigma_A}{5000} \left(1 - \frac{\xi_0}{1,1}\right)} = \frac{0,758}{1 + \frac{6200}{5000} \left(1 - \frac{0,758}{1,1}\right)} = 0,54$$

$$\text{И } A_R = \xi_R(1 - 0,5\xi_R) = 0,54(1 - 0,5 \cdot 0,54) = 0,394 > A_0 = 0,236.$$

По табл. I.1 $\xi = 0,27$; тогда

$$m_{a4} = \overline{m_{a4}} - (\overline{m_{a4}} - 1) \frac{\xi}{\xi_R} = 1,1 - (1,1 - 1) \frac{0,27}{0,54} = 1,09;$$

$$F_{a.н} = \frac{R_{пр}}{m_{a4} R_{a.н}} \xi b h_0 = \frac{115}{1,09 \cdot 8000} 0,27 \cdot 25 \cdot 47 = 4,15 \text{ см}^2 > F_{a.мин} = 1,17 \text{ см}^2.$$

Принимаем $4\emptyset 18 \text{ Ат VI } (F_{a.н} = 5,09 \text{ см}^2)$.

Предварительно-напряженные элементы могут иметь не только напрягаемую арматуру $F_{a.н}$, но и обычную F_a .

Предположим, что в нашем примере кроме напрягаемой арматуры из стали Ат-VI есть ненапрягаемая арматура из стали А-III. Тогда расчет остается прежним, но, подбирая арматурные стержни, нужно учесть количество ненапрягаемой арматуры. Назначим ее в виде $2\emptyset 10 \text{ III } (F_a = 1,57 \text{ см}^2)$. В этом случае площадь сечения напрягаемой арматуры по формуле:

$$F_{a.н} = \frac{R_{пр} \xi b h_0 - R_a F_a}{m_{a4} R_{a.н}} = \frac{115 \cdot 0,27 \cdot 25 \cdot 47 - 3400 \cdot 1,57}{1,03 \cdot 8000} = 3,7 \text{ см}^2.$$

Принимаем $2\emptyset 16 \text{ Ат VI } (F_{a.н} = 4,02 \text{ см}^2)$.

Задача 2. Дано: расчетный изгибающий момент $M = 12 \text{ тс}\cdot\text{м}$; марка бетона М200 ($m_{б1} = 1$; $R_{пр} = 90 \text{ кгс/см}^2$); арматура из стали класса А-III ($R_a = 3400 \text{ кгс/см}^2$). Требуется определить размеры сечения элемента b и h и площадь сечения арматуры F_a .

Решение. Задаемся оптимальным процентом армирования $\mu = 1,2 \%$ и определяем

$$\varepsilon = \mu \frac{R_a}{R_{пр}} = 0,012 \frac{3000}{3400} = 0,45;$$

По табл. I.1 $A_0 = 0,349$.

Задаемся размером $b = 20 \text{ см}$ и по формуле (I.18) найдем:

$$h_0 = \sqrt{\frac{M}{A_0 R_{пр} b}} = \sqrt{\frac{1\,200\,000}{0,349 \cdot 90 \cdot 20}} = 43,7 \text{ см}.$$

Пусть $a = 3$ см; тогда $h=h_0 + a = 43,7 + 3=46,7$ см; округляя, принимаем $h_0=45 - 3 = 42$ см.

Определяем:

$$A_0 = \frac{M}{R_{пр}bh_0^2} = \frac{1\,200\,000}{90 \cdot 20 \cdot 42^2} = 0,378;$$

По табл. I.1 $\varepsilon = 0,506$.

Требуемая площадь арматуры по формуле (I.21)

$$F_a = \varepsilon bh_0 \frac{R_{пр}}{R_a} = \frac{90}{3400} 0,506 \cdot 20 \cdot 442 = 11,3 \text{ см}^2.$$

Принимаем $3\emptyset 22 A III$ ($F_a = 11,4 \text{ см}^2$).

При необходимости замены арматуры класса А-III на арматуру другого класса (например, А-II) площадь арматуры

$$F_{a2} = \frac{R_{a1}F_{a1}}{R_{a2}} = \frac{3400 \cdot 11,3}{2700} = 14,2 \text{ см}^2.$$

В этом случае необходимо принять $3\emptyset 25 A II$ ($F_{a2} = 11,4 \text{ см}^2$).

