

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Казанский Государственный архитектурно-строительный университет

Кафедра железобетонных и каменных конструкций

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим занятиям по железобетонным конструкциям

**Тема 2. Проектирование (расчет и конструирование)
изгибаемых элементов**

**Занятие 1. Расчет элементов прямоугольного профиля на
прочность по нормальным сечениям.**

КАЗАНЬ, 2012

Методические указания содержат рекомендации по расчету железобетонных элементов прямоугольного профиля на прочность по нормальным сечениям.

Под редакцией д-ра техн. наук, проф. Соколова Б.С.

Составитель: Седов А.Н.

Занятие №2.1. Расчет элементов прямоугольного профиля на прочность по нормальным сечениям.

Цель – обеспечить несущую способность железобетонного элемента.

Задача - подобрать необходимую площадь сечения продольной сжатой и растянутой арматуры в железобетонном элементе; проверить прочность сечения.

Контрольные вопросы.

1. Какой элемент называется изгибаемым?
 - а) Изгибаемыми называют элементы, в которых в поперечном сечении при действии внешней нагрузки возникает изгибающий момент.
 - б) Изгибаемыми называют элементы, в которых в поперечном сечении при действии внешней нагрузки возникает изгибающий момент и поперечная сила.
 - в) Изгибаемыми называют элементы, на которые действует равномерно распределенная внешняя нагрузка.
2. Что представляет собой схема усилий изгибаемого железобетонного элемента?
3. Какие характеристики бетона и арматуры учитываются при расчете на прочность по нормальным сечениям?
 - а) Расчетные значения сопротивления бетона и арматуры осевому сжатию.
 - б) Нормативные значения сопротивления бетона и арматуры осевому сжатию и осевому растяжению.
 - в) Нормативные значения сопротивления бетона и арматуры осевому сжатию, значения начального модуля упругости бетона и арматуры.
4. Как размещается продольная арматура в изгибаемом элементе?
5. Какой критерий установки одиночной арматуры?
 - а) $\alpha_m < 0$.
 - б) $\alpha_m < \alpha_R$.
 - в) $h_0 < 400 \text{ мм}$.
6. Какие условия обеспечивают прочность изгибаемого элемента прямоугольного профиля?

а) $M < R_b b x \bar{A}_0 + R_{sc} A'_s \bar{A}_0 - a' \bar{A}_0$ при $\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_R$.

б) $M < \alpha_R R_b b h_0^2 + R_{sc} A'_s \bar{A}_0 - a' \bar{A}_0$ при $\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_R$.

в) $M \leq R_s A_s \bar{A}_0 - 0,5 x \bar{A}_0$ при $\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_R$.

7. Как определить положение границы сжатой зоны?

а) $x = \frac{R_s A_s}{R_b b h_0}$.

$$\text{б) } x = \frac{R_s A_s - R_{sc} A'_s}{R_b b}.$$

$$\text{в) } x = \xi_R h_0.$$

8. В каких случаях вместо α_R можно принимать $(0,7\alpha_R + 0,3\alpha_m)$?

- При диаметре стержней продольной арматуры более 12мм.
- При $x \leq 0$.
- При необходимости увеличения несущей способности сечения.

Изгибаемыми называют элементы, в которых в поперечном сечении при действии внешней нагрузки возникает изгибающий момент и поперечная сила в зависимости от схемы приложения нагрузки (рис. 1). Поэтому расчет по прочности железобетонного элемента производят на действие изгибающего момента (по нормальным сечениям) и поперечной силы (по наклонным сечениям). К изгибаемым элементам относятся плиты перекрытий, балки, консоли и т.п.

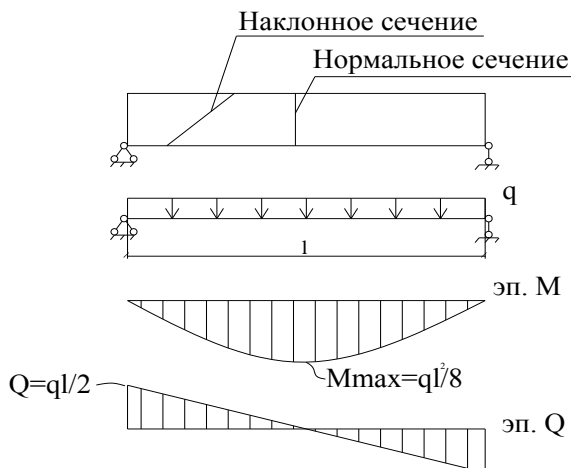


Рис.1. Изгибаемый элемент.

