

В.С. Кузнецов

# ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Курсовое и дипломное  
проектирование

2013

В.С. Кузнецов

# **ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ**

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ  
по образованию в качестве учебного пособия для студентов,  
обучающихся по специальности  
«Промышленное и гражданское строительство»



Издательство АСВ  
Москва  
2013

**Рецензенты:** кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции» Московского государственного открытого университета *Д.В. Морозова*;  
генеральный директор ООО «ИнформАвиаКоМ» *В.А. Кремнев*.

**Кузнецов В.С.**

**ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ:**  
Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ, 2013. – 200 с.

**ISBN 978-5-93093-766-4**

Рассмотрены вопросы проектирования сборных и монолитных железобетонных конструкций многоэтажных зданий. Приведены необходимые теоретические сведения, практический пример расчета, конструктивные решения, чертежи и схемы.

Для студентов строительных вузов, обучающихся по специальности «Промышленное и гражданское строительство», а также студентов других специальностей высших учебных заведений, изучающих дисциплину «Железобетонные и каменные конструкции».

**ISBN 978-5-93093-766-4**

© Издательство АСВ, 2013

© Кузнецов В.С., 2013

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>6</b>
1.1. НАГРУЗКИ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ .....	6
1.2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ .....	8
1.3. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....	9
1.4. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ КАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....	30
<b>2. СБОРНОЕ БАЛОЧНОЕ ПЕРЕКРЫТИЕ ЗДАНИЯ. ПРИМЕР РАСЧЕТА .....</b>	<b>36</b>
2.1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕБРИСТОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ .....	40
2.1.1. Расчет ребристой плиты в стадии эксплуатации.....	41
2.1.2. Проверка прочности плиты в стадии изготовления.....	62
2.1.3. Расчет прочности плиты в стадии транспортирования .....	63
2.1.4. Расчет прочности плиты в стадии монтажа.....	64
2.1.5. Расчет монтажной петли.....	65
2.1.6. Конструирование плиты.....	65
2.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОПУСТОТНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ .....	72
2.2.1. Расчет пустотной плиты в стадии эксплуатации.....	73
2.2.2. Проверка прочности плиты в стадии изготовления.....	93
2.2.3. Расчет монтажной петли.....	94
2.2.4. Конструирование пустотной плиты.....	94
2.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРНОГО РИГЕЛЯ .....	99
2.3.1. Расчет ригеля в стадии эксплуатации .....	99
2.3.2. Проектирование стыка ригеля с колонной.....	107
2.3.3. Эюра материалов и конструирование ригеля .....	111
2.4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРНОЙ КОЛОННЫ .....	118
2.4.1. Расчет прочности колонны среднего ряда в стадии эксплуатации .....	119
2.4.2. Расчет прочности колонны в стадии монтажа .....	126
2.4.3. Проектирование консолей колонны.....	127
2.4.4. Расчет жесткой консоли колонны.....	129
2.4.5. Проектирование стыков колонн .....	130
2.4.6. Конструирование колонны .....	135
2.5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТОВ .....	136
2.5.1. Расчет отдельного фундамента под колонну .....	139
2.6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРЕКРЫТИЯ.....	142
<b>3. МОНОЛИТНОЕ БАЛОЧНОЕ ПЕРЕКРЫТИЕ. ПРИМЕР РАСЧЕТА.....</b>	<b>143</b>
3.1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОНОЛИТНОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ .....	145
3.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВТОРОСТЕПЕННОЙ БАЛКИ .....	157
3.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КИРПИЧНОГО СТОЛБА .....	169
3.4. РАСЧЕТ ОТДЕЛЬНОГО СТУПЕНЧАТОГО ФУНДАМЕНТА .....	171
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ .....</b>	<b>174</b>
<b>ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ.....</b>	<b>194</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЯ .....</b>	<b>196</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее пособие предназначено для студентов строительных вузов, обучающихся по специальности 27.01.02 «Промышленное и гражданское строительство», при изучении ими дисциплины «Железобетонные и каменные конструкции», а также студентов других специальностей вузов при изучении дисциплины «Строительные конструкции».

Цель данного пособия закрепить теоретические знания в области проектирования железобетонных конструкций, полученные студентами на лекционных занятиях, привить будущим специалистам устойчивые навыки расчета и конструирования железобетонных и каменных элементов и конструкций, встречающихся в практике современного строительства.