Если замена производится на сталь более высокого класса, например, при необходимости предварительного напряжения, этот пересчет несколько сложнее, так как, во-первых, нужно принять и более высокую марку бетона, а во-вторых, может возникнуть необходимость учета коэффициента m_{a4} . При этом ход расчета остается практически одинаковым.

Задача 3.

Дано: железобетонная балка с размерами поперечного сечения $b=20$, $h=45$, $h_0=42$ см; марка бетона М300 ($R_p=10$ кгс/см²); арматура в виде двух сварных каркасов с поперечной арматурой из стали класса А-I; $d_x=6$ мм (на приопорных участках длиной $l/4$); расчетная поперечная сила на опоре $Q=13$ тс.

Проверить несущую способность балки по наклонному сечению.

Решение.

$$q_x = \frac{R_{ax} f_x n}{u_x} = \frac{1700 \cdot 0,283 \cdot 2}{15} = 64,4 \text{ кгс/см}.$$

Поперечная сила, воспринимаемая косым поперечным сечением,

$$Q_{x.б} = 2 \sqrt{k_2 R_p b h_0^2} \cdot q_x = 2 \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 42^2 \cdot 64,4} = 2 \cdot 6730 = 13\,460 \text{ кгс} = 13,46 > Q = 13 \text{ тс.}$$

Несущая способность наклонного сечения обеспечена.

Гл 2. Сжатые элементы.

Задача 4.

Проверить несущую способность колонны многопролетного одноэтажного здания высотой $H=4,5$ м ($l_0=5,4$ м) при следующих данных. Размеры сечения: $b=40$, $h=60$ см; бетон марки М300 ($m_{б1} = 1$, $R_{пр} = 135$ кгс/см², $E_b = 290\,000$ кгс/см²); $F_a = 19,64$ см² (4Ø25АIII); $F'_a = 9,82$ см² (2Ø25АIII); арматура из стали класса А-III ($R_a = R_{a.c} = 3400$ кгс/см²; $E_a = 2 \cdot 10^6$ кгс/см²). Расчетная нагрузка $N=98$ тс приложена с эксцентриситетом $e_{0N} = 50$ тс с эксцентриситетом $e_{0N,дл} = 10$ см.

Решение. Определяем : $a=a' = 4$ см; $h_0 = 60 - 4 = 56$ см; $z_a = 56 - 4 = 52$ см; $e_0 = e_{0N} = 38$ см; $e_{0дл} = e_{0N,дл} = 10$ см.

Так как $l_0/h = 540/60 = 9 > 4$, то $n = 6,9$;

$$J_{a.п} = 6,9 (19,64 + 9,82) 26^2 = 150\,000 \text{ см}^4;$$

$$J = \frac{40 \cdot 60^3}{12} = 720\,000 \text{ см}^4;$$

$$e = 38 + 0,5 \cdot 60 - 4 = 64 \text{ см};$$

$$e_{дл} = 10 + 0,5 \cdot 60 - 4 = 36 \text{ см};$$

$$k_{дл} = 1 + 1 \frac{50 \cdot 36}{98 \cdot 64} = 1,227;$$

$$t = 38/60 = 0,633;$$

$$N_{кр} = \frac{6,4 \cdot 290\,000}{540^2} \left[\frac{720\,000}{1,227} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,633} + 0,1 \right) + 150\,000 \right] = 1\,900\,000 \text{ кгс} = 1900 \text{ тс};$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{98}{1900}} = 1,06; \quad e = 38 \cdot 1,06 + 0,5 \cdot 60 - 4 = 66,3 \text{ см.}$$

по табл. $\xi_R = 0,58$; $A_R = 0,41$.

Так как $e_0 \eta = 38 \cdot 1,06 = 40,2$ см $> 0,3 h_0 \cdot 56 = 16,8$ см, расчет ведем аналогично случаю больших эксцентриситетов.

Из условия $N = 98\,000 = R_{\text{пр}} b x + R_{\text{а.с}} F'_a - R_a F_a = 135 \cdot 40x + 3400(9,82 - 19,64)$ определяем $x = 24,3 \text{ см} < x_{\text{гр}} = \xi_R h_0 = 0,58 \cdot 56 = 32,5 \text{ см}$

Проверяем условие:

$$N_e = 98\,000 \cdot 66,3 = 6\,500\,000 \text{ кгс} \cdot \text{см} < R_{\text{пр}} b x (h_0 - 0,5x) + R_{\text{а.с}} F'_a z_a = 135 \cdot 40 \cdot 24,3 + 3400 \cdot 9,82 \cdot 52 = 7\,500\,000 \text{ кгс} \cdot \text{см}.$$

Условие удовлетворяется, следовательно, несущая способность обеспечена.