При расчете изгибаемых элементов по прочности сечений, нормальных к продольной оси, рассматривается прямая задача (подбор арматуры, тип 1 и 1а) и обратная задача (проверка прочности, тип 2).

Схема усилий и эпюра напряжений в поперечном сечении элемента представлена на рис.2.

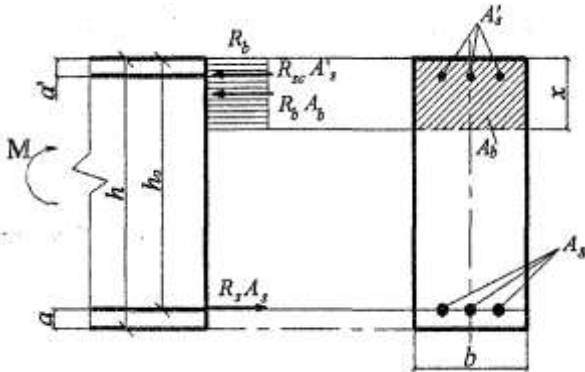
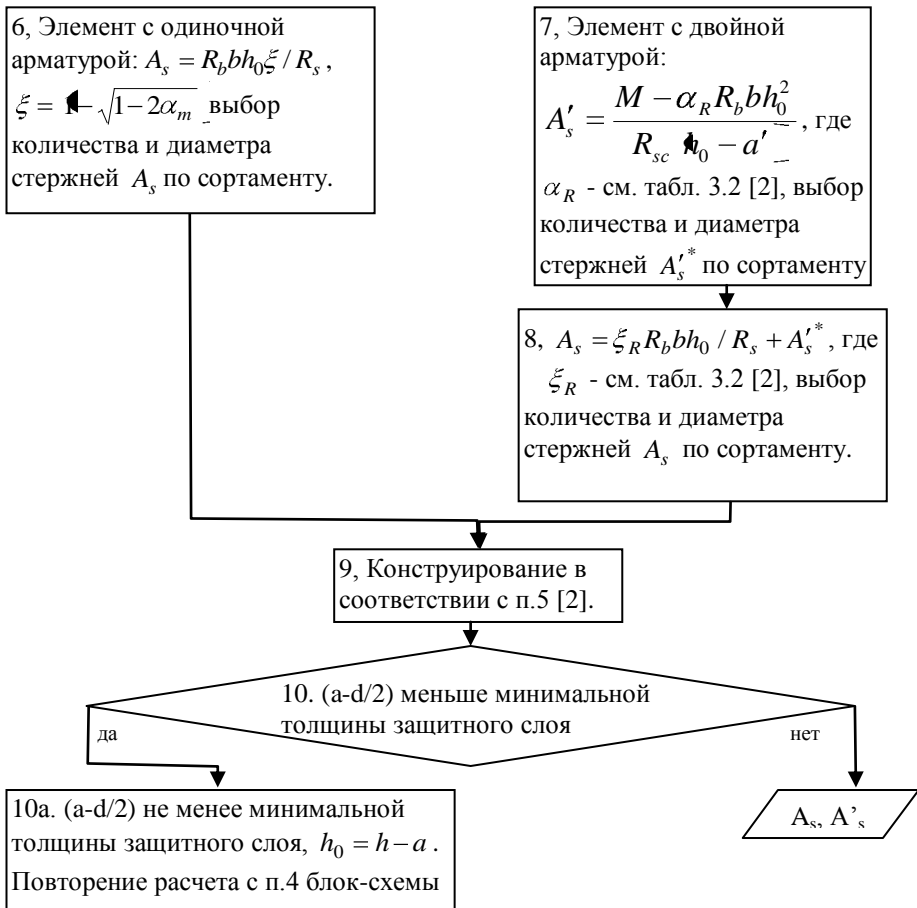


Рис.2. Схема усилий и эпюра напряжений в поперечном прямоугольном сечении изгибаемого железобетонного элемента.

Подбор продольной арматуры производят по следующей блок-схеме(задачи типа 1 и 1а)

Блок-схема 1





Примечание. При расчете задач типа 1а подбор арматуры необходимо начинать с п.4 блок-схемы 1.

Пример расчета 1. (задача типа 1).

Назначить размеры и подобрать одиночную арматуру в балке перекрытия (опирание плит перекрытия на балку с обеих сторон по 100мм, зазор между плитами перекрытия 20мм). Расчет ведем по блок-схеме 1.

