

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ УЛЬЯНОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# ***ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ***



УЛЬЯНОВСК 2001

Министерство образования Российской Федерации  
Ульяновский государственный технический  
университет

## **ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ**

Методические указания к курсовому проекту для студентов  
специальности 290.300

Составители; У.А. Ямлеев  
А. А. Макаров

УДК 624.012.35:46 (076)

**ББК 38.53я7 Железобетонные конструкции**

**многоэтажных зданий ;**

**Ж 51** Методические указания к курсовому проекту для студентов специальности **290.300/** Сост.: У.А. Ямлеев, А.А.Макаров.- Ульяновск: УлГТУ, 200-1.-36 с. i

Методические указания к курсовому проекту разработаны в соответствии с учебной программой по дисциплине "Железобетонные, бетонные и каменные конструкции" для студентов специальности "Промышленное и гражданское строительство" и предназначены для проведения практических занятий.

Рассмотрены вопросы расчета, конструирования и проектирования железобетонных конструкций многоэтажных зданий. Предложены алгоритмы расчета монолитного ребристого балочного перекрытия и сборных железобетонных конструкций. В указаниях приведены элементы ПИРС и использование ЭВМ. Работа подготовлена на кафедре "Строительные конструкции".

**удк 624.01г. 35:46/076/**

**ББК 38.53я7**

Рецензент кандидат технических наук

**В.А.Торбин (ЦНИИОМТП)**

Одобрено секцией методических пособий  
научно-методического совета  
университета

Учебное издание

Железобетонные конструкции многоэтажных

зданий Методические указания к курсовому

проекту для студентов специальности **290.300**

Составители: ЯМЛЕЕВ Усман Айнатулович

МАКАРОВ Александр Анатольевич

Редактор Н.А.Евдоржмова

Подписано в печать **19.06.01.** Формат **60x84**

**1/16.** Бум. писчая. Усл. печ.л. **2,09.** Уч.-изд. л.

**2,00.** Тираж **200** экз. Заказ **1821**

Ульяновский государственный технический университет,  
**432027, Ульяновск, Северный Венец, 32.**

Типография УлГТУ, **432027, Ульяновск, Северный Венец, 32.**

**© Оформление.**

**УлГТУ^2001**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Общие указания .....                                                                                      | 4         |
| <b>Глава 1. Проектирование ребристых монолитных<br/>перекрытий с балочными плитами .....</b>              | <b>5</b>  |
| 1.1. Компоновка конструктивной схемы перекрытия .....                                                     | 5         |
| 1.2. Материалы для изготовления элементов перекрытия .....                                                | 5         |
| 1.3. Общие положения расчета .....                                                                        | 7         |
| 1.4. Расчет плиты .....                                                                                   | 7         |
| 1.5. Расчет балок .....                                                                                   | 9         |
| 1.5.1. Статический расчет .....                                                                           | ,9        |
| 1.5.2. Расчет прочности нормального сечения .....                                                         | 12        |
| 1.5.3. Расчет прочности наклонного сечения .....                                                          | 14        |
| <b>Глава 2. Проектирование перекрытий из сборных<br/>железобетонных конструкций .....</b>                 | <b>17</b> |
| 2.1. Расчет и конструирование предварительно напряженной<br>плиты перекрытия .....                        | 17        |
| 2.1.1. Общие указания и сбор нагрузок .....                                                               | 17        |
| 2.1.2. Расчет плиты перекрытия по предельным состояниям<br>первой группы .....                            | 17        |
| 2.1.2.1. Расчет прочности по нормальному сечению .....                                                    | 17        |
| 2.1.2.2. Расчет прочности по наклонному сечению .....                                                     | 21        |
| 2.1.2.3. Расчет полки ребристой плиты .....                                                               | 24        |
| 2.1.2.4. Дополнительные требования по конструированию<br>предварительно напряженных плит перекрытия ..... | 24        |
| 2.1.3. Расчет плит перекрытия по предельным состояниям<br>второй группы с использованием ЭВМ .....        | 25        |
| <b>2.2. Расчет и конструирование сборного неразрезного ригеля..</b>                                       | <b>26</b> |
| 2.2.1. Общие требования .....                                                                             | 26        |
| 2.2.2. Расчет продольной арматуры .....                                                                   | 27        |
| 2.2.3. Расчет поперечной арматуры .....                                                                   | 29        |
| 2.2.4. Расчет стыков сборного ригеля .....                                                                | 29        |
| 2.3. Расчет и конструирование сборной колонны .....                                                       | 33        |
| 2.3.1. Общие требования .....                                                                             | 33        |
| 2.3.2. Статический расчет .....                                                                           | 33        |
| 2.3.3. Подбор сечения арматуры .....                                                                      | 34        |
| Список литературы .....                                                                                   | 36        |

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Задание на курсовой проект является основным рабочим документом для установления геометрических размеров, определения расчетных и нормативных нагрузок и назначения прочностных и деформационных характеристик материалов.

В состав курсового проекта входит проектирование (расчет и конструирование) монолитных конструкций балочного перекрытия и сборных железобетонных элементов многоэтажного здания.

Заданием предусматривается проектирование следующих элементов:

- монолитной плиты;
- монолитной второстепенной балки;
- монолитной главной балки;
- сборной предварительно напряженной плиты перекрытия;
- сборного неразрезного ригеля;
- сборной средней колонны 1 этажа.

Проект оформляется в виде пояснительной записки и графической части в виде рабочих чертежей. Пояснительная записка должна иметь все разделы согласно настоящим указаниям (монолитный или сборный вариант, сборная предварительно напряженная плита перекрытия обязательна).

### 1

Графическая часть состоит из одного листа формата А1. На листе размещаются следующие чертежи:

- план перекрытия и разрез здания (М 1:100);
- чертежи монолитного балочного перекрытия (плита, второстепенная и главная балка) (стадия КЖИ);
- чертежи сборной предварительно напряженной плиты перекрытия (стадия КЖИ);
- чертежи сборного неразрезного ригеля (стадия КЖИ);
- чертежи сборной колонны (стадия КЖИ);
- спецификация;
- ведомость арматурных изделий.

В стадию КЖИ входят рабочие чертежи всех сеток, каркасов, закладных деталей и отдельных стержней. Каждый стержень должен иметь выноску с указанием номера позиции.

Все рабочие чертежи должны оформляться в соответствии с требованиями [3, 4, 5, 6, 73.

## **Глава 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕБРИСТЫХ МОНОЛИТНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С БАЛОЧНЫМИ ПЛИТАМИ**

### **1.1. КОМПОНОВКА КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ПЕРЕКРЫТИЯ**

Ребристое перекрытие состоит из плиты, второстепенных и главных балок (ригелей). Главные балки перекрытия опираются по краям на стены здания, а в середине - на колонны. Расположение их может быть параллельное или перпендикулярное по отношению к направлению продольных стен (рис. 1.1). Сущность такой конструкции состоит в том, что в целях экономии из растянутой зоны сечения удален бетон и сохранены лишь ребра балок таврового сечения, в которых сконцентрирована растянута арматура. Сжатая полка ребер работает так же на местный изгиб, как плита пролетом, равным расстоянию между второстепенными балками. Последние опираются на главные балки. Второстепенные балки располагаются с шагом, равным 1,5-2 м.

Принимаемые направления, пролеты, шаги и размеры поперечных сечений балок должны удовлетворять архитектурным, конструктивным, экономичным и технологическим требованиям.

Главные балки могут быть пролетом 6-12 м; пролет второстепенных балок может составлять 6-9 м; пролет плит (шаг второстепенных балок) 1,5-2 м. Размеры пролетов балок принимаются равными значению шага колонн, а размеры поперечных сечений - кратными 50 мм.

Толщина плиты по экономическим требованиям принимается наименьшей: для междуэтажного перекрытия промышленных зданий - 60 мм; гражданских - 50 мм (см. п. 5.3С23). Высота сечения второстепенных балок составляет  $(1/12-1/20)h$ ; главных балок -  $(1/8-1/16)h$ . Ширина сечения ребер балок принимается:  $b=(0,4-0,6)h$ .

### **1.2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕРЕКРЫТИЯ**

Все элементы перекрытия - плиты, главные и второстепенные балки-монолитно связаны между собой и выполняются из бетонов: В15 с  $R_b=8,5$  МПа;  $R_{bt}=0,75$  МПа или В20 с  $R_b=11,5$  МПа;  $R_{bt}=0,9$  МПа. Армирование плиты и опорных сечений второстепенных балок производится сварными сетками, изготовленными по ГОСТ 8478-81.

Рабочая арматура сеток изготавливается из стали класса А-III

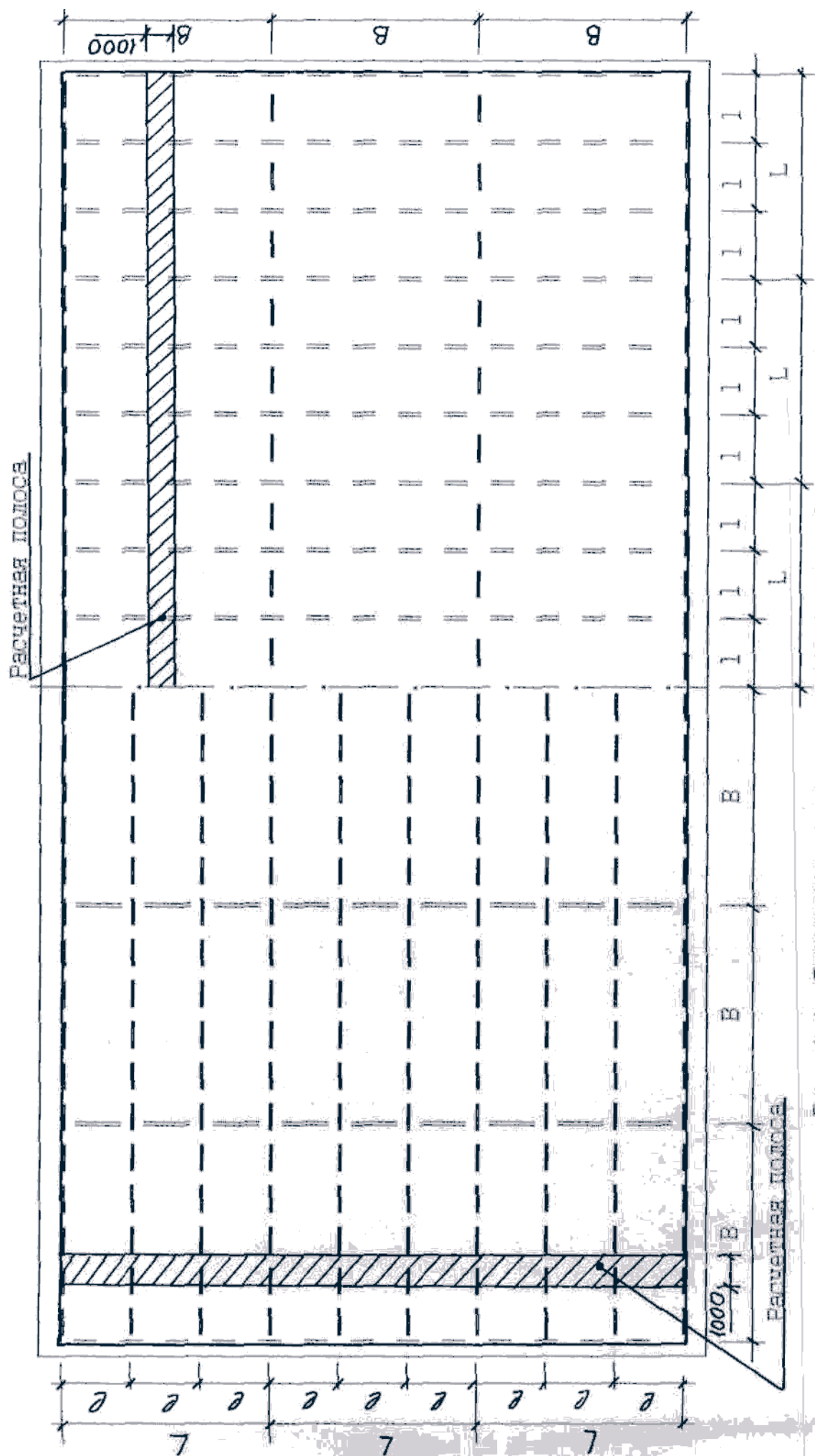


Рис. 1.1. Расчетное монолитное перекрытие с балочными плитами

$R_s=355$  МПа для диаметра 6+8 мм и  $R_s=365$  МПа для диаметра 10+40 мм; из стали класса Вр-1  $R_s=375$  МПа для диаметра 3 мм,  $R_s=365$  МПа для диаметра 4 мм,  $R_s=360$  МПа для диаметра 5 мм, определяем . по табл. 22 и 23С23.