Задача 5. Определить предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением с одиночной арматурой при максимальном использовании сжатой зоны бетона, т. е. при граничном значении ее высоты для элемента со следующими данными: $h = 50 \text{ см}$; $b = 25 \text{ см}$; марка бетона М200 ($m_{б1} = 1,1$; $R_{\text{пр}} = 90 \text{ кгс/см}^2$); арматура из стали класса ($R_a = 3400 \text{ кгс/см}^2$).

Решение. Предположим, что арматура из стержней диаметром 20 мм расположена в два ряда, тогда $h_0 = 50 - 5 = 45 \text{ см}$.

По табл. I.2 $\xi_R = 0,61$ и $A_R = 0,42$. Искомое $M_{\text{сеч}} = A_R R_{\text{пр}} b h_0^2 = 0,42 \cdot 90 \cdot 25 \cdot 45^2 = 1\,920\,000 \text{ кг} \cdot \text{см}^2 = 19,2 \text{ тс} \cdot \text{м}$.

Для восприятия такого момента площадь сечения арматуры из стали класса А-III

$$F_a = \varepsilon b h_0 \frac{R_{\text{пр}}}{R_a} = 0,61 \cdot 25 \cdot 45 \frac{90}{3400} = 18,2 \text{ см}^2.$$

Задача 6. Дано: расчетный момент $M = 10 \text{ тс} \cdot \text{м}$; размеры сечения $b = 20 \text{ см}$; $h = 40 \text{ см}$; марка бетона М300 ($R_{\text{пр}} = 135 \text{ кгс/см}^2$); арматура из стали класса А-III ($R_a = R_{\text{а.с}} = 3400 \text{ кгс/см}^2$), в том числе в сжатой зоне $2\emptyset 12 \text{ АIII}$ ($F'_a = 2,26 \text{ см}^2$); $F'_{\text{а.н}} = 0$. Требуется определить площадь растянутой арматуры.

Решение. Принимаем $\alpha = 3 \text{ см}$, $\alpha' = 2,6 \text{ см}$. Тогда $h_0 = 40 - 3 = 37 \text{ см}$ и $z = 37 - 2,6 = 34,4 \text{ см}$.

По табл. I.2 $\xi_R = 0,58$ и $A_R = 0,41$. По формуле

$$A_0 = \frac{M - R_{\text{а.с}} F'_{\text{а.н}} z_a}{R_{\text{пр}} b h_0^2} = \frac{1\,000\,000 - 3400 \cdot 2,26 \cdot 34,4}{20 \cdot 135 \cdot 37^2} = 0,193,$$

А по табл. I.1 $\xi=0,217$. Так как $x=0,217 \cdot 37=8,05$ см $2\alpha'=5,2$ см, то площадь сечения растянутой арматуры определяем с учетом сжатой зоны по формуле

$$F_a = \frac{R_{пр} \xi b h_0}{R_a} + F'_a = \frac{135}{3400} 0,217 \cdot 20 \cdot 37 + 2,26 = 8,61 \text{ см}^2$$

Принимаем 3Ø20АIII ($F_a=9,41 \text{ см}^2$).

Задача 7. Дано: Расчетный момент $M=68$ тс·м; размеры сечения $b=30$ см и $h=60$ см; марка бетона М300 ($m_{61}, 135 \text{ кгс/см}^2$); арматура из стали класса А III ($R_a=R_{a.c}=3400 \text{ кгс/см}^2$). Требуется определить необходимую площадь арматуры.

Решение. Задаемся значением $a = 6,5$ см и $a'=3$ см; тогда $h_0=60-6,5=53,5$ см и $z_a=53,5 - 3 = 50,5$ см.

По табл. I.2 $\alpha = 0,58$ и $A_R=0,41$. Из формулы (I.19)

$$C = \frac{6\ 800\ 000}{30 \cdot 53,5^2 \cdot 135} = 0,587.$$

так как $A_R = 0,41 < A_0 = 0,587 < 0,625$, то при необходимости сохранения заданных размеров сечения сжатую зону бетона нужно усилить арматурой F'_a , определяемой по формуле (I.33');

$$F_a = \frac{M - A_R R_{пр} b h_0^2}{m_{a4} R_{a.н}} = \frac{6\ 800\ 000 - 0,41 \cdot 30 \cdot 53,5^2 \cdot 135}{3400 \cdot 50,5} = 12,3 \text{ см}^2$$

Принимаем 4Ø20АII ($F'_a=12,56 \text{ см}^2$).