Характеристики бетона и арматуры. Бетон тяжелый, класса В20, $R_b = 11.5 \text{ МПа}$. Продольная рабочая арматура класса А-400, $R_s = 355 \text{ МПа}$. Изгибающий момент $M = 240 \text{ кН*м}$.

По табл. 3.2 [2] находим $\xi_R = 0.531$, $\alpha_R = 0.39$.

1. Назначаем ширину балки $b = 100 + 100 + 20 = 220 \text{ мм}$.

2. $h_0 = \sqrt{\frac{240 \cdot 10^6}{0.39 \cdot 11.5 \cdot 220}} = 493 \text{ мм}$.

3. Принимаем $b=250\text{мм}$, $h=500\text{мм}$; $500/250=2$. По п.5 [2] толщину защитного слоя принимаем 20мм ; тогда $a=30\text{мм}$. Тогда $h_0 = h - a$,
 $h_0 = 500 - 30 = 470\text{мм}$.

$$4. \alpha_m = \frac{240 \cdot 10^6}{11,5 \cdot 250 \cdot 470^2} = 0,378.$$

5. $\alpha_m = 0,378 < \alpha_R = 0,39$ - сжатая арматура не требуется.

$$6. A_s = \frac{11,5 \cdot 250 \cdot 470 \cdot 0,506}{355} = 1926\text{мм}^2, \xi = \sqrt{1 - 2 \cdot 0,38} = 0,506.$$

$$9. \text{Принимаем 4 о 25 } A_s = 1963\text{мм}^2. \Delta = \frac{1963 - 1926}{1926} 100\% = 2\%.$$

10. Минимальная толщина защитного слоя по п.5 [2] 20мм .

$$a - d / 2 = 30 - 25 / 2 = 17,5\text{мм} < 20\text{мм}.$$

10а. Принимаем $a = 35\text{мм}$. $h_0 = 500 - 35 = 465\text{мм}$. Повторяем расчет с п.4 блок-схемы:

$$4. \alpha_m = \frac{240 \cdot 10^6}{11,5 \cdot 250 \cdot 465^2} = 0,386.$$

5. $\alpha_m = 0,386 < \alpha_R = 0,39$ - сжатая арматура не требуется.

$$6. A_s = \frac{11,5 \cdot 250 \cdot 465 \cdot 0,523}{355} = 1969,5\text{мм}^2, \xi = \sqrt{1 - 2 \cdot 0,386} = 0,523.$$

9. Принимаем 2 о 25 и 2 о 28 $A_s = 2214\text{мм}^2$.

$$\Delta = \frac{2214 - 1969,5}{1969,5} 100\% = 12\%.$$

10. Минимальная толщина защитного слоя по п.5 [2] 20мм .

$$a - d / 2 = 35 - 28 / 2 = 21\text{мм} > 20\text{мм}.$$

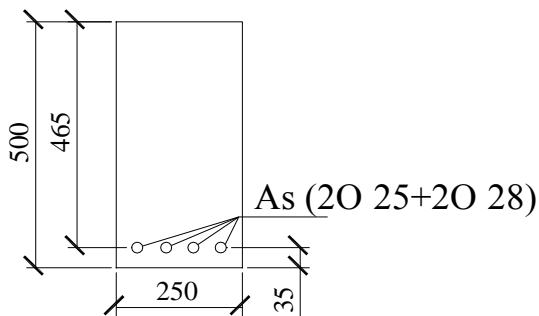


Рис.3. Сечение элемента.

Пример расчета 2. (задача типа 1а).

Подобрать одиночную арматуру в изгибаемом элементе. Расчет ведем по блок-схеме 1.

По заданию выбираем геометрические размеры изгибаемого железобетонного элемента: $b=200\text{мм}$, $h=500\text{мм}$. Характеристики бетона и арматуры. Бетон тяжелый, класса В25, $R_b = 14.5\text{МПа}$. Продольная рабочая арматура класса А-400, $R_s = 355\text{МПа}$. Изгибающий момент $M=159,9\text{кН*м}$.

По табл. 3.2 [2] находим $\xi_R = 0.531$, $\alpha_R = 0.39$.