Все положения по проектированию железобетонных конструкций основаны на действующих в настоящее время нормативных документах: СНиП 52-01-2003, СП 52-101-2003 и СП 52-102-2004. Определение величин действующих нагрузок, особенности их приложения и снижение их части при возможных сочетаниях выполнены в соответствии со СНиП 2.01.07-85\*. Пособие состоит из оглавления, предисловия, трех основных глав, приложения и списка литературы.

**Первая глава** представлена как самостоятельный раздел, в котором приведены основные сведения по нагрузкам, действующим на здание, статическому расчету, а также расчетные формулы, чертежи и схемы, необходимые для проектирования железобетонных конструкций по обеим группам предельных состояний.

**Вторая глава** включает соответствующий теоретический материал по компоновке балочного сборного перекрытия и практический пример проектирования конкретного перекрытия, включая расчеты преднапряженной ребристой железобетонной плиты по первой и второй группам предельных состояний и расчет монтажной петли, а также многопустотной плиты перекрытия.

Здесь же приведены: расчет прочности железобетонного ригеля таврового сечения с подрезкой, алгоритм построения эпюры материалов, назначение арматуры, расчет упруго-податливого стыка ригеля с колонной, а также принципы проектирования сборных железобетонных колонн многоэтажных зданий. В состав главы входит пример расчета прочности колонн первого и третьего этажей в стадии эксплуатации и монтажа, разделы по проектированию жестких

консолей и стыков сборных колонн, а также расчет и конструирование отдельных монолитных столбчатых фундаментов.

**Третья глава** содержит сведения по проектированию монолитного железобетонного балочного перекрытия с соотношением сторон плиты более двух, включает теоретический материал и практический пример проектирования перекрытия, кирпичного столба и бутобетонного фундамента. Расчеты всех элементов увязаны с общей темой проектирования монолитного перекрытия. В главе также приведены технико-экономические показатели перекрытия и сведения по назначению арматуры.

В пособии приведены сведения по определению технико-экономических показателей элементов сборного и монолитного перекрытий. Весь приведенный материал объединен исходным заданием на проектирование и представляет единый пример выполнения курсового проекта.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

## 1.1. Нагрузки на строительные конструкции

Все нагрузки и воздействия в настоящем пособии определяются в соответствии с действующим СНиП 2.01.07-85\* «Нагрузки и воздействия» [3].

В зависимости от продолжительности действия все нагрузки подразделяются на постоянные и временные.

Постоянные нагрузки представлены собственным весом железобетонных конструкций, а также весом пола и кровли. Вес железобетонных конструкций устанавливается по фактическим размерам изделий, их реальной средней плотности или по каталогу.

Из временных нагрузок в курсовом проекте учитываются снеговая на кровлю и полезная нагрузка на перекрытие.

Нормативная величина полезной (технологической) нагрузки приводится в задании на курсовое проектирование. При определении усилий в элементах здания необходимо учитывать снижение нагрузки вследствие неравномерности загрузки перекрытий на всех этажах здания.

Значение снеговой нагрузки определяется в соответствии с выбранным районом строительства, с учетом изменения величины нагрузки за счет ветра и профиля кровли.

Полное нормативное значение снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия определяется по формуле

$$s = s_0 \cdot \mu \cdot c_e, \quad (1)$$

где  $s_0$  – нормативное значение веса снегового покрова на  $1 \text{ м}^2$  поверхности земли в соответствии с заданным районом;  $\mu$  – коэффициент перехода от веса снегового покрова на  $1 \text{ м}^2$  поверхности земли к весу снеговой нагрузки на покрытие (для плоских кровель  $\mu = 1$ );  $c_e$  – коэффициент снижения снеговой нагрузки в районах со средней скоростью ветра  $v \geq 2 \text{ м/с}$  за три наиболее холодных месяца, определяемый по формуле

$$c_e = (1,2 - 0,1v\sqrt{k})(0,8 + 0,002b), \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте;  $b$  – ширина покрытия, принимаемая не более 100 м.