Так как принятая площадь P близка к полученной из расчета, то площадь сечения растянутой арматуры определяется по формуле (I.39); при $R_{a.c}=R_a$

$$F_a = \frac{R_{пр}}{R_a} \varepsilon b h_0 + F'_a = \frac{135}{3400} 0,58 \cdot 30 \cdot 53,5 + 12,56 = 49,36 \text{ см}^2$$

Принимаем 8Ø28АIII ($F_a=49,26 \text{ см}^2$).

Задача 8. Дано: Расчетный момент $M=68$ тс·м; размеры сечения $b=30$ см и $h=60$ см; марка бетона М300 ($m_{61}, 135 \text{ кгс/см}^2$); арматура из стали класса А III

($R_a=R_{a.c}=3400$ кгс/см²). Требуется определить необходимую площадь арматуры. Подобрать площадь сечения арматуры при расчетном моменте $M=49$ тс· м.

Решение. Определяем $A_0 = \frac{M}{R_{пр}bh_0^2} = \frac{4\,900\,000}{30 \cdot 53 \cdot 53,5^2} = 0,42 > A_R = 0,41$.

Необходимая площадь сжатой арматуры

$$F'_a = \frac{M - A_R R_{пр} b h_0^2}{z_a R_{a.н}} = \frac{4\,900\,000 - 0,4130 \cdot 53 \cdot 53,5^2 \cdot 135}{3400 \cdot 50,5} = 0,87 \text{ см}^2$$

$$F_{a.мин} = \mu_{мин} b h_0 = 0,0005 \cdot 30 \cdot 53,5 = 0,8 \text{ см}^2$$

По конструктивным соображениям принимаем $2\emptyset 12\text{AIII}$ ($F_a=2,26 \text{ см}^2$).

Принятая площадь сечения арматуры более чем в два раза отличается от полученной из расчета. Поэтому чтобы определить площади растянутой арматуры, сначала по формуле (I.34) при ($F'_{a.н} = 2,26 \text{ см}^2$).

$$A_0 = \frac{M - R_{a.c} F'_{a.н} z_a}{R_{пр} b h_0^2} = \frac{4\,900\,000 - 3400 \cdot 2,26 \cdot 50,5}{30 \cdot 135 \cdot 53,5^2} = 0,39;$$

Затем по табл. I.1 находим $R_{a.c}=R_a 0,53$ и, наконец, по формуле (I.39) при $R_{a.c}=R_a$ вычисляем:

$$F_a = \frac{R_{пр}}{R_a} \varepsilon b h_0 + F'_a = \frac{135}{3400} 0,53 \cdot 30 \cdot 53,5 + 2,26 = 36,06 \text{ см}^2.$$

Принимаем $6\emptyset 28\text{AIII}$ ($F_a=36,95 \text{ см}^2$).

Задача 9. Дано: расчетный изгибающий момент $M=20$ тс· м; размеры сечения: сечения $b=20$ см, $h=50$ см; $h'_п = 12$ см, $b'_п = 40$ см. Бетон марки М200 ($R_{пр}=90$ кгс/см²), арматура из стали класса А-III ($R_a=3400$ кгс/см²). Определить необходимую площадь сечения арматуры.

Решение. Принимаем $\alpha=3,5$ см; тогда $h_0=50-3,5=46,5$ см. По табл. I.2 $\xi_R=0,623$ и $A_R=0,429$. При $M_{п} = R_{пр} b'_п h'_п (h_0 - 0,5 h'_п) = 90 \cdot 40 \cdot 12 (46,5 - 0,5 \cdot 12) = 1\,750\,000$ кгс· см² $=17,5 < 20$ тс· м нейтральная ось пересекает ребро, т. е. налицо случай II.