Принимаем $a=40\text{мм}$. Тогда $h_0 = h - a$, $h_0 = 500 - 40 = 460\text{мм}$.

$$4. \alpha_m = \frac{159,9 \cdot 10^6}{14,5 \cdot 200 \cdot 460^2} = 0,261.$$

5. $\alpha_m = 0,261 < \alpha_R = 0,411$ - сжатая арматура не требуется.

$$6. A_s = \frac{14,5 \cdot 200 \cdot 460 \cdot 0,309}{355} = 1161,1\text{мм}^2, \xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,261} = 0,309.$$

$$9. \text{Принимаем } 4 \text{ о } 20 \quad A_s = 1256\text{мм}^2. \Delta = \frac{1256 - 1161,1}{1161,1} 100\% = 8\%.$$

10. По п.5 [2] минимальная толщина защитного слоя 20мм.

$$a - d / 2 = 40 - 20 / 2 = 30\text{мм} > 20\text{мм}.$$

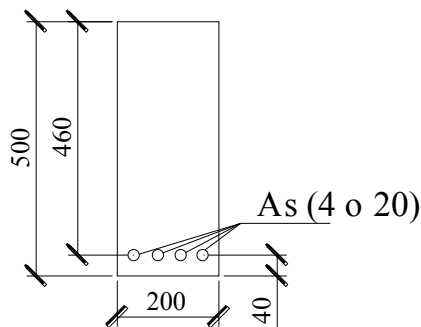


Рис.4. Сечение элемента.

Пример расчета 3. (задача типа 1а).

Подобрать сжатую и растянутую арматуру в изгибаемом элементе. Расчет ведем по блок-схеме 1.

По заданию выбираем геометрические размеры изгибаемого железобетонного элемента: $b=200\text{мм}$, $h=500\text{мм}$. Характеристики бетона и арматуры. Бетон тяжелый, класса В25, $R_b = 14.5\text{МПа}$. Продольная рабочая арматура класса А-400, $R_s = 355\text{МПа}$. Изгибающий момент $M=271,83\text{кН*м}$.

По табл. 3.2 [2] находим $\xi_R = 0.531$, $\alpha_R = 0.39$. Принимаем $a=a'=40\text{мм}$.

Тогда $h_0 = h - a$, $h_0 = 500 - 40 = 460\text{мм}$.

$$4. \alpha_m = \frac{271,83 \cdot 10^6}{14,5 \cdot 200 \cdot 460^2} = 0,44.$$

5. $\alpha_m = 0,44 > \alpha_R = 0,39$ - требуется установка сжатой арматуры.

$$7. A'_s = \frac{271,83 \cdot 10^6 - 0,39 \cdot 14,5 \cdot 200 \cdot 460^2}{355 \cdot 460 - 40} = 218,04 \text{ мм}^2. \text{ Принимаем } 5 \text{ о } 8$$

$$A_s^* = 251 \text{ мм}^2. \Delta = \frac{251 - 218,04}{218,04} 100\% = 15\%.$$

$$8. A_s = 0,531 \cdot 14,5 \cdot 200 \cdot 460 / 355 + 218,04 = 2213,4 \text{ мм}^2.$$

9. Принимаем 2 о 25 и 2 о 28 $A_s = 2214 \text{ мм}^2$.

$$\Delta = \frac{2214 - 2213,4}{2213,4} 100\% = 0,03\%.$$

10. По п.5 [2] минимальная толщина защитного слоя 20мм.

$$a - d / 2 = 40 - 28 / 2 = 26 \text{ мм} > 20 \text{ мм}.$$

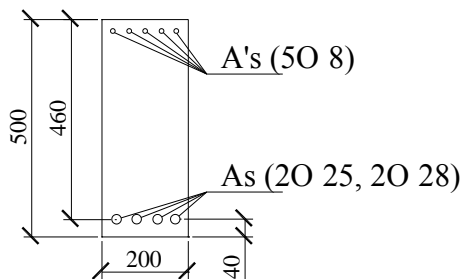
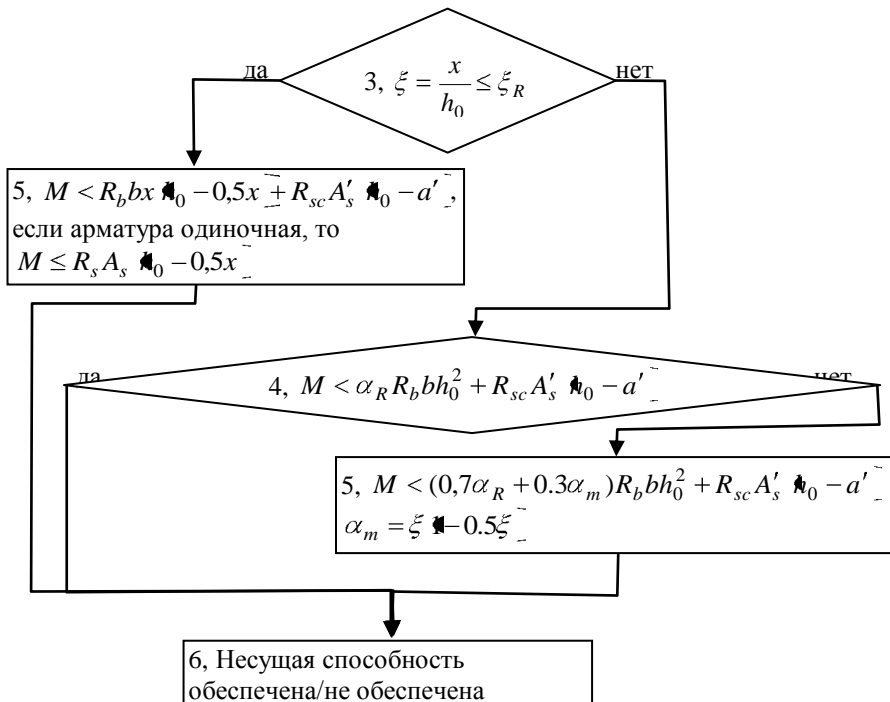