Временные нагрузки могут иметь полное и пониженное значения. Для полезной нагрузки на перекрытие нормативные данные

берутся из задания на курсовое проектирование или в соответствии с рекомендациями *табл. 1 приложения*. Для снеговой нагрузки длительная часть составляет 50% от расчетного значения. Расчетное значение нагрузки определяется как произведение ее нормативного значения на коэффициент надежности по нагрузке  $\gamma_f$ , который определяется видом нагрузки и выполняемым расчетом. Для расчетов по первой группе предельных состояний (расчеты на прочность) некоторые коэффициенты надежности приведены ниже:

$\gamma_f = 1,1$  – масса железобетонных конструкций (с плотностью более  $1600 \text{ кг/м}^3$ );

$\gamma_f = 1,2$  – масса бетонных (со средней плотностью  $1600 \text{ кг/м}^3$  и менее), изоляционных, выравнивающих и отделочных слоев, выполненных в заводских условиях,  $\gamma_f = 1,3$  – то же при выполнении на строительной площадке;

$\gamma_f = 1,3$  – при временных нагрузках менее  $2,0 \text{ кПа}$  ( $200 \text{ кгс/м}^2$ );

$\gamma_f = 1,2$  – при временных нагрузках  $2,0$  и более  $\text{кПа}$ .

При расчете балок, ригелей, плит, а также колонн и фундаментов, воспринимающих нагрузки от одного перекрытия, полные нормативные значения временных нагрузок, указанные в *табл. 1 приложения*, следует снижать в зависимости от грузовой площади  $A$ ,  $\text{м}^2$ , рассчитываемого элемента умножением на коэффициент сочетания  $\Psi_{A_s}$ , равный:

а) для помещений, указанных в поз. 1, 2, 12а (при  $A > A_1 = 9 \text{ м}^2$ ),

$$\Psi_{A_1} = 0,4 + \frac{0,6}{\sqrt{\frac{A}{A_1}}}; \quad (3)$$

б) для помещений, указанных в поз. 4, 11, 12б (при  $A > A_2 = 36 \text{ м}^2$ ),

$$\Psi_{A_2} = 0,5 + \frac{0,5}{\sqrt{\frac{A}{A_2}}}. \quad (4)$$

При определении продольных усилий для расчета колонн, стен и фундаментов, воспринимающих нагрузки от двух перекрытий и более, полные нормативные значения временных нагрузок, указанные в *табл. 1 приложения*, следует снижать умножением на коэффициент сочетания  $\psi_n$ , равный:

а) для помещений, указанных в поз. 1, 2, 12а,



$$\psi_{n_1} = 0,4 + \frac{\psi_{A_1} - 0,4}{\sqrt{n}}; \quad (5)$$

б) для помещений, указанных в поз. 4, 11, 12б,

$$\psi_{n_2} = 0,5 + \frac{\psi_{A_2} - 0,5}{\sqrt{n}}, \quad (6)$$

где  $\psi_{A_1}$ ,  $\psi_{A_2}$  – определяются в соответствии с [3];  $n$  – общее число перекрытий, нагрузки от которых учитываются при расчете рассматриваемого сечения колонны, стены, фундамента.

При расчете железобетонных конструкций и оснований следует учитывать коэффициент надежности проектируемого здания по степени ответственности  $\gamma_n$ .

Все здания разделены на три уровня ответственности [3], характеризующиеся экономическими, социальными и экологическими последствиями их отказов. Каждому уровню соответствует определенный коэффициент надежности.

## **1.2. Основные положения статического расчета конструкций**

Целью статического расчета является определение усилий, действующих на здание в целом, а также на отдельные конструкции. В общем случае этими усилиями являются изгибающие моменты, поперечные и продольные силы ( $M$ ,  $Q$ ,  $N$ ). Для выполнения статического расчета необходимо знать конструктивную схему здания, на основании которой установить расчетные схемы здания и отдельных конструктивных элементов, определить расчетные размеры и вычислить действующие на них нагрузки.

Расчетные схемы должны определяться по правилам сопротивления материалов и строительной механики, отражать реальную работу конструкции и соответствовать фактическим условиям закрепления и действующим нагрузкам.

Так, расчетная схема сборной ребристой или многопустотной плиты может быть представлена однопролетной статически определимой балкой. Сборного ригеля – статически определимой балкой таврового или прямоугольного сечения, опорами которого служат консоли колонн каркаса, и т.д.

Тип опоры расчетной схемы определяется из реального узла сопряжения строительных конструкций. Если плита свободно лежит

на полках ригеля, то имеют место шарнирные опоры. Если свободно-му перемещению верхних частей опорных сечений ригеля препятствуют соединения этих частей с колоннами при помощи закладных деталей – «рыбок», то имеет место упругоподатливое сопряжение ригеля с колонной, и в опорных узлах расчетной схемы ригеля (однопролетной балки) приложены опорные моменты в соответствии с несущей способностью «рыбок». При соединении верхней арматуры отдельных ригелей между собой с помощью стыковочных стержней, заделанных в колонны и сварки, рассматривается жесткое соединение.

