

Министерство образования Российской Федерации

Ульяновский государственный технический
университет

А.А. Макаров, Н.А. Макарова

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАСЧЕТА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ БАЛОЧНОЙ КЛЕТКИ

Учебное пособие

Ульяновск 2000

УДК 624.014 (075)
ББК 38 я? М15

Рецензенты: директор Ульяновского строительного колледжа
Е.И. Новицкий, кандидат технических наук В.А. Торбин.

Утверждено редакционно-издательским советом
Ульяновского государственного технического университета
в качестве учебного пособия

Макаров А.А., Макарова Н.А.
М 15 Автоматизация процесса расчета стальных конструкций балочной клетки:
Учебное пособие. - Ульяновск: УлГТУ, 2000. - 204 с.
ISBN 5-89146-149-8

Рассмотрены вопросы расчета, конструирования и проектирования стальных конструкций балочной клетки. Предложены алгоритмы расчета стального настила, прокатных балок, составных балок двутаврового сечения, центрально-сжатых колонн сплошного и сквозного сечения. Для каждого вида конструкций приведены примеры, блок-схемы и программы расчета. Программы составлены на языке ПАСКАЛЬ, реализованы на персональных компьютерах, проиллюстрированы примерами расчета стальных конструкций. В результате расчетов выдается множество вариантов сечений конструкций, из которых принимается наиболее оптимальное.

Учебное пособие рассчитано на студентов строительных вузов и колледжей.

УДК 624.014 (075)
ББК 38 я7

Учебное издание
МАКАРОВ Александр Анатольевич
МАКАРОВА Наталья Александровна

Автоматизация процесса расчета стальных конструкций балочной клетки
Учебное пособие

Редактор Н.А. Евдокимова

Изд. лиц. 020640 от 22.10.97.
Подписано в печать 21.09.99. Формат 60х84/16.
Бум. тип. №3. Усл.печ.л. 11,86. Уч.-изд.л. 10,00.
Тираж 120 экз. Заказ • Нгй Ульяновский
государственный технический университет,
432027, Ульяновск, Сев.Венец, 32. Типография
УлГТУ, 432027, Ульяновск, Сев.Венец, 32.

© Оформление. УлГТУ, 2000
(с) А.А. Макаров, Н.А. Макарова,

ISBN 5-89146-149-8
2000

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее Пособие содержит рекомендации по расчету и конструированию стальных конструкций балочной клетки. В изучении курса "Металлические конструкции" значительное место отведено курсовому проектированию, которое обеспечивает более глубокое усвоение материала. Выполнение курсового проекта в настоящее время значительно усложняется тем, что выпуск учебной литературы и нормативных справочников резко сократился. Использование ранее изданных учебников невозможно, так как они в основном написаны с учетом требования устаревших норм. Появление новых требований к проектированию и расчету стальных конструкций привело к значительным изменениям расчета. В частности, изменены обозначения величин, многие формулы и методы расчета.

Применение вычислительной техники позволяет значительно сократить время расчета конструкций, при этом подбирается более экономичное сечение конструкций и полностью исключаются ошибки. Использование вычислительной техники, как мощного средства исследований, позволяет быстро выполнять научную работу. В настоящем Пособии представлено программное обеспечение по расчету стальных конструкций балочной клетки с подробными блок-схемами алгоритма расчета. Программы написаны на языке Паскаль.

Настоящее Пособие имеет своей целью:

- дать студенту развернутый и подробный план работы при выполнении курсового и дипломного проектирования;
- осветить основные принципы расчета, конструирования и проектирования стальных конструкций балочной клетки;
- направить самостоятельную работу студентов над проектом путем рекомендаций настоящего Пособия и действующей нормативной литературы;
- привлечь студентов к использованию вычислительной техники в расчетах стальных конструкций;
- дать направления для научно-исследовательской работы студента при подборе сечений стальных конструкций.

Расчет всех предложенных в настоящем Пособии стальных конструкций возможен только при наличии необходимой нормативной литературы, которая представлена в конце книги.

В Пособии описаны методы и алгоритмы расчета стальных конструкций балочной клетки с примерами расчета и результатами расчета с применением вычислительной техники.

Глава 1. РАСЧЕТ НАСТИЛА

Настил представляет собой стальной лист приваренный к балкам, что делает невозможным сближение опор настила при его прогибе под нагрузкой, что вызывает в нем растягивающие усилия, улучшающие работу настила в пролете. Кроме того, приварка заземляет настил, создавая опорные моменты, и снижает момент в пролете настила под нагрузкой. Однако в запас жесткости заземление не учитывают и принимают опирание настила шарнирно-неподвижное, считая, что в опорном сечении может образовываться пластический шарнир.

Расчет настила начинается с определения цилиндрического модуля упругости

$$E_1 = E / (1 - \nu^2),$$

где E - модуль упругости первого рода, определяется по табл.б3Ш; ν - коэффициент Пуассона, определяется по табл.б3Ш.

Определяется предельное значение отношения пролета настила к его толщине, учитывающее действие нормативной нагрузки на настил:

$$[l_H/t_H] = (4n_0/15) (1 + 72E_1/(n_0^4 p_H)),$$

где p_0 - обратная величина относительного прогиба настила, определяемая по табл. 19С23; p_H - нормативная нагрузка на настил. Рассчитав предельное отношение пролета настила к его толщине и задавшись пролетом настила, определяют его толщину. Желательно, чтобы пролет балки кратно делился на пролет настила.

$$t_H = l_H / [l_H/t_H].$$

Определяется усилие H , растягивающее полосу настила единичной ширины

$$H = \gamma_f \pi^2 [f/l]^2 E_1 t_H / 4,$$

где γ_t – коэффициент надежности по временной нагрузке, определяется по табл. 2[1];

$[f/l]$ – допускаемый относительный прогиб настила, определяется по табл. 19[2].

Найденное растягивающее усилие воспринимается сварным швом, который рассчитывается только по металлу шва, так как при ручной и полуавтоматической сварке

$$R_{wf}\gamma_{wf}\beta_f < R_{wz}\gamma_{wz}\beta_z.$$

Определяется значение катета сварного шва

$$k_f = H / (l_w R_{wf} \gamma_{wf} \beta_f),$$

где l_w – длина сварного шва;

R_{wf} – расчетное сопротивление углового сварного шва срезу, определяется по табл. 56[1];

γ_{wf} – коэффициент условия работы сварного шва, определяется по п. 11.2[1];

β_f – коэффициент провара, определяется по п. 11.2[1].

Окончательно катет шва принимается по табл. 38[1].

1.1. ПРИМЕР РАСЧЕТА НАСТИЛА

Исходные данные:

1. Нагрузка на настил $P^H = 20 \text{ кН/м}^2$

Определяем цилиндрический модуль упругости

$$E = E / (1 - \nu^2) = 206000 / (1 - 0,3^2) = 226000 \text{ МПа},$$

где $E = 206000 \text{ МПа}$ – модуль упругости первого рода, определяем по табл. 63[1];

$\nu = 0,3$ – коэффициент Пуассона, определяем по табл. 63[1].

Предельное значение отношения пролета настила к его толщине равно

$$\begin{aligned} [l_H/t_H] &= (4n_0/15) (1 + 72E_1/(n_0^4 P^H)) = \\ &= (4 \cdot 120/15) (1 + 72 \cdot 226000 / (120^4 \cdot 20 \cdot 10^{-3})) = 157, \end{aligned}$$

где $n_0 = 120$ – обратная величина относительного прогиба настила, определяем по табл. 19[2];

Определяем толщину настила.

$$t_H = l_H / [l_H / t_H] = 100 / 157 = 0,64$$

Принимаем $l_H = 100$ см, $t_H = 10$ мм.

Определяем усилие, растягивающее полосу настила единичной ширины

$$H = \gamma_f \pi^2 [f / l]^2 E_1 t_H / 4 = 1,2 \cdot 3,14159^2 (1/120)^2 226000 \cdot 0,01 (10) = 4,64 \text{ кН},$$

где $\gamma_f = 1,2$ - коэффициент надежности по временной нагрузке, определяем по табл. 2С2];

$f/13 = 1/120$ - допускаемый относительный прогиб настила, определяем по табл. 19С23.

Найденное растягивающее усилие воспринимается сварным швом, который рассчитывается только по металлу шва, так как при ручной и полуавтоматической сварке

$$R_{wf} \gamma_{wf} \beta_f < R_{wz} \gamma_{wz} \beta_z.$$

Определяем значение катета сварного шва

$$k_f = H / (l_w R_{wf} \gamma_{wf} \beta_f) = 4,64 / (1 \cdot 180 \cdot 1 \cdot 0,7) = 0,36 \text{ см},$$

где $l_w = 1$ см - длина сварного шва;

$R_{wf} = 180$ МПа - расчетное сопротивление углового сварного шва срезу, определяем по табл. 5БС13;

$\gamma_{wf} = 1$ - коэффициент у

словия работы сварного шва, определяем по п. 11.2С13;
Вг=0,7 - коэффициент провара, определяем по п. 11.2С1].
Окончательно катет шва принимаем $k_f=6$ мм, по табл. 38 Ш.

Глава 2 РАСЧЕТ ПРОКАТНЫХ БАЛОК

На прокатную балку может опираться непосредственно настил или вышележащие балки. Наибольшее распространение получили однопролетные статически определимые балки. Для балки определяются нормативные (q_n) и расчетные нагрузки (q). Если балка нагружена

равномерно распределенной нагрузкой, то расчетный изгибающий момент и поперечная сила равны:

$$M=ql^2/8; \quad Q=ql/2,$$

где l - пролет прокатной балки.

Если балка нагружена другими видами нагрузок, то расчетные значения внутренних усилий определяются правилами строительной механики, при этом устанавливается наличие зоны частого изгиба.

Определяется требуемый момент сопротивления сечения с учетом развития пластических деформаций

$$W_{tr}=M/(1,1R_y\gamma_c),$$

где γ_c - коэффициент условия работы конструкции, определяется по табл. 6Ш.

По W_{tr} и сортаменту подбирается двутавр, для которого определяется отношение A_f/A_w и выписывается фактический момент сопротивления сечения ($W_n=W_x$). По табл. 66[13] находится значение коэффициента "с".

Проверяются нормальные напряжения в подобранной балке:

- если зоны чистого изгиба нет

$$\sigma=M/(cW_n)\leq R_y\gamma_c;$$

- если есть зона чистого изгиба

$$\sigma=M/(c_1W_n)\leq R_y\gamma_c,$$

где $c_1=0,5(1+c)$.

Проверка прочности по касательным напряжениям для прокатных балок не выполняется, так как она обеспечивается теорией сортамента.

Проверяется общая устойчивость балки. Общая устойчивость обеспечена, если на рассчитываемую балку опирается настил или соблюдаются условия:

$$1 \leq h/b \leq 6 \text{ и } 15 \leq b/t \leq 35.$$

Если эти условия соблюдаются, то по табл. 8[1] находят предельные значения отношения расчетной длины балки к ширине пояса, и проверяют условия:

- если нет зоны чистого изгиба

$$l_{ef}/b \leq [0,35 + 0,0032b/t + (0,76 - 0,02b/t)b/h] \sqrt{E/R_y};$$

- если зона чистого изгиба имеется

$$l_{ef}/b \leq [0,41 + 0,0032b/t + (0,73 - 0,016b/t)b/h] \sqrt{E/R_y},$$

где l_{ef} - расчетная длина балки, равная расстоянию между точками закрепления сжатого пояса;

b, t - соответственно ширина и толщина сжатого пояса прокатной балки;

h - расстояние между центрами тяжести поясов балки.

Для балок с отношением $b/t < 15$ в формуле это отношение принимать $b/t = 15$. Если балка подбиралась с учетом развития пластических деформаций, тогда правая часть формул умножается на коэффициент $\delta = [1 - 0,7(c_1 - 1)/(c - 1)]$. Если эти условия соблюдаются, то общая устойчивость балки обеспечена. Если это отношение не выполняется, то проверяется общая устойчивость балки по формуле

$$\sigma = M/(\varphi_b W_x) \leq R_y \gamma_c.$$

Для определения коэффициента φ_b необходимо вычислить коэффициент φ_1 по формуле

$$\varphi_1 = (\psi J_y / J_x) (h / l_{ef})^2 (E / R_y),$$

где ψ - коэффициент, который определяется по табл. 77[1] в зависимости от характера нагрузки и параметра α , который определяется по формуле

$$\alpha = (1,54 J_t / J_y) (l_{ef} / h)^2,$$

где h - полная высота сечения прокатной балки;

J_t - момент инерции сечения балки при кручении, который может быть найден по табл. 82[1] или определен по формуле

$$J_t = 0,43(2b_f t_f^3 + h_w t_w^3).$$

$$\begin{aligned} \text{При } \varphi_1 \leq 0,85 & \quad \varphi_b = \varphi_1 \\ \text{При } \varphi_1 > 0,85 & \quad \varphi_b = 0,68 + 0,21\varphi_1 \leq 1. \end{aligned}$$

Проверяется жесткость балки, для чего определяется относительный прогиб балки

$$f/l = (5/384) q_n l^3 / (E J_x) \leq [f/l],$$

где J_x - момент инерции подобранной балки;

$[f/l]$ - допускаемый относительный прогиб, который принимается по табл. 19[2].

На этом расчет прокатных балок заканчивается.

2.1. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПРОКАТНОЙ БАЛКИ

Исходные данные:

1. Пролет балки $l = 6$ м.
2. Нагрузка на настил $R^H = 20$ кН/м².

Определяем погонную нагрузку на прокатную балку. Балка нагружена равномерно распределенной нагрузкой

$$\begin{aligned} q_n &= (0,785 + 20) 1 + 0,365 = 21,15 \text{ кН/м}; \\ q &= (0,785 \cdot 1,05 + 20 \cdot 1,2) 1 + 0,365 \cdot 1,05 = 25,2 \text{ кН/м}. \end{aligned}$$

Определяем расчетный изгибающий момент и поперечную силу.

$$M = q l^2 / 8 = 25,2 \cdot 6^2 / 8 = 113,4 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad Q = q l / 2 = 25,2 \cdot 6 / 2 = 75,6 \text{ кН},$$

где $l = 6$ м - пролет прокатной балки.

Определяем требуемый момент сопротивления сечения с учетом развития пластических деформаций

$$W_{tr} = M / (1,1 R_y \gamma_c) = 113,4 (1000) / (1,1 \cdot 240 \cdot 1) = 429 \text{ см}^3,$$

где $\gamma_c = 1$ - коэффициент условия работы конструкции, определяем по табл. 6[1].

$R_y=240$ МПа - расчетное сопротивление стали ВСт3 пс 6-1 по пределу текучести.

По W_{tr} и сортаменту подбираем двутавр I30 ГОСТ 8239-89, для которого определяем:

$$\begin{aligned} W_x &= 472 \text{ см}^3; & A_f &= 1,02 \cdot 13,5 = 13,77 \text{ см}^2; \\ G_b &= 36,5 \text{ кг}; & A_w &= (30 - 2 \cdot 1,02) \cdot 0,65 = 18,174 \text{ см}^2; \\ J_x &= 7080 \text{ см}^4; & A_f/A_w &= 13,77/18,174 = 0,76. \end{aligned}$$

Проверяем нормальные напряжения в подобранной балке:

$$\sigma = M / (c W_n) < R_y \gamma_c = 113,4(1000) / (1,095 \cdot 472) = 216 \text{ МПа} < 240 \text{ МПа};$$

где $c=1,095$, определен по табл. 66[1].

Проверку прочности по касательным напряжениям для прокатных балок не выполняем, так как она обеспечивается теорией сортамента.

Проверку общей устойчивости балки не производим, так как на рассчитываемую балку опирается настил.

Проверяем жесткость балки, для чего определяем относительный прогиб балки

$$\begin{aligned} f/l &= (5/384) q_n l^3 / (E J_x) = (5/384) 21,15 \cdot 600^3 / (206000 \cdot 7080(10)) = \\ &= 0,004 < [1/200], \end{aligned}$$

где $[f/l] = [1/200]$ - допускаемый относительный прогиб, который принимаем по табл. 19[2].

На этом расчет прокатных балок заканчивается.

Глава 3. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СОСТАВНЫХ БАЛОК

3.1. ПОДБОР СЕЧЕНИЯ БАЛКИ

Предварительно подсчитывают нормативные и расчетные нагрузки, которые, как правило, приводят к равномерным:

$$\begin{aligned} q_n &= 1,02(P_n + g_n + g_1) l_1; \\ q &= 1,02[P_n \gamma_f + (g_n + g_1) \gamma_{f2}] l_1, \end{aligned}$$

где P_n - временная нагрузка на перекрытие, определяется по табл. 3[2];

γ_f - коэффициент надежности по временной нагрузке, определяется по табл. 2[2];

g_n - вес настила перекрытия;

γ_{f2} - коэффициент надежности по постоянной нагрузке, определяется по табл. 1[2];

g_1 - вес 1 п. м. опираемой балки;

l_1 - пролет опираемой балки.

Определяют максимальные значения изгибающего момента и поперечной силы от расчетных нагрузок:

$$M_{\max} = ql^2/8; \quad Q_{\max} = ql/2,$$

где l - пролет составной балки.

Вычисляют требуемый момент сопротивления поперечного сечения

$$W_{tr} = M_{\max} / (R_y \gamma_c)$$

или

$$W_{tr, pl} = M_{\max} / (c_1 R_y \gamma_c),$$

если разрезная балка сплошного сечения из стали с пределом текучести до 580 МПа несет статическую нагрузку и обеспечивается общая и местная устойчивости балки, а касательные напряжения $\tau \leq 0,9 R_s$, при этом стенку балки следует укреплять поперечными ребрами жесткости.

В этих формулах:

W_{tr} и $W_{tr, pl}$ - соответственно упругий и пластический моменты сопротивления сечения;

M_{\max} - максимальный расчетный изгибающий момент;

R_y - расчетное сопротивление стали поясов по пределу текучести, принимаемое по табл. 51[1];

c_1 - коэффициент, учитывающий развитие пластический деформаций: $c_1 = c$, если зоны чистого изгиба нет; $c_1 = 0,5(c+1)$, если зона чистого изгиба имеется; где c - принимаемый по табл. 66[1];

γ_c - коэффициент условия работы конструкции, принимаемый по

табл. 6[1];

$R_s=0,58R_y$ - расчетное сопротивление стали стенки сдвигу.

Сечение балки принимается двутавровое, состоящее из трех листов, которые соединены между собой сварными швами. Предварительно задаются высотой балки $h=0,1l$, где l - пролет балки. Задаются толщиной стенки балки по табл. 3.1.

Таблица 3.1.

$h, \text{ м}$	$<0,75$	<1	$<1,25$	$<1,5$	$<1,75$	<2
$t_w, \text{ мм}$	<6	$6 \div 7$	$7 \div 8$	$8 \div 10$	$10 \div 12$	<14

Определяется минимальная высота балки из условия жесткости

$$h_{\min}=(5/24)(R_y l/E)[l/f](q_n/q),$$

где $[l/f]$ - обратная величина относительного прогиба, принимается по табл. 19[2];

q_n и q - соответственно нормативная и расчетная нагрузка на балку.

Приведенная формула рекомендуется для определения минимальной высоты балки, которая обеспечивает требуемую жесткость равномерно нагруженной балки при полном использовании ее несущей способности, что бывает в очень редких случаях, поэтому можно уменьшить ее на 20÷30%.

Определяется оптимальная высота балки

$$h_{\text{opt}}=k\sqrt{W_{\text{tr}}/t_w},$$

где k - коэффициент, зависящий от конструктивного оформления балки; при сварной балке постоянного сечения принимается 1,1÷1,15.

После определения высоты балки принимается высота стенки балки и определяется ее толщина.

Наибольшее распространение получили балки с высотой до двух метров, поэтому в этих балках экономична постановка только поперечных ребер жесткости. Для обеспечения местной устойчивости стенки без укрепления продольными ребрами жесткости должно соблю-

даться соотношение

$$t_w \geq (h_w/6)\sqrt{R_y/E},$$

где t_w - толщина стенки балки;

h_w - высота стенки балки, принимается предварительно равной высоте балки;

R_y - расчетное сопротивление стали стенки по пределу текучести, принимаемое по табл. 51[1];

E - модуль упругости стали, принимается по табл. 63[1].

Если касательные напряжения воспринимаются только стенкой, то есть опорное ребро приварено с торца балки (см. рис. 3.1а), толщина стенки должна быть

$$t_w \geq 1,5Q_{\max}/(h_w R_s \gamma_c),$$

где Q_{\max} - максимальная расчетная поперечная сила.

Если касательные напряжения воспринимаются полным сечением, то есть опорное ребро приварено к стенке на определенном расстоянии от торца балки (см. рис. 3.1б), тогда толщина стенки должна быть

$$t_w \geq 1,2Q_{\max}/(h_w R_s \gamma_c).$$

Если опорное сечение балки подбирается с учетом развития пластических деформаций, то рекомендуется его проверять по условию п. 5.18[1]

$$t_w \geq Q_{\max}/(h_w R_s \gamma_c).$$

По вышеприведенным условиям окончательно принимается толщина стенки балки.

Приняв высоту и толщину стенки, переходят к компоновке поясов балки. Определяется требуемый момент инерции

$$J_{tr} = W_{tr} h / 2.$$

Момент инерции стенки балке равен

$$J_w = t_w h_w^3 / 12.$$

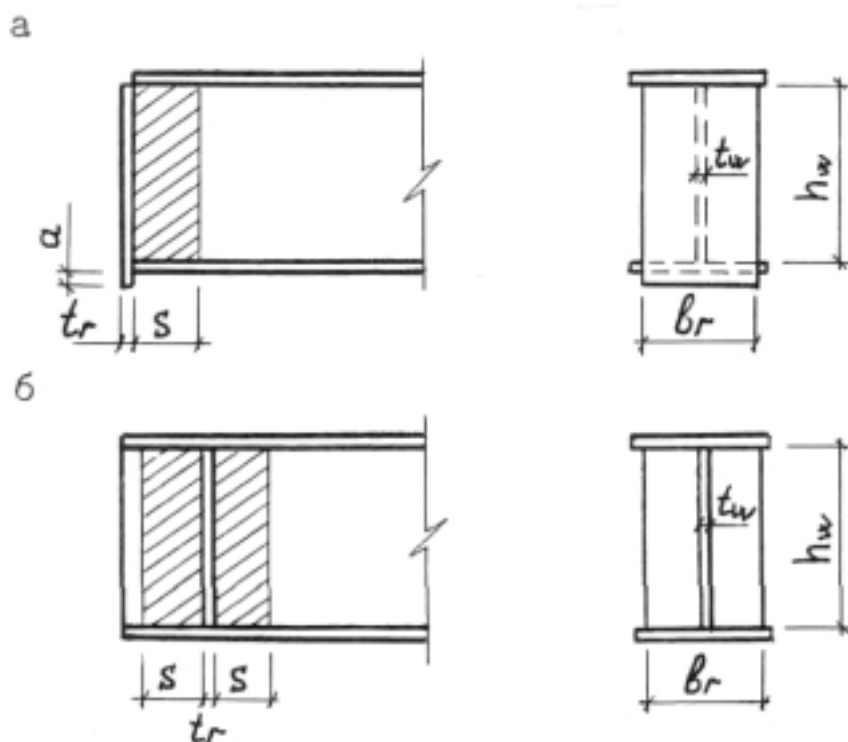


Рис. 3.1. Конструкции опорных узлов :
 а) опорное ребро приварено с торца балки;
 б) опорные ребра приварены к стенке с обеих сторон

Определяется момент инерции, приходящийся на пояса балки

$$J_f = J_{tr} - J_w.$$

Балка принимается симметричного сечения. В этом случае требуемая площадь сечения одного пояса равна

$$A_{tr, f} = 2J_f / h_f^2,$$

где h_f - расстояние между центрами тяжести поясов.

По найденной площади пояса определяется ширина и толщина поясов из условий местной устойчивости сжатого пояса по табл. 30[1]:

- если сечение балка подбирается без учета развития пластических деформаций

$$b_{ef} / t_f \leq 0.5 \sqrt{E / R_y},$$

- если балка подобрана с учетом развития пластических деформаций

$$b_{ef} / t_f \leq 0.11 h_w / t_w, \text{ но не более } 0.5 \sqrt{E / R_y},$$

и общей устойчивости балки из табл. 8[1]

$$1 \leq h_f/b_f \leq 6, \quad 15 \leq b_f/t_f \leq 35,$$

где b_f и t_f - соответственно ширина и толщина поясов балки;

b_{ef} - расчетная ширина свеса пояса, которая принимается равной расстоянию от грани стенки до края пояса.

3.2. ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ БАЛКИ

Поскольку подбор сечения производится по приближенным формулам без учета собственного веса балки, неточным значениям расчетного сопротивления, необходима проверка прочности и жесткости балки.

По принятым размерам сечения балки вычисляют фактические геометрические характеристики этого сечения:

- площадь всего сечения $A = h_w t_w + 2 b_f t_f$;
- площадь стенки балки $A_w = h_w t_w$;
- площадь одного пояса балки $A_f = b_f t_f$;
- статический момент полусечения

$$S = b_f t_f (0,5 h_w + 0,5 t_f) + t_w h_w^2 / 8;$$

- момент инерции сечения

$$J = t_w h_w^3 / 12 + 2 b_f t_f (0,5 h_w + 0,5 t_f)^2.$$

По вычисленной площади сечения определяется вес балки с учетом веса поперечных ребер жесткости и уточняют расчетные усилия M_{\max} , Q_{\max} . Проверяются нормальные напряжения по одной из формул, в зависимости от характера допускаемых напряжений:

$$\begin{aligned} \sigma &= M_{\max} / W \leq R_y \gamma_c; \\ \sigma &= M_{\max} / (c_1 W) \leq R_y \gamma_c. \end{aligned}$$

где c_1 - коэффициент, учитывающий развитие пластический деформаций: $c_1 = c$, если зоны чистого изгиба нет; $c_1 = 0,5(c+1)$, если зона чистого изгиба имеется; где (c) принимаем

по табл. 66[1];

Проверяются касательные напряжения.

Если касательные напряжения воспринимаются только стенкой, то есть опорное ребро приварено с торца балки (см. рис. 3.1а), тогда

$$\tau = 1,5Q_{\max}/(h_w t_w) \leq R_s \gamma_c.$$

Если касательные напряжения воспринимаются полным сечением, то есть опорное ребро приварено к стенке на определенном расстоянии от торца балки (см. рис. 3.1б), тогда

$$\tau = Q_{\max} S / (J t_w) \leq R_s \gamma_c.$$

Если проверяемое сечение балки подбиралось с учетом развития пластических деформаций, тогда

$$\tau = Q_{\max} / (h_w t_w) \leq R_s \gamma_c.$$

Если к верхнему поясу приложена сосредоточенная нагрузка, то стенка проверяется на местное напряжение:

$$\sigma_{loc} = 1,1F / (t_w l_{ef}) \leq R_y \gamma_c,$$

где F - расчетная сосредоточенная нагрузка;

$l_{ef} = b + 2t_f$ - условная длина распределения нагрузки на балку;

b - ширина пояса вышележащей балки.

По правилам строительной механики определяется относительный прогиб балки от нормативной нагрузки, если балка нагружена равномерной нагрузкой, тогда относительный прогиб равен

$$f = 5q_n l^4 / (384JE) \leq f_u,$$

где f_u - предельный прогиб балки, который определяется по табл. 19[2];

В процессе расчета размеры сечения балки могут корректироваться. Сечение считается подобранным правильно, если оно удовлетворяет условия прочности по касательным напряжениям и жесткости, а запас прочности по нормальным напряжениям согласно п. 1.9[1] не превышает 5%.

3.3. ПРОВЕРКА ОБЩЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ БАЛКИ

Проверка общей устойчивости не требуется, если выполняются условия табл. 8[1]:

$$1 \leq h_f/b_f \leq 6; \quad 15 \leq b_f/t_f \leq 35;$$

- если зоны чистого изгиба нет

$$l_{ef}/b_f \leq [0,35 + 0,0032b_f/t_f + (0,76 - 0,02b_f/t_f)b_f/h_f]\sqrt{E/R_y};$$

- если зона чистого изгиба имеется

$$l_{ef}/b_f \leq [0,41 + 0,0032b_f/t_f + (0,73 - 0,016b_f/t_f)b_f/h_f]\sqrt{E/R_y};$$

где l_{ef} - расчетная длина балки, равная расстоянию между точками закрепления сжатого пояса.

Для балок с отношением $b_f/t_f < 15$ в формуле это отношение принимать $b_f/t_f = 15$. Если балка подбиралась с учетом развития пластических деформаций, тогда правая часть формулы умножается на коэффициент $\delta = [1 - 0,7(c_1 - 1)/(c - 1)]$.

3.4. ПРОВЕРКА МЕСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ БАЛКИ

Местная устойчивость сжатого пояса балки обеспечена, если выполняются условия табл. 30[1]:

- если балка работает в пределах упругих деформаций

$$b_{ef}/t_f \leq 0,5\sqrt{E/R_y};$$

- если балка подобрана с учетом развития пластических деформаций

$$b_{ef}/t_f \leq 0,11h_w/t_w, \text{ но не более } 0,5\sqrt{E/R_y}.$$

Для проверки местной устойчивости стенки балки определяется условная гибкость стенки

$$\bar{\lambda}_w = (h_w/t_w) \sqrt{R_y/E}.$$

Если $\lambda_w > 6,0$, то необходимы продольные ребра жесткости.

Если $\lambda_w > 3,2$, то необходимы поперечные ребра жесткости, максимальное расстояние между которыми равняется $a = 2h_w$.

Если $\lambda_w > 2,5$, то необходима проверка местной устойчивости стенки балки при наличии местного напряжения.

Если $\lambda_w > 3,5$, то необходима проверка местной устойчивости стенки балки при отсутствии местного напряжения.

Проверка местной устойчивости стенки производится в опорном и среднем отсеках. Для каждого отсека определяются средние значения момента (M) и поперечной силы (Q) в пределах отсеков. Если длина отсека больше его расчетной высоты, то средние значения вычисляются для более напряженного участка с длиной, равной высоте отсека. Если длина отсека меньше его расчетной высоты, то средние значения вычисляются в середине отсека. Если в пределах отсека поперечная сила меняет знак, то среднее значение вычисляется на участке отсека с одним знаком.

Для каждого отсека определяются средние значения:

- нормальные напряжения сжатия

$$\sigma = Mh_w / (Wh);$$

- касательные напряжения

$$\tau = Q / (h_w t_w);$$

- местные нормальные напряжения

$$\sigma_{loc} = 1,1F / (t_w l_{ef}).$$

Далее определяются критические напряжения при наличии местных напряжений:

- а) если $a/h_w \leq 0,8$, то:

- критические нормальные напряжения равны

$$\sigma_{cr} = c_{cr} R_y / \bar{\lambda}_w^2,$$

где c_{cr} - коэффициент, учитывающий способ изготовления балок, ко-

торый для сварных балок определяется по табл. 21[1] в зависимости от коэффициента δ , который находится по формуле

$$\delta = (\beta b_f / h_w) (t_f / t_w)^3,$$

где β - коэффициент, учитывающий условия работы сжатого пояса балки, и находится по табл. 22[1];

- критические местные нормальные напряжения равны

$$\sigma_{loc.cr} = c_1 R_y / \bar{\lambda}_a^2,$$

где c_1 - коэффициент, учитывающий размеры отсека, который определяется по табл. 23[1] в зависимости от δ ,

$$\bar{\lambda}_a = (a / t_w) \sqrt{R_y / E};$$

- критические касательные напряжения равны

$$\tau_{cr} = 10,3(1 + 0,76/\mu^2) R_s / \bar{\lambda}_{ef}^2,$$

где μ - отношение большей стороны отсека к меньшей (d),

$$\bar{\lambda}_{ef} = (d / t_w) \sqrt{R_y / E};$$

б) при отношении $a/h_w > 0,8$ и σ_{loc}/σ больше значений, указанных в табл. 24[1], то:

- нормальные критические напряжения равны

$$\sigma_{cr} = c_2 R_y / \bar{\lambda}_w^2,$$

где c_2 - коэффициент, учитывающий размеры отсека, который определяется по табл. 25[1];

- критические местные и касательные напряжения определяются по формулам, изложенным в п. "а".

в) при отношении $a/h_w > 0,8$ и σ_{loc}/σ не больше значений, указанных в табл. 24[1], то:

- нормальные критические напряжения определяются по формулам, приведенным в п. "а";

- критические местные напряжения определяются по формулам, приведенным в п. "а", но с подстановкой $(a/2)$ вместо (a) в формулы и табл. 23[1] при определении (c_1) ;

- критические касательные напряжения определяются по формулам, изложенным в п. "а", по действующим размерам отсека.

После определенных фактических и критических напряжений проверяется местная устойчивость стенки балки по формуле

$$\sqrt{(\sigma/\sigma_{cr} + \sigma_{loc}/\sigma_{loc,cr})^2 + (\tau/\tau_{cr})^2} \leq \gamma_c.$$

Если вышележащие балки опираются на рассчитываемую в одном уровне через поперечные ребра жесткости или другие элементы, то считается, что местное напряжение отсутствует, тогда проверка местной устойчивости производится по формуле

$$\sqrt{(\sigma/\sigma_{cr})^2 + (\tau/\tau_{cr})^2} \leq \gamma_c,$$

где значения критических напряжений определяются по п. "а".

Если это условие соблюдается, то местная устойчивость стенки обеспечена.

Расчет на устойчивость стенок балок симметричного сечения с учетом развития пластических деформаций при отсутствии местных напряжений и при $\tau \leq 0,9R_s$, $A_f/A_w \geq 0,25$, $2,2 < \bar{\lambda}_w \leq 6$ следует выполнять по формуле

$$M \leq R_y \gamma_c h_{ef}^2 t_w (A_f/A_w + \alpha),$$

где $\alpha = 0,24 - 0,15(\tau/R_s)^2 - 0,0085(\bar{\lambda}_w - 2,2)^2$,

здесь обозначения аналогичны вышеизложенному.

3.5. РАСЧЕТ СВАРНЫХ ШВОВ, СОЕДИНЯЮЩИХ ПОЯСА БАЛКИ СО СТЕНКОЙ

При изгибе пояса составных балок стремятся сдвинуться относительно стенки. Силу сдвига воспринимают непрерывные угловые швы, вследствие чего в них возникают касательные напряжения.

В зависимости от марки стали балки из табл. 55[1] подбирают тип электрода. Затем из табл. 56[1] выписывается величина расчет-

ного сопротивления углового шва срезу R_{wf} . Из табл. 34[1] выписываются коэффициенты провара β_f , и β_z . Коэффициенты условия работы сварных швов γ_{wf} и γ_{wz} определяются по п. 11.2[1]. Затем определяется расчетное сопротивление угловых швов срезу по металлу границы сплавления

$$R_{wz}=0,45R_{un}$$

Определяются величины катета шва:

- по металлу шва

$$k_f=(\sqrt{T^2+V^2})/(2\beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c);$$

- по металлу границы сплавления

$$k_z=(\sqrt{T^2+V^2})/(2\beta_z R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c).$$

В формулах:

$$T=QS_f/J; \quad V=1,1F/l_{ef}; \quad S_f=b_f t_f (h_w/2+t_f/2).$$

Найденные значения катетов сварного шва сравниваются с минимальным значением катета шва, принятым по табл. 38[1], который обеспечивает надежную работу сварного соединения листов разной толщины, и окончательно принимается минимально необходимый катет шва.

3.6. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ РЕБЕР ЖЕСТКОСТИ И ОПОРНОГО УЗЛА

Размеры промежуточных ребер жесткости определяются по формулам:

- ширина ребра $b_h \geq h_w/30+40(\text{мм})$;
- толщина ребра $t_s \geq 2b_h/\sqrt{R_y/E}$.

Промежуточные ребра жесткости привариваются сварными швами с учетом требования табл. 38 [1].

Варианты опорных узлов составной балки приведены на рис.3.1. Одиночное ребро (см. рис.3.1а) в зависимости от размера выступающей части ребра работает на смятие или сжатие. Если размер выступающей части ребра $a \leq 1,5t_r$, то опорное ребро рассчитывается на смятие.

Определяется требуемая площадь опорного ребра из условия его работы на смятие

$$A_r \geq Q / (\gamma_c R_p),$$

где R_p - расчетное сопротивление стали ребра смятию, определяется по табл. 52[1].

По A_r принимается сечение ребра $b_r \times t_r$. Ширина одиночного опорного ребра не должна быть менее 180 мм.

При другом варианте (см. рис. 16.) принимаются размеры двух опорных ребер, которые крепятся к стенке при помощи сварки, поэтому в работу опорного узла привлекается и часть стенки с каждой стороны длиной

$$s = 0,65 t_w \sqrt{E / R_y}.$$

Площадь сечения опорного узла равняется:

$$A_r = s t_w + b_r t_r \quad \text{или} \quad A_r = 2 s t_w + b_r t_r.$$

Проверяется напряжение сжатия

$$\sigma = Q / (\varphi A_r) \leq \gamma_c R_y,$$

где φ - коэффициент продольного изгиба, определяется по табл. 72[1], в зависимости от гибкости ребра

$$\lambda_x = h_w / i_r,$$

где i_r - радиус инерции ребра равен

$$i_r = \sqrt{J_r / A_r};$$

J_r - момент инерции ребра равен

$$J_r = t_r b_r^3 / 12;$$

Производится расчет сварного шва, соединяющего опорные ребра со стенкой балки

$$k_f \geq Q / (n R_{wf} \beta_f \gamma_{wf} \gamma_c h_w),$$

где n - число сварных швов, воспринимающих опорную реакцию.

Катет шва окончательно принимается с учетом табл. 38[1].

3.7. РАСЧЕТ УЗЛА СОПРЯЖЕНИЯ БАЛОК

При сопряжении балок в одном уровне соединение их производится на болтах через промежуточные ребра жесткости или приваренные к стенке составной балки специальные уголки (см. рис. 3.2).

Назначается класс точности и класс прочности болтов. По табл. 58[1] принимается расчетное сопротивление болтов срезу (R_{bs}). По табл. 59C1] принимается расчетное сопротивление смятию элементов, соединяемых болтами (R_{bp}). Коэффициент условия работы болтового соединения γ_b принимается по табл. 35[1].

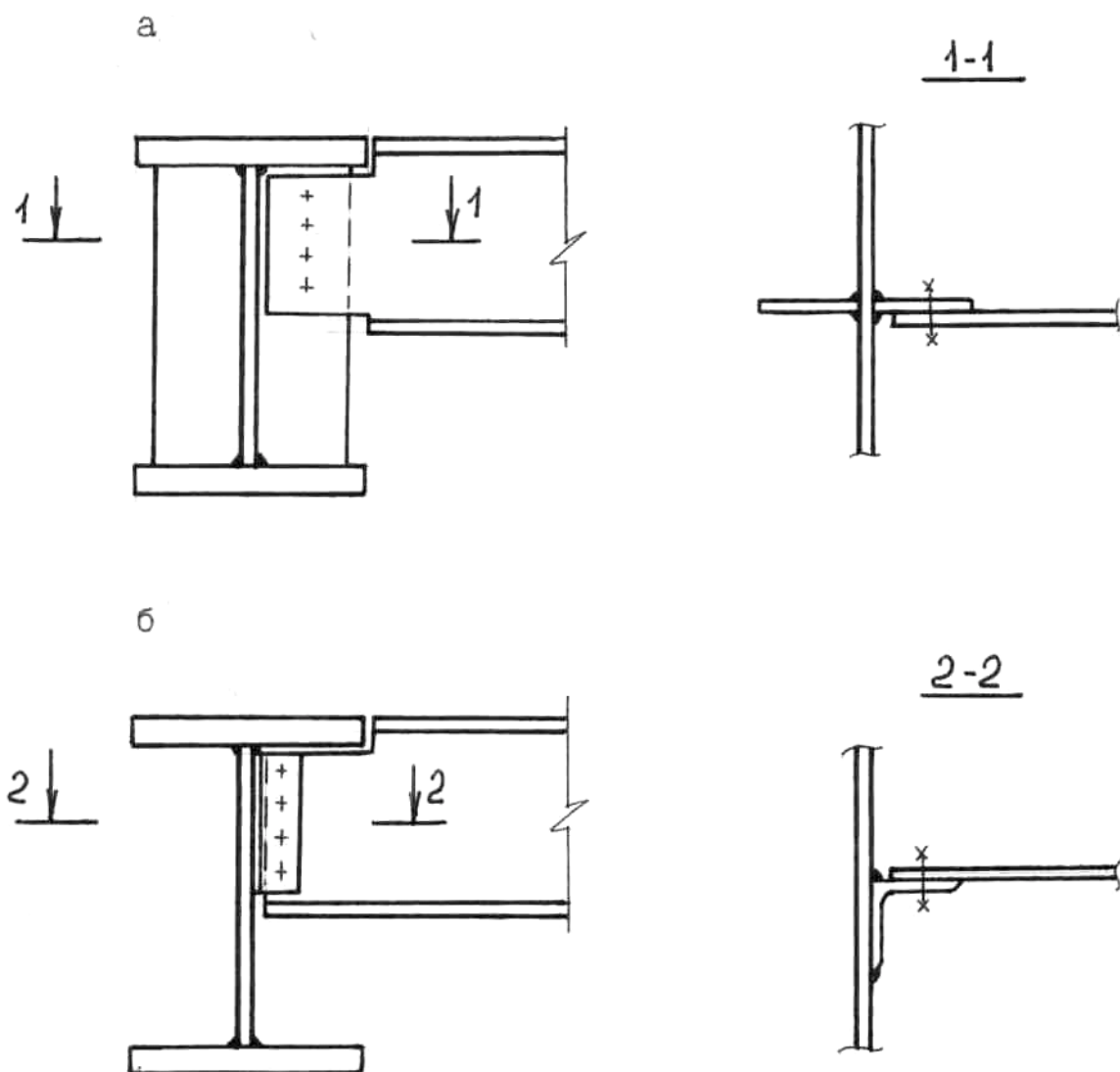


Рис. 3.2. Узлы сопряжения балок :

- а) при опирании через поперечные ребра жесткости;
- б) при опирании через приваренные уголки.

Предварительно задаются диаметром болтов (d_b) и диаметром отверстий для них (d). Определяется несущая способность одного болта срезу

$$N_{bs} = R_{bs} \gamma_b A n_s,$$

и смятию соединяемых элементов под одним болтом

$$N_{bp} = R_{bp} \gamma_b t_{\min} d_b,$$

где A - площадь сечения болта брутто;

n_s - число плоскостей среза болта;

t_{\min} - меньшая толщина двух соединяемых элементов.

Опорная реакция распространяется на болты равномерно. Однако необходимо учитывать увеличение усилий в крайних болтах за счет их частичного заземления. Итак, усилие, воспринимаемое болтом, равно

$$F_b = 1,2 R_{оп},$$

где $R_{оп}$ - реакция опоры примыкающей балки.

Определяется число болтов в соединении

$$n_b = F_b / [N_{b, \min}].$$

Проверяется ослабленное отверстиями сечение стенки опираемой балки на действие поперечной силы. Сначала определяется площадь сечения стенки

$$A_s = (h_w - n_b d) t_w,$$

где h_w - высота стенки опираемой балки;

n_b - число болтов;

d - диаметр отверстий под болты;

t_w - толщина стенки опираемой балки.

Проверяются касательные напряжения, возникающие в стенке опирающейся балки

$$\tau = R_{оп} / A_s \leq \gamma_c R_s.$$

Если условие соблюдается, расчет закончен.

3.8. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МОНТАЖНОГО СТЫКА БАЛКИ

Монтажный стык балки выполняется тогда, когда нельзя доставить балку с завода целиком из-за ограниченности размеров или недостаточной грузоподъемности транспортных средств.

Наиболее надежным и менее трудоемким является монтажный стык на высокопрочных болтах (рис. 3.3).

Конструирование стыка балки производится с учетом требований п. 12.18С1] и п. 12.19С1J. В начале задаются диаметром болта по табл. 62СИ. Затем задаются диаметрами отверстий и размещают их в стыке с учетом указаний табл. 39[1]

$$\begin{aligned} 1,3c_1 &< a_1 < 4c_1 (\text{или } 8t); \\ 2,5c_2 &< 8c_1 (\text{или } 12t). \text{ Если} \\ R_{yt} &> 380 \text{ МПа, тогда } a_f > 3d, \end{aligned}$$

где t – меньшая толщина соединяемых листов; d – диаметр отверстия под болты.

Толщина накладок стенки принимается $t_n > (t_w + 4 \text{ мм}) / 2$. Толщина накладок поясов принимается $t_n > (t_f + 4 \text{ мм}) / 2$.

Определяется площадь ослабленного сечения балки отверстиями под болты (A_n) и площадь полного сечения (A). Если $A_n > 0,85A$, то проверка прочности производится по сечению брутто, в противном случае проверки прочности производится по условному сечению $A_c = 1,18A_n$. В зависимости от условий ослабления сечения определяются:

J – момент инерции всего сечения брутто; J_w – момент инерции стенки балки брутто; или

J_n – момент инерции всего сечения нетто;

$J_{wn} \sim$ момент инерции стенки балки нетто.

При необходимости определяются момент сопротивления балки нетто

$$W_n = J_n / (0,5h_w + t_f)$$

и условный момент сопротивления балки

$$W_c = 1,18 W_n.$$

Предельное значение изгибающего момента в месте стыка по условию прочности определяется по формуле

$$[M_{st}] = W_c R_y \gamma_c$$

Определяется максимальное расстояние от опоры до центра стыка из уравнения

$$[M_{st}] = qx(l-x)/2,$$

где x - максимальное удаления стыка от опоры.

Далее уточняется фактическое место расположения стыка с учетом условий:

- стык должен находиться между второстепенными балками;
- стык должен находиться между поперечными ребрами жесткости.

После установления точного расположения стыка определяются значения изгибающего момента и поперечной силы, действующих в этом стыке

$$M_{st} = qx(l-x)/2; \quad Q_{st} = q(l/2-x).$$

Определяется значение изгибающего момента, воспринимаемое стенкой балки

$$\begin{aligned} M_w &= M_{st} J_{wn} / J_n, & \text{если } A_n < 0,85 A; \\ M_w &= M_{st} J_w / J, & \text{если } A_n \geq 0,85 A. \end{aligned}$$

Определяется максимальное сдвигающее усилие, действующее в поясах балки

$$N_f = (M_{st} - M_w) / (h_w + t_f)$$

Несущая способность одного высокопрочного болта определяется по формуле

$$Q_{bh} = R_{bh} \gamma_b A_{bn} \mu / \gamma_h,$$

где R_{bh} - расчетное сопротивления болта растяжению, определяется по формуле $R_{bh} = 0,7 R_{bun}$, где R_{bun} - определяется по табл. 61[1];

γ_b - коэффициент условия работы соединения, зависящий от ко-

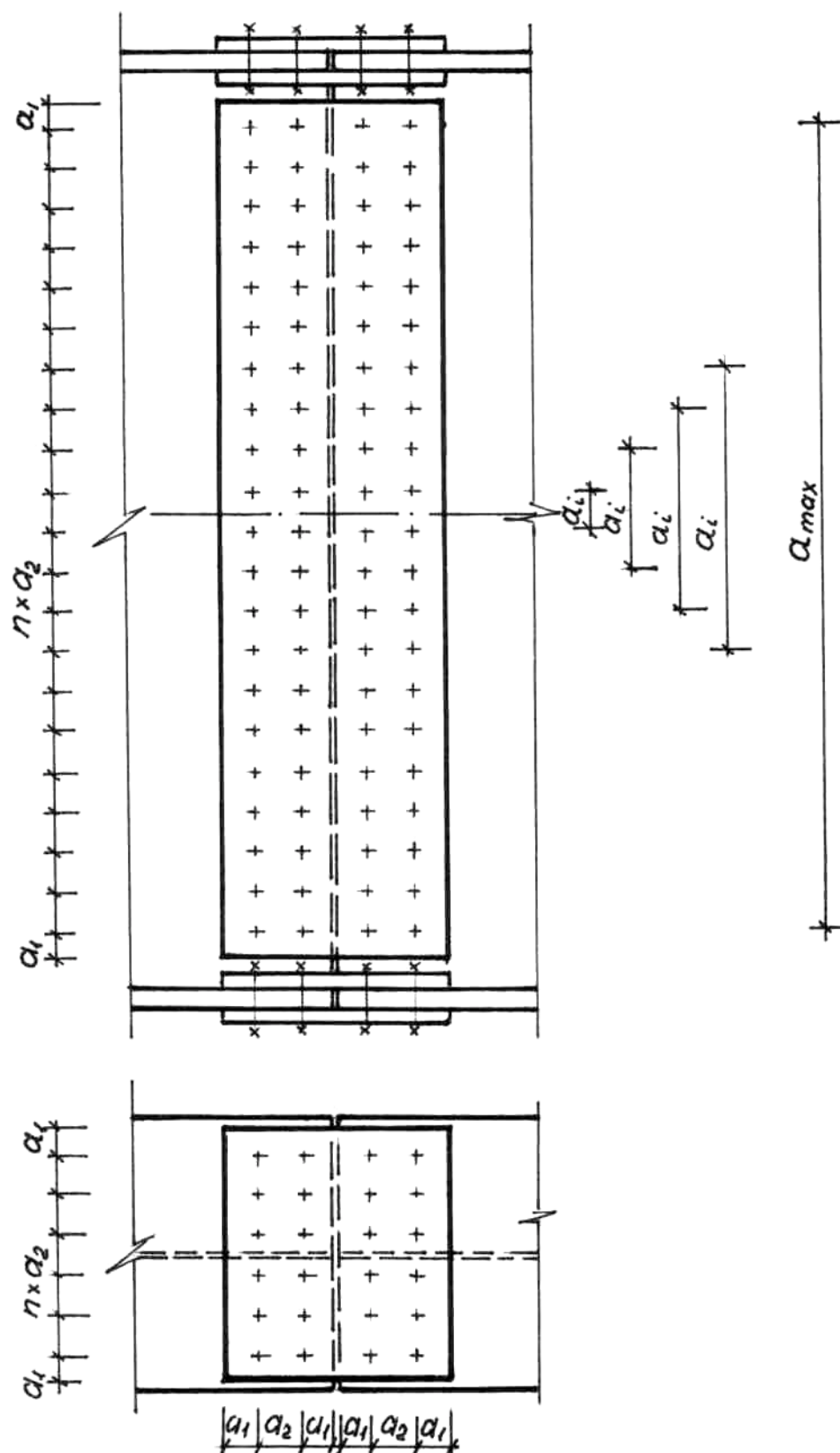


Рис. 3.3. Монтажный стык балки на высокопрочных болтах

личества болтов, воспринимающих расчетное усилие, и принимаемый равным:

$$\begin{aligned} &0,8 \quad \text{при } n < 5; \\ &0,9 \quad \text{при } 5 \leq n < 10; \\ &1,0 \quad \text{при } n \geq 10. \end{aligned}$$

A_{bn} - площадь сечения болта нетто, определяется по табл. 62[1]

μ - коэффициент трения, принимается по табл. 36[1];

γ_h - коэффициент надежности, принимается по табл. 36[1].

Определяется необходимое количество болтов в полунакладке поясов

$$n_{bf} = N_f / (2Q_{bh}\gamma_c)$$

Суммарное максимальное сдвигающее усилие в наиболее удаленных болтах определяется по формуле

$$F = \sqrt{F_M^2 + F_Q^2},$$

где $F_M^2 = M_w a_{i, \max} / (m \sum (a_i)^2)$ - максимальное сдвигающее усилие от изгибающего момента, действующее на каждый крайний болт;

$F_Q^2 = Q_{st} / n_{bw}$ - сдвигающее усилие от поперечной силы, действующее на каждый болт.

В этих формулах:

$a_{i, \max}$ - расстояние между крайними болтами;

m - число вертикальных рядов в полунакладке;

a_i - расстояние между осями парных болтов;

n_{bw} - количество болтов в одной полунакладке стенки.

Найденное сдвигающее усилие сравнивается с усилием, которое может выдержать один болт, то есть должно соблюдаться условие

$$F \leq 2Q_{bh}\gamma_c.$$

При соблюдении этого условия расчет заканчивается, в противном случае производится другое конструирование монтажного стыка.

3.9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТАЛЬНОЙ СОСТАВНОЙ ДВУТАВРОВОЙ БАЛКИ

Имеется стальная составная балка двутаврового сечения с следующими параметрами:

h_w - высота стенки балки; t_w - толщина стенки балки;
 b_f - ширина поясов балки; t_f - толщина поясов балки;
 l - пролет балки.

Кроме вышеперечисленных параметров имеется марка стали, из которой выполнена данная балка. Необходимо определить несущую способность этой балки.

По имеющимся геометрическим размерам сечения определяются следующие геометрические характеристики:

- момент инерции сечения

$$J = t_w h_w^3 / 12 + 2 b_f t_f (0,5 h_w + 0,5 t_f)^2;$$

- момент сопротивления сечения

$$W = J / (0,5 h_w + t_f);$$

- статический момент полусечения

$$S = t_w h_w^2 / 8 + 2 b_f t_f (0,5 h_w + 0,5 t_f).$$

Определяется отношение площади одного пояса к площади стенки балки (A_f/A_w). По этому отношению и табл. 66[1] определяется коэффициент, учитывающий развитие пластических деформаций. Несущая способность балки по изгибающему моменту равна

$$M = c \gamma_c R_y W,$$

где c - коэффициент учитывающий развитие пластических деформаций;

γ_c - коэффициент условия работы конструкции;

R_y - расчетное сопротивление стали по пределу текучести, определяется по табл. 51[1].

Максимальная равномерно распределенная нагрузки по изгибаемому моменту равна

$$q = 8M / l^2.$$

Определяется несущая способность по поперечной силе

$$Q = \gamma_c R_s J t_w / S,$$

где $R_s = 0,58 R_y$ - расчетное сопротивление стали сдвигу.

Максимальная равномерно распределенная нагрузка по поперечной силе равна

$$q = 2Q/l.$$

Приняв коэффициент надежности по нагрузке (γ_f) и модуль упругости первого рода (E), определяется максимальная равномерно распределенная нагрузка на балку по жесткости

$$q = (384 E J [f_u/l] / (5 l^3)) \gamma_f,$$

где $[f_u/l]$ - максимальный допустимый относительный прогиб, определяется по табл. 19[2].

Несущая способность балки равна равномерно распределенной нагрузке, наименьшей из найденных.

3.10. ПРИМЕР РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ СОСТАВНЫХ БАЛОК

3.10.1. ПРИМЕР ПОДБОРА СЕЧЕНИЯ БАЛКИ

Исходные данные:

1. Пролет составной балки $l = 12$ м.
2. Пролет опираемой балки $l_1 = 6$ м.
3. Временная нагрузка на перекрытие $P_n = 20$ кН/м².

Предварительно подсчитываем нормативную и расчетную нагрузки, которые, как правило, приводят к равномерным:

$$\begin{aligned} q_n &= 1,02 (P_n + g_n + g_1) l_1 = 1,02 (20 + 0,785 + 0,365) 6 = 129,4 \text{ кН/м;} \\ q &= 1,02 [P_n \gamma_f + (g_n + g_1) \gamma_{f2}] l_1 = \\ &= 1,02 [20 \cdot 1,2 + (0,785 + 0,365) 1,05] 6 = 154,3 \text{ кН/м,} \end{aligned}$$

где $P_n = 20$ кН/м² - временная нагрузка на перекрытие;

$\gamma_f = 1,2$ - коэффициент надежности по временной нагрузке, опре-

деляем по табл. 2[2];

$g_n=0,785 \text{ кН/м}^2$ - вес настила перекрытия при толщине 10 мм ;

$g_1=0,365 \text{ кН/м}^2$ - вес 1 п. м. опираемой двутавровой балки из
Т30 ГОСТ 8239-89 ;

$\gamma_{f2}=1,05$ - коэффициент надежности по постоянной нагрузке, определяем по табл. 1[2];

$l_1=6 \text{ м}$ - пролет опираемой балки.

Определяем максимальные значения изгибающего момента и поперечной силы от расчетных нагрузок:

$$M_{\max}=ql^2/8=154,3 \cdot 12^2/8=2777,4 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$Q_{\max}=ql/2=154,3 \cdot 12/2=925,8 \text{ кН},$$

где $l=12 \text{ м}$ - пролет составной балки.

Вычисляем требуемый момент сопротивления поперечного сечения

$$W_{tr,pl} \geq M_{\max}/(\gamma_c R_y) = 2777,4/(1,1 \cdot 230) = 10978 \text{ см}^3,$$

где $R_y=230 \text{ МПа}$ - по табл. 51[1] для марки стали ВСт3 пс 6-1;

$\gamma_c=1$ - коэффициент условия работы конструкции, принимаем по табл. 6[1].

Сечение балки принимаем двутавровое, состоящее из трех листов, которые соединены между собой сварными швами. Предварительно задаемся высотой балки $h=0,1l=0,1 \cdot 12=1,2 \text{ м}$. Задаемся толщиной стенки балки $t_w=8 \text{ мм}$.

Определяем минимальную высоту балки из условия жесткости

$$\begin{aligned} h_{\min} &\approx (5/24) (R_y l / E) [l/f] (q_n/q) = \\ &= (5/24) (230 \cdot 1200 / 206000) [225] (2329,2 / 2777,4) = 53 \text{ см}, \end{aligned}$$

где $[l/f]=225$ - обратная величина относительного прогиба, принимаем по табл. 19[2];

Определяем оптимальную высоту балки

$$h_{\text{opt}} = k \sqrt{W_{tr}/t_w} = 1,15 \sqrt{10978/0,8} = 135 \text{ см}.$$

С учетом дискретности сортамента на толстолистовую прокатную сталь по ГОСТ 19903-74* и обработке краев листа принимаем высоту

стенки балки $h_w=138$ см.

Определяем толщину стенки балки с учетом обеспечения местной устойчивости стенки

$$t_w=(h_w/6)\sqrt{R_y/E}=(138/6)\sqrt{230/206000}=0,79 \text{ см.}$$

Принимается конструкция опорного узла по рис. 3.16.

Определяем толщину стенки из условия обеспечения прочности по касательным напряжениям

$$t_w=1,2Q_{\max}/(h_w R_s r_c)=1,2 \cdot 925,8(10)/(138 \cdot 0,58 \cdot 230)=0,60 \text{ см,}$$

где $R_s=0,58R_y$ - расчетное сопротивление стали сдвигу.

Принимаем толщину стенки балки $t_w=8$ мм.

Приняв высоту и толщину стенки, переходим к компоновке поясов балки. Определяем требуемый момент инерции

$$J_{tr}=W_{tr}h/2=10978 \cdot 141,2/2=775047 \text{ см}^4,$$

где $h=h_w+2t_f=138+2 \cdot 1,6=141,2$ см, приняв $t_f=2t_w=2 \cdot 0,8=1,6$ см.

Момент инерции стенки балке равен

$$J_w=t_w h_w^3/12=0,8 \cdot 138^3/12=175205 \text{ см}^4.$$

Определяем момент инерции, приходящийся на пояса балки

$$J_f=J_{tr}-J_w=775047-175205=599842 \text{ см}^4.$$

Балку принимаем симметричного сечения. В этом случае требуемая площадь сечения одного пояса равна

$$A_{tr,f}=2J_f/h_f^2=2 \cdot 599842/139,6^2=62 \text{ см}^2,$$

где $h_f=h_w+t_f=138+1,6=139,6$ см - расстояние между центрами тяжести поясов.

Принимаем сечение поясов балки $b_f \times t_f=40 \times 1,6$ см.

Проверяем условия местной устойчивости сжатого пояса по

табл. 30С1]

$$b_{ef}/t_f < 0,11h_w/t_w, \quad 19,6/1,6 < 0,11 \cdot 138/0,8, \quad 12,25 < 19,975, \\ b_{ef}/t_f < 0,51/E7E7, \quad 19,6/1,6 < 0,51/206000/230, \quad 12,25 < 14,964,$$

и общей устойчивости балки по табл. 8Ш

$$\begin{aligned} k_{hf}/b_f < 6, & & 15 < b_f/t_f < 35, \\ 1 < 139,6/40 < 6, & & 15 < 40/1,6 < 35, \\ 1 < 3,49 < 6, & & 15 < 25 < 35, \end{aligned}$$

где $b_{ef} = b_f/2 - t_w/2 = 40/2 - 0,8/2 = 19,6$ см - расчетная ширина свеса пояса.

3.10.2. ПРИМЕР ПРОВЕРКИ ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ БАЛКИ

Поскольку подбор сечения производили по приближенным формулам, без учета собственного веса балки, не точным значениям расчетного сопротивления, необходима проверка прочности и жесткости балки.

По принятым размерам сечения балки вычисляем фактические геометрические характеристики этого сечения:

- площадь всего сечения

$$A = h_w t_w + 2b_f t_f = 138 \cdot 0,8 + 2 \cdot 40 \cdot 1,6 = 238,4 \text{ см}^2;$$

- площадь стенки балки

$$A_w = h_w t_w = 138 \cdot 0,8 = 110,4 \text{ см}^2;$$

- площадь одного пояса балки

$$A_f = b_f t_f = 40 \cdot 1,6 = 64 \text{ см}^2;$$

- статический момент полусечения

$$S = b_f t_f (0,5h_w + 0,5t_f) + t_w h_w^2/8 = 40 \cdot 1,6 (0,5 \cdot 138 + 0,5 \cdot 1,6) + 0,8 \cdot 138^2/8 = 6371,6 \text{ см}^3;$$

- момент инерции сечения

$$J = t_w h_w^3 / 12 + 2 b_f t_f (0,5 h_w + 0,5 t_f)^2 = \\ = 0,8 \cdot 138^3 / 12 + 2 \cdot 40 \cdot 1,6 (0,5 \cdot 138 + 0,5 \cdot 1,6)^2 = 798826 \text{ см}^4.$$

По вычисленной площади сечения определяем вес балки с учетом веса поперечных ребер жесткости.

В расчетной погонной нагрузке учитывался следующий вес балки

$$G = 154,3 - 154,3 \cdot 1,02 = 3,0 \text{ кН/м.}$$

Фактическая расчетная погонная нагрузка от веса балки равна

$$G_{\Phi} = 238,4 \cdot 0,00785 = 1,871 \text{ кН/м.}$$

С учетом веса поперечных ребер жесткости, монтажных крепежных элементов и коэффициента надежности по нагрузке фактическая расчетная погонная нагрузка от веса балки равна $G_{\Phi} = G$. В связи с этим уточнять расчетные усилия M_{\max} , Q_{\max} не надо.

Проверяем нормальные напряжения по формуле

$$\sigma = M_{\max} / (c_1 W) \leq R_y \gamma_c = 2777400 / (1,11 \cdot 11315) = \\ = 221,1 \text{ МПа} \leq 230 \text{ МПа} (+3,87\%),$$

где $c_1 = c = 1,11$ - коэффициент, учитывающий развитие пластический деформаций, принимаем по табл. 66[1].

Проверяем касательные напряжения по формуле

$$\tau = Q_{\max} S / (J t_w) \leq R_s \gamma_c = 925,8 \cdot 6371,6 / (798826 \cdot 0,8) = \\ = 92,3 \text{ МПа} \leq 139,2 \text{ МПа} (+33,7\%).$$

Если к верхнему поясу приложена сосредоточенная нагрузка, то стенку проверяем на местное напряжение:

$$\sigma_{\text{loc}} = 1,1 F / (t_w l_{\text{ef}}) \leq R_y \gamma_c = 1,1 \cdot 148,8(10) / (0,8 \cdot 16,7) = \\ = 135,6 \text{ МПа} \leq 240 \text{ МПа,}$$

где $F=148,8$ кН - расчетная сосредоточенная нагрузка от опираемых балок;

$l_{ef}=b+2t_f=13,5+2\cdot 1,6=16,7$ см - условная длина распределения нагрузки на составную балку;

$b=13,5$ см - ширина пояса вышележащей балки.

Определяем относительный прогиб

$$f=5q_n l^4 / (384JE) \leq f_u,$$

$$f=5 \cdot 129,4(10) \cdot 1200^4 / (384 \cdot 798826 \cdot 206000) = 2,124 \text{ см} \leq 5,533 \text{ см},$$

где $f_u=1200/\sqrt{217}=5,533$ см - предельный относительный прогиб балки, определяем по табл. 19[2].

3.10.3. ПРИМЕР ПРОВЕРКИ ОБЩЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ БАЛКИ

Проверка общей устойчивости не требуется, если выполняются условия табл. 8[1]:

$$l_{ef}/b_f \leq [0,35 + 0,0032b_f/t_f + (0,76 - 0,02b_f/t_f)b_f/h_f] \sqrt{E/R_y},$$

$$86,5/40 \leq [0,35 + 0,0032 \cdot 40/1,6 + (0,76 - 0,02 \cdot 40/1,6)40/139,6] \sqrt{20600/23},$$

$$2,16 \leq 15,1\delta,$$

где $l_{ef}=100-13,5=86,5$ см. - расчетная длина балки, равная расстоянию между точками закрепления сжатого пояса.

$\delta=[1-0,7(c_1-1)/(c-1)]=[1-0,7(1,055-1)/(1,11-1)]=0,65$. - коэффициент, учитывающий развитие пластических деформаций.

3.10.4. ПРИМЕР ПРОВЕРКИ МЕСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ БАЛКИ

Местная устойчивость сжатого пояса балки обеспечена, так как выполнены условия табл. 30[1] (см. выше).

Для проверки местной устойчивости стенки балки определяем условную гибкость стенки

$$\bar{\lambda}_w=(h_w/t_w)\sqrt{R_y/E}=(138/0,8)\sqrt{230/206000}=5,76.$$

Так как $\bar{\lambda}_w > 3,2$, то необходимы поперечные ребра жесткости, расстояние между которыми принимаем равное шагу вышележащих балок, то есть $a = 100$ см.

Так как $\bar{\lambda}_w > 2,5$, то необходима проверка местной устойчивости стенки балки. Проверка местной устойчивости стенки производим в опорном и среднем отсеках. Для каждого отсека определяем средние значения момента (M) и поперечной силы (Q) в пределах отсека.

Крайний отсек (сечение при $x = 0,575$ м, т. к. ось опорного ребро отступает от оси пролета балки на 150 мм.) (см. рис. 3.4).

$$M_1 = qx(l-x)/2 = 154,3 \cdot 0,575(12-0,575)/2 = 507 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$Q_1 = q(l/2-x) = 154,3(12/2-0,575) = 837 \text{ кН}.$$

Средний отсек (сечение при $x = 5,50$ м) (см. рис. 3.4).

$$M_2 = qx(l-x)/2 = 154,3 \cdot 5,50(12-5,50)/2 = 2758 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$Q_2 = q(l/2-x) = 154,3(12/2-5,50) = 77 \text{ кН}.$$

Для каждого отсека определяем средние значения, обозначая индексом "1" опорный отсек, а индексом "2" средний отсек:

- нормальные напряжения сжатия

$$\sigma_1 = M_1 h_w / (W_h) = 507 \cdot 138(1000) / (11315 \cdot 141,2) = 43,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_2 = M_2 h_w / (W_h) = 2758 \cdot 138(1000) / (11315 \cdot 141,2) = 238,2 \text{ МПа};$$

- касательные напряжения

$$\tau_1 = Q_1 / (h_w t_w) = 837(10) / (138 \cdot 0,8) = 75,8 \text{ МПа};$$

$$\tau_2 = Q_2 / (h_w t_w) = 77(10) / (138 \cdot 0,8) = 7,0 \text{ МПа};$$

- местные нормальные напряжения

$$\sigma_{loc} = 135,6 \text{ МПа (см. выше).}$$

При опирании вышележащих балок на промежуточные поперечные ребра, местные напряжения в стенке балки отсутствуют.

Определяем значение коэффициента

$$\delta = (\beta b_f / h_w) (t_f / t_w)^3 = (0,8 \cdot 40 / 138) (1,6 / 0,8)^3 = 1,85,$$

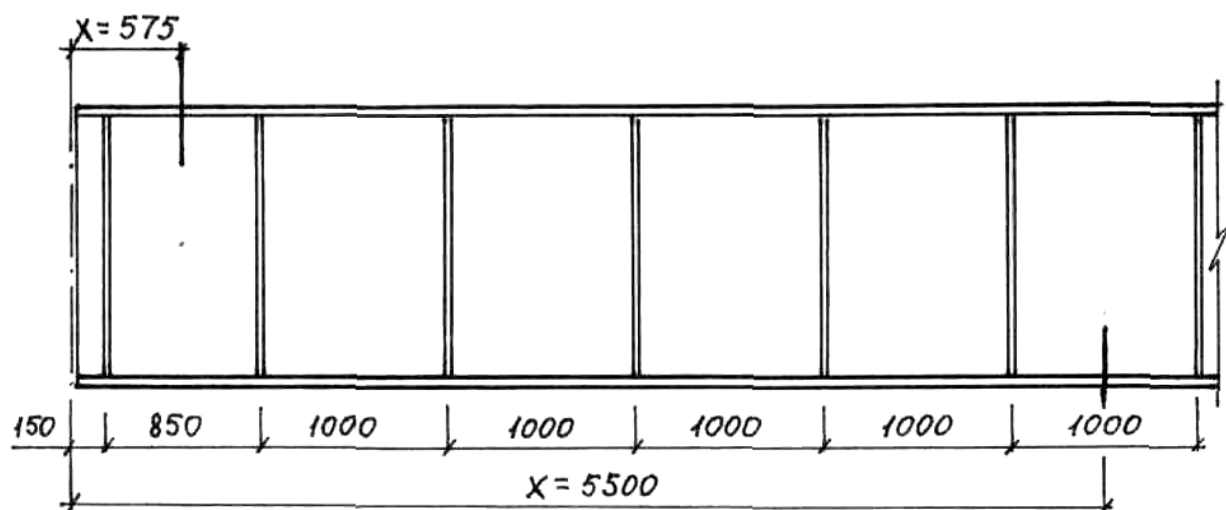


Рис. 3.4. Схема балки при расчете на местную устойчивость

где $\beta=0,8$ - коэффициент, учитывающий условия работы сжатого пояса балки, находим по табл. 22[1].

В нашем примере в обоих отсеках $a/h_w < 0,8$.

Определяем критические напряжения:

- критические нормальные напряжения равны:

$$\sigma_{cr} = c_{cr} R_y / \bar{\lambda}_w^2 = 33,1 \cdot 230 / 5,76^2 = 239,5 \text{ МПа};$$

где $c_{cr}=33,1$ - коэффициент, учитывающий размеры отсека, который определяем по табл. 21[1];

- критические местные нормальные напряжения определять не надо, так как местные напряжения отсутствуют;
- критические касательные напряжения равны

$$\begin{aligned} \tau_{1,cr} &= 10,3(1+0,76/\mu_1^2) R_s / \bar{\lambda}_{1,ef}^2 = \\ &= 10,3(1+0,76/1,62^2) 133,4 / 3,55^2 = 140,6 \text{ МПа}; \\ \tau_{2,cr} &= 10,3(1+0,76/\mu_2^2) R_s / \bar{\lambda}_{2,ef}^2 = \\ &= 10,3(1+0,76/1,38^2) 133,4 / 4,18^2 = 110,0 \text{ МПа}, \end{aligned}$$

где $\mu_1=138/85=1,62$, $\mu_2=138/100=1,38$ - отношение большей стороны отсека к меньшей (d),

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_{1,ef} &= (d/t_w) \sqrt{R_y/E} = (85/0,8) \sqrt{230/206000} = 3,55; \\ \bar{\lambda}_{2,ef} &= (d/t_w) \sqrt{R_y/E} = (100/0,8) \sqrt{230/206000} = 4,18. \end{aligned}$$

После определенных фактических и критических напряжений проверяем местную устойчивость стенки балки по формуле:

$$\begin{aligned} \sqrt{(\sigma_1/\sigma_{cr})^2 + (\tau_1/\tau_{1,cr})^2} &\leq \gamma_c; \\ \sqrt{(43,7/229,5)^2 + (75,8/140,6)^2} &\leq 1,0; \\ 0,327 &< 1,0; \\ \sqrt{(\sigma_2/\sigma_{cr})^2 + (\tau_2/\tau_{2,cr})^2} &\leq \gamma_c; \\ \sqrt{(238,2/239,5)^2 + (7,0/110,0)^2} &\leq 1,0; \\ 0,993 &< 1,0. \end{aligned}$$

Условия соблюдаются, местная устойчивость стенки обеспечена.

3.10.5. ПРИМЕР РАСЧЕТА СВАРНЫХ ШВОВ, СОЕДИНЯЮЩИХ ПОЯСА БАЛКИ СО СТЕНКОЙ

При изгибе пояса составных балок стремятся сдвинуться относительно стенки. Силу сдвига воспринимают непрерывные угловые швы, вследствие чего в них возникают касательные напряжения.

Для марки стали ВСтЗ пс 6-1 из табл. 55[1] подбираем электроды типа Э41А по ГОСТ 9467-75. Из табл. 56[1] выписываем величину расчетного сопротивления углового шва срезу $R_{wf}=180$ МПа. Принимаем автоматическую сварку этих швов при положении шва "в лодочку". Из табл. 34[1] выписываем коэффициенты провара $\beta_f=0,9$ и $\beta_z=1,05$. Коэффициенты условия работы сварных швов $\gamma_{wf}=1$ и $\gamma_{wz}=1$ определяем по п. 11.2[1]. Затем определяем расчетное сопротивление угловых швов срезу по металлу границы сплавления

$$R_{wz}=0,45R_{un}=0,45 \cdot 370=166,5 \text{ МПа.}$$

Определяем величины катета шва:

- по металлу шва

$$\begin{aligned} k_f &= (\sqrt{T^2 + V^2}) / (2\beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c) = \\ &= (\sqrt{51,8^2 + 94,1^2}) / (2 \cdot 0,9 \cdot 180 \cdot 1 \cdot 1) = 0,33 \text{ см;} \end{aligned}$$

- по металлу границы сплавления

$$k_z = (\sqrt{T^2 + V^2}) / (2\beta_z R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c) =$$

$$=(\sqrt{51,8^2+94,1^2})/(2 \cdot 1,05 \cdot 166,5 \cdot 1 \cdot 1)=0,31 \text{ см.}$$

В формулах:

$$T=QS_f/J=925,8 \cdot 4467(10)/798826=51,8 \text{ МПа;}$$

$$V=1,1F/l_{ef}=1,1 \cdot 148,8(10)/16,7=94,1 \text{ МПа;}$$

$$S_f=b_f t_f (h_w/2+t_f/2)=40 \cdot 1,6(138/2+1,6/2)=4467 \text{ см}^3.$$

Найденные значения катетов сварного шва сравниваем с минимальным значением катета шва $k_{min}=5 \text{ мм}$, принятом по табл. 38[1]. Окончательно принимаем катет шва 5 мм.

3.10.6. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОПЕРЕЧНЫХ РЕБЕР ЖЕСТКОСТИ И ОПОРНОГО УЗЛА

Размеры промежуточных ребер жесткости определяем по формулам:

- ширина ребра

$$b_h \geq h_w/30+40(\text{мм})=1380/30+40=86 \text{ мм.}$$

Принимаем $b_h=90 \text{ мм}$;

- толщина ребра

$$t_s \geq 2b_h \sqrt{R_y/E}=2 \cdot 90 \sqrt{230/206000}=6,0 \text{ мм.}$$

Принимаем $t_s=6 \text{ мм}$.

Промежуточные ребра жесткости привариваем сварными швами с учетом требования табл. 38 [1]. Принято $k_f=5 \text{ мм}$.

Принимаем опорный узел по варианту рис. 3.16.

Для этого варианта принимаем два опорных ребра $180 \times 10 \text{ мм}$ и определяем длину стенки, привлеченной к работе

$$s=0,65t_w \sqrt{E/R_y}=0,65 \cdot 0,8 \sqrt{206000/230}=15,5 \text{ см.}$$

Площадь сечения опорного ребра равняется:

$$A_r=(14+15,5)0,8+36,8 \cdot 1=59,7 \text{ см}^2.$$

Проверяем напряжение сжатия

$$\sigma = Q / (\varphi A_r) \leq \gamma_c R_y = 925,8(10) / (0,97 \cdot 59,7) = 159,9 \text{ МПа},$$

где $\varphi = 0,97$ - коэффициент продольного изгиба, определяем по табл. 72[1], в зависимости от гибкости ребра

$$\lambda_x = h_w / i_r = 138 / 8,34 = 16,5,$$

где i_r - радиус инерции ребра

$$i_r = \sqrt{J_r / A_r} = \sqrt{4153 / 59,7} = 8,34 \text{ см};$$

J_r - момент инерции ребра

$$J_r = t_r b_r^3 / 12 = 1 \cdot 36,8^3 / 12 = 4153,0 \text{ см}^4,$$

Производим расчет сварного шва, соединяющего опорные ребра со стенкой балки

$$k_f \geq Q / (n R_{wf} \beta_f \gamma_{wf} \gamma_{ch} h_w) = 925,8(10) / (4 \cdot 180 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 138) = 0,13 \text{ см},$$

где $n=4$ - число сварных швов, воспринимающих опорную реакцию.

Окончательно принимаем $k_f = 5 \text{ мм}$ с учетом табл. 38[1].

3.10.7. ПРИМЕР РАСЧЕТА УЗЛА СОПРЯЖЕНИЯ БАЛОК

Сопряжении балок в одном уровне производим на болтах через промежуточные ребра жесткости (см. рис. 3.2а).

Назначаем класс точности В (нормальный) и класс прочности болтов 6.6. По табл. 58[1] принимаем расчетное сопротивление болтов срезу $R_{bs} = 230 \text{ МПа}$. По табл. 59[1] принимаем расчетное сопротивление смятию элементов, соединяемых болтами $R_{bp} = 450 \text{ МПа}$. Коэффициент условия работы болтового соединения $\gamma_b = 0,9$ принимаем по табл. 35[1].

Предварительно задаемся диаметром болтов $d_b = 16 \text{ мм}$ и диаметром отверстий для них $d = 18 \text{ мм}$. Определяем несущую способность одного болта срезу

$$N_{bs}=R_{bs}\gamma_b A n_s=23\cdot 0,9\cdot 2,01\cdot 1=41,6 \text{ кН},$$

и смятию соединяемых элементов под одним болтом

$$N_{bp}=R_{bp}\gamma_b t_{\min} d_b=45\cdot 0,9\cdot 0,6\cdot 1,6=38,9 \text{ кН},$$

где $A=2,01 \text{ см}^2$ - площадь сечения болта брутто;

$n_s=1$ - число плоскостей среза болта;

$t_{\min}=0,6 \text{ см}$ - меньшая толщина двух соединяемых элементов.

Опорная реакция распространяется на болты равномерно. Однако необходимо учитывать увеличение усилий в крайних болтах за счет их частичного защемления. Итак, усилие, воспринимаемое болтом, равно

$$F_b=1,2R_{оп}=1,2\cdot 74,4=89,3 \text{ кН},$$

где $R_{оп}=74,4 \text{ кН}$ - реакция опоры примыкающей балки.

Определяем число болтов в соединении

$$n_b=F_b/[N_{b,\min}]=89,3/38,9=2,3 \text{ шт.}$$

Принимаем три болта.

Проверяем ослабленное отверстиями сечение стенки опираемой балки на действие поперечной силы. Сначала определяем площадь сечения стенки

$$A_s=(h_w-n_b d)t_w=(26-3\cdot 1,8)0,65=13,39 \text{ см}^2,$$

где h_w - высота стенки опираемой балки;

n_b - число болтов;

d - диаметр отверстий под болты;

t_w - толщина стенки опираемой балки.

Проверяем касательные напряжения, возникающие в стенке опираемой балки

$$\tau=R_{оп}/A_s=74,4(10)/13,39=55,6 \text{ МПа} \leq \gamma_c R_s.$$

Если условие соблюдается, расчет заканчивается. В противном случае необходимо уменьшить диаметры болтов и соответственно диаметры отверстий под эти болты.

3.11. ПРИМЕР РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ МОНТАЖНОГО СТЫКА БАЛКИ

Необходимо выполнить монтажный стык балки между поперечными ребрами жесткости на расстоянии 2,5 м от опоры. Принимаем диаметр болтов 20 мм, диаметр отверстий 22 мм. Толщину накладок для стенки принимаем равной 6 мм, а толщину накладок для поясов балки — 10 мм. Конструирование стыка балки производим с учетом требований п. 12.18 и п. 12.19[1]. Размещаем отверстия в стыке с учетом указаний табл.39[1]. Принимаем расстояние от края соединяемых листов до центра отверстий 40 мм, а расстояние между центрами отверстий 60 мм. Проверяем условия:

$$\begin{aligned}1,3d &\leq a_1 \leq 4d \text{ (или } 8t); \\ 28,1 \text{ мм} &\leq 40 \text{ мм} \leq 88 \text{ мм (48 мм или 80 мм);} \\ 2,5d &\leq a_2 \leq 8d \text{ (или } 12t); \\ 55 \text{ мм} &\leq 60 \text{ мм} \leq 176 \text{ мм (72 мм или 120 мм),}\end{aligned}$$

где $t=6$ мм — меньшая толщина соединяемых накладок стенок;
 $t=10$ мм — меньшая толщина соединяемых накладок поясов;
 $d=22$ мм — диаметр отверстия под болты.

Конструкция монтажного соединения приведена на рис. 3.3.

Определяем площадь ослабленного сечения балки отверстиями под болты

$$A_n = 2 \cdot 1,6 \cdot 40 + 0,8 \cdot 138 - 12 \cdot 2,2 \cdot 1,6 - 22 \cdot 2,2 \cdot 0,8 = 157,44 \text{ см}^2,$$

и площадь полного сечения

$$A = 2 \cdot 1,6 \cdot 40 + 0,8 \cdot 138 = 238,4 \text{ см}^2.$$

Так как $A_n \leq 0,85A$, то проверку прочности производим по условному сечению $A_c = 1,18A_n = 1,18 \cdot 157,44 = 185,8 \text{ см}^2$. Определяем момент инерции всего сечения нетто

$$\begin{aligned}J_n &= 798826 - (12 \cdot 2,2 \cdot 1,6 \cdot 69,8^2) - \\ &- 2 \cdot 2,2 \cdot 0,8 (3^2 + 9^2 + 15^2 + 21^2 + 27^2 + 33^2 + 39^2 + 45^2 + 51^2 + 57^2 + 63^2) = 536926 \text{ см}^4;\end{aligned}$$

момент инерции стенки балки нетто

$$J_{wn} = 0,8 \cdot 138^3 / 12 - 2 \cdot 2,2 \cdot 0,8 (3^2 + 9^2 + 15^2 + 21^2 + 27^2 + 33^2 + 39^2 + 45^2 + 51^2 + 57^2 + 63^2) = 119100 \text{ см}^4.$$

Определяем момент сопротивления балки нетто

$$W_n = 536926 / 70,6 = 7605 \text{ см}^3.$$

и условный момент сопротивления балки

$$W_c = 1,18 W_n = 1,18 \cdot 7605 = 8974 \text{ см}^3.$$

Предельное значение изгибающего момента в месте стыка по условию прочности определяем по формуле

$$[M_{st}] = W_c R_y \gamma_c = 8974 \cdot 23 = 206402 \text{ кН} \cdot \text{см}.$$

Определяем значения изгибающего момента и поперечной силы, действующих в стыке при $x = 2,5 \text{ м}$.

$$M_{st} = qx(l-x)/2 = 154,3 \cdot 2,5(12-2,5)/2 = 1832,31 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$Q_{st} = q(l/2-x) = 154,3 \cdot (6-2,5) = 540 \text{ кН}.$$

Определяем значение изгибающего момента, воспринимаемое стеной балки

$$M_w = M_{st} J_{wn} / J_n = 183231 \cdot 119100 / 536926 = 40644 \text{ кН} \cdot \text{см}.$$

Определяем максимальное сдвигающее усилие, действующее в поясах балки

$$N_f = (M_{st} - M_w) / (h_w + t_f) = (183231 - 40644) / 139,6 = 1312,5 \text{ кН}.$$

Несущая способность одного высокопрочного болта определяем по формуле

$$Q_{bh} = R_{bh} \gamma_b A_{bn} \mu / \gamma_h = 77 \cdot 1 \cdot 2,45 \cdot 0,58 / 1,35 = 81,05 \text{ кН},$$

где R_{bh} - расчетное сопротивления болта растяжению, определяем по формуле $R_{bh} = 0,7 R_{bun} = 0,7 \cdot 110 = 77 \text{ кН/см}^2$, где $R_{bun} = 110 \text{ кН/см}^2$ - определяем по табл. 61[1]

для марки стали болтов 40Х"селект";

$\gamma_b=1$ - коэффициент условия работы соединения, определяем по п. 11.13[1].

$A_{bn}=2,45 \text{ см}^2$ - площадь сечения болта нетто, определяем по табл.62[1];

$\mu=0,58$ - коэффициент трения, принимаем по табл. 36[1], при дробеметном способе обработки соединяемых поверхностей без консервации;

$\gamma_h=1,35$ - коэффициент надежности, принимаем по табл. 36[1].

Определяем необходимое количество болтов в полунакладке поясов

$$n_{bf}=N_f/(2Q_{bh}\gamma_c)=1312,5/(2\cdot 81,05)=8,1 \text{ шт.}$$

Принимаем 12 болтов.

Суммарное максимальное сдвигающее усилие в наиболее удаленных болтах определяется по формуле

$$F=\sqrt{F_M^2+F_Q^2}=\sqrt{44,4^2+24,5^2}=50,7 \text{ кН,}$$

где $F_M=M_w a_{i,\max}/(m \sum (a_i)^2)=$
 $=40644 \cdot 126/(2(6^2+18^2+30^2+42^2+54^2+66^2+78^2+90^2+102^2+114^2+126^2))=$
 $=44,4 \text{ кН}$ - максимальное сдвигающее усилие от изгибающего момента, действующее на каждый крайний болт;

$F_Q=Q_{st}/n_{bw}=540/22=24,5 \text{ кН}$ - сдвигающее усилие от поперечной силы, действующее на каждый болт.

В этих формулах:

$a_{i,\max}=126 \text{ см}$ - расстояние между крайними болтами;

$m=2$ - число вертикальных рядов в полунакладке;

a_i - расстояние между осями парных болтов;

$n_{bw}=22 \text{ шт.}$ - количество болтов в одной полунакладке стенки.

Найденное сдвигающее усилие меньше усилия, которое может выдержать один болт. На этом расчет заканчивается.

3.12. ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТАЛЬНОЙ СОСТАВНОЙ ДВУТАВРОВОЙ БАЛКИ

Имеется стальная составная балка двутаврового сечения с следующими параметрами:

$$l_{x,ef} = \mu l_x; \quad l_{y,ef} = \mu l_y,$$

где μ - коэффициент приведенной длины, зависящий от расчетной схемы колонны.

Предварительно задаются коэффициентом продольного изгиба φ , и определяется требуемая площадь сечения колонны

$$A_{tr} = N / (\varphi \gamma_c R_y),$$

где γ_c - коэффициент условия работы конструкции, который определяется по табл. 6[1];

R_y - расчетное сопротивление стали по пределу текучести, определяется по табл. 51[1].

Определяются требуемые радиусы инерции сечения колонны:

$$i_{tr,x} = l_{x,ef} / \lambda; \quad i_{tr,y} = l_{y,ef} / \lambda,$$

где λ - гибкость стержня колонны, определяется по табл. 72[1] в зависимости от принятому значению коэффициента φ .

По требуемым площади и радиусам инерции komponуют колонну сплошного сечения. Компоновку необходимо производить из условия равноустойчивости стержня колонны.

Для подобранного сечения колонны определяются фактические геометрические характеристики сечения:

A - площадь сечения;

J_x, J_y - моменты инерции сечения;

i_x, i_y - радиусы инерции сечения;

$$i_x = \sqrt{J_x / A}; \quad i_y = \sqrt{J_y / A};$$

λ_x, λ_y - гибкости стержня колонны;

$$\lambda_x = l_{x,ef} / i_x; \quad \lambda_y = l_{y,ef} / i_y.$$

Найденные гибкости не должны превышать предельных значений, которые определяются по табл. 19[1]. По наибольшей гибкости с помощью табл. 72[1] находят коэффициент φ . Окончательно подобранное сечение проверяют на устойчивость по формуле $\sigma = N / (\varphi A) \leq \gamma_c R_y$.

4.2. ПРОВЕРКА МЕСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Если сечение компоновалось из одного или нескольких прокатных профилей, то местная устойчивость элементов профиля не производится, так как она обеспечена теорией сортамента. Если же сечение колонны принималась из листовой стали, то необходима проверки местной устойчивости элементов сечения.

Определяется условная гибкость стержня колонны по формуле

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y / E},$$

где λ - максимальное значение гибкости, принятое в расчете колонны на устойчивость.

Достаточно тонкая стенка может выпучиться, поэтому для обеспечения ее устойчивости должны выполняться следующие условия:

- если сечение колонны двутавровое и $\bar{\lambda} < 2,0$

$$h_{ef}/t_w \leq (1,3 + 0,15\bar{\lambda}^2) \sqrt{E/R_y};$$

- если сечение колонны двутавровое и $\bar{\lambda} \geq 2,0$

$$h_{ef}/t_w \leq (1,2 + 0,35\bar{\lambda}) \sqrt{E/R_y} \leq 2,3 \sqrt{E/R_y};$$

- если сечение колонны коробчатое и $\bar{\lambda} < 1,0$

$$h_{ef}/t_w \leq 1,2 \sqrt{E/R_y};$$

- если сечение колонны коробчатое и $\bar{\lambda} \geq 1,0$

$$h_{ef}/t_w \leq (1,0 + 0,2\bar{\lambda}) \sqrt{E/R_y} \leq 1,6 \sqrt{E/R_y};$$

- если сечение колонны швеллерное и $\bar{\lambda} < 0,8$

$$h_{ef}/t_w \leq 1,0 \sqrt{E/R_y};$$

ся на устойчивость относительно материальной оси. Найденная гибкость λ_x не должны превышать предельных значений, которые определяются по табл. 19[1]. По этой гибкости с помощью табл. 72[1] находят коэффициент φ и проверяют на устойчивость колонну по формуле

$$\sigma_x = N / \varphi A < \gamma_c R_y$$

При расчете же относительно свободной оси определяется приведенная гибкость, учитывающая податливость соединительной решетки. Приведенная гибкость стержня с планками в двух плоскостях при $J_S l / (J_B b) > 5$ определяется по формуле

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2}.$$

Приведенная гибкость стержня с планками в четырех плоскостях при $J_S l / (J_B b) > 5$ определяется по формуле

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_1^2 + \lambda_2^2}.$$

Приведенная гибкость стержня с решеткой в двух плоскостях определяется по формуле

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + \alpha_1 A / A_{d1}}.$$

Приведенная гибкость стержня с решеткой в четырех плоскостях определяется по формуле

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda^2 + A(\alpha_1 / A_{d1} + \alpha_2 / A_{d2})}.$$

Приведенная гибкость стержня с планками при $J_S l / (J_B b) < 5$ определяется по формулам табл. 7[1].

Обозначения, принятые в вышеприведенных формулах:

J_S - момент инерции одной пластины относительно собственной оси;

l - расстояние между осями пластин;

J_B - момент инерции ветви относительно собственной оси;

b - расстояние между осями ветвей;

λ - наибольшая гибкость всего стержня;

λ_1, λ_2 - гибкости отдельных ветвей на участке между планками;

A - площадь сечения всего стержня;

A_{d1}, A_{d2} - площади сечений раскосов решеток, находящихся с одной стороны;

α_1, α_2 - коэффициенты, определяемые по формуле

$$\alpha = 10a^3 / (b^2 l),$$

где a, b, l - размеры, определяемые по рис. 2[1].

Приведенная гибкость колонны должна приблизительно равняться гибкости относительно материальной оси. Если это условие не выполняется, то необходимо изменить расстояние между ветвями колонны. После уточнения приведенной гибкости колонны по табл. 72[1] определяется φ и проверяется напряжение

$$\sigma_y = N / \varphi A < \gamma_c R_y.$$

Расчет на местную устойчивость элементов ветвей колонны выполняют аналогично изложенному выше.

4.4. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ПЛАНОВ

Соединительные планки рассчитываются на поперечную силу, которая может возникнуть от искривления при продольном изгибе. Условная поперечная сила определяется по формуле

$$Q_{fic} = 7.15 \cdot 10^{-6} (2330 - E/R_y) N / \varphi,$$

где $\varphi = \varphi_y$ - коэффициент продольного изгиба в плоскости соединительных планок.

Определяются изгибающий момент и поперечная сила в местах прикрепления планок к ветвям колонны:

$$M_s = Q_s l / 2; \quad F_s = Q_s l / b,$$

где $Q_s = Q_{fic} / 2$ - условная поперечная сила, приходящаяся на планку одной грани колонны.

Поскольку формулы приведенной гибкости основаны на предположении о наличии жестких планок, их ширину принимают достаточно большой: $a_s = (0,5 - 0,75)b$, где b - ширина сечения колонны. Толщина

- если сечение колонны швеллерное и $\bar{\lambda} > 0,8$

$$h_{ef}/t_w \leq (0,85 + 0,19\bar{\lambda})\sqrt{E/R_y} \leq 1,6\sqrt{E/R_y},$$

где h_{ef} - расчетная высота стенки;

t_w - толщина стенки.

При назначении сечения по предельной гибкости, а также при соответствующем обосновании расчетом наибольшие значения h_{ef}/t_w следует умножать на коэффициент $\sqrt{R_y\phi/6}$, но не более 1,25.

Местная устойчивость поясов колонны обеспечена, если выполняются следующие условия:

- если сечение колонны двутавровое и $0,8 < \bar{\lambda} \leq 4,0$

$$b_{ef}/t_f \leq (0,36 + 0,10\bar{\lambda})\sqrt{E/R_y};$$

где b_{ef} - расчетная ширина свеса поясных листов, которую необходимо принимать расстоянию от грани стенки до края поясных листов;

t_f - толщина поясных листов.

- для двутавровых сечений при значениях $\bar{\lambda} < 0,8$ или $\bar{\lambda} > 4,0$ в вышеприведенной формуле следует принимать значения соответственно $\bar{\lambda} = 0,8$ или $\bar{\lambda} = 4,0$;
- в коробчатом сечении наибольшее отношение расчетной ширины пояса к толщине следует принимать, как для стенок коробчатого сечения.

При назначении сечения по предельной гибкости, а также при соответствующем обосновании расчетом наибольшие значения b_{ef}/t_f следует умножать на коэффициент $\sqrt{R_y\phi/6}$, но не более 1,25.

Сварные швы, соединения стенки колонны с ее поясами принимаются из конструктивных соображений по требованию табл. 38[1].

4.3. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТОЙ КОЛОННЫ СКВОЗНОГО СЕЧЕНИЯ

Расчет начинается с установки расчетной схемы колонны в зависимости от предполагаемой конструкции базы и оголовка колонны и определения расчетной сжимающей силы (N). Определяются геометри-

ческие длины колонны (l_x, l_y), а затем их расчетные значения:

$$l_{x,ef} = \mu l_x; \quad l_{y,ef} = \mu l_y,$$

где μ - коэффициент приведенной длины, зависящий от расчетной схемы колонны.

Предварительно задаются коэффициентом продольного изгиба φ , и определяется требуемая площадь сечения колонны

$$A_{tr} = N / (\varphi \gamma_c R_y),$$

где γ_c - коэффициент условия работы конструкции, который определяется по табл. 6[1];

R_y - расчетное сопротивление стали по пределу текучести, определяется по табл. 51[1].

Определяются требуемые радиусы инерции сечения колонны:

$$i_{tr,x} = l_{x,ef} / \lambda; \quad i_{tr,y} = l_{y,ef} / \lambda,$$

где λ - гибкость стержня колонны, определяется по табл. 72[1] в зависимости от принятого значения коэффициента φ .

По требуемым площади и радиусам инерции komponуют сечение колонны сквозного сечения. Компоновку необходимо производить из условия равноустойчивости стержня колонны. Наибольшее распространение получили двухветвевые и четырехветвевые колонны.

Для подобранного сечения колонны определяются фактические геометрические характеристики сечения:

A - площадь сечения;

J_x, J_y - моменты инерции сечения;

i_x, i_y - радиусы инерции сечения;

$$i_x = \sqrt{J_x / A}; \quad i_y = \sqrt{J_y / A};$$

λ_x, λ_y - гибкости стержня колонны;

$$\lambda_x = l_{x,ef} / i_x; \quad \lambda_y = l_{y,ef} / i_y;$$

Если колонна двухветвевая, то подобранное сечение проверяет-

планок назначается из условий:

$$a_s/t_s \leq 30; \quad b_s/t_s \leq 50,$$

где b_s - длина планок. Планки заводят на ветви на 30-50 мм.

Задаются следующими характеристиками сварного шва, который прикрепляет эти планки к ветвям колонны:

- катетом шва, который желательно принимать равным толщине планки (k_f);
- длиной сварного шва, которая принимается равной ширине планки (l_w).

Определяется момент сопротивления сварного шва

$$W_f = \beta_f k_f l_f^2 / 6,$$

где β_f - коэффициент провара, определяемый по табл. 34[1].

Определяются нормальные напряжения в сварном шве от действия изгибающего момента

$$\sigma_f = M_s / W_f < R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c$$

Определяются касательные напряжения в сварном шве от действия поперечной силы

$$\tau_f = F_s / (\beta_f k_f l_f) < R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c$$

Приведенные напряжения в сварном шве равны

$$\sigma = \sqrt{\sigma_f^2 + \tau_f^2} < R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c,$$

где R_{wf} - расчетное сопротивление сварного шва, которое определяется по табл. 56[1];

γ_{wf} - коэффициент условия работы сварного шва, который определяется по п. 11.2[1].

4.5. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ РАСКОСНОЙ РЕШЕТКИ

Раскосную решетку обычно конструируют из одиночного уголка. Предварительно их подбирают по предельной гибкости $[\lambda] = 150$. Раскосы одного направления работают на сжатие, а другого - на растяже-

ние. Определяется усилие, которое возникает в раскосе от условной поперечной силы

$$N_d = Q_{f1c} / (n \sin \alpha),$$

где n - число раскосов решетки в одном сечении колонны; α - угол наклона раскоса по отношению к ветви. Проверяется устойчивость сжатого раскоса

$$\sigma = N_d / (\varphi A_d) \leq R_y \gamma_c,$$

где A_d - площадь сечения раскоса;

γ_c - коэффициент условия работы сжатого одиночного уголка, который определяется по табл. 6Ш;

φ - коэффициент продольного изгиба уголка, который определяется по табл. 72Ш в зависимости от гибкости $X = l_d / i_d$; l_d - расчетная длина раскоса; i_d - минимальный радиус инерции раскоса. Обычно усилие в раскосах бывает невелико, поэтому они привариваются непосредственно в ветвях колонны без фасонки. Катет сварного шва принимается конструктивно. Иногда конструируют решетку с распорками, сечение которых принимается таким же, что и раскосы. Для придания жесткости колонны и предотвращения ее закручивания предусматриваются поперечные диафрагмы примерно через 3-4 м по высоте колонны. Диафрагма принимается из листа толщиной 8-12 мм, приваривается к ветвям колонны и планкам или распоркам.

4.6. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ БАЗЫ КОЛОННЫ

База предназначена для передачи усилий от колонны на фундамент и состоит из опорной плиты и траверс. Анкерные болты в центрально-сжатых колоннах назначаются конструктивно в пределах 20-36 мм. Конструкция базы должна соответствовать принятому в конструктивной схеме стержня колонны способу закрепления его нижнего конца. В центрально-сжатых колоннах нижнее опирание, как правило, шарнирное, поэтому анкерные болты крепят непосредственно к опорной плите. Конструкции баз колонн приведены на рис. 4.1.

Расчет базы колонны начинается с задания класса бетона фундамента под колонну. По классу бетона фундамента определяется

расчетное сопротивление бетона смятию по формуле

$$R_{b,loc} = \alpha \varphi_b R_b,$$

где $\alpha = 1,0$ - для бетонов класса ниже В25, который в основном и применяется для изготовления фундаментов;
 $\varphi_b = \sqrt[3]{A_{loc2}/A_{loc1}}$, это значение должно быть не более 2,5 для класса бетона более В7,5, предварительно этот коэффициент принимается 1,2-1,5;

A_{loc2}, A_{loc1} - соответственно площадь фундаментов и площадь опорной плиты колонны;

R_b - призмная прочность бетона фундамента, определяется по табл. 13[3].

Определяется нагрузка на фундамент

$$N_o = N + G_k \gamma_f,$$

где G_k - собственный вес колонны;

γ_f - коэффициент надежности по нагрузке, определяется по табл. 1[2].

Требуемая площадь опорной плиты равна

$$A_{tr} = N_o / R_{b,loc}$$

Принимаются размеры плиты ($b_{p1} \times l_{p1}$) и определяется среднее напряжение по подошве

$$\sigma = N_o / A = N_o / (b_{p1} l_{p1}).$$

Геометрические размеры и конструкцию базы см. рис. 4.1.

Опорная плита под действием реактивного отпора фундамента изгибается. При этом возможны три характерных участка.

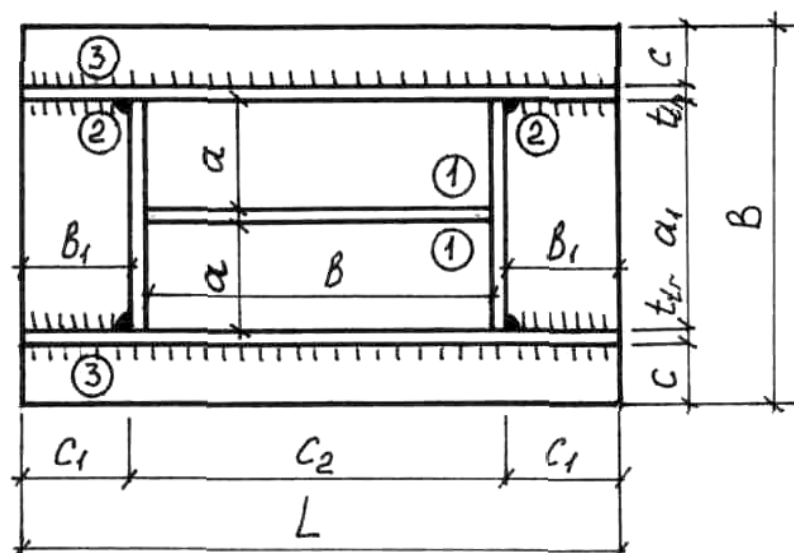
Первый участок, опертый по контуру.

Находится отношение большей стороны участка (b) к меньшей (a). По отношению (b/a) из табл. 4.1 определяется α . Максимальный изгибающий момент на этом участке будет равен

$$M = \alpha \sigma a^2.$$

Если $(b/a) > 2$, то $M = \sigma a^2 / 8$.

а



б

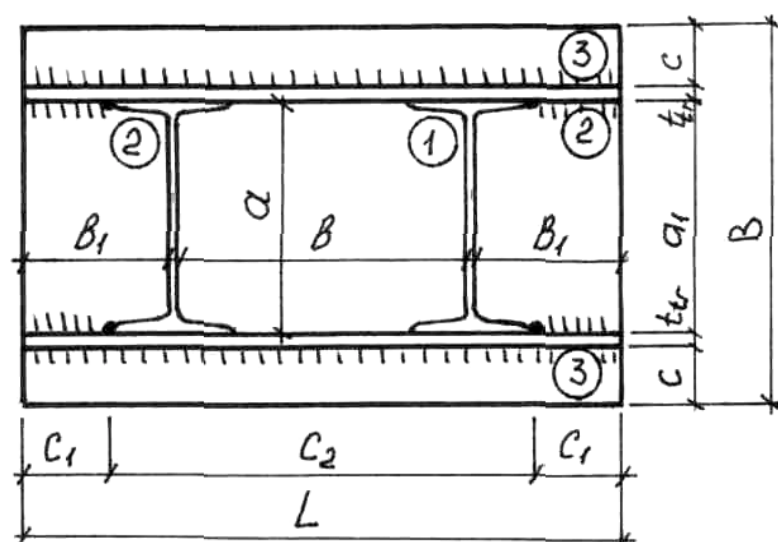


Рис. 4.1. Конструкции баз колонн:
а) для колонны сплошного сечения;
б) для колонны сквозного сечения.

Второй участок, опертый на три стороны.

Для него находится отношение заземленной стороны (b_1) к свободной (a_1). По отношению (b_1/a_1) из табл. 4.2 определяется β , и находится максимальный изгибающий момент на этом участке

$$\begin{aligned} M &= \beta b a_1^2. \\ \text{При } (b_1/a_1) < 0,5 \quad M &= 6 b_1^2 / 2. \end{aligned}$$

Третий участок - консольный, для которого максимальный изгибающий момент равен

$$M = 6 c^2 / 2,$$

где c - вылет консольной части этого участка.

Из трех найденных моментов выбирается максимальный, по которому определяется толщина плиты

$$t_{pl} = \sqrt{6 M_{\max} / (R_y \gamma_c)}.$$

Окончательно принимается толщина плиты с учетом дискретности сортамента.

Таблица 4.1

b/a	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
α	0,048	0,055	0,063	0,069	0,075	0,081

Продолжение таблицы 4.1

b/a	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	>2,0
α	0,048	0,055	0,063	0,069	0,075	0,081

Таблица 4.2

b_1/a_1	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	2,0
β	0,060	0,074	0,088	0,097	0,107	0,112	0,120	0,126	0,132

Определение размеров траверс.

Определяется равномерно распределенная погонная нагрузка на траверсу

$$q=6(c+t_{tr}+a_1/2),$$

где t_{tr} - толщина траверсы, которая принимается 10-16 мм.

Требуемая длина сварных швов, соединяющих колонну с траверсами, при расчете по металлу шва равна

$$l_w=N_0/(k_f R_{wf} \beta_f \gamma_{wf}),$$

где k_f - катет шва, принимаемый не более $1,2t_{tr}$;

R_{wf} - расчетное сопротивление сварного шва, определяется по табл. 56[1];

β_f - коэффициент провара сварного шва, который определяется по табл. 34[1];

γ_{wf} - коэффициент условия работы сварного шва, определяется по п. 11.2[1].

После проверяется условие

$$l_w < 85n k_f \beta_f,$$

где n - число швов, соединяющих траверсы с колонной.

Если это условие не выполняется, то необходимо увеличить катет сварного шва до максимального (см. п.12.8[1]) или увеличить число швов путем установки дополнительных траверс.

Высота траверс принимается равной

$$h_{tr}=l_w/n,$$

где n - число сварных швов, при помощи которых крепится траверса к колонне.

Определяется максимальная поперечная сила, действующая в траверсе

$$Q=q c_2/2,$$

где c_2 - расстояние между сварными швами соединения траверсы с колонной, см. рис. 4.1.

Проверяется касательное напряжение в траверсе

$$\tau = Q / (h_{tr} t_{tr}) < R_s$$

Определяется максимальный изгибающий момент, действующий в траверсе

$$M = q c_1^2 / 2;$$
$$M = q c_2 l / 4 - q l^2 / 8,$$

где c_1, c_2 - геометрические размеры, см. рис. 4.1.

Из найденных моментов выбирается больший и проверяются нормальные напряжения в траверсе

$$\sigma = 6 M_{\max} / (t_{tr} h_{tr}^2) \leq R_y \gamma_c.$$

Проверяются приведенные напряжения в траверсе

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2} \leq R_y \gamma_c$$

Определяется катет шва, соединяющего траверсу с плитой базы колонны:

$$k_f > N_o / (\beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \Sigma l_w),$$

где Σl_w - суммарная длина сварного шва, соединяющего колонну и траверсы с опорной плитой.

Окончательно катет сварного шва принимается с учетом рекомендаций табл. 38[1].

Фундамент под базу колонны принимается такой площади, чтобы выполнялось условие

$$\sqrt[3]{A_{loc2} / A_{loc1}} \geq \varphi_b.$$

Если условие не соблюдается, расчет базы колонны корректируется.

4.7. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ОГОЛОВКА ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ КОЛОНН

Оголовок предназначен для восприятия нагрузок от вышележащих конструкций и равномерного распределения ее по сечению колонны. Шарнирное опирание балок на колонну осуществляет передачу нагрузки на опорную плиту. Опорная плита должна перекрывать все сечение колонны. Если вышележащая балка сконструирована с опорным узлом по рис. 3.16, тогда ее опорное ребро необходимо совместить с поясами колонны сплошного сечения или со стенкой ветви в колонне сквозного сечения. В этом случае вся нагрузка передается от балки через опорную плиту непосредственно на колонну (см. рис. 4.2в и 4.2г). При таком конструктивном решении опорного узла расчет его не нужен. Оголовок принимается по конструктивным соображениям, состоящим из опорной плиты толщиной 20-30 мм. Сварной шов соединения плиты с колонной принимается конструктивно по табл. 38[1]. Если опорный узел вышележащей балки сконструирован по рис. 3.1а, тогда нагрузка передается через опорное ребро колонны, которое сварено непосредственно с колонной (см. рис. 4.2а), или на траверсу колонны (см. рис. 4.2б). Траверса в свою очередь сварена с ветвями колонны, что позволяет передать нагрузку на колонну. При опорном узле по рис. 4.1а, опорное ребро оголовка колонны принимается толщиной, равной двойной толщине опорных ребер балок. Ширина принимается равной половине опорного ребра балки. Затем принимают конструктивно катет сварного шва и определяют высоту опорного ребра оголовка по формуле

$$h_r > N / (n R_y k_f 0 f Y_w f),$$

где N - усилие, передающее на колонну; k_f - принятый катет шва; n - число сварных швов, воспринимающих эту нагрузку; R_y - расчетное сопротивление стали опорного ребра; $0f$ - коэффициент провара, принимаемый по табл. 34[11]; $Y_w f$ - коэффициент условия работы сварного шва, принимается по п. 11.2С1].

При опорном узле по рис. 4.2б траверса принимается толщиной, равной толщине стенки балки. Высота траверсы принимается равной высоте опорного ребра, а катет сварного шва - аналогично сварному шву опорного ребра. После этого необходимо проверить прочность траверсы на срез по формуле

$$\sigma = 0,5N / (h_{tr} t_{tr}) < R_{yc},$$

где h_{tr} и t_{tr} - высота и толщина траверсы.

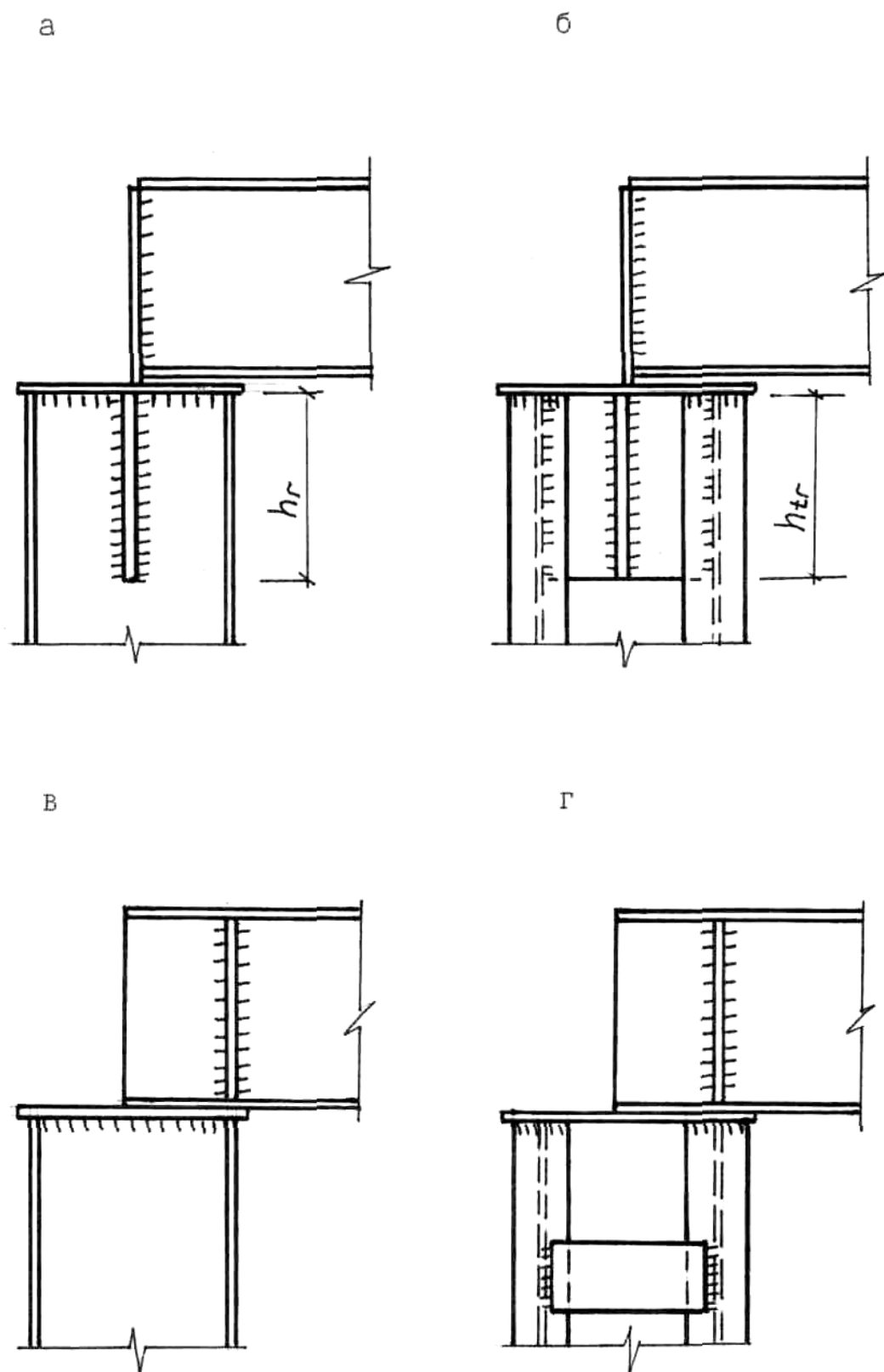


Рис. 4.2. Варианты оголовка колонны:

- а) опорное ребро с торца балки, колонна сплошного сечения;
- б) опорное ребро с торца балки, колонна сквозного сечения;
- в) опорное ребро с двух сторон балки, колонна сплошного сечения;
- г) опорное ребро с двух сторон балки, колонна сквозного сечения

4.8. ПРИМЕР РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТОЙ КОЛОННЫ СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ

Исходные данные:

1. Расчетная схема с шарнирным опиранием концов колонны.
2. Расчетная сжимающая сила $N=1851,6$ кН (см. пример расчета составной балки).
3. Отметка настила балочной клетки $H=10,122$ м.

Определяем геометрические длины колонны

$$l_x=l_y=H-h_{стр}=10,122-1,422=8,7 \text{ м},$$

а затем их расчетные значения:

$$l_{x,ef}=l_{y,ef}=\mu l=1 \cdot 8,7=8,7 \text{ м},$$

где $\mu=1$ - коэффициент приведенной длины, зависящий от расчетной схемы колонны.

Предварительно задаемся коэффициентом продольного изгиба $\varphi=0,75$, и определяем требуемую площадь сечения колонны

$$A_{tr}=N/(\varphi \gamma_c R_y)=1851,6(10)/(0,75 \cdot 1 \cdot 230)=107,4 \text{ см}^2,$$

где $\gamma_c=1$ - коэффициент условия работы конструкции, который определяем по табл. 6[1];

$R_y=230$ МПа - расчетное сопротивление стали марка ВСтЗпс 6-1 по пределу текучести для листа, определяем по табл.51[1].

Определяем требуемые радиусы инерции сечения колонны:

$$i_{tr,x}=i_{tr,y}=l_{ef}/\lambda=870/70=12,4 \text{ см},$$

где $\lambda=70$ - гибкость стержня колонны, определяем по табл. 72[1] в зависимости от принятого значения коэффициента φ .

По требуемым площади и радиусам инерции komponуем колонну сплошного составного двутаврового сечения. Компонровку производим

из условия равноустойчивости стержня колонны. Принимаем сечение стенки 6х280 мм, а сечение поясов 16х360 мм.

Для выбранного сечения колонны определяем фактические геометрические характеристики сечения:

$$\begin{aligned} A &= 0,6 \cdot 28 + 2 \cdot 1,6 \cdot 36 = 132,0 \text{ см}^2; \\ J_x &= 0,6 \cdot 28^3 / 12 + 2 \cdot 1,6 \cdot 36 \cdot 14,8^2 = 25233 \text{ см}^4; \\ J_y &= 2 \cdot 1,6 \cdot 36^3 / 12 = 12442 \text{ см}^4; \\ i_x &= \sqrt{J_x / A} = \sqrt{25233 / 132} = 13,8 \text{ см}; \\ i_y &= \sqrt{J_y / A} = \sqrt{12442 / 132} = 9,7 \text{ см}. \end{aligned}$$

Определяем максимальную гибкости стержня колонны

$$\lambda = l_{ef} / i_y = 870 / 9,7 = 90.$$

Найденная гибкость не превышает предельного значения табл. 19[1]. По наибольшей гибкости с помощью табл. 72[1] находим коэффициент $\varphi = 0,625$. Окончательно выбранное сечение проверяем на устойчивость по формуле

$$\sigma = N / (\varphi A) = 1851,6(10) / (0,625 \cdot 132) = 225 \text{ МПа} < 230 \text{ МПа} \quad (+2,2\%).$$

4.9. ПРИМЕР ПРОВЕРКИ МЕСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Сечение колонны принято из листовой стали, необходима проверка местной устойчивости элементов сечения.

Определяем условную гибкость стержня колонны по формуле

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{R_y / E} = 90 \sqrt{230 / 206000} = 3,0,$$

где $\lambda = 90$ – максимальное значение гибкости, принятое в расчете колонны на устойчивость.

Проверим местную устойчивость стенки балки, проверив следующие условия:

$$\begin{aligned} h_{ef} / t_w &\leq (1,2 + 0,35 \bar{\lambda}) \sqrt{E / R_y} \leq 2,3 \sqrt{E / R_y}; \\ 280 / 6 &\leq (1,2 + 0,35 \cdot 3) \sqrt{206000 / 230} \leq 2,3 \sqrt{206000 / 230}; \\ 46,7 &\leq 67,3 \leq 68,8, \end{aligned}$$

где $h_{ef} = 28 \text{ см}$ – расчетная высота стенки;

$t_w=0,6$ см - толщина стенки.

Условия соблюдаются, следовательно, местная устойчивость стенки обеспечена.

Проверим местную устойчивость поясов. Устойчивость обеспечена, если выполняется следующее условие:

$$\begin{aligned} b_{ef}/t_f &\leq (0,36+0,10\bar{\lambda})\sqrt{E/R_y}; \\ 17,7/1,6 &\leq (0,36+0,10\cdot 3)\sqrt{206000/230}; \\ 11,1 &\leq 19,8, \end{aligned}$$

где $b_{ef}=17,7$ см - расчетная ширина свеса поясных листов, равная расстоянию от грани стенки до края поясных листов;

$t_f=1,6$ см - толщина поясных листов.

Сварные швы, соединения стенки колонны с ее поясами принимаем выполненными в автоматическом режиме с двух сторон, и, из конструктивных соображений по требованию табл. 38[1], принимаем катетом, равным 5 мм.

4.10. ПРИМЕР РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТОЙ КОЛОННЫ СКВОЗНОГО СЕЧЕНИЯ

Исходные данные приняты по предыдущему примеру:

1. $N=1851,6$ кН - расчетная сжимающая сила.
2. $l_{ef}=8,7$ м - расчетная длина стержня колонны.

Предварительно задаемся коэффициентом продольного изгиба $\varphi=0,75$, и определяем требуемую площадь сечения колонны

$$A_{tr}=N/(\varphi\gamma_c R_y)=1851,6(10)/(0,75\cdot 1\cdot 240)=102,9 \text{ см}^2,$$

где $R_y=240$ МПа - расчетное сопротивление стали марки ВСтЗпс 6-1 по пределу текучести для фасона, определяем по табл.51[1].

Определяем требуемые радиусы инерции сечения колонны:

$$i_{tr}=l/\lambda=870/70=12,5 \text{ см},$$

где $\lambda=70$ - гибкость стержня колонны, определяем по табл. 72[1]

в зависимости от принятого значения коэффициента φ .

По требуемым площади и радиусу инерции komponуем двухветвевое сечение колонны сквозного сечения из двух двутавров I33, расстояния между центрами которых равняется $b=300$ мм.

Для подобранного сечения колонны определяем фактические геометрические характеристики сечения:

$A=2 \cdot 53,8=107,6 \text{ см}^2$ - площадь сечения;

$J_x=2 \cdot 9840=19680 \text{ см}^4$ - момент инерции относительно материальной оси;

$J_y=2(419+53,8 \cdot 15^2)=25048 \text{ см}^4$; - момент инерции относительно свободной оси;

$i_x=\sqrt{19680/107,6}=13,5 \text{ см}$ - радиус инерции относительно материальной оси;

$i_y=\sqrt{25048/107,6}=15,3 \text{ см}$ - радиус инерции относительно свободной оси;

$\lambda_x=l_{ef}/i_x=870/13,5=65$ - гибкость относительно материальной оси;

$\lambda_y=l_{ef}/i_y=870/15,3=57$ - гибкость относительно свободной оси.

Найденные гибкости не превышают предельные значения, приведенные в табл. 19[1].

Проверяем колонну на устойчивость относительно материальной оси. По гибкости с помощью табл. 72[1] находим коэффициент $\varphi=0,78$, и проверяем колонну на устойчивость по формуле

$$\sigma_x=N/(\varphi A)=1851,6(10)/(0,78 \cdot 107,6)=221 \text{ МПа} < 240 \text{ МПа (+7,9\%)}$$

Уменьшение запаса прочности ограничивается сортаментом.

При расчете же относительно свободной оси определяем приведенную гибкость, учитывающую податливость соединительной решетки. Конструируем решетку из пластин:

$l=140 \text{ см}$ - расстояние между центрами планки;

$h_{pl} \times t_{pl}=200 \times 8 \text{ мм}$ - размеры пластины;

$A_{pl}=16 \text{ см}^2$ - площадь пластины;

$I_s=0,8 \cdot 20^3/12=533 \text{ см}^4$ - момент инерции планки;

$i_{pl}=\sqrt{533/16}=5,77 \text{ см}$ - радиус инерции планки.

Определим отношение

$$J_{S1}/(J_B b) = 533 \cdot 140 / (419 \cdot 30) = 5,94,$$

где $J_B = 419 \text{ см}^4$ - момент инерции ветви относительно собственной оси;
 $b = 30 \text{ см}$ - расстояние между осями ветвей.

Приведенную гибкость стержня с планками в двух плоскостях при $J_{S1}/(J_B b) > 5$ определяем по формуле

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2} = \sqrt{57^2 + 43^2} = 71,4,$$

где $\lambda_1 = 120 / 2,79 = 43,0$ - гибкость ветви между пластинами.

Определим приведенную гибкость стержня с решеткой из уголков по формуле

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + \alpha_1 A / A_{d1}} = \sqrt{57^2 + 27,4 \cdot 107,6 / 4,8} = 62,2,$$

где $A_{d1} = 4,8 \text{ см}^2$ - площадь сечения раскоса решетки из уголка 50x5, находящегося с одной стороны, расположенного под углом 45° к ветви колонны;

$$\alpha_1 = 10a^3 / (b^2 l) = 10 \cdot 42^3 / (30^2 \cdot 30) = 27,4,$$

где a, b, l - размеры, определяемые по рис. 2[1].

Выбор решетки с планками предпочтителен, так как расстояние между ветвями колонны небольшое.

Приведенная гибкость относительно свободной оси и гибкость относительно материальной оси почти одинаковые, что обеспечивает равноустойчивость стержня колонны.

Определяем $\varphi = 0,744$ и проверяем напряжение

$$\sigma_y = N / \varphi A < \gamma_c R_y = 1851,6(10) / (0,744 \cdot 107,6) = 231,3 \text{ МПа} < 240 \text{ МПа} (+3,6\%).$$

Расчет на местную устойчивость элементов ветвей колонны не делают, так как они выполнены из проката. Местная устойчивость сжатых элементов прокатных профилей обеспечивается теорией сортамента.

4.11. ПРИМЕР РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ПЛАНОВ

Соединительные планки рассчитываем на поперечную силу, которая может возникнуть от искривлении при продольном изгибе. Условную поперечную силы определяем по формуле

$$Q_{fic} = 7.15 \cdot 10^{-6} (2330 - E/R_y) N / (p = \\ = 7.15 \cdot 10^{-6} (2330 - 206000/240) 1851,6 / 0,744 = 15,3 \text{ кН},$$

где $\Phi = \rho_y = 0,744$ - коэффициент продольного изгиба в плоскости соединительных планок.

Определяем изгибающий момент и поперечную силу в местах крепления планок к ветвям колонны.

$$M_s = Q_s l / 2 = 7,65 \cdot 1,4 / 2 = 5,36 \text{ кН-м}; \\ F_s = Q_s l / b = 7,65 \cdot 1,4 / 0,3 = 35,7 \text{ кН},$$

где $Q_s = Q_{fic} / 2 = 15,3 / 2 = 7,65 \text{ кН}$ - условная поперечная сила, приходящаяся на планку одной грани колонны.

Поскольку формулы приведенной гибкости основаны на предположении о наличии жестких планок, их ширину принимаем достаточно большой: $a_s = (0,5 - 0,75)b = 200 \text{ мм}$, где $b = 300 \text{ мм}$ - ширина сечения колонны. Толщину планок назначаем из условий:

$$a_s / t_s < 30; \quad b_s / t_s < 50; \\ 200 / 0,8 < 30; \quad 300 / 0,8 < 50,$$

где $b_s = 300 \text{ мм}$ - длина планок, которую принимаем равной расстоянию между осями ветвей.

Задаемся следующими характеристиками сварного шва, который прикрепляет эти планки к ветвям колонны:

- катетом шва, который принимаем равным толщине планки **$K_t = 8 \sim 10$**
- длиной сварного шва, которую принимаем равной ширине планки $l_w = 200 \text{ мм}$. Определяем момент сопротивления сварного шва

$$W_f = 0,6 K_t l_w^2 / 6 = 0,6 \cdot 8 \cdot 20^2 / 6 = 320 \text{ см}^3,$$

где $\beta_f = 0,7$ - коэффициент провара, определяем по табл. 34[1].

Определяем нормальные напряжение в сварном шве от действия изгибающего момента

$$\sigma_f = M_S / W_f = 5,36(1000) / 37,3 = 143 \text{ МПа.}$$

Определяем касательные напряжения в сварном шве от действия поперечной силы

$$\tau_f = F_S / (\beta_f k_f l_f) = 35,7(10) / (0,7 \cdot 0,8 \cdot 20) = 31,9 \text{ МПа.}$$

Приведенные напряжения в сварном шве равны

$$\sigma = \sqrt{\sigma_f^2 + \tau_f^2} = \sqrt{143^2 + 31,9^2} = 146,5 \text{ МПа} < R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c,$$

где $R_{wf} = 180$ МПа - расчетное сопротивление сварного шва, которое определяем по табл. 56[1];

$\gamma_{wf} = 1$ - коэффициент условия работы сварного шва, который определяем по п. 11.2[1].

4.12. ПРИМЕР РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ РАСКОСНОЙ РЕШЕТКИ

Раскосную решетку обычно конструируют из одиночного уголка. Принимаем уголок 50х5. Определяем усилие, которое возникает в раскосе от условной поперечной силы

$$N_d = Q_{fic} / (n \sin \alpha) = 15,3 / 0,7076 = 21,6 \text{ кН,}$$

где $n = 1$ - число раскосов решетки в одном сечении колонны;

$\alpha = 45^\circ$ - угол наклона раскоса по отношению к ветви.

Проверяем устойчивость сжатого раскоса

$$\sigma = N_d / (\varphi A_d) = 21,4(10) / (0,875 \cdot 4,8) = 51 \text{ МПа} < R_y \gamma_c,$$

где $A_d = 4,8 \text{ см}^2$ - площадь сечения раскоса;

$\gamma_c = 0,8$ - коэффициент условия работы сжатого одиночного

уголка, который определяем по табл. 6[1].

$\varphi=0,875$ - коэффициент продольного изгиба уголка, который определяем по табл. 72[1] в зависимости от гибкости

$$\lambda=l_d/i_d=42/0,96=44;$$

$l_d=42$ см - расчетная длина раскоса (см. предыдущий пример);

$i_d=96$ см - минимальный радиус инерции раскоса.

Раскосы привариваем непосредственно к ветвям колонны. Катет сварного шва принимаем конструктивно 4 мм. Для придания жесткости колонне и предотвращения ее закручивания предусматриваем поперечные диафрагмы через 2,9 м по высоте колонны. Диафрагму принимаем из листа толщиной 8 мм и привариваем к ветвям колонны и планкам.

4.13. ПРИМЕР РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ БАЗЫ КОЛОННЫ

Расчет базы производим для колонны сквозного сечения. Исходные данные: см. предыдущий пример и рис. 4.16.

База предназначена для передачи усилий от колонны на фундамент и состоит из опорной плиты и траверс. Анкерные болты назначаем конструктивно диаметром 24 мм, которые крепим непосредственно к опорной плите. Назначаем класс бетона фундаментом под колонну-B15. По классу бетона фундамента определяем расчетное сопротивление бетона смятию по формуле

$$R_{b,loc}=\alpha\varphi_b R_b=1\cdot 1,25\cdot 8,5=10,625 \text{ МПа},$$

где $\alpha=1,0$ - для бетонов класса ниже B25, который в основном и применяется для изготовления фундаментов;

$R_b=8,5$ МПа - призматическая прочность бетона фундамента, определяем по табл. 13[3].

$$\varphi_b=\sqrt[3]{A_{loc2}/A_{loc1}}=\sqrt[3]{0,39/0,2}=1,25,$$

где $A_{loc2}=0,39 \text{ м}^2$ - площадь фундаментов;

$A_{loc1}=0,2 \text{ м}^2$ - площадь опорной плиты колонны.

Определяем нагрузку на фундамент

$$N_O = N + G_k \gamma_f = 1851,6 + 8,0 \cdot 1,05 = 1860 \text{ кН},$$

где $G_k = 800 \text{ кг}$ - собственный вес колонны;

$\gamma_f = 1,05$ - коэффициент надежности по нагрузке, определяем по табл. 1[2].

Требуемая площадь опорной плиты равна

$$A_{tr} = N_O / R_{b, loc} = 1860(10) / 10,625 = 1751 \text{ см}^2$$

Принимаем размеры плиты ($b_{pl} \times l_{pl} = 400 \times 500$) и определяем среднее напряжение по подошве

$$\sigma = N_O / (b_{pl} l_{pl}) = 1860(10) / (40 \cdot 50) = 9,3 \text{ МПа}.$$

Геометрические размеры и конструкция траверсы см. рис. 4.16.

Опорная плита под действием реактивного отпора фундамента изгибается. При этом возможны три характерных участка.

Первый участок, опертый по контуру.

Находим отношение большей стороны участка ($b = 33 \text{ см}$) к меньшей ($a = 29,7 \text{ см}$). По отношению ($b/a = 1,1$) из табл. 4.1 определяем $\alpha = 0,055$. Максимальный изгибающий момент на этом участке будет равен

$$M = \alpha b a^2 = 0,055 \cdot 9,3 \cdot 29,3^2 / (10) = 43,9 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Второй участок, опертый на три стороны.

Для него находим отношение защемленной стороны ($b_1 = 9,6 \text{ см}$) к свободной ($a_1 = 33 \text{ см}$): $b_1/a_1 = 9,6/33 = 0,3$. При $(b_1/a_1) < 0,5$ максимальный изгибающий момент на этом участке находим по формуле

$$M = 6 b_1^2 / 2 = 9,3 \cdot 9,6^2 / 2(10) = 42,9 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Третий участок - консольный, для которого максимальный изгибающий момент равен

$$M = 6 c^2 / 2 = 9,3 \cdot 2,5^2 / (10) = 5,8 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где $c=2,5$ см - вылет консольной части этого участка.

Из трех найденных моментов выбираем максимальный, по которому определяется толщина плиты

$$t_{p1} = \sqrt{6M_{\max}/(R_y \gamma_c)} = \sqrt{6 \cdot 43,9(10)/230} = 3,38 \text{ см.}$$

Окончательно принимаем толщину плиты с учетом дискретности сортамента равной 36 мм.

Определение размеров траверс.

Определяем равномерно распределенную погонную нагрузку на траверсу

$$q = 6(c + t_{tr} + a_1/2) = 9,3(2,5 + 1 + 33/2)/(10) = 18,6 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

где $t_{tr}=10$ мм - толщина траверсы.

Требуемая длина сварных швов, соединяющих колонну с траверсами, при расчете по металлу шва равна

$$l_w = N_O / (k_f R_{wf} \beta_f \gamma_{wf}) = 1860(10) / (1 \cdot 180 \cdot 0,7 \cdot 1) = 147,6 \text{ см},$$

где $k_f=1$ см - катет шва;

$R_{wf}=180$ МПа - расчетное сопротивление сварного шва, определяем по табл. 56[1];

$\beta_f=0,7$ - коэффициент провара сварного шва, который определяем по табл. 34[1];

$\gamma_{wf}=1$ - коэффициент условия работы сварного шва, определяем по п. 11.2[1].

После проверяем условие

$$l_w < 85 n k_f \beta_f, \quad 147,6 \text{ см.} < 85 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 0,7 = 238 \text{ см},$$

где $n=4$ - число швов, соединяющих траверсы с колонной.

Высоту траверс принимаем равной

$$h_{tr} = l_w / n = 147,6 / 4 = 36,9 \text{ см.}$$

Окончательно принимаем высоту траверс 400 мм.

Определяем максимальную поперечную силу, действующую в траверсе

$$Q = qc_2/2 = 18,6 \cdot 44/2 = 409 \text{ кН},$$

где c_2 - расстояние между сварными швами, соединяющими траверсу с колонной.

Проверяем касательное напряжение в траверсе

$$\tau = Q / (h_{tr} t_{tr}) = 409(10) / (40 \cdot 1) = 105 \text{ МПа} < R_s.$$

Определяем максимальный изгибающий момент, действующий в траверсе

$$M = qc_1^2/2 = 18,6 \cdot 3^2/2 = 83,7 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M = qc_2 l/4 - q l^2/8 = 18,6 \cdot 44 \cdot 50/4 - 18,6 \cdot 50^2/8 = 4417,5 \text{ кН} \cdot \text{см},$$

где $c_1 = 3$ см, $c_2 = 44$ см - геометрические размеры, см. рис. 4.16.

Из найденных моментов выбираем больший и проверяем нормальные напряжения в траверсе

$$\sigma = 6M_{\max} / (t_{tr} h_{tr}^2) = 6 \cdot 4417,5(10) / (1 \cdot 40^2) = 166 \text{ МПа} < R_y \gamma_c$$

Проверяем приведенные напряжения в траверсе

$$\sigma_{\text{ред}} = \sqrt{\sigma^2 + \tau^2} = \sqrt{166^2 + 105^2} = 196,4 \text{ МПа} < R_y \gamma_c$$

Определяем значение катета шва, соединяющего траверсу с опорной плитой базы колонны:

$$k_f > N_o / (\beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \Sigma l_w) = 1860(10) / (0,7 \cdot 180 \cdot 1 \cdot 178) = 0,83 \text{ см},$$

где $\Sigma l_w = 178$ см - суммарная длина сварного шва, соединяющего колонну и траверсы с опорной плитой.

Окончательно катет сварного шва принимаем 9 мм.

Фундамент под базу колонны принимаем 650х600 мм, и проверяем условие

$$\sqrt[3]{A_{\text{loc}2} / A_{\text{loc}1}} \geq \varphi_b$$

$$\sqrt[3]{3900 / 2000} = 1,25,$$

где $\varphi_b = 1,25$ - ранее предварительно принятый коэффициент, который совпадает с фактическим

4.14. ПРИМЕР РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ОГОЛОВКА ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ КОЛОНН

Опорный узел вышележащей балки - сконструирован по рис. 3.16. Колонна сквозного сечения. Узел опирания балки на колонну представлен на рис. 4.2г. В этом случае вся нагрузка передается от балки через опорную плиту непосредственно на колонну. При таком конструктивном решении опорного узла расчет его не нужен. Оголовок принимаем по конструктивным соображениям. Опорную плиту принимаем 450x360 мм и толщиной 20 мм. Сварной шов соединения плиты с колонной принимаем конструктивно катетом 8 мм.

ГЛАВА 5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАСЧЕТА

СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ БАЛОЧНОЙ КЛЕТКИ

5.1. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАСЧЕТА ПРОКАТНЫХ ДВУТАВРОВЫХ БАЛОК

5.1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Расчет прокатных двутавровых балок сводится к подбору минимально необходимого номера двутавра по ГОСТ 8239-# и двутавра с параллельными гранями полок по ТУ 14-2-24-72. Программа имеет базу постоянных данных, состоящих из шести массивов. Массивы представляют следующие данные:

W_x - два массива моментов сопротивлений сечений балок по ГОСТ 8239-89' и по ТУ 14-2-24-72; J_x - два массива моментов инерции сечений балок по ГОСТ 8239-89 и по ТУ 14-2-24-72;

σ - два массива коэффициентов, учитывающих развитие пластических деформаций, приняты по таблице 66Ш в зависимости от отношения площади пояса балки к площади стенки.

Массив моментов сопротивлений сечений балок (W_x)
по ГОСТ 8239-89 .

39.7 58.4 81.7 109. 143. 159. 184. 203. 232. 254.
289. 317. 371. 407. 472. 518. 597. 743. 953. 1231.
1589. 2035. 2560.

Массив моментов сопротивлений сечений балок (W_x)

по ТУ 14-2-24-72.

134. 185. 174. 192. 247. 234. 213. 259. 312. 354. 290. 346. 424. 383.
502. 471. 577. 521. 675. 663. 734. 799. 902. 928. 1020. 1110. 1230.
1280. 1410. 1520. 1600. 1720. 2050. 2000. 1900. 2260. 2480. 2610.
2980. 3200. 3260. 3630. 4240. 4170. 4690. 4910. 5130. 5960. 5760.
6370. 6920. 7440. 6940. 7810. 8940. 8760. 10430. 9560. 11820. 13060.

Массив моментов инерции сечений балок (J_x)

по ГОСТ 8239-³".

198. 350. 572. 873. 1290. 1430. 1840. 2030. 2550. 2790. 3460. 3800.
5010. 5500. 7080. 7780. 9840. 13380. 19062. 27696. 39727. 55962.
76806.

Массив моментов инерции сечений балок (J_x)

по ТУ 14-2-24-72.

1300. 2070. 1730. 1920. 3130. 2660. 2150. 2980. 4020. 5210. 3370.
4500. 6320. 5020. 8620. 7070. 10000. 7880. 13230. 11600. 12930.
15810. 19850. 18560. 20480. 24690. 30040. 28840. 31950. 37670. 42970.
43120. 60010. 54480. 47790. 62220. 68580. 77430. 89320. 110150.
98230. 125800. 166800. 146000. 165440. 194370. 182060. 264600.
230280. 256370. 309020. 365330. 280640. 351380. 442460. 396740.
521660. 434950. 595560. 662170.

Массив коэффициентов (с) для балок по ГОСТ 8239- 89 . 1.069

1.078 1.081 1.083 1.083 1.070 1.082 1.070 1.083 1.072 1.082 1.071
1.089 1.078 1.094 1.084 1.097 1.099 1.105 1.110 1.115 1.118 1.120

Массив коэффициентов (с) для балок по ТУ 14-2-24-72.

| | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1.102 | 1.106 | 1.090 | 1.080 | 1.108 | 1.094 | 1.076 | 1.084 | 1.094 | 1.108 |
| 1.078 | 1.084 | 1.097 | 1.091 | 1.113 | 1.087 | 1.101 | 1.084 | 1.117 | 1.088 |
| 1.085 | 1.107 | 1.119 | 1.093 | 1.092 | 1.109 | 1.120 | 1.096 | 1.094 | 1.108 |
| 1.121 | 1.097 | 1.123 | 1.108 | 1.084 | 1.097 | 1.096 | 1.107 | 1.095 | 1.128 |
| 1.096 | 1.117 | 1.141 | 1.106 | 1.100 | 1.128 | 1.100 | 1.139 | 1.111 | 1.108 |
| 1.128 | 1.147 | 1.109 | 1.114 | 1.132 | 1.111 | 1.113 | 1.114 | 1.109 | 1.110 |

Кроме постоянных данных, необходимы следующие исходные реквизиты:

- q - погонная расчетная нагрузка в кг/см;
- l - расчетный пролет балки в см;
- R_y - расчетное сопротивление стали балки на растяжение, сжатие и изгиб по пределу текучести, которое принимается по таблице 51Ш в зависимости от принятой марки стали в кг/см².

5.1.2. БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА

Блок-схема разработана на основании методики расчета стальных прокатных балок, изложенной в главе 2 настоящего пособия. Обозначения приняты согласно приложению 9 [1]. Блок-схема представлена на рис. 5.1.

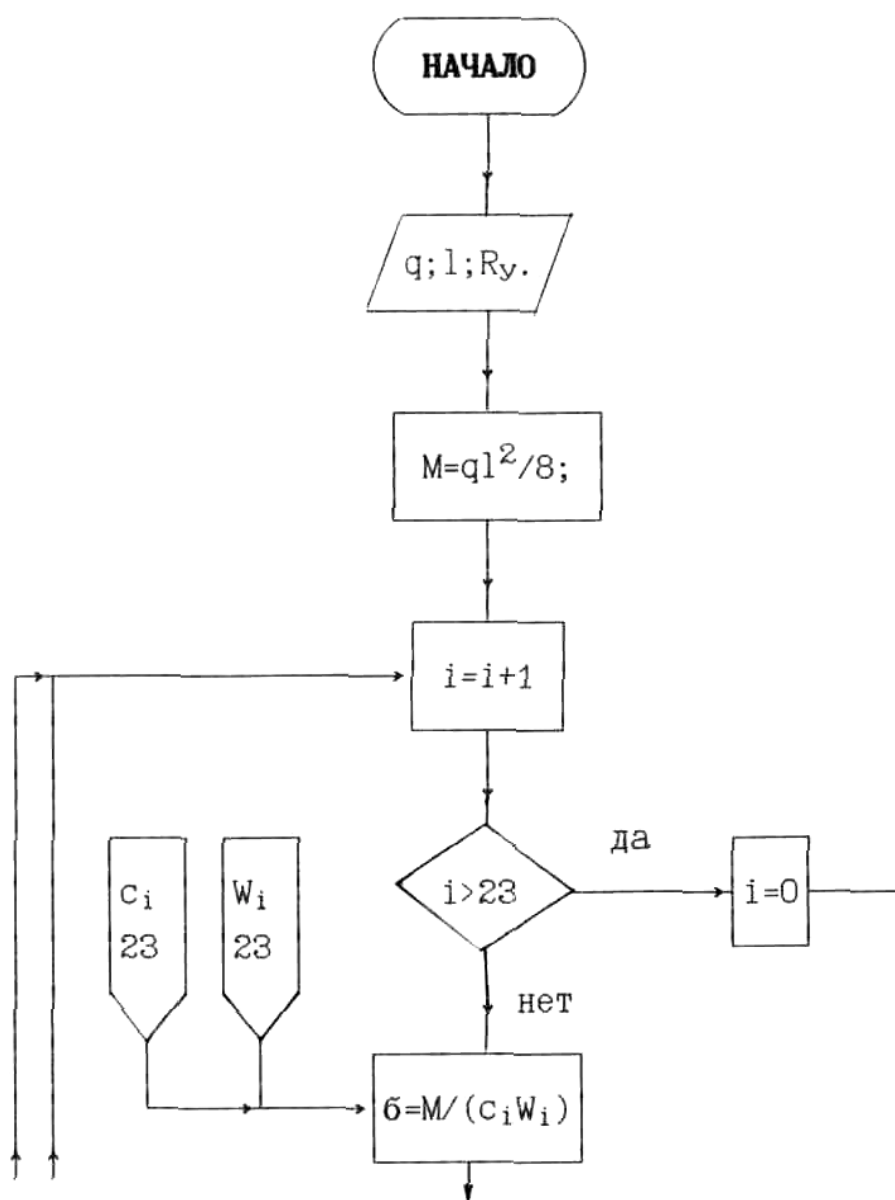
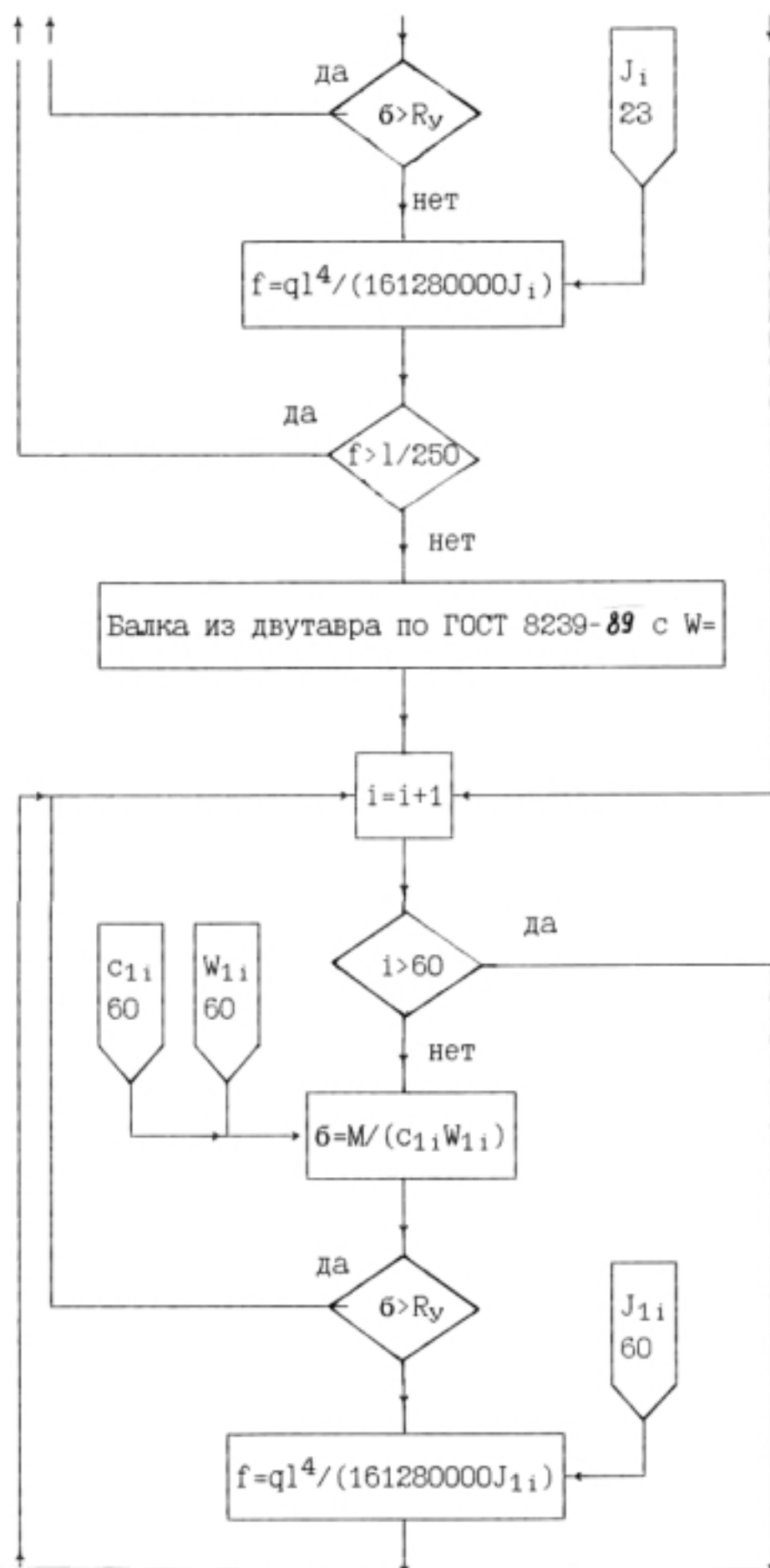
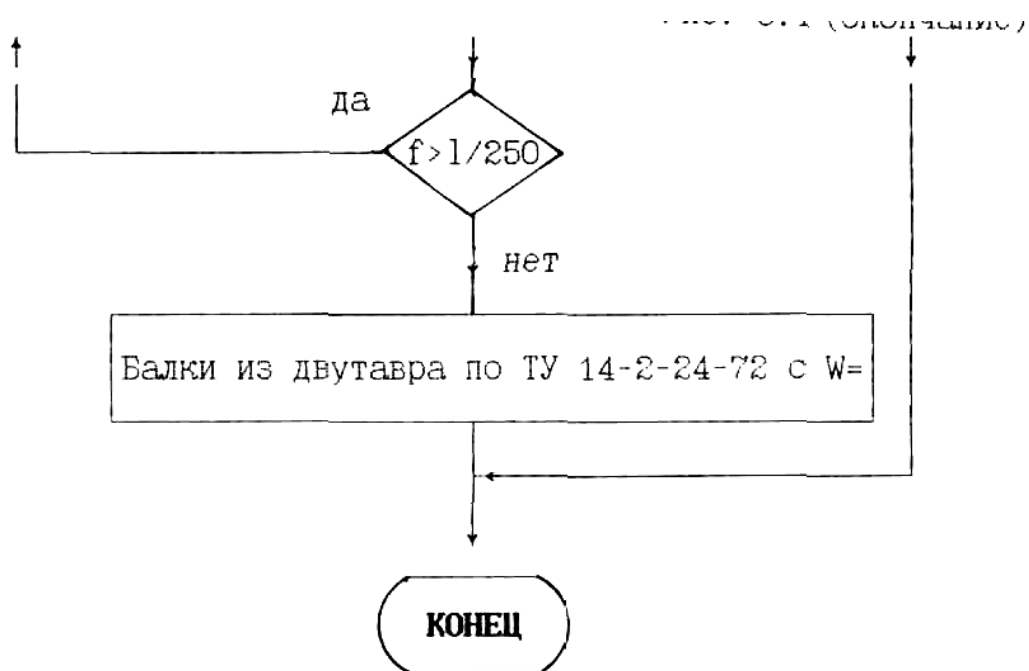


Рис. 5.1. Блок-схема алгоритма расчета стальных прокатных балок.





5.1.3. ТЕКСТ ПРОГРАММЫ "BALKA 1"

Программа предназначена для подбора сечений однопролетных статически определенных стальных балок. В результате расчета подбираются минимально необходимые балки двутаврового сечения. Подбор производится из двух вариантов. Первый вариант - из двутавра по ГОСТ 8239-19, Второй из двутавра с параллельными гранями полок - по ТУ М-1-24-72, причем принимаются балочные двутавры. Подбор сечения балок производится с учетом развития пластических деформаций. В результате расчета выдается площадь выбранного сечения, по которой согласно сортаменту принимается номер двутавра. Программа написана на языке Паскаль. Текст программы приведен ниже:

```

program
uu; uses crt, graph;
type
pr=array[1..233] of real;
prl=array[1..60] of real;
var
qt,l,r,si,f,m,fl,f2,sig:real;
w,c,oo:pr;
wl,cl,ojl:prl;

```

```

ij.n: integer;
f3,f4:text;
nom_f:stringC12];
key:char;
xx1,xx2,yy1,yy2:integer;
zz,f1:integer; • aa:array[1. .33 of
real; bb:arrayC1..71 of real;
procedure windl(xi,y1,x2,y2:integer;coif,coir:byte;ten:char;colt:
byte);

var i:integer;
begin
    if ten='y' then
BEGIN
    window(1,1,80,25);
    textbackground(0);
    textcolor(colt);
    gotoxy(x1+1,y2+1); for
    i:=(y1+1) to (y2+1) do begin
        gotoxy(x2+1,i);
        write('I'); end;
        for i:=(x1+1) to (x2+1) do
            begin
                gotoxy(i,y2+1);
                write('l'); end;
            END;
            window(x1,y1,x2,y2);
            textbackground(colf);
            clrscr;
            textcolor(colr);
            gotoxy(2,1); write
            ('r');
            for i:=3 to (x2-x1-1) do
                begin gotoxy(i,1);

```

```

write ('='); end;
gotoxy(x2-x1,1); write C-H'); for i:=1 to
(y2-y1) do begin
                                gotoxy(2,i); write('ll');
                                gotoxy(x2-x1,i); writeC Ip;
                                end;
gotoxy(2,y2-y1+1); write ('«•');
for i:=3 to (x2-x1-1) do begin
gotoxy(i,y2-y1+1); write ('-');
end;
gotoxy(x2-x1,y2-y1+1); writeC'J"');
end;
procedure new_win(x1,y1,x2,y2,col_f:byte); begin
window(1,1,80,25);
textbackground(0);
textcolor(0); clrscr;
textbackground(col_f); for i:=y1 to y2
do for j:=(x1+1) to (x2-1) do begin
gotoxy(j,i);
write('!'); end; END;
Procedure VvodWindow(x1,y1,x2,y2,col1,col2:byte); Begin
Window(x1,y1,x2,y2);
TextColor(col2);

```

```

TextBackGround(coll);
clrscr; End;
  procedure Nachalo;
  Begin
new_win(1,1,80,25,1);
windl(8,6,71,20,3,0,'y',3);
  gotoxy(7,3); write('ПРОГРАММА ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ ПОДБОРА СЕЧЕНИЙ
ОДНОПРОЛЕТ-');
  gotoxy(4,4); write('НЫХ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМЫХ СТАЛЬНЫХ БАЛОК. В
РЕЗУЛЬТАТЕ');
  gotoxy(4,5); write('РАСЧЕТА ПОДБИРАЮТСЯ МИНИМАЛЬНО НЕОБХОДИМЫЕ БАЛКИ
ДВУТАВРО);
  gotoxy(4,6); write('ВОГО СЕЧЕНИЯ. ПОДБОР ПРОИЗВОДИТСЯ ДВУХ
ВАРИАНТОВ. ПЕРВЫЙ);
  gotoxy(4,7); write('ВАРИАНТ ИЗ ДВУТАВРА ПО ГОСТ 8239-89 , ВТОРОЙ ИЗ
ДВУТАВРА);
  gotoxy(4,8); write('С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ГРЯНЯМИ ПОЛОК ПО ТУ14-1-24-72,
ПРИ ЭТОМ');
  gotoxy(4,9); write('ПРИНИМАЮТСЯ БАЛОЧНЫЕ ДВУТАВРЫ. ПОДБОР
СЕЧЕНИЯ БАЛОК');
  gotoxy(4,10); write('ПРОИЗВОДИТСЯ С УЧЕТОМ РАЗВИТИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ
ДЕФОРМАЦИЙ.В);
  gotoxy(4,11); write('РЕЗУЛЬТАТЕ РАСЧЕТА ВЫДАЕТСЯ ПЛОЩАДЬ
ПОДОБРАННОГО СЕЧЕНИЯ);
  gotoxy(4,12);
write('ПРОГРАММА НАПИСАНА НА ЯЗЫКЕ ПАСКАЛЬ В 1998 Г. ');
  gotoxy(4,13);
  write('    АВТОРЫ:    МАКАРОВ А.А., МАКАРОВА Н.А.    '); repeat
    key:=readkey; if
    key=chr(27) then
      begin
        break;
      end;
  until false; End;
Procedure Chapka;

```

Begin

```
new_win(1,1,80,25,1);
windl(2,19,78,24,3,0,'уМ);
GOTOXY(4,2);
writelnC Для ввода данных установите курсор на соответствующую позицию с помощью'); gotoxy(4,3);
writelnCСтрелок "вверх" и "вниз" и нажмите ENTER.Для того чтобы исправить оши-');
gotoxy(4,4);
writeln('604Н0 введенное данное, подведите курсор и повторите ввод.');
```

```
gotoxy(3,3);  
write(  
' 1. РАСЧЕТНАЯ ПОГОННАЯ НАГРУЗКА, кг/см  
    gotoxy(3,4);  
    write(  
  
        gotoxy(3,5);  
        write(  
  
' _____ ) ;  
    gotoxy(3,6); write(  
  
        gotoxy(3,7);  
        write(  
' 2. РАСЧЕТНЫЙ ПРОЛЕТ, см  
    gotoxy(3,8);  
    write (  
  
        gotoxy(3,9);
```

```

        write(
' _____ ' ) ;
        gotoxy(3,10); write(
                                                    ');
        gotoxy(3,11);
        write(
' 3. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, кг/см^          ');
        gotoxy(3,12);
        write(
                                                    ');
End; procedure Ochno_Curs(xxx1,yyy1,xxx2,yyy2,col_okno:integer;fl:
                                                    char);
Begin
    VvodWindow(xxx1,yyy1,xxx2,yyy2,col_okno,0);
    begin
        if (yy1=6) and (fl='y') then
            begin
                gotoxy(1,1);
                write(aa[1]:12:1); end;
                if (yy1=10) and (fl='y') then
                    begin
                        gotoxy(1,1);
                        write(aaE2]:12:1); end;
                        if (yy1=14) and (fl='y') then begin
gotoxy(1,1); write(aaC33:12:1); end;
end; End;
        procedure raschet;
label 10,19,20,30; begin
    m:=q*l*l/8;

```

```

fl:=1/250; i:=0; 10: i:=i+1;
if i>23 then goto 19; sig:=m/c[i]/w[i]; if sig>r
then goto 10; f:=q*l*l*l*l/193536000/o;j [13; if f>fl
then goto 10; bb[13:=w[i3; 19: i:=0; 20: i:=i+1;
if i>60 then goto 30; si:=m/cl[i]/wlCil; if si>r then goto 20;
f2:=5/384*q/l.2*1*1*1*1/2100000/0j1[13; if f2>fl then goto 20;
bb[23:=wl[13; 30:exit; end;
    procedure prover(i:integer); begin
        {Si-}
        readln(aaCi3); III+}
        while ioresultoo do
            begin
                VvodWindow(20,2,60,2,3,0); gotoxy(5,1);
                write('надо целое число повторите ввод');
                ochno_curs(xxl,yy1,xxl+12,yy1,1,'n'); gotoxy(1,1); {Si-}
                readln(aaCi1); {Si+}
            end; end;
    procedure vvod_dan(num:integer); begin

```



```

        vvodwindow(20,2,60,2,3,0); gotoxy(15,1);
        write('введите данное ');
        ocno_curs(xxl,yyl,xxl+12,yyl,1,'n'); gotoxy(1,1);
if yyn=6 then prover(1); if yyn=10 then
prover(2); if yyn=14 then prover(3);
VvodWindow(20,2,60,2,1,0); for j:=1 to 40 do
begin
gotoxy(0,1); write('i');
end;
window(60,2,61,2); gotoxy(1,1);
write('i'); q:=aaC1; l:=aaC2;
r:=aa[31; end;
procedure dok; Begin
    new_Win(1,1,80,25,1);
    if n=0 then begin
        windl(18,8,62,15,5,0,'y',5);
        gotoxy(9,3);
        write('В документировании нет смысла:');
        gotoxy(5,4);
        write('          данных нет');
        gotoxy(5,5);
        write(' Если хотите получить пустой документ');
        gotoxy(6,6);
        write(' нажмите ENTER, если не нужен - ESC');
        repeat
            key:=readkey;
            if key=chr(27) then EXIT;

```

```

writeln(f4);
writeln(f4);
      writeln(f4, '                                РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА');
      writeln(f4,
' _____ ' ) ;
      writeln(f4, ' 1. БАЛКА ИЗ ДВУТАВРА ПО ГОСТ 8239-39 С W=
', ЪС1]:6:2, ' ');
      writeln(f4,
> _____').
      writeln(f4, ' 2. БАЛКА ИЗ ДВУТАВРА ПО ТУ 14-2-24-72 С W=
', ЪС23:6:2, ' ');
      writeln(f4,
' _____ ' ) ;
      close(f4);
      Windl(17,20,63,22,5,0, 'y',5);
      gotoxy(8,2);
      write('Документирование успешно завершено'); delay(2300);
End;

Procedure QUITTE;
Var Chlrchar; o,k:integer; flag.flag1:integer;
Begin
      n:=0;
      for i:=1 to 3 do if
      aa[i]<>0 then n:=n+1; {if
      n=0 then halt(1);>
      raschet;
      new_win(1,1,80,25,1);
      windl(26,4,56,6,5,0, 'y',1);
      gotoxy(12,2); write('РЕЗУЛЬТАТ
      ');
      windl(5,20,75,22,5,0, 'y',1);
      gotoxy(7,2);
      write('Для завершения работы нажмите ESC. Для документ-
      ирования F2. '); windl(3,11,77,15,5,0, 'y',1); textcolor(0);
      gotoxy(3,2);

```

```

        write(
            ' 1. БАЛКА ИЗ ДВУТАВРА ПО ГОСТ 8239-#Г С W=      ', ЪЫШ:12:2);
        gotoxy(3,3); write(
            '_____');
gotoxy(3,4); write( ' 2. БАЛКА ИЗ ДВУТАВРА ПО ТУ 14-2-24-72 С W=
', ЪЫС2]:12:2);
    repeat
        key:=readkey;
        if key=chr(60) then begin
            dok; Quite; exit; end;
            if key=chr(27) then
                begin
                    halt(1); end;
        until false; End;
begin
    textbackground(0);
    clrscr;
    assign(f3, 'dat1.txt');
    reset(f3);
    for i:=1 to 23 do
        read(f3, wCi]; for
        i:=1 to 23 do
            read(f3, c[i]); for
            i:=1 to 23 do
                read(f3, oo[i]); for
                i:=i to 60 do
                    read(f3, wLCi]); for
                    i:=1 to 60 do
                        read(f3, clCi3); for
                        i:=1 to 60 do

```

```

        read(f3,ojltil); close(f3); Nachalo;
textbackground(0); clrscr; Chapka;
        xxl:=64; yyn:=6;
for i:=1 to 3 do aaCi:=0; for i:=1 to 3 do
begin
ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,3,'y'); yyn:=yyn+4; end; yyn:=6; repeat
        ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,1,'y'); key:=readkey; case key of
chr(80):begin
        ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,3,' y'); if yyn<12 then begin
                yyn:=yyn+4; end
                else begin yyn:=6; end; end;
chr(72):begin
        ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,3,'y'); if yyn>6 then begin
                yyn:=yyn-4; end else

```

```

begin
  yyl:=14;
end;
end;
chr(13):vvod_dan(yyl);
Chr(27):QUITTE; end;
until false; End.

```

5.1.4. ПРИМЕР РАСЧЕТА

В качестве примера приняты исходные данные практического расчета, изложенного в главе 2 настоящего пособия.

Результаты расчета сохраняются в отдельном файле , наименование которого назначается пользователем и представляет собой две таблицы. Одна таблица-"Исходные данные", где приведены введенные величины. Другая таблица "Результаты расчета", состоит из двух величин, которые представляют собой моменты сопротивления сечений подобранных двутавров по ГОСТ 8239-SB^f и по ТУ 14-2-24-72.

В приведенных ниже таблицах даны результаты расчета.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

| | |
|---|--------|
| 1. ПОГОННАЯ НАГРУЗКА, кг/см | 25.2 |
| 2. РАСЧЕТНЫЙ ПРОЛЕТ, см | 600.0 |
| 3. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, кг/см [^] | 2450.0 |
| 1. БАЛКА ИЗ ДВУТАВРА ПО ГОСТ 8239-0 С W= | 472.00 |
| 2. БАЛКА ИЗ ДВУТАВРА ПО ТУ 14-2-24-72 С W= | 502.00 |

5.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАСЧЕТА СОСТАВНЫХ ДВУТАВРОВЫХ БАЛОК

5.2.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Программа предназначена для расчета стальных составных балок двутаврового сечения. Расчет заключается в подборе множеств вариантов сечений, начиная от минимальной высоты балки до высоты двух метров с заданным шагом изменения высоты балки. Для каждого варианта подбирается минимальное сечение с необходимыми проверками по прочности и жесткости. По результатам расчета можно выбрать необходимый вариант сечения. Сечение может быть принято оптимальное, заданной высоты или принято по наличию сортамента.

Для расчета необходимы следующие исходные данные: q

- погонная расчетная нагрузка в кг/см; l -

расчетный пролет балки в см;

R_{y1} - расчетное сопротивление стали балки на растяжение, сжатие и изгиб по пределу текучести, при толщине листа до 10 мм включительно, которое принимается по таблице 51[13 в зависимости от принятой марки стали в кг/см²; R_{y2} - то же при толщине листа от 11 до 20 мм* R_{y3} - то же при толщине листа более 20 мм; s - шаг изменения высоты балки в см.

5.2.2. БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА

Блок-схема разработана на основании методики расчета стальных составных, изложенной в главе 3 настоящего пособия. Обозначения приняты согласно приложению 9 [1]. Блок-схема представлена на фис. 5.2.

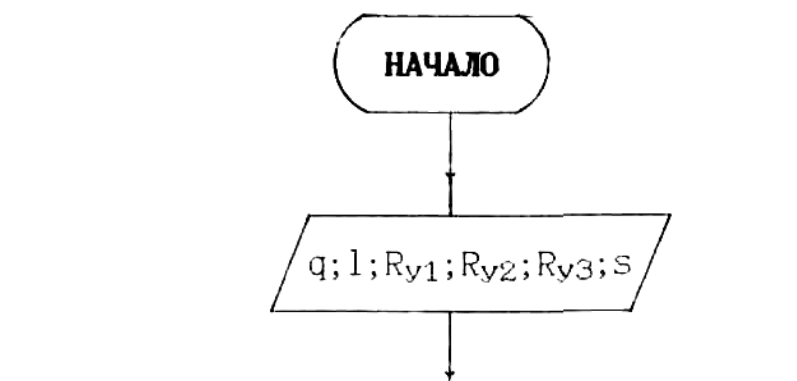
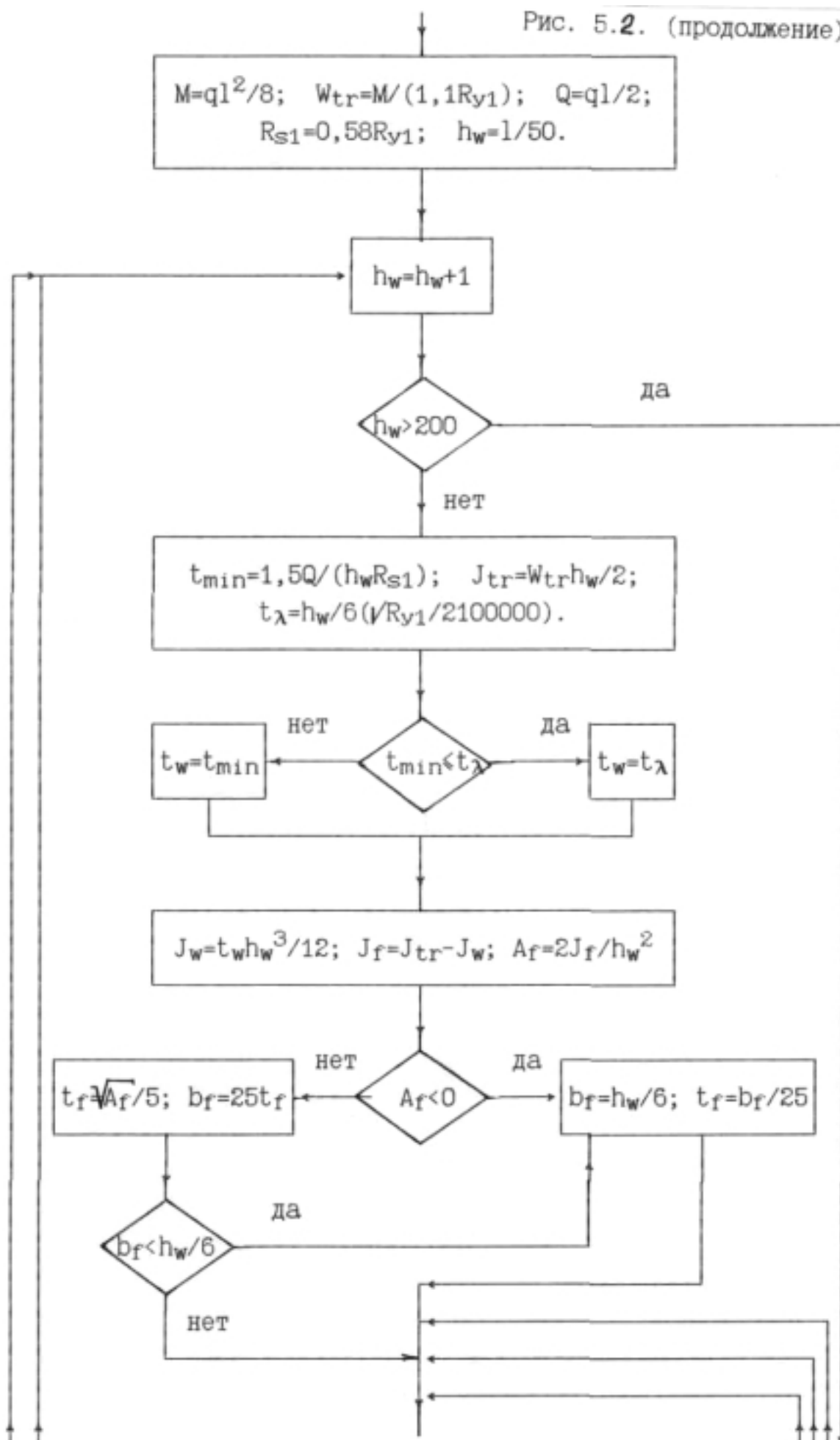
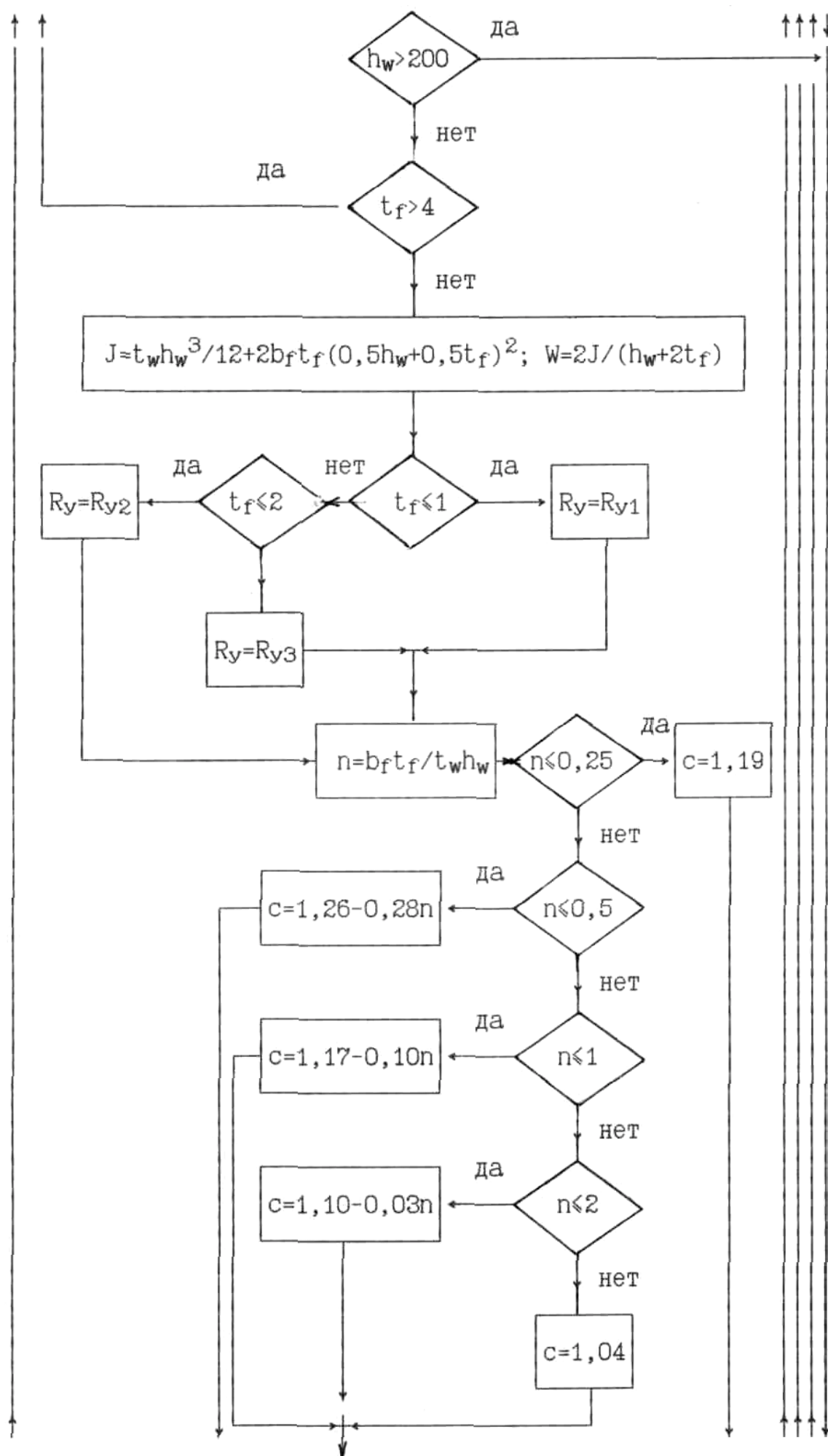
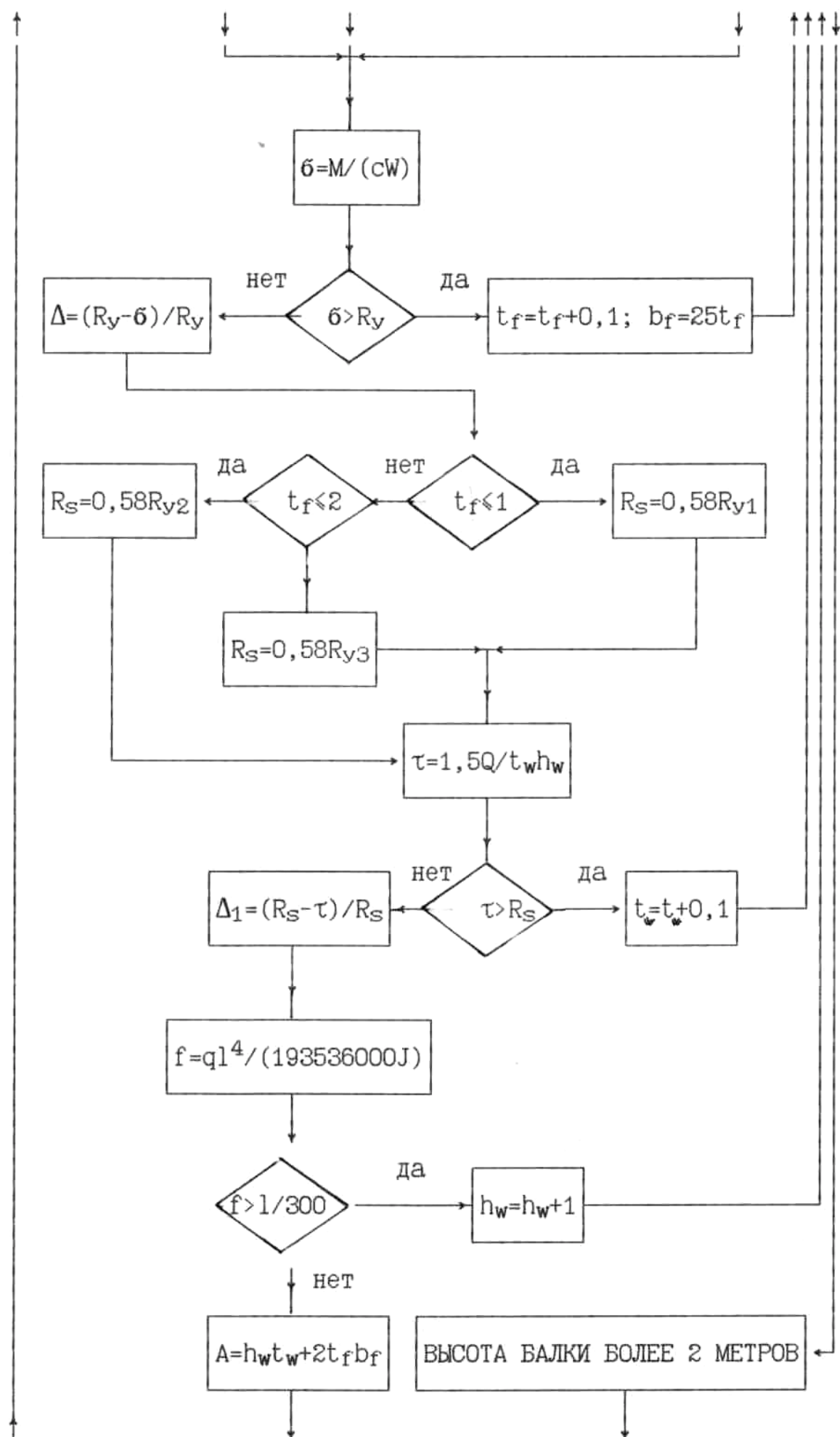


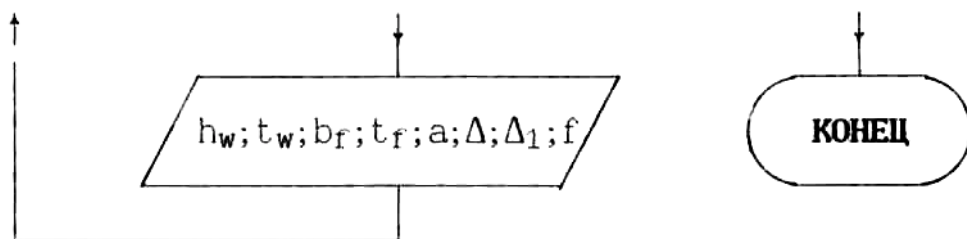
Рис. 5.2. Блок-схема алгоритма расчета
стальной составной балки

Рис. 5.2. (продолжение)









5.2.3. ТЕКСТ ПРОГРАММ "BALKA 2"

Программа предназначена для расчета стальных составных балок двутаврового сечения. Расчет заключается в подборе множеств вариантов сечений, начиная от минимальной высоты балки до высоты двух метров с заданным шагом изменения высоты балки. Для каждого варианта подбирается минимальное сечение с необходимыми проверками по прочности и жесткости. По результатам расчета можно выбрать необходимый вариант сечения. Сечение может быть принято оптимальное, заданной высоты или принято по наличию сортамента. Толщины принятых листов дискретны сортаменту. Программа написана на языке Паскаль.

Текст программы приведен ниже:

```

program uu; uses
crt, graph;

var  key:char;
     xxl, yyl:integer;
     i, j, n, fl:integer;
     q, l, ryl, ry2, ry3, s:real;
     f4:text;
     nom_f:string123;
     aa:array[1..6] of real;
     bb:array[1..150] of record
     hw, tw, bf, tf, a, del, dell, f:real;
     end;
procedure windl(xl, yl, x2, y2:integer; coif, coir:byte; ten:char; colt:
byte);
  
```

```

var i:integer; begin
  if ten='y' then BEGIN
    window(1,1,80,25); textbackground(0); textcolor(colt);
    gotoxy(xl+1,y2+1); for i:=(yl+1) to (y2+1) do begin
      gotoxy(x2+1,i); write('i'); end;
      for i:=(xl+1) to (x2+1) do begin
        gotoxy(i,y2+1); wrlte('l'); end; END;
    window(xl,yl,x2,y2); textbackground(colf); clrscr;
    textcolor(colr); gotoxy(2,1); write('|');
    for i:=3 to (x2-xl-1) do begin
      gotoxy(i,1); write ('-'); end;
      gotoxy(x2-xl,1); write Ci'); for i:=2 to (yf-yl) do
        begin
          gotoxy(2,i); write('l'); gotoxy(x2-xl,i);
          writeC '); end;

```

```

gotoxy(2,y2-yl+1);
write ('"•');
for i:=3 to (x2-xl-1) do
begin
gotoxy(i,y2-yl+1);
write ('=');
end;
gotoxy(x2-xl,y2-yl+1);
writer-'';
end;
procedure new_win(xl,yl,x2,y2,col_f:byte);
begin
window(1,1,80,25);
textbackground(0);
textcolor(0);
clrscr;
textbackground(col_f); for i:=yi
to y2 do for j:=(xl+1) to (x2-1)
do begin gotoxy(j,i);
write('i');
end;

END;
Procedure VvodWindow(xl,yl,x2,y2,col1,col2:byte);
Begin
Window(xl,yl,x2,y2);
TextColor(col2);
TextBackGround(col1); clrscr;
End;
procedure Nachalo;
Begin
new_win(1,1,80,25,1); windl(8,5,71,20,3,0,'y',3); gotoxy(7,3);
write('ПРОГРАММА ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ РАСЧЕТА СТАЛЬНЫХ СОСТАВНЫХ');

```

```

gotoxy(4,5); write('БАЛОК ДВУТАВРОВОГО СЕЧЕНИЯ.РАСЧЕТ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ПОДБОРЕ');
gotoxy(4,6); write('МНОЖЕСТВ ВАРИАНТОВ СЕЧЕНИЙ,НАЧИНАЯ ОТ МИНИМАЛЬНОЙ ВЫСОТЫ);
gotoxy(4,7); write('БАЛКИ ДО ВЫСОТЫ 2 МЕТРОВ С ЗАДАНЫМ ШАГОМ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫ-');
gotoxy(4,8); write('СОТЫ БАЛКИ.ДЛЯ КАЖДОГО ВАРИАНТА ПОДБИРАЕТСЯ МИНИМАЛЬНОЕ');
gotoxy(4,9); write('СЕЧЕНИЕ С НЕОБХОДИМОЙ ПРОВЕРКОЙ ПО ПРОЧНОСТИ И ЖЕСТКОСТИ);
gotoxy(4,10); write('ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАСЧЕТА МОЖНО ВЫБРАТЬ НЕОБХОДИМЫЙ ВАРИАНТ);
gotoxy(4,11); write('СЕЧЕНИЯ.СЕЧЕНИЕ МОЖЕТ БЫТЬ ПРИНЯТО ОПТИМАЛЬНОЕ,ЗАДАННОЙ');
gotoxy(4,12);
write('ВЫСОТЫ ИЛИ ПРИНЯТО ПО НАЛИЧИЮ СОРТАМЕНТА.ПРОГРАММА НАПИ');
gotoxy(4,13);
write('САНА НА ЯЗЫКЕ ПАСКАЛЬ В 1998 Г. ');
gotoxy(4,14);
write('      АВТОРЫ:   МАКАРОВ А.А., МАКАРОВА Н.А.    ');
repeat
key:=readkey; if
key=chr(27) then
begin
break;
end;
until false;
End;
Procedure Chapka;
Begin
new_win(1,1,80,25,1);
windl(2,19,78,24,3,0,'y',1);
GOTOXY(4,2);
write(' Для ввода данных установите курсор на соответствующую позицию с помо-');
gotoxy(4,3);
write('щью стрелок "вверх" и "вниз" и нажмите ENTER. Для того чтобы исправить');
```

```

gotoxy(4,4);
write('ошибочно введенное данноа подведите курсор и повторите
                                            ввод.');
```

```

gotoxy(4,5);
write('                                Для окончания ввода нажмите ESC. ');

windl(2,4,78,16,3,0,'y'л);
textcolor(0);
gotoxy(3,2);
    write(
' 1. РАВНОЖРНО-РАСПРЕДЕЛЕННАЯ НАГРУЗКА, кг/см                                ');
    gotoxy(3,3);
    write( •—————
—————. ).
    gotoxy(3,4);
    write(
' 2. ПРОЛЕТ БАЛКИ, см                                                                ');
    gotoxy(3,5);
    write( >—————
—————>);
    gotoxy(3,6);
    write(
' 3. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, t<=10мм, кг/см*"                                ');
    gotoxy(3,7); write(
' _____ ' );
    gotoxy(3,8);
    write( ' 4. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, 10<t<=20 мм,
кг/см^          ');
    gotoxy(3,9);
    write(
' _____ ' );
    gotoxy(3,10);
    write( ' 5. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, t>20 мм, кг
/см*          ');
    gotoxy(3,11);
    write(
' _____ ');
```


end;

End;

```
procedure raschet(var flag,flagl.zz:integer); var
m,ql,wtr,rsl,rs2,rs3,rs,hw,tw,bf,tf,tmin,tl,itr:real;
iw,ip,f,af,afdel,dell,oi,wot,cfsig,sf,tau,ry:real; label
10,20,1000; begin  zz:=1; m:=q*1*1/8;
    ql:=q*1/2; wtr:=m/ry1/1.1; rsl:=0.58*ry1; hw:=1/50;
10: hw:=hw+S;
    if hw>200 then goto 1000;
    tmin:=1.5*ql/hw/rsl;
    tl:=hw/6*sqrt(ry1/2100000); itr:=wtr*hw/2;
    if tmin<=tl then tw:=(int(tl*10+1))/10 else
                                                tw:=(int(tmin*10