Продольную арматуру каркасов второстепенных балок рекомендуется изготавливать из стали класса А-III  $R_s= 365$  МПа для диаметров 10-40 мм, определяем по табл. 22[23; хомуты - из арматурной стали класса А-I  $R_{sw}=175$  МПа.

Диаметр продольных стержней может быть до 40 мм, поперечных-до 10 мм. Шаг рабочих стержней принимается равным 100,150,200 мм;

шаг конструктивных стержней - 250 мм.

### 1.3. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА

Элементы монолитного перекрытия рассчитывают отдельно: плиту, второстепенную и главную балки.

Подсчет нагрузок на отдельные элементы перекрытия ведется, несмотря на его монолитность, как для разрезных конструкций.

При выборе направления главных балок ребристого перекрытия руководствуются теми же соображениями, что и при выборе направления ригелей.

При шаге второстепенных балок до 1,5 м нагрузка на главную балку может рассчитываться как равномерно распределенная.

### 1.4. РАСЧЕТ ПЛИТЫ

Для расчета плиты условно выделяется ее полоса шириной 1 м, опертая на второстепенные балки (см. рис. 1.1). При ширине полосы 1 м нагрузка, приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> плиты, в то же время является нагрузкой на 1 м полосы. Таким образом, плита рассматривается как неразрезная балка (см. рис. 1.2), загруженная равномерно распределенной постоянной и временной нагрузкой. Нагрузка на 1 м<sup>2</sup> плиты от постоянной нагрузки определяется по формуле

$$g=g^{\text{н}}\gamma_f,$$

где  $g^{\text{н}}$  - нормативная нагрузка от собственной массы плиты, пола и перегородок;

$\gamma_f$  - коэффициента надежности по нагрузке, определяемый по табл. 1[1]. Временная нагрузка на плиту определяется по формуле

$$v=v^n\gamma_f,$$

где  $v^n$  - нормативная временная нагрузка, определяется по табл.3[1] с учетом требования п.. 3.5 [1];  $\gamma_f$  - коэффициент надежности по нагрузке, определяемый по п. 3.7.[1]. Полная расчетная нагрузка на плиту определяется по формуле

$$q=g+v.$$

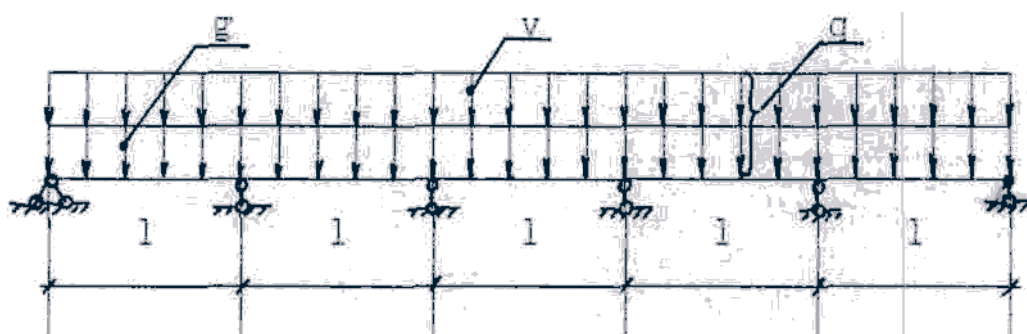


Рис. 1.2. Расчетная схема плиты перекрытия

Монолитная плита, сопряженная с главной и второстепенной балкой, при отношении пролетов  $B/l > 2$  работает на изгиб более интенсивно в направлении, перпендикулярном направлению второстепенных балок.

Изгибающие моменты в плите определяются с учетом пластических деформаций:

- в крайнем пролете и на первой промежуточной опоре:

$$M_1=-M_B(q l^2)/11;$$

в средних пролетах и на средних опорах:

$$M_2=-M_c(q l^2)/16.$$

Расчетная высота плиты принимается равной

$h_0 = h_f - a_s = h_f - 15$  мм. Площадь поперечного сечения арматуры определяется по формуле;

$$A_s = M_i / (R_{sn} h_0),$$

где  $\eta$  - определяется по табл. II1.1[6] в зависимости от значения

$$A_0 = M_i / (\gamma_{b2} R_b b h_0^2),$$

где  $\gamma_{b2}$  - коэффициент условия работы бетона, определяется по табл. 15[2];

$b = 100$  см - ширина расчетной полосы плиты.

Поперечные силы для плит не определяют, расчет прочности по наклонному сечению, как правило, не производят, так как в большинстве случаев выполняется условие ,

$$Q < \phi_{b3} \gamma_{b2} R_{bt} b h_0,$$

где  $\phi_{b3}$  - коэффициент определяемый по п. 3.31 [2];

## 1.5. РАСЧЕТ БАЛОК

### 1.5.1. СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Расчет второстепенных и главных балок производится аналогично. За расчетный пролет балок принимается расстояние между осями колонн. Нагрузка на погонный метр второстепенной балки определяется по формуле

$$q_{вб} = q_l + G_{вб} \gamma_f,$$

где  $G_{вб}$  - собственный вес 1 п. м. второстепенной балки.

Погонная нагрузка на главную балку определяется по формуле

$$q_{гб} = q_B + G_{гб} \gamma_f + G_{вб} \gamma_f B/l,$$

где  $G_{гб}$  - собственный вес 1 п. м. главной балки.

Армирование принять сварными каркасами. Статический расчет

балок производить исходя из числа пролетов методами строительной механики или использовать готовые формулы из справочников. В качестве примера приводится статический расчет трехпролетной балки с учетом перераспределений усилий (метод предельного состояния).

Определение моментов и поперечных сил производится как для статически неопределимой упругой системы от действия равномерно распределенной нагрузки во всех пролетах (см. рис. 1.3).

Учитывая образование пластических шарниров на опорах, производим выравнивание моментов, убавив значение опорных моментов на 15% (допустимо 30%).

$$M_B = M_C = -0,085ql,$$

где  $q$  - погонная нагрузка на балку;

$l$  - после  $n$  балки.

$$M_3 = M_1 = M_B - |(M_A + M_B)/2| = 0,0825ql^2,$$

$$\text{где } M_B = 0,125ql^2; \quad M_2 = M_C - |(M_B + M_C)/2| = 0,04ql^2.$$

Определяются значения поперечных сил:

$$Q = Q_0 + \sum M_{оп}/l,$$

где  $Q_0 = 0,5ql$  - поперечная сила в свободно опертой балке, вводится со своим знаком.

$$Q_A = 0,5ql + (M_A + M_B)/l = 0,5ql + M/l. \text{ Опорные моменты}$$

вводятся со своим знаком.

$$Q_{B1} = -0,5ql + M_B/l,$$

$$Q_{B2} = 0,5ql + (M_B + M_C)/l,$$

$$Q_{C3} = -0,5ql + (M_B + M_C)/l.$$

Определим расчетные опорные моменты. Так как мы определили моменты методом предельного равновесия, то предусматривалось образование пластического шарнира в опорных частях балок на грани колонн..

$$\text{гр}$$

$$M_{оп} = M_{оп-Q} \cdot B_k/2,$$

где  $B_k$  - ширина сечения колонны. гр

$$M_{B1} = -0,085ql - Q_{B1} \cdot B_k/2$$

гр

$$M_{B2} = -0,085ql - Q_{B2} \cdot B_k/2$$

$$\text{гр } M_{C2} = -0,085ql - Q_{C2} \cdot B_k/2$$

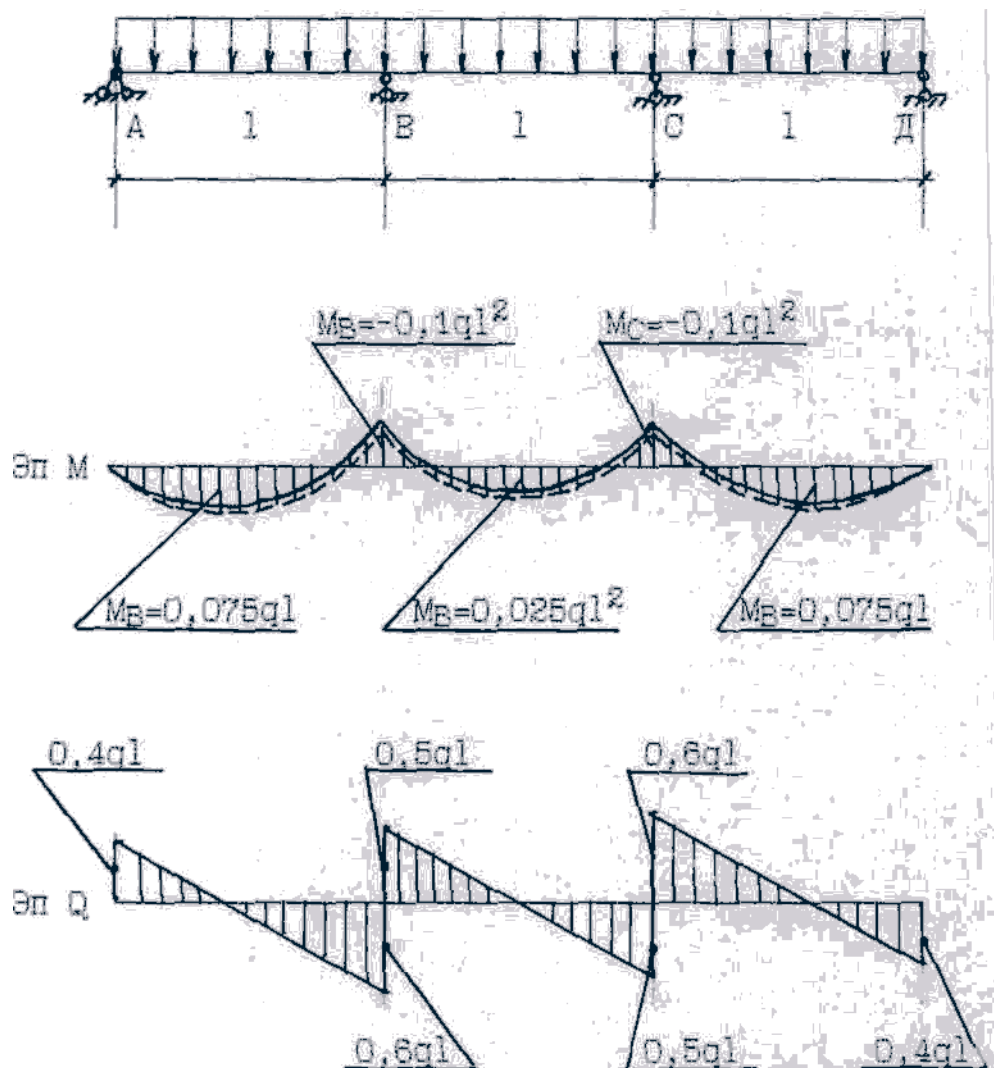


Рис. 1.3. Расчетная схема балок

### 1.5.2. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ НОРМАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

Расчетное сечение принимается тавровое согласно рис. 1.4.

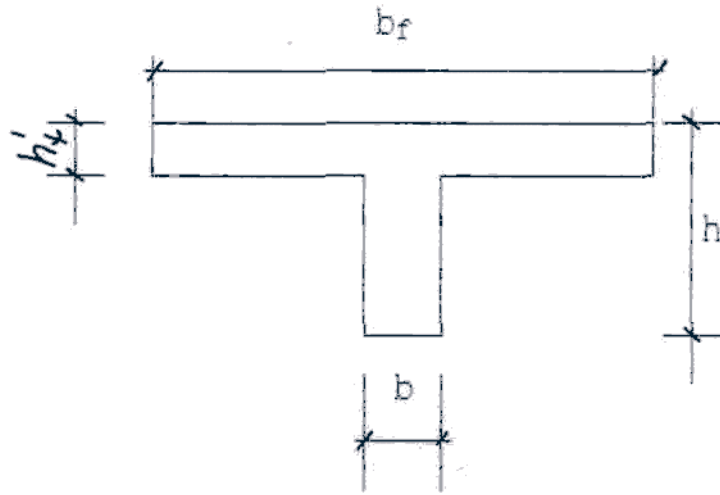


Рис. 1.4. Расчетное сечение балок

$h, b$  - высота и ширина сечения балки, принимается по п. 1.1.  
 $h_f$  - высота полки, принимается равной толщине монолитной плиты.

$b_f$  - ширина полки, принимается согласно п. 3.16С23:

Расчет продольной арматуры производится для крайнего и среднего пролетов по максимальным расчетным пролетным и опорным моментам. Для этих сечений подбирается по два каркаса с одной или двумя рабочими стержнями, один из которых может обрываться, обеспечив заанкирование обрывающегося стержня в этом расчетном сечении. Для расчета необходимы следующие исходные данные:

$M$  - расчетный изгибающий момент;  $h_0 = h - a$  - рабочая высота сечения, где  $a$  - величина защитного слоя;

$h, b, h_f, b_f$  - геометрические размеры расчетного сечения балки;

$R_b$  - призмечная прочность бетона, принимаемая по Т.13[2];

$R_s$  - расчетное сопротивление арматуры, принимаемое по т. 22 или т. 23 [2];  $\gamma_{b2}$  ~ коэффициент условия работы бетона, принимаемый по Т.15Г23;

$\mu_{\min}$  ~ минимальный процент армирования, принимаемый по т.38[2];

Подбор арматуры производится по блок-схеме рис. 1.5.

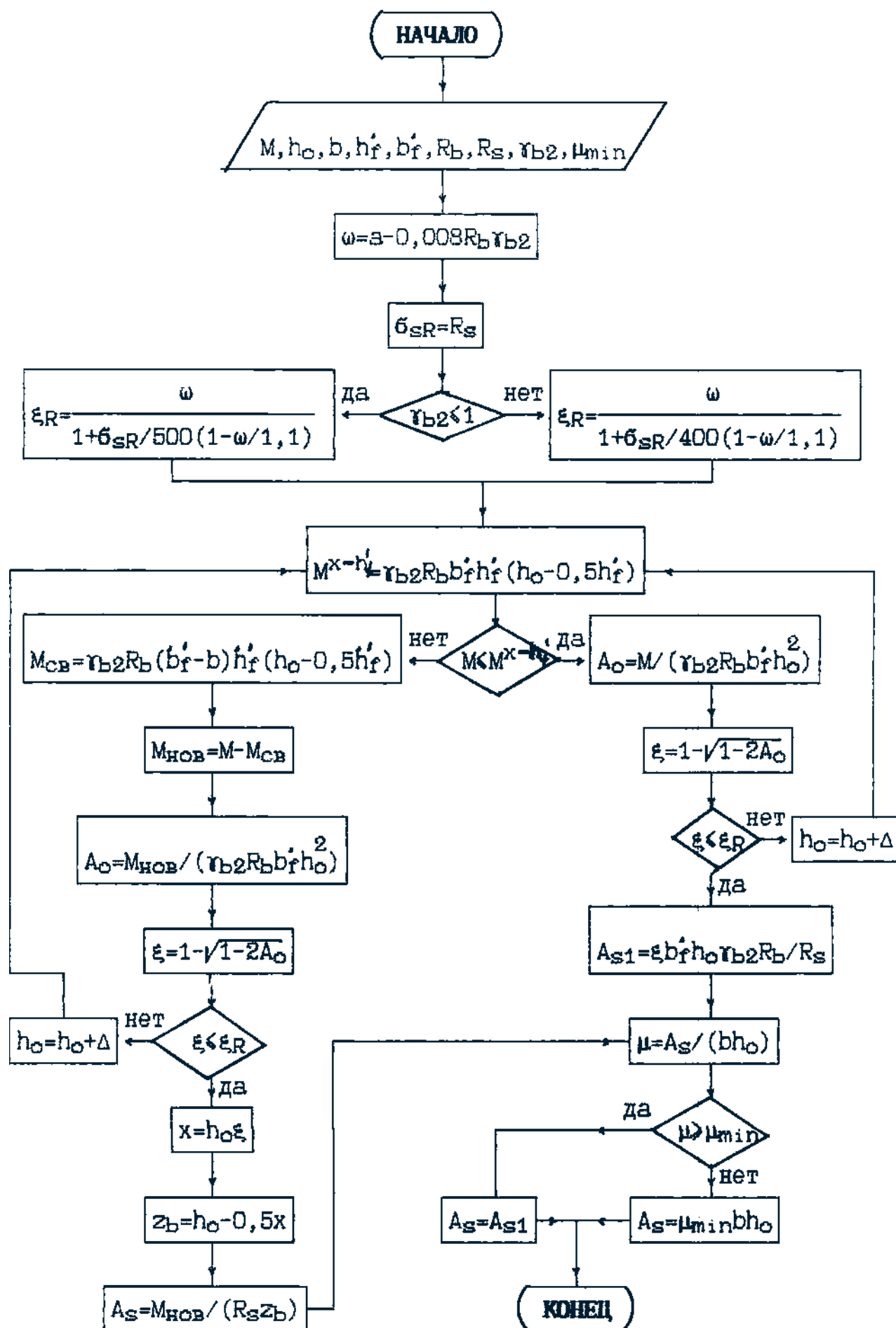


Рис. 1.5. Блок-схема расчета прочности нормального сечения

### 1.5.3. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ НАКЛОННОГО СЕЧЕНИЯ

Расчет прочности наклонного сечения сводится к подбору поперечной арматуры. Подбор производят по максимальным значениям поперечных сил для крайнего и среднего пролетов.

В начале расчета принимается:

$A_{sw} = n A_{sw1}$  ~ площадь поперечной арматуры, где

$A_{sw1}$  - площадь принятой одной арматурины;

$n$  - количество каркасов в сечении;

$s$  - шаг поперечной арматуры на пропорном участке ( $1/4$  пролета), принимается по п. 5.27[2]:

-при высоте сечения равной или менее 450 мм не более  $h/2$  и не более 150 мм;

-то же, свыше 450 мм не более  $h/3$  и не более 500 мм. Для расчета необходимы следующие исходные данные:

$Q$ , - расчетная поперечная сила;

$q$  - полная расчетная погонная нагрузка;

$R_{sw}$  ~ расчетное сопротивление арматуры хомутов;

$R_b$  ~ призменная прочность бетона, принимаемая по т. 13[2];

$R_{bt}$  - расчетное сопротивление бетона растяжению, принимаемое по т.-13С2];  $1 h_0 = h - a$  - рабочая

высота сечения, где  $a$ -величина защитного слоя;

$h, b, h_f, b_f$  - геометрические размеры расчетного сечения балки;

$\gamma_b$  ~ коэффициент условия работы бетона, принимаемый по т.15С2];

$A_{sw}$  ~ площадь поперечной арматуры;

$s$  - шаг поперечной арматуры на пропорном участке;

$E_s$  - модуль упругости арматуры, принимается по т. 29С2];

$E_b$  - модуль упругости бетона, принимается по т. 18С23;

$\alpha$  - коэффициент, принимаемый по п. 3.30 С 23;  $I$

$\phi_b$ »  $\phi_s$  ~ коэффициенты, принимаемые по п. 3.31 С23.

Подбор арматуры производится по блок-схеме рис». 1.6.

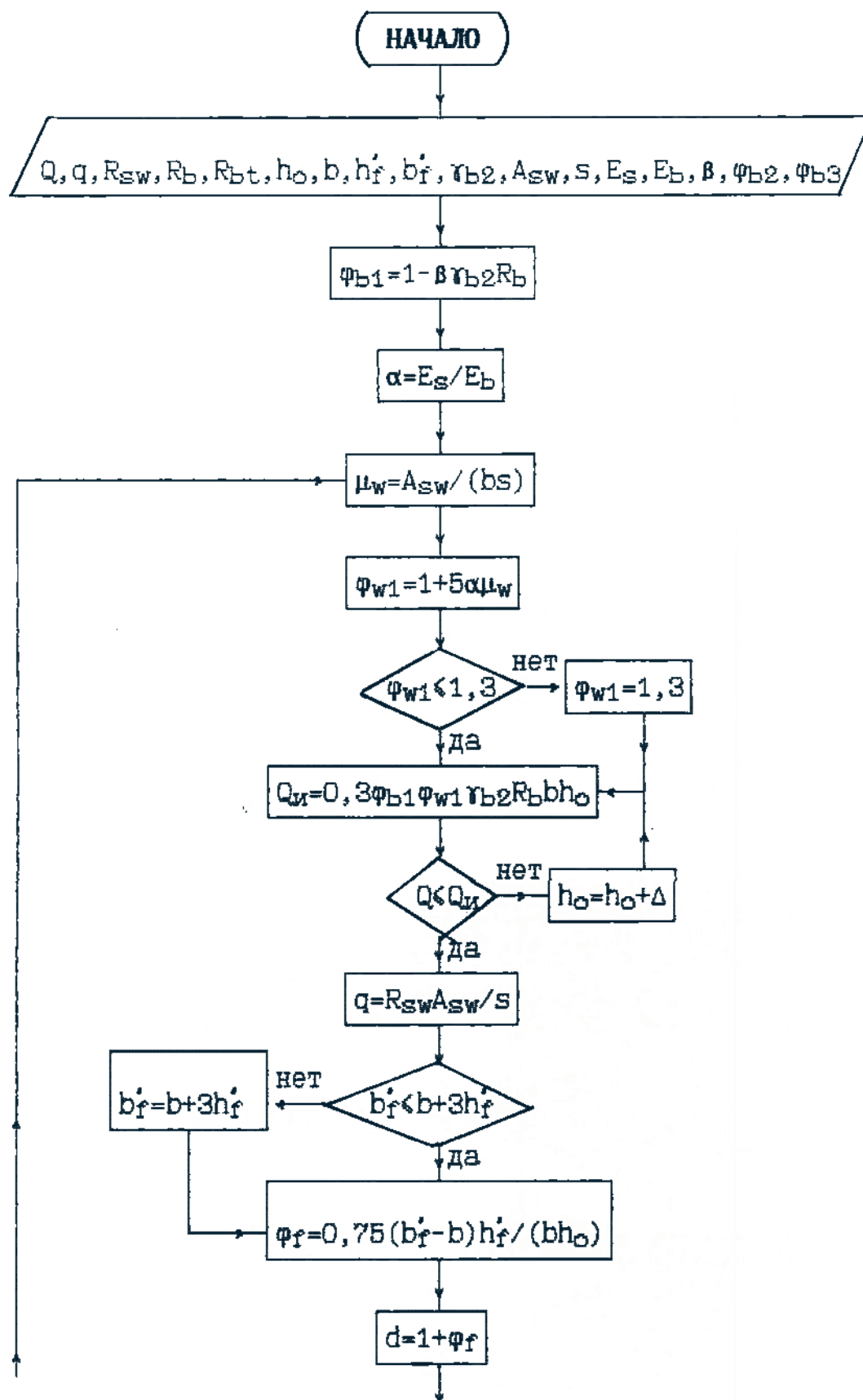
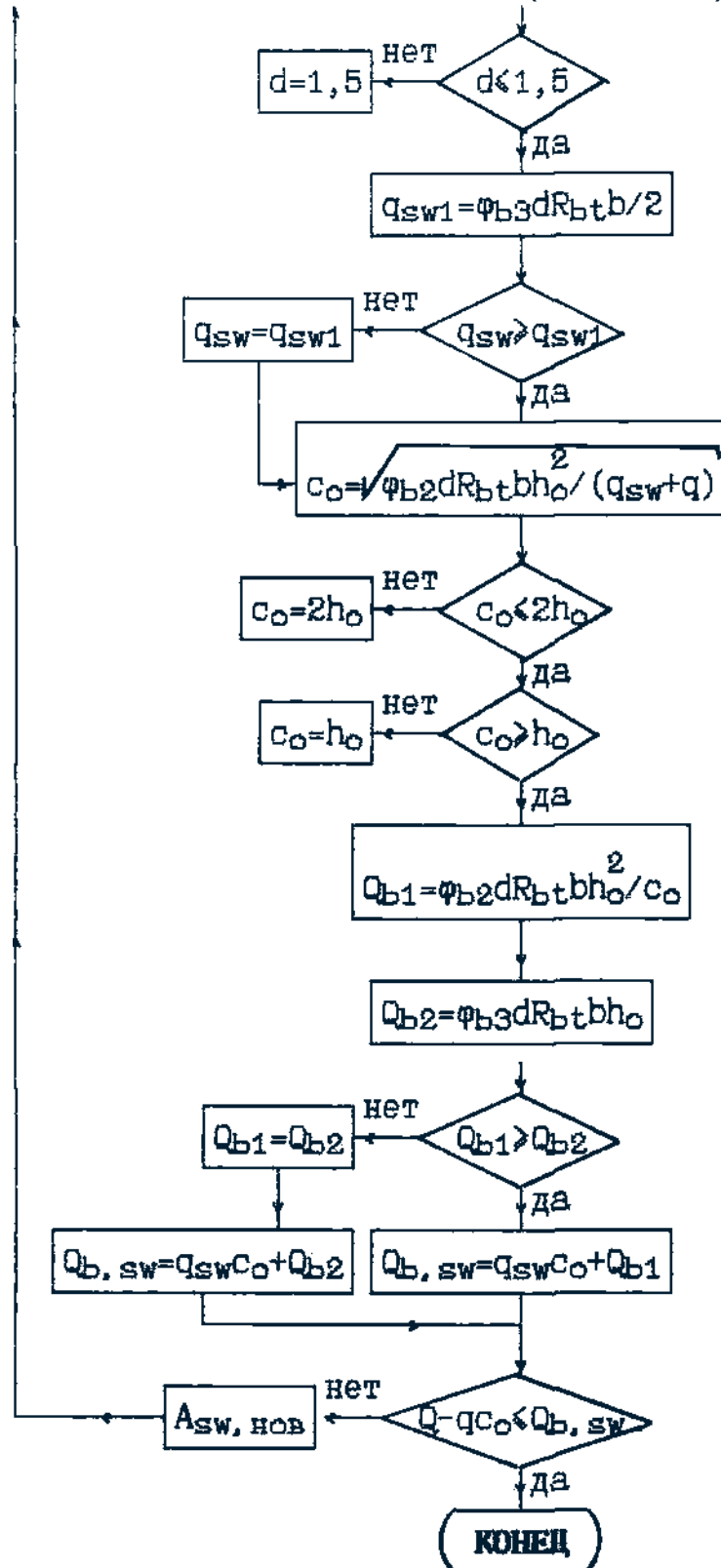


Рис. 1.6. Блок-схема расчета прочности наклонного сечения

Рис. 1.6. (окончание)



## **Глава 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕРЕКРЫТИЙ ИЗ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

### **2.1. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ**

#### **2.1.1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ И СБОР НАГРУЗОК**

Плиты перекрытия, предварительно-напряженные, в соответствии с заданием могут быть ребристые или с круглыми пустотами из тяжелого или легкого бетона. Класс бетона назначается в зависимости от заданного класса арматуры по табл. 8 [2].

Размеры плит принимаются из условий унификации и обеспечения наименьшей материалоемкости изделия. Расчет плит перекрытия следует выполнять только от воздействия эксплуатационных нагрузок по предельным состояниям первой и второй групп. Сбор нормативных и расчетных нагрузок на  $1 \text{ м}^2$  плиты следует выполнять в табличной форме - в соответствии с заданием на курсовое проектирование и пп. 1.7, 1.8, 2.2, 3.7 и табл. 1.3[1]. Определение значений моментов и поперечных сил производить как для однопролетной балки.

#### **2.1.2. РАСЧЕТ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ПЕРВОЙ ГРУППЫ**

##### **2.1.2.1. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ПО НОРМАЛЬНОМУ СЕЧЕНИЮ**

Для определения несущей способности поперечного сечения ребристой плиты и плиты с круглыми пустотами, они преобразуются в эквивалентные, соответственно тавровое и двутавровое сечения (см. рис. 2.1).

Для таврового и двутаврового сечения проверяется условие по формуле  $\xi \leq \xi_R$ . Если условие соблюдается, нейтральная ось проходит в полке, и плиты всех типов рассчитываются как элементы прямоугольного сечения с шириной  $b'f$  и высотой  $h$  по формулам 27, 30, 32[2].

Если условие не соблюдается, нейтральная ось проходит в ребре, и расчет ведется как элемент таврового сечения по формулам 27, 31, 32[23 как прямоугольного сечения шириной  $B$  и высотой  $h$ , уменьшая внешний момент на  $M_{св}$  -

По расчетной площади арматуры  $A_{sp}$  подбираются необходимое число стержней и их диаметр. Число стержней для ребристой плиты должно быть два. Если при этом толщина защитного слоя в ребрах получается меньше принятого, следует его увеличить и повторить расчет с новыми значениями  $b$  и  $h_0$ .

Число стержней для плит с пустотами должно выбираться с учетом размещения в ребрах между круглыми пустотами, и расстояния между стержнями должны приниматься по п. 5.20[2]. Фактическая площадь арматуры должна быть больше или равна  $0,95A_{sp}$ .

Расчет прочности по нормальному сечению ведется по блок-схеме, представленной на рис.2.2.

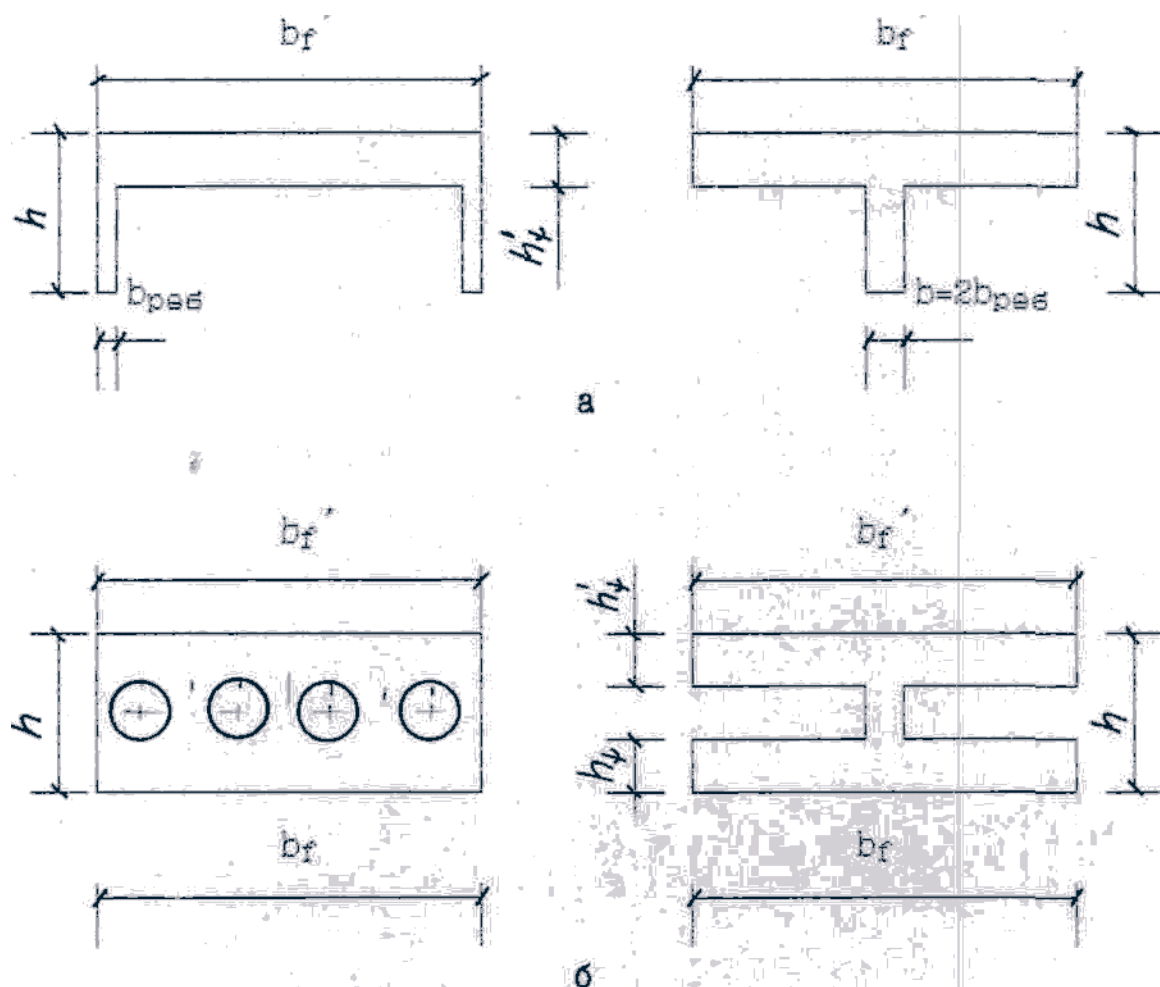


Рис. 2.1. Схемы преобразования сечений ;  
а) ребристой плиты в тавровое; I б)  
круглопустотной плиты в двутавровое

Для расчета необходимы следующие исходные данные:

$M$  - расчетный изгибающий момент;

$h_0 = h - a$  - рабочая высота сечения, где  $a$  - величина защитного слоя;

$h, b, h_f, b_f$  - геометрические размеры расчетного сечения балки;

$R_b$  - призматическая прочность бетона, принимаемая по т. 13 [23];

$R_s$  - расчетное сопротивление арматуры, принимаемое по т. 22 или т. 23 С23;

$\gamma_{b2}$  - коэффициент условия работы бетона, принимаемый по тл5 [23];

$\mu_{min}$  - минимальный процент армирования, принимаемый по т. 38 [23];

$l$  - длина плиты;

$R_{sser}$  - расчетное сопротивление арматуры по второй группе предельных состояний, принимаемое по т. 22 или т. 23 [23];

$\eta$  - коэффициент, учитывающий вид арматуры.

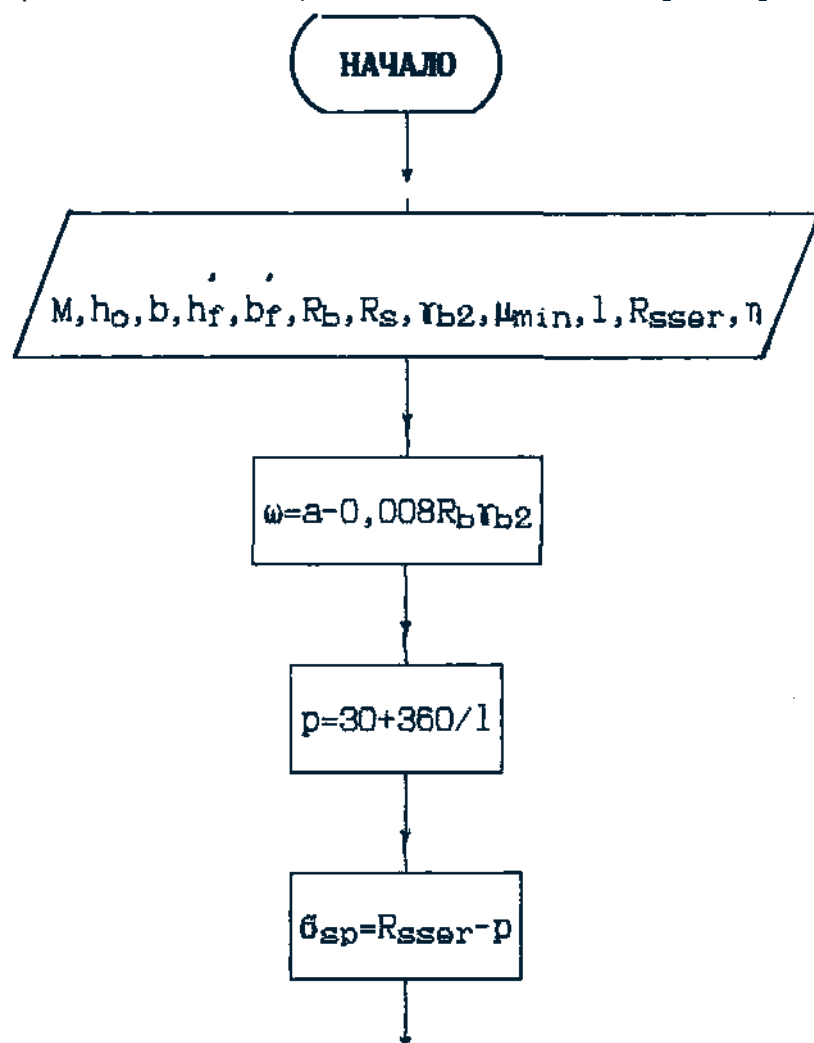
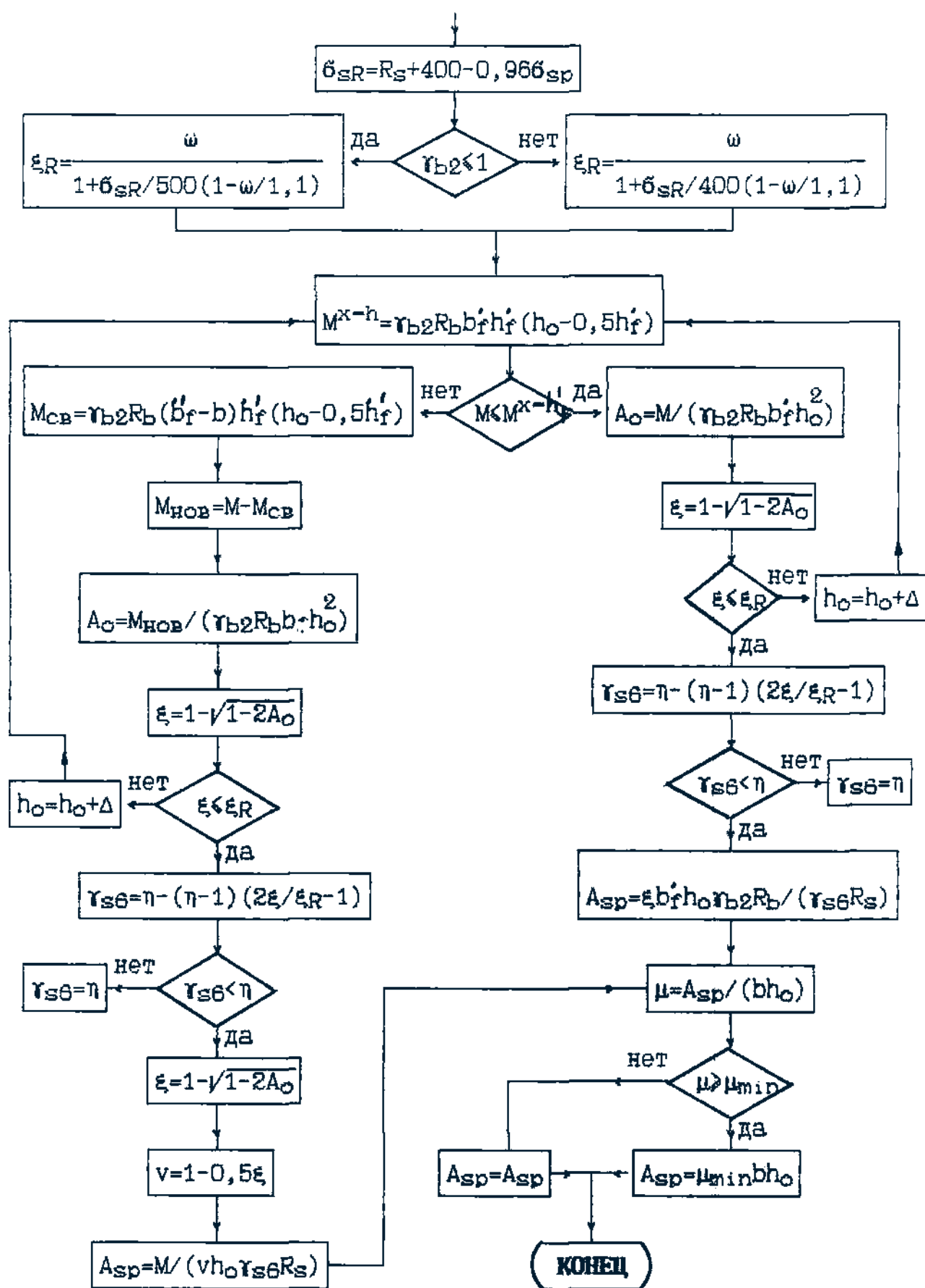


Рис. 2.2. Блок-схема расчета прочности нормального сечения



#### 2.1.2.2. РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ПО НАКЛОННОМУ СЕЧЕНИЮ

При расчете элемента на действие поперечной силы должно соблюдаться условие 72[2]. У ребристой плиты должно быть по одному каркасу в продольных ребрах с площадью поперечного стержня, равной  $0,5A_{sw}$ . У многопустотных плит каркасы устанавливаются не реже чем через ребро, из конструктивных и технологических соображений. Расчет на действие поперечной силы может производиться по блок-схеме (рис. 2.3)., задаваясь минимальным диаметром арматуры и шагом поперечных стержней по п. 5, 7[23], по формулам 75, 76, 82[3]. Проверяется прочность опасного наклонного сечения. При необходимости диаметр поперечных стержней увеличивается  $i$ . Для расчета необходимы следующие исходные данные:

$Q$  - расчетная поперечная сила;

$q$  - полная расчетная погонная нагрузка;

$R_{sw}$  ~ расчетное сопротивление арматуры хомутов;

$R_b$  ~ призматическая прочность бетона, принимаемая по т.13[2];

$R_{bt}$  ~ расчетное сопротивление бетона растяжению, принимаемое по т.13[2];

$h_0 = h - a$  - рабочая высота

сечения, где  $a$  - величина защитного слоя;

$h, b, h_f, b_f$  - геометрические размеры расчетного сечения балки;

$\gamma_{b2}$  - коэффициент условия работы бетона, принимаемый по т.15[2];

$A_{sw}$  - площадь поперечной арматуры;

$s$  - шаг поперечной арматуры на приопорном участке;;

$E_s$  - модуль упругости арматуры, принимается по т. 29[2];

$E_b$  - модуль упругости бетона, принимается по т. 18[2];

$\nu$  - коэффициент, принимаемый по п. 3.30 [2];

$\phi_{b2}, \phi_{b3}$  ~ коэффициенты, принимаемые по п. 3.31 [2];

$A_{sp}$  - площадь предварительно напряженной арматуры **6sp**

предварительное напряжение в продольной арматуре (см.

п. 2.1.2.1 ).

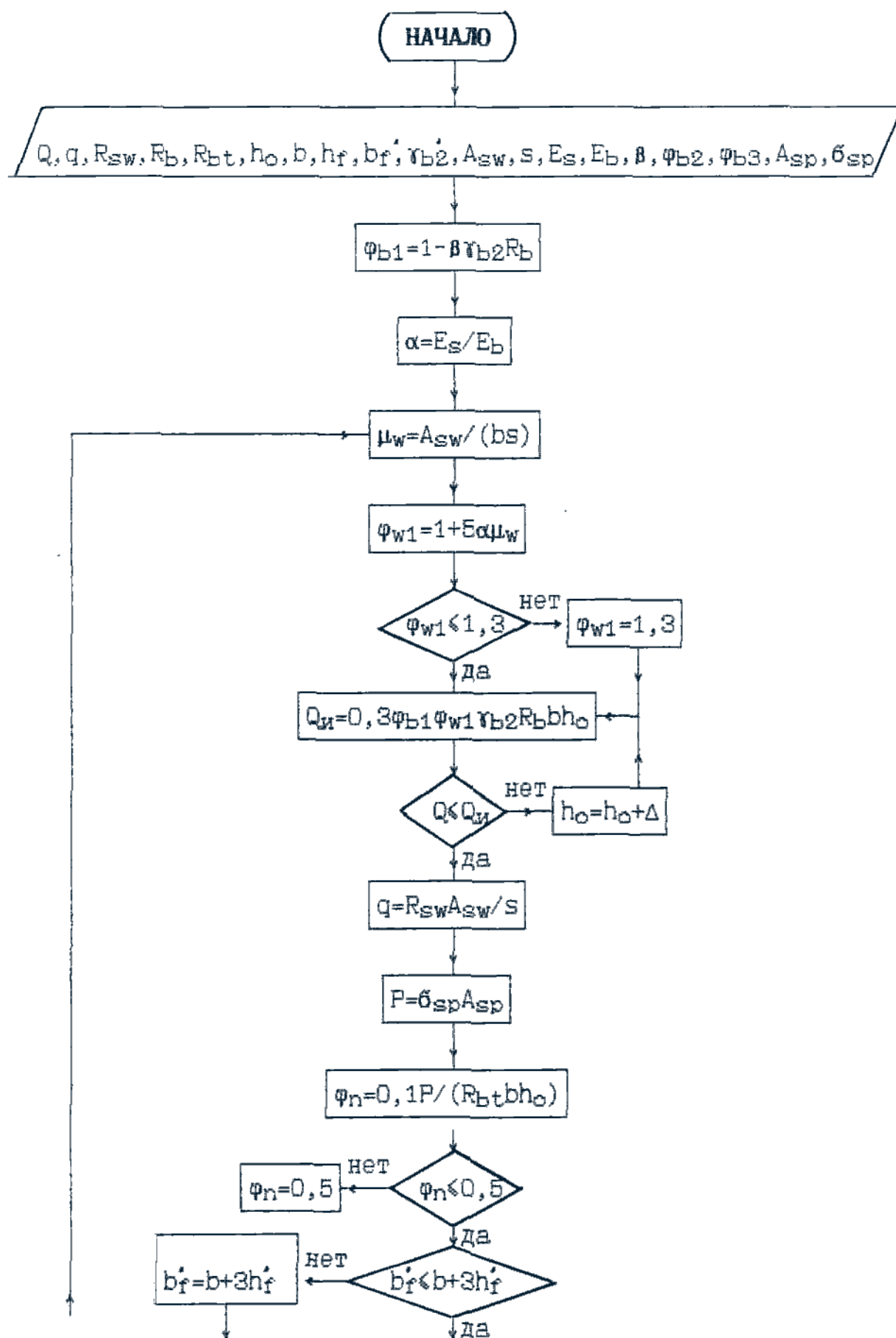
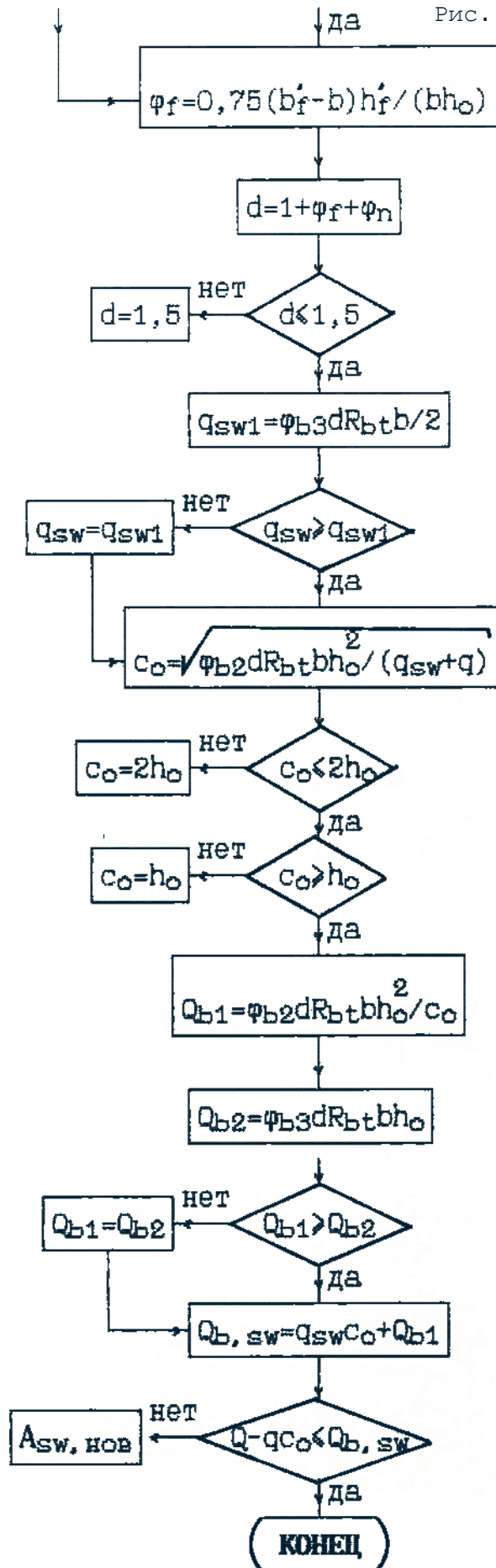


Рис. 2.3. Блок-схема расчета прочности наклонного сечения

Рис. S.3. (окончание)



### 2.1.2.3. РАСЧЕТ ПОЛКИ РЕБРИСТОЙ ПЛИТЫ

Армирование полки производится с учетом пролетного и опорного моментов, которые равны:

$$M_{пр} = ql^2/11;$$

$$M_{оп} = 0,034ql^2;$$

где  $q$  - нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  плиты;

$l$  - пролет полки плиты.

Определяется значение:

$$A_0 = M / (\gamma_{б2} R_b b h_0),$$

где  $b = 100$  см - расчетная ширина полки.

1

По значению  $A_0$  определяется значение  $\nu$ . Площадь сечения арматуры, приходящейся на  $1 \text{ м}$  полки, равна:

$$A_s = M / (\nu h_0 R_s)$$

По найденному значению назначается диаметр и шаг арматуры для сеток. Армирование см. рис. 2.4.

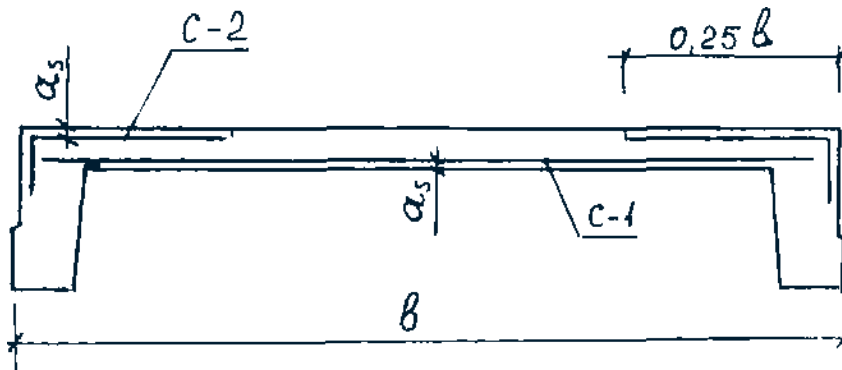


Рис. 2.4. Армирование полки плиты

### 2.1.2.4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ

i

Во избежание раскрытия продольных трещин по п. 5.61[23 у торцов ••; •' -; -а?" •• ] многопустотных плит покрытий должны устанавливаться сетки шириной  $1r$  и не менее  $20$  см с шагом стержней  $5-10$  см. Длина зоны передачи напряжений  $1r$  определяется по формуле 11[2].

У торцов продольных ребер ребристой плиты покрытия должны устанавливаться закладные детали-обоймы с анкерными стержнями.

Для предохранения от продавливания бетона в пустоты при извлечении пуассонов в процессе изготовления многопустотных плит покрытия в верхней зоне плиты необходимо предусмотреть сетку.

Для перераспределения напряжения с арматуры на бетон по ширине сечения в растянутой зоне средней части плиты по длине элемента необходимо установить сетку шириной **20** см и шагом стержней **50** мм.

### **2.1.3. РАСЧЕТ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ВТОРОЙ ГРУППЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ**

Программа составлена в диалоговом режиме, с полным сервисом, адаптирована на персональных компьютерах. Исходные данные вводятся с экрана дисплея в тех единицах измерения, в которых требуется в поставленном вопросе. Для работы необходимо иметь результаты предыдущих расчетов и СНиП[2].

Программа размещена на винчестерах в каталогах **GBK**, файл **second.exe**. Местонахождение каталога необходимо уточнить для каждого персонального компьютера у преподавателя или дежурного оператора ИВЦ.

Расчет производится в диалоговом режиме с широким использованием при вводе системы меню, управлять которой необходимо с помощью клавиш управления курсором и клавиши **"ENTER"**

Выбор вариантов из предлагаемых меню необходимо производить внимательно, так как ошибка при вводе может ввести непоправимую неточность в дальнейший расчет и привести, в том числе, к остановке работы программы из-за выхода расчетных значений из допустимых параметров (например, может возникнуть ситуация деления на ноль или извлечения квадратного корня из отрицательного числа и т.п.).

Следует помнить, что при вводе числовых значений целую и дробную часть необходимо разделить точкой (знак**"."**), а не запятой.

Также следует обратить внимание на соблюдение размерности при вводе, так как большинство ошибок в студенческих расчетах происходит именно из-за использования неверных единиц измерения при вводе исходных данных.

В процессе работы программа выводит на экран необходимые сообщения и комментарии, связанные с расчетом, а при необходимости принятия решения пользователем расчет останавливается, и на экран выводятся сообщения, поясняющие создавшуюся ситуацию, и набор мер по ее возможному решению (такое происходит, например, при превышении граничного значения относительной высоты сжатой зоны).

По окончании расчета исходные данные, результаты расчета, а также необходимые сообщения и комментарии по ходу расчета (например, изменения начальных параметров задачи - наличия и площади сжатой арматуры, класса бетона и т.п.) выдаются на экран, а также сохраняются в файле пользователя с названием, назначенным в начале работы с программой и расширением ".gbk". ,

В зависимости от цели расчета этот файл может быть просмотрен, напечатан, сохранен на дискету, удален и т.д., при этом программа заканчивает свою работу, и все дальнейшие операции с файлом результатов производятся в среде оболочки системы **NORTON COMMANDER** с использованием ее встроенных средств (в частности, встроенного текстового редактора) или с использованием других текстовых редакторов и процессоров (**ЛЕКСИКОН**, **WORD** и др.).

## **2.2. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СБОРНОГО НЕРАЗРЕЗНОГО РИГЕЛЯ**

### **2.2.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

Ригель принят трехпролетный, прямоугольного сечения. Неразрезность обеспечивается путем приварки закладных деталей или выпусков арматуры.

За расчетный пролет ригеля принимается расстояние между осями колонн. Нагрузка на погонный метр ригеля определяется шагом колонн и собственной массой **1 п.м.** ригеля:

$$q_{\text{риг}} = Bq + q_{\text{св}}$$

где  $B$  - шаг колонн (ригеля);

$q$  - расчетная нагрузка на **1 м<sup>2</sup>** плиты;

$q_{\text{св}}$  - нагрузка от собственного веса **1 п.м.** ригеля.

Для определения собственной массы ригеля необходимо задаться размерами сечений:

- высота ригеля  $h = (1/10 - 1/15)l$ ;

- ширина ригеля  $b = (0,3 - 0,4)h$ .

Размеры сечения должны быть кратными 5 см. Армирование ригеля принять сварными каркасами. Класс арматуры принять А-III. Класс бетона В15, В20.

Статический расчет смотри п. 1.5.1.

### 2.2.2. РАСЧЕТ ПРОДОЛЬНОЙ АРМАТУРЫ

Расчет продольной арматуры производится для крайнего и среднего пролетов по максимальным расчетным пролетным и опорным моментам. Для этих сечений подбирается по два каркаса с одной или двумя рабочими стержнями, один из которых может обрываться, обеспечив заанкирование обрываемого стержня в этом расчетном сечении. Стержни в сжатой зоне принять конструктивно из арматуры А-III диаметром 8+12 мм.

Подбор арматуры производится как с двойным армированием по блок-схеме рис. 3.1. Для расчета необходимы следующие исходные данные:

$M$  - расчетный изгибающий момент;  $h_0 = h - a_s$  - рабочая высота сечения, где  $a_s$  - расстояние от грани сечения до центра тяжести арматуры;

$h$  - высота сечения ригеля;

$b$  - ширина сечения ригеля;

$R_b$  - призматическая прочность бетона, принимаемая по т.13[23];

$R_s$  - расчетное сопротивление арматуры растяжению, принимаемое по т. 221:2];

$\gamma_{r2}$  - коэффициент условия работы

бетона, принимаемый по Т.15С23;

$A_s$  - площадь сжатой арматуры, принимается конструктивно;

$R_{sc}$  - расчетное сопротивление арматуры сжатию, принимаемое по т. 22 [23.

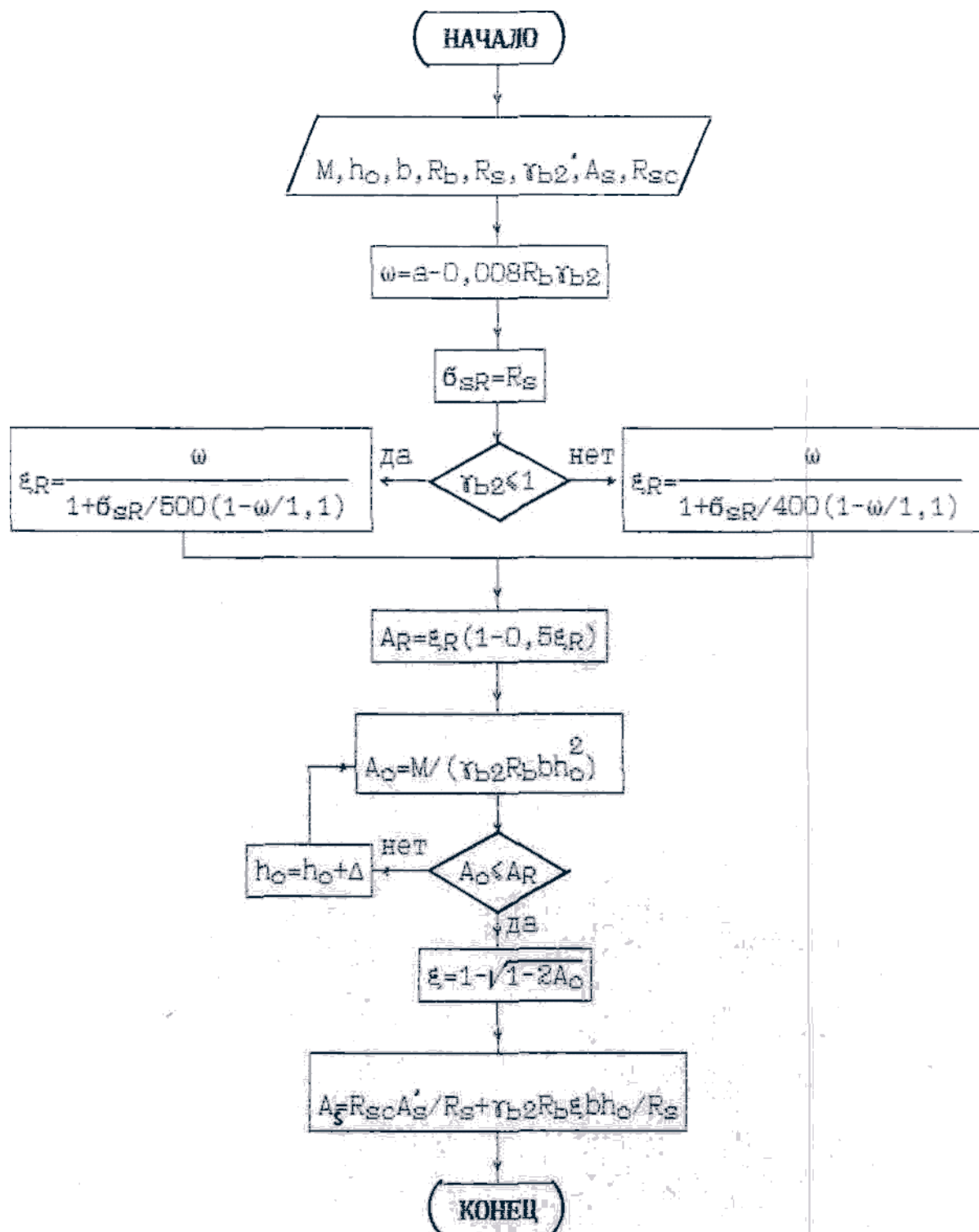


Рис. 2.5. Блок-схема расчета, продольной арматуры

### 2.2.3. РАСЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ АРМАТУРЫ

Расчет поперечной арматуры производится по максимальным значениям поперечных сил для крайнего и среднего пролетов-Подбор арматуры производится по блок-схеме рис. 2.6. В начале расчета принимается;

$A_{sw}=nA_{sw1}$  - площадь поперечной арматуры, где  $A_{sw1}$  - площадь принятой одной арматурины;

$n$  - количество каркасов в сечении. Для расчета необходимы следующие исходные данные:

$Q$  - расчетная поперечная сила;

$q$  - полная расчетная погонная нагрузка;

$R_{sw}$  ~ расчетное сопротивление арматуры хомутов;

$R_b$  - призматическая прочность бетона, принимаемая по т.13[2];

$R_{bt}$  - расчетное сопротивление бетона растяжению, принимаемое по т.13С2];

$h_0=h-a$  - рабочая высота сечения, где  $a$ -величина защитного слоя;

$h$  - высота расчетного сечения ригеля;

$b$  - ширина расчетного сечения ригеля;

$\gamma_2$  ~ коэффициент условия работы бетона, который определяется по т.15С23;

$A_{sw}$  - площадь поперечной арматуры, которая определяется по конструктивно принятой;

$s$  - шаг поперечной арматуры на приопорном участке;

$E_g$  - модуль упругости арматуры, принимается по т. 29С23;

$E_b$  - модуль упругости бетона, принимается по т. 18С2];

$\phi_2, \phi_3$  ~ коэффициенты, принимаемые по п. 3.31 С2].

### 2.2.4. РАСЧЕТ СТЫКОВ СБОРНОГО РИГЕЛЯ

Ригели конструируются с закладными деталями. Зазор между ригелями следует замонолитить бетоном такого же класса, что и класс бетона ригеля, а закладные детали соединить накладкой на сварке (см. рис. 2.7 ). Тогда действие усилия  $N_g$  должно восприниматься накладкой и сварными швами в пределах закладных деталей.

Действие усилия  $N_b$  воспринимается бетоном стыка, действие усилия  $N_s$  выполняется сварными швами, соединяющими закладные детали ригелей и колонн.

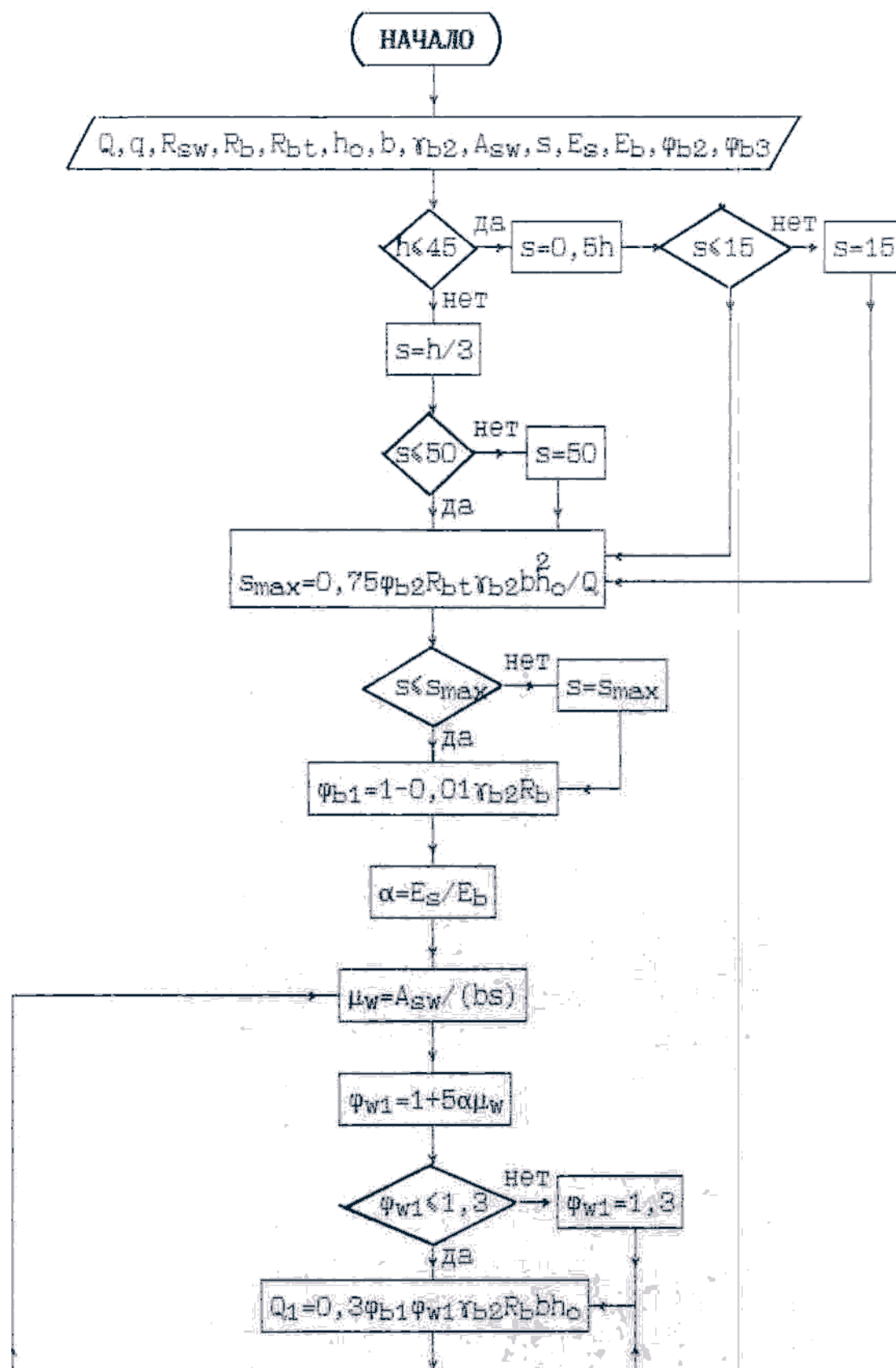
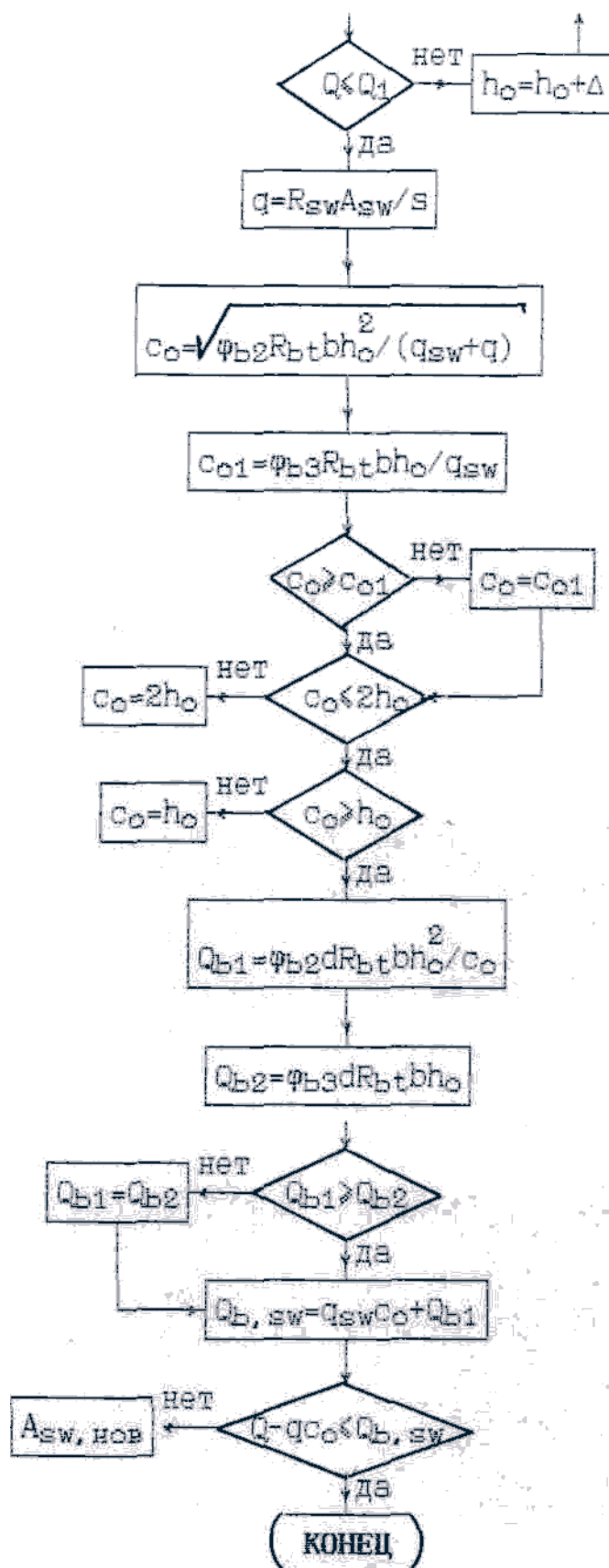


Рис. 2.6. Блок-схема расчета поперечной арматуры

Рис. 2.6. (окончание)



Усилия, воспринимаемые сварными швами, равны:

$$N_s = A_s R_s; \quad N_s = A_s R_{sc}.$$

- Здесь  $A_s$  и  $A_s$  - расчетные площади арматуры.

Определяется поперечное сечение пластины верхней закладной детали ригеля. Принимается марка стали пластины ВСтЗ пс6-1, для которой расчетное сопротивление стали по пределу текучести равно  $R_y = 330$  МПа.

Площадь сечения и толщина пластины равны:

$$A_{пл} = N_s / R_y, \\ b_{пл} = A_{пл} / (b - 2),$$

где  $b$  - ширина сечения ригеля.

Кроме этого, должно соблюдаться условие:

$$\delta_{пл} > 0,25 d R_s / R_y.$$

Рабочая арматура приваривается фланговыми швами к пластине закладной детали. Из условия равнопрочности при применении неразрезных сборных ригелей целесообразно рабочую продольную арматуру ригеля у опоры располагать в один ряд. При расположении арматуры в два ряда эти стержни у опоры соединяются на сварке, и длина пластины для восприятия усилия  $N_s$  увеличивается.

При назначении длины и катета шва должны выполняться условия:

$$0, d > k_w < 1, 2 \delta_{пл}$$

где  $d$  - диаметр арматуры;

$$l_w > 5d; \quad \Sigma l_w = N_s / (\beta_f k_w R_{wf}),$$

где  $l_w = \Sigma l_w / 2 + 2$  см - длина одного флангового сварного шва;

$\beta_f = 0,7$  коэффициент провара для ручной дуговой сварки;

$R_{wf} = 185$  МПа - расчетное сопротивление углового сварного шва.

Аналогично рассчитываются сварные швы для нижних закладных деталей.

## 2.3. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СБОРНОЙ КОЛОННЫ

### 2.3.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Расчет и конструирование производится для колонны 1 этажа. Длина колонны принимается с учетом того, что верх фундамента находится на отметке  $-0,150$ , и глубина стакана фундамента  $h_{ст} > 1,5h_k$ .

Статический расчет колонны вести как внецентренно-сжатого элемента, при этом горизонтальные нагрузки воспринимаются диафрагмами жесткости (аналогично серии -1.020-1/83)7.

Для равномерного распределения напряжения по сечению колонны в торцах ее законструировать по 4+5 сеток с шагом 50 мм, шаг арматуры сеток 50x50.

### 2.3.2. СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Для расчета колонны необходимы следующие значения:

M - полный расчетный изгибающий момент;

N - полная расчетная продольная сила;

M<sub>дл</sub>-расчетный изгибающий момент от длительно действующей нагрузки,

Определяются следующие усилия в колонне: N<sub>I</sub>- постоянная, которая определяется от веса конструкций перекрытия с учетом коэффициента надежности по нагрузке, принимаемого по табл. 1[1];

N<sub>11</sub>-то же, от веса покрытия;

N<sub>2</sub>- полная временная нагрузка на перекрытие, определяется по табл. 3[1] с учетом коэффициента надежности по нагрузке согласно П.3.7[1];

M<sub>2дл</sub>-длитель но действующая временная нагрузка на перекрытие, определяется по табл. 3[1] с учетом коэффициента надежности по нагрузке согласно п.3.7[1];

N<sub>3</sub>- нагрузка от веса перегородок (длительные) согласно п. 3.67[1] и с учетом коэффициента по табл. 1[1];

N<sub>4</sub>- снеговая нагрузки по табл. 4[13 и с учетом коэффициента по п. 5.7[1];

N<sub>4дл</sub>- длительно действующая снеговая нагрузка по табл. 4 [13 с учетом п. 1.7.к[1] и с учетом коэффициента по п. 5.7[1].

Определяются следующие значения продольных усилий в колонне

1 этаж

- $N$ ,  $N_{пер}$  - полная и от одного перекрытия  
 $N = N_1(n-1) + N_{11} + N_2(n-1) + N_3(n-1) + N_4$ ,  $N_{пер} = N_1 + N_2 + N_3$  ;
- $N_{дл}$ ,  $N_{пер,дл}$  - полная от постоянных и длительных нагрузок и  
от одного перекрытия  $N_{дл} = N_1(n-1) + N_{11} + N_{2дл}(n-1) + N_3(n-1) + N_{M4дл}$ ,  
 $N_{пер,дл} = N_1 + N_{2дл} + N_3$ ;
- $N_{вр}$  - от полной временной нагрузки  $N_{вр} = N_2(n-1) + N_3(n-1) + N_4$ .  
Определяются значения изгибающих моментов:

$$M = N_{пер} h / 4, \quad M_{дл} = N_{пер,дл} h / 4,$$

где  $h$  - высота сечения колонны.

### 2-3.3. ПОДБОР СЕЧЕНИЯ АРМАТУРЫ

Подбор сечения продольной арматуры колонны производится по блок-схеме рис. 2.7, как для внецентренно-сжатого элемента. Колонна принимается квадратного сечения при симметричном армировании.

Поперечные стержни принимаются минимального диаметра из условия свариваемости с продольной арматурой. Шаг поперечных стержней принять по условию  $s < 20d$ . Для расчета

необходимы следующие исходные данные:

- $N$  - полная расчетная продольная сила (см. п. 2.3.2.);
- $M_{дл}$  - от постоянных и длительных нагрузок (см. п. 2.3.2.);
- $M$  - полный расчетный изгибающий момент (см. п. 2.3.2.);
- $M_{дл}$  - расчетный изгибающий момент от длительно действующей нагрузки (см. п. 2.3.2.);
- $l$  - геометрическая длина колонны;
- $l_0$  - расчетная длина колонны;
- $h$  - высота сечения колонны;
- $R_b$  - призменная прочность бетона, принимаемая по т.13[2];
- $\gamma_2$  - коэффициент условия работы бетона, который определяется по т. 15 [23];
- $E_s$  - модуль упругости арматуры, принимается по т. 29[23];
- $E_b$  - модуль упругости бетона, принимается по т. 18[2];
- $\mu_1$  - задаваемый процент армирования (1+2%);
- $\mu_{min}$  - минимальный процент армирования, принимаемый по табл.38[23];
- $A$  - площадь сечения колонны;
- $a_s = a_s'$  - величины защитного слоя;
- $h_0$  - рабочая высота сечения

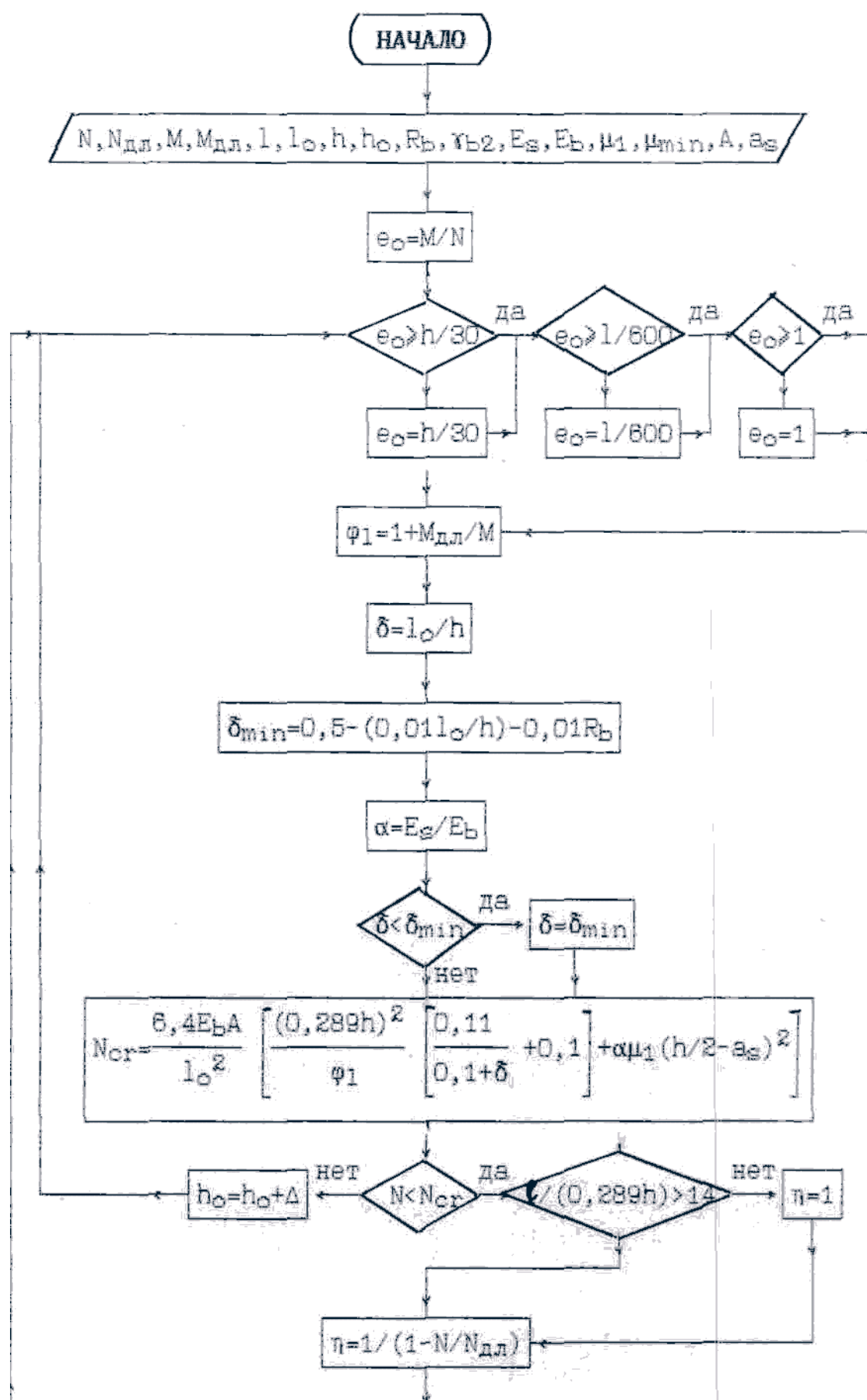
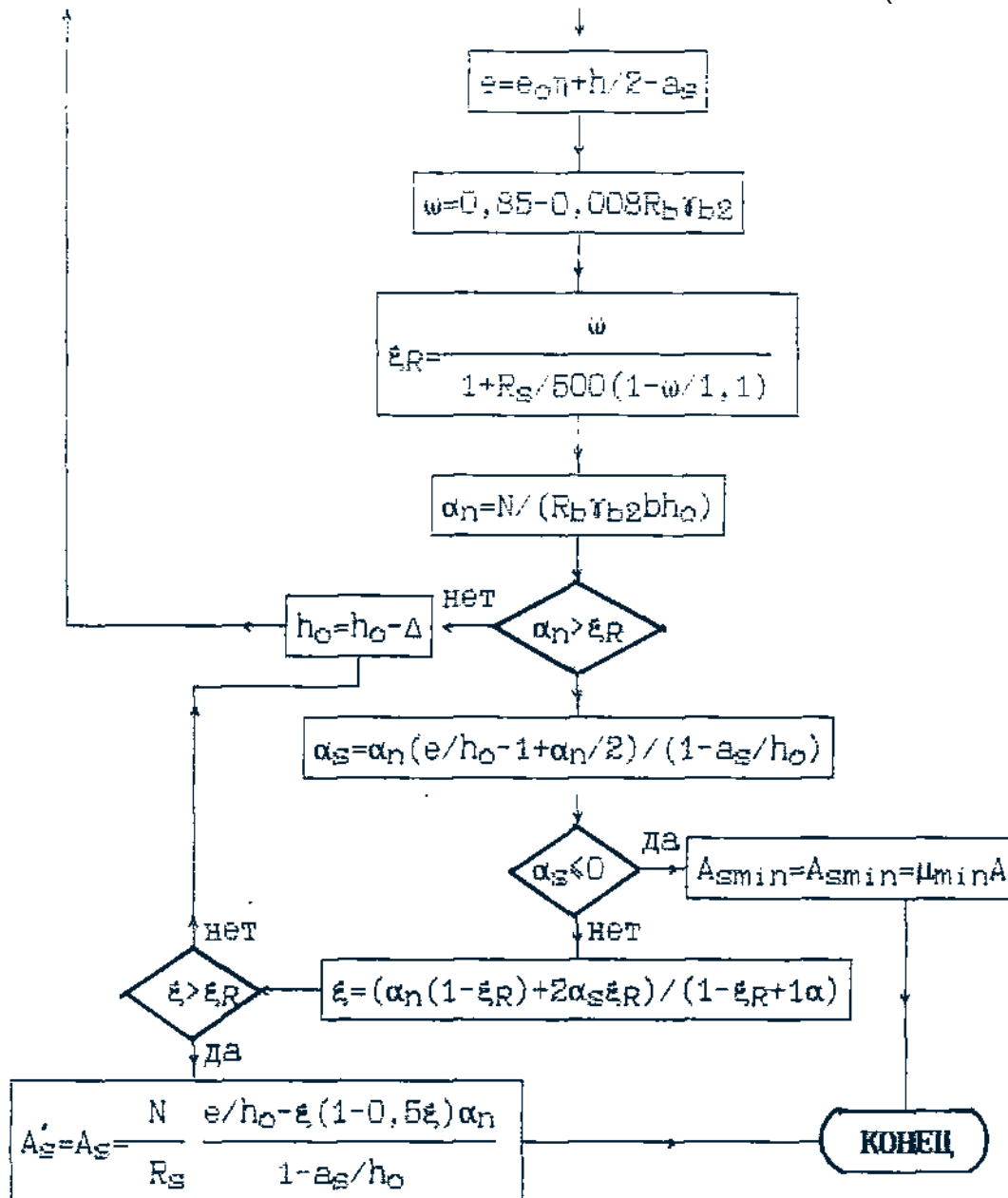


Рис. 2.7. Блок-схема подбора продольной арматуры колонны

Рис. 2.7. (окончание)



## ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия.-М.; ЦИТП Госстроя СССР,1988.
2. СНиП 2.03.01-84 . Бетонные и железобетонные конструкции.-М.: ЦИТП Госстроя,19Уб.
3. ГИСТ 21.101-97. Основные требования к рабочим чертежам. -М.; Стройиздат, 1998.
4. ГОСТ 21.503-94. Конструкции бетонные и железобетонные (рабочие чертежи). Система проектной документации для строительства.-М.:Стройиздат,1995.\_
5. БаирювБ.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции; Учебник.-М. .•Стройиздат, 1991.