Расчетная схема плиты монолитного балочного перекрытия выражается многопролетной статически неопределимой балкой прямоугольного сечения, промежуточными опорами которой служат второстепенные балки перекрытия, а расчетной схемой второстепенных балок служит многопролетная статически неопределимая балка таврового сечения, промежуточными опорами которой служат главные балки. Расчетные схемы железобетонных конструкций для различных стадий работы представлены в *приложении табл. 19*.

Расчетная длина элемента определяется исходя из размеров пролетов и условий опирания. При шарнирной опоре плит или балок расчетная длина считается между серединами площадок опирания, а в случае заделки – от внутренних граней опор элемента (расстояние в свету). Для колонн и столбов расчетная длина равна высоте этажа, умноженной на коэффициент условий закрепления.

При определении усилий необходимо установить перечень и величины действующих на строительную конструкцию нагрузок, с учетом рекомендаций предыдущей главы, при необходимости вычислить грузовую площадь, а также число этажей с которых нагрузка собирается.

### **1.3. Основные сведения по расчету железобетонных конструкций**

Расчет прочности железобетонных элементов на действие изгибающих моментов и поперечных сил проводится в общем случае на основе нелинейной деформационной модели [4]. Сечения прямоугольного, таврового и двутаврового профилей с арматурой, расположенной у перпендикулярных плоскости изгиба граней при действии момента в плоскости симметрии сечения допускается производить по предельным усилиям. Расчет прочности по нормальным сечениям заключается в определении необходимого количества растянутой арматуры, в предположении, что прочность бетона сжатой зо-

ны и продольной растянутой арматуры в рассматриваемом сечении будет исчерпана одновременно. Расчет прочности железобетонных элементов должен производиться для всех стадий работы элемента, а именно: изготовления, складирования, транспортирования, монтажа (возведения), эксплуатации.

Предварительно напряженные элементы должны также проверяться в стадии изготовления на действие усилий от предварительного напряжения арматуры. В рамках курсового проекта необходимость расчета для той или иной стадии определяется заданием на курсовое проектирование.

При расчете прочности предварительно напряженных элементов следует учитывать возможные отклонения преднапряжения путем умножения значений  $\sigma_{sp}$  на коэффициент  $\gamma_{sp}$ , равный:

0,9 – при благоприятном действии преднапряжения;

1,1 – при неблагоприятном действии преднапряжения.

Класс бетона для преднапряженных конструкций принимается в соответствии с указаниями *табл. 9 приложения*. Передаточная прочность бетона  $R_{bp}$  назначается не менее 0,5 В и не менее 15 МПа.

При расчете конструкций на действие только постоянных и длительных нагрузок сопротивления бетона  $R_b$  и  $R_{bt}$  умножаются на коэффициент условий работы  $\gamma_{b1} = 0,9$ .

Расчет производят в зависимости от соотношения относительной высоты сжатой зоны бетона  $\xi$  и граничной относительной высоты сжатой зоны бетона  $\xi_R$ .

Для элементов без предварительного напряжения арматуры  $\xi_R$  определяется по формуле (7) или по *табл. 3 приложения*.

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{R_s}{700}} \quad (7)$$

здесь  $R_s$ , в МПа.

Для элементов с предварительным напряжением арматуры  $\xi_R$  определяется по формуле (8) или по *табл. 6 приложения*.

$$\xi_R = \frac{0,8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b,2}}} \quad (8)$$

где  $\varepsilon_{s,el}$  – относительная деформация в растянутой арматуре от внешней нагрузки при достижении в этой арматуре расчетного сопротивления:

– для арматуры с физическим пределом текучести

$$\varepsilon_{s,el} = (R_s - \sigma_{sp}) / E_s, \quad (9)$$

– для арматуры с условным пределом текучести

$$\varepsilon_{s,el} = (R_s + 400 - \sigma_{sp}) / E_s, \quad (10)$$

$\sigma_{sp}$  – принимается с учетом всех потерь при коэффициенте  $\gamma_{sp} = 0,9$ ;

$\varepsilon_{b,2}$  – предельная относительная деформация сжатого бетона  $\varepsilon_{b,2} = 0,0035$ ;

$R_b, E_s, \sigma_{sp}$  – в МПа.

Если соблюдается условие  $\xi = x/h_0 \leq \xi_R$ , расчетное сопротивление напрягаемой арматуры  $R_s$  допускается увеличивать путем умножения на коэффициент условий работы  $\gamma_{s3}$ , определяемый по формуле

$$\gamma_{s3} = 1,25 - 0,25 \xi / \xi_R \leq 1,1. \quad (11)$$

Если  $\xi / \xi_R < 0,6$ , можно сразу принимать  $\gamma_{s3} = 1,1$ .