По формуле

$$\begin{aligned}
 A_0 &= \frac{M - R_{\text{пр}}(b'_\Pi - b)h'_\Pi(h_0 - 0,5h'_\Pi)}{R_{\text{пр}}bh_0^2} \\
 &= \frac{2\,000\,000 - 90 - 20)12(46,5 - 0,5 \cdot 12)}{90 \cdot 20 \cdot 46,5^2} = 0,296 < A_R \\
 &= 0,429;
 \end{aligned}$$

Сжатая арматура не нужна. По табл. I.1 $\varepsilon = 0,362$. По формуле (I.50) требуемая площадь сечения арматуры $F'_a=0$ и $F'_{a.н}=0$

$$\begin{aligned}
 F'_a &= \frac{1}{R_a} [R_{\text{пр}}\varepsilon bh_0 + R_{\text{пр}}(b'_\Pi - b)h'_\Pi] = \\
 &= \frac{1}{3400} [90 \cdot 0,362 \cdot 20 \cdot 46,5 + 90(40 - 20)12] = 15,27 \text{ см}^2.
 \end{aligned}$$

Задача 10. Дана балка таврового сечения; $b'_\Pi=50$ см, $b = 20$ см, $h'_\Pi=8$ см, $h=60$ см» бетон марки М200 ($R_a=9$ кгс/см²), ненапрягаемая арматура растянутой зоны 3Ø25АII ($R_a=2400$ кгс/см²); $F_a=14,73$ кгс/см²).

Определить несущую способность балки.

Решение при заданных размерах и армировании принимаем $\alpha=4$ см; тогда $h_0=60-4-56$ см.

По табл. I.2 $\xi_R=0,65$; $A_R=0,44$.

Условие (I.42) при $F_{a.н}=F'_{a.н}=F'_a=0$ имеет вид:

$R_a F_a = 2700 \cdot 14,73 = 39700 > R_{\text{пр}} b'_\Pi h'_\Pi = 90 \cdot 50 \cdot 8 = 36\,000$ кгс; нейтральная ось проходит в ребре.

По формуле при $F_{a.н} = F'_{a.н} = F'_a = 0$

$$\xi = \frac{R_a F_a - R_{\text{пр}}(b'_\Pi - b)h'_\Pi}{R_{\text{пр}}bh_0} = \frac{27\,00 \cdot 14,73 - (50 - 20)8 \cdot 90}{20 \cdot 56 \cdot 90} = 0,18;$$

по табл. I.1 $A_0 = 0,164 < A_R = 0,44$.

Изгибающий момент, который может быть воспринят балкой, по формуле (I.45)

$$M_{\text{сеч}} = A_0 R_{\text{пр}} bh_0^2 + R_{\text{пр}}(b'_\Pi - b)h'_\Pi(h_0 - 0,5h'_\Pi) = 0,164 \cdot 90 \times 20 \cdot 56^2 + 90(50 - 20)8(56 - 0,5 \cdot 8) = 2\,045\,000 \text{ кгс} \cdot \text{см}^2 = 20,45 \text{ тс} \cdot \text{м}.$$

Задача 11.

Дано: Расчетный момент $M=15$ тс·м; размеры сечения $b=20$ см и $h=40$ см; марка бетона М400 ($R_{пр} = 175$ кгс/см²); в сжатой зоне поставлена напрягаемая арматура 2Ø12АIII ($R_{a.c}=3400$ кгс/см²; $F'_a=2,26$ см²) и напрягаемая арматура 2Ø15К7 ($\sigma'_{02}=9000$ кгс/см²; $F'_{a.н} = 2,83$ см²); в растянутой зоне поставлена ненапрягаемая арматура 2Ø12 АIII ($R_a=3400$ кгс/см²; $F_a=2,26$ см²) и напрягаемая арматура класса К-7 ($\sigma'_{02}=9000$ кгс/см²; $R_a=10\ 600$ кгс/см²). Необходимо определить площадь сечения напрягаемой арматуры.

Решение. Принимаем $\alpha=3$ см; $\alpha'_п = \alpha'_н=2,6$ см. Тогда $h_0 = 37$ см и $z_a = z_н = 34$ см. По формуле

$$\xi_R = \frac{\xi_0}{1 + \frac{\sigma_A}{4000} \left(1 - \frac{h_0 \xi_0}{h}\right)} = \frac{0,71}{1 + \frac{5600}{4000} \left(1 - \frac{0,71}{1,1}\right)} = 0,475.$$

По формуле в данном случае $\sigma_A = R_{a.н} + 4000 - R_{пр} = 10\ 600 + 4000 - 9000 = 5600$ кгс/см²;

$$A_R = \xi_R (1 - 0,5 \xi_R) = 0,475 (1 - 0,5 \cdot 0,475) = 0,362.$$

По формуле

$$\begin{aligned} A_0 &= \frac{M - R_{a.c} F'_a z_a - \sigma'_c F'_{a.н} z_н}{R_{пр} b h_0^2} \\ &= \frac{1\ 500\ 000 - 3400 \cdot 2,26 \cdot 34,4 - (4000 - 0,9 \cdot 9000) 2,83 \cdot 34,4}{20 \cdot 175 \cdot 37^2} \\ &= 0,34 < 0,362. \end{aligned}$$

Здесь $\sigma'_c = 4000 - m_t \sigma_{02} = 4000 - 0,9 \cdot 9000 = -4100$ кгс/см².

По табл. I.1 $\xi=0,417$. Так как значение ξ и ξ_R незначительно отличаются, то, с одной стороны, не нужна проверка, а с другой – коэффициент m_{a4} практически будет равен единице и его можно не определять.

Требуемая площадь сечения напрягаемой арматуры по формуле

$$F_{a.н} = \frac{1}{m_{a4} R_{a.н}} (R_{пр} \xi b h_0 + R_a F'_a + \sigma'_c F'_{a.н} - R_a F_a) = \frac{1}{1 \cdot 10\ 600} (175 \cdot 0,417 \cdot 20 \cdot 37 + 3400 \cdot 2,26 + (4000 - 9000 \cdot 0,9) 2,83 - 2,26 \cdot 3400) = 4 \text{ см}^2.$$

Принимаем 3Ø15К7 ($F_a=4,25$ см²).

Следует отметить, что установившееся предварительное напряжение $\sigma_{02}(\sigma'_{02})$ зависит от площади арматуры, поэтому решение задач типа II при расчете предварительно-напряженных железобетонных элементов не является исчерпывающим. После решения такой задачи необходима проверка прочности, т. Е. решение задачи типа III.

Задача 12.

по данным примера задачи 11 при найденной площади сечения арматуры $F_{a.н}=4,25 \text{ см}^2$ и уточненных $\sigma'_{02}=8800 \text{ кгс/см}^2$ и $\sigma_{02}=8500 \text{ кгс/см}^2$ определить несущую способность сечения.

Решение. При расположении арматуры $a = a' = a'_c=2,6 \text{ см}$, $h_0=37,4 \text{ см}$, $z_a = z_н=34,8 \text{ см}$.

По формуле определяем

$$\xi_R = \frac{\xi_0}{1 + \frac{\sigma_A}{4000} \left(1 - \frac{h_0 \xi_0}{h}\right)} = \frac{0,71}{1 + \frac{10\,600 + 4000 - 8500}{4000} \left(1 - \frac{0,71}{1,1}\right)} = 0,6;$$

По формуле

$$A_R = \xi_R(1 - 0,5\xi_R) = 0,6(1 - 0,5 \cdot 0,6) = 0,42;$$

По формуле определяем ξ , принимая $m_{a4}=1$:

$$\begin{aligned} \xi &= \frac{m_{a4}R_{a.н}F_{a.н} + R_a F_a - m_{a4}R_{a.c}F'_a - \sigma'_c F'_{a.н}}{R_{пр} b h_0} \\ &= \frac{10\,600 \cdot 4,25 + 3\,400 \cdot 2,26 + 3920 \cdot 2,83}{175 \cdot 20 \cdot 37,4} = 0,429; \end{aligned}$$

Затем определяем $m_{a4} = 1,15 - (1,15 - 1) \frac{0,429}{0,6} = 1,039$

И находим $\xi = \frac{1,039 \cdot 4,25 \cdot 10600 + 3400 \cdot 2,26 - 3400 \cdot 2,26 + 3920 \cdot 2,83}{175 \cdot 30 \cdot 37,4} = 0,443$.

Дальнейшего уточнения ξ не требуется, так как его изменение невелико.

Так как $x = \xi h_0 = 0,443 \cdot 37,4 = 16,6 \text{ см} > 2a = 2 \cdot 2,6 = 5,6 \text{ см}$, то сжатую арматуру следует учитывать. Тогда из табл. I.2 находим:

$A_0 = 0,345$, а по формуле (I.31)- искомую несущую способность:

$$M_{\text{сеч}} = R_{\text{пр}} A_0 b h_0^2 + R_{a.c} F'_a z_a + \sigma'_c F'_{a.H} z_a = 0,345 \cdot 175 \cdot 30 \cdot 37,4^2 + 3400 \cdot 2,26 \cdot 34,8 + (4000 - 0,9 \cdot 8800) 2,83 \cdot 34,8 = 1\,581\,000 \text{ кгс} \cdot \text{см}^2 = 15,81 > M = 15 \text{ тс} \cdot \text{м}.$$

Несущая способность достаточна.