Рис.5. Сечение элемента.

Проверку прочности сечения производят по следующей блок-схеме:

Блок-схема 2





Примечание. При проверке прочности сечений с одиночной арматурой в блок-схеме 2 A'_s принимать равной 0.

Пример расчета 4. (задача типа 2).

Проверить прочность сечения. Расчет ведем по блок-схеме 2.

По заданию выбираем геометрические размеры изгибаемого железобетонного элемента: $b=400\text{мм}$, $h=600\text{мм}$, $a=30\text{мм}$. Характеристики бетона и арматуры. Бетон тяжелый, класса В25, $R_b = 14,5\text{МПа}$. Продольная рабочая арматура класса А-400, $R_s = 355\text{МПа}$, $A_s = 1018\text{мм}^2$. Изгибающий момент $M=170\text{кН}\cdot\text{м}$.

$$h_0 = h - a, h_0 = 600 - 30 = 570\text{мм}.$$

$$1. x = \frac{355 \cdot 1018}{14,5 \cdot 400} = 62,3\text{мм}.$$

$$2. \text{По табл. 3.2 [2] находим } \xi_R = 0,577, \alpha_R = 0,411.$$

$$3. \xi = \frac{62,3}{570} = 0,11 < \xi_R = 0,577.$$

5. $355 \cdot 1018 \xi_0 - 0,5 \cdot 62,3 \bar{=} = 194,73 \cdot 10^6 \text{Н} \cdot \text{мм} = 194,73\text{кНм} > M = 170\text{кНм}$, прочность сечения обеспечена.

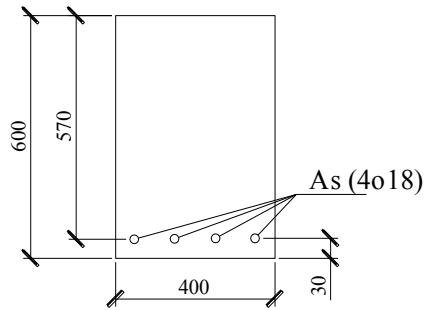


Рис.6. Сечение элемента.

Литература.

1. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. – М.: ГУП НИИЖБ Госстроя России.
2. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). ЦНИИПромзданий, НИИЖБ.- М.: ОАО «ЦНИИПромзданий», 2005. – 214 с.
3. Железобетонные и каменные конструкции: Учеб. для строит. Спец. вузов. В.М. Бондаренко. – М.: Высш. шк.,2002. – 876с.

Варианты заданий

№	B, мм	h, мм	Класс бетона	Класс арматуры	Мизг, кН*м
1	300	650	B20	A-300	208,3
2	300	600	B25	A-400	262,8
3	250	500	B30	A-300	202,4
4	200	400	B15	A-400	52,3
5	250	550	B20	A-300	104,5
6	200	450	B25	A-400	113,7
7	200	400	B30	A-300	53,0
8	250	500	B15	A-400	144,8
9	200	500	B20	A-300	154,5
10	300	700	B25	A-400	240,3
11	300	650	B30	A-300	475,5
12	200	550	B15	A-400	156,3
13	300	600	B20	A-300	265,9
14	200	450	B25	A-400	119,5
15	250	550	B30	A-300	118,9
16	250	600	B15	A-400	200,4
17	200	550	B20	A-300	150,9
18	200	450	B25	A-400	114,7
19	200	500	B30	A-300	102,0
20	300	700	B15	A-400	349,1
21	250	600	B20	A-300	244