Коэффициент  $\gamma_{s3}$  не следует учитывать для напрягаемой арматуры класса A540; в зоне передачи напряжений; при расположении стержней арматуры классов B<sub>p</sub>1200–B<sub>p</sub>1500 вплотную (без зазоров).

### **Прочность нормальных сечений**

#### **изгибаемых элементов прямоугольного профиля**

Расчет прочности нормальных сечений заключается в определении необходимого количества растянутой арматуры, в предположении, что прочность бетона сжатой зоны и продольной арматуры в рассматриваемом сечении будет исчерпана одновременно.

В зависимости от высоты сжатой зоны бетона  $x$  или относительной высоты сжатой зоны  $\xi$  расчет прочности изгибаемых элементов выполняется:

- для сечения с одиночной арматурой;
- для сечения с двойной арматурой.

Положение нейтральной оси в сечениях прямоугольной формы определяется из условия равенства нулю проекции всех действующих сил на продольную ось элемента по нижеприведенной формуле

$$x = (R_s A_s - R_{sc} A'_s) / R_b b. \quad (12)$$

При  $\xi = x / h_0 \leq \xi_R$  требуемое количество растянутой арматуры находится из условия прочности как для сечения с одиночной арматурой

$$M \leq M_{ceq} = R_b b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (13)$$

При  $\xi = x / h_0 > \xi_R$  необходимая площадь растянутой и сжатой арматуры определяется из условия прочности как для сечения с двойной арматурой

$$M \leq M_{сеч} = \alpha_R R_b b h_0^2 + R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (14)$$

Расчетную прочность сечений с двойной арматурой можно несколько увеличить, приняв в формуле (14)

$$\alpha_R = (0,7\alpha_R + 0,3\alpha_m), \quad (15)$$

где  $\alpha_R = \xi_R (h_0 - 0,5 \xi_R), \quad (16)$

$$\alpha_m = \xi (h_0 - 0,5 \xi).$$

Если  $x \leq 0$ , прочность проверяется из условия

$$M \leq M_{сеч} = R_s A_s (h_0 - a'). \quad (17)$$

### **Прочность нормальных сечений с одиночной арматурой**

**Вычисление количества продольной арматуры.** Прямоугольные сечения с одиночной арматурой при  $\xi = x / h_0 \leq \xi_R$  рассчитываются следующим образом.

Определяются граничная высота сжатой зоны бетона  $\xi_R$  и коэффициент  $\alpha_R$  по формуле (7) или (8) или по таблицам приложения.

Вычисляется табличный коэффициент  $\alpha_m$

$$\alpha_m = M / R_b b h_0^2. \quad (18)$$

Сравниваются значения  $\alpha_m$  и  $\alpha_R$ .

Проверяется выполнение условия  $\xi \leq \xi_R$ .

Вычисляется требуемая площадь растянутой арматуры

$$A_s = \frac{R_b b h_0 (1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m})}{R_s}. \quad (19)$$

При применении высокопрочной преднапряженной арматуры расчетное сопротивление напрягаемой арматуры  $R_s$  увеличивают путем умножения на коэффициент условий работы  $\gamma_{s3}$ , определяемый по формуле (11).

По сортаменту выпускаемой стали (табл. 7 приложения) определяются диаметр и необходимое количество стержней.

**Проверка прочности.** Прочность нормальных сечений с одиночной арматурой производят при  $\xi \leq \xi_R$  из условия

$$M \leq R_s A_s (h_0 - 0,5x). \quad (20)$$

При  $\xi > \xi_R$  проверка прочности нормальных сечений выполняется из условия

$$M \leq \alpha_R R_b b h_0^2 \quad (21)$$

и начинается с определения граничной высоты сжатой зоны  $\xi_R$ .

### Прочность нормальных сечений элементов таврового профиля

Расчет прочности нормальных сечений производят в зависимости от положения границы сжатой зоны.

Если граница проходит в полке, то есть соблюдается условие

$$R_s A_s \leq R_b b'_f h'_f + R_{sc} A'_s, \quad (22)$$

расчет производят, как для прямоугольного сечения шириной  $b'_f$ .

Если граница проходит в ребре, то есть условие (22) не соблюдается, расчет производят из условия

$$M \leq M_{сеч} = R_b x (h_0 - 0,5x) + R_b A_{ov} (h_0 - 0,5h'_f) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'), \quad (23)$$

где  $A_{ov}$  – площадь сечения свесов полки, равная  $(b'_f - b)h'_f$ .

При этом высоту сжатой зоны определяют по формуле

$$x = \frac{R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s - R_b \cdot A_{ov}}{R_b \cdot b}, \quad (24)$$

и принимают не более  $\xi_R h_0$ .

Если  $x > \xi_R h_0$  условие (23) можно записать в виде

$$M \leq \alpha_R R_b b h_0^2 + R_b A_{ov} (h_0 - 0,5h'_f) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'). \quad (25)$$

$\alpha_R$  определяется по таблице 3 приложения.

Требуемую площадь сечения сжатой арматуры определяют по формуле

$$A'_s = \frac{M - \alpha_R R_b \cdot b \cdot h_0^2 - R_b \cdot A_{ov} (h_0 - 0,5h'_f)}{R_{sc} (h_0 - a')}, \quad (26)$$

При этом должно выполняться условие  $h'_f \leq \xi_R h_0$ .

В случае, если  $h'_f > \xi_R h_0$ , площадь сечения сжатой арматуры определяют как для прямоугольного сечения шириной  $b = b'_f$ .

Площадь сечения растянутой арматуры определяют следующим образом

а) если граница сжатой зоны проходит в полке, то есть соблюдается условие

$$M \leq R_b b'_f h'_f (h_0 - 0,5h'_f) + R_{sc} A'_s (h_0 - a'), \quad (27)$$

площадь сечения растянутой арматуры определяют как для прямоугольного сечения шириной  $b'_f$ ,

б) если граница сжатой зоны проходит в ребре, то есть условие (27) не соблюдается, площадь сечения растянутой арматуры определяют по формуле

$$A_s = \frac{R_b \cdot b \cdot h_0 (1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m}) + R_b \cdot A_{ov} + R_{sc} \cdot A'_s}{R_s}, \quad (28)$$

$$\text{где } \alpha_m = \frac{M - R_b \cdot A_{ov} (h_0 - 0,5h'_f) - R_{sc} \cdot A'_s (h_0 - a')}{R_b \cdot b \cdot h_0^2}. \quad (29)$$

При этом должно выполняться условие  $\alpha_m \leq \alpha_R$ .

Расчетная ширина полки, вводимая в расчет  $b'_f$ , принимается из условия, что ширина свеса полки в каждую сторону от ребра должна быть:

- не более 1/6 пролета элемента;
- *при наличии поперечных ребер или при  $h'_f \geq 0,1h$* , расчетная ширина принимается не более половины расстояния в свету между продольными ребрами;
- *при отсутствии поперечных ребер* (или при расстояниях между ними, больших, чем расстояния между продольными ребрами) и *при  $h'_f < 0,1h$* , расчетная ширина принимается равной  $b'_f = 6h'_f$ ;
- *при консольных свесах полки*: при  $h'_f < 0,1h$ , расчетная ширина  $b'_f = 6h'_f$ ; при  $0,05h \leq h'_f < 0,1h$ , расчетная ширина  $b'_f = 3h'_f$ ; при  $h'_f < 0,05h$  – свесы не учитывают.

### **Прочность сечений прямоугольного профиля с двойной арматурой**

**Подбор продольной арматуры** изгибаемых элементов с двойной арматурой выполняется в следующей последовательности.

- Вычисляется коэффициент  $\alpha_m = M/R_b b h_0^2$ .
- Находится граничная высота сжатой зоны бетона  $\xi_R$  и коэффициент  $\alpha_R$ .
- Проверяется условие  $\alpha_m > \alpha_R$ , свидетельствующее о необходимости постановки сжатой арматуры.
- Рассчитывается требуемая площадь сжатой арматуры,

$$A'_s = (M - \alpha_R \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2) / R_{sc} (h_0 - a'). \quad (30)$$

- Вычисляется площадь растянутой арматуры

Учебное пособие

Виталий Сергеевич Кузнецов

# **ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ**

Редактор: *Г.М. Мубаракшина*  
Дизайн обложки: *Н.С. Романова*  
Компьютерная верстка: *О.В. Лютова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Формат 60×90/16.  
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Тираж 500 экз.

Усл. 12,5 п.л. Заказ №

ООО «Издательство АСВ»  
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511  
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: [iasv@mgsu.ru](mailto:iasv@mgsu.ru), <http://www.iasv.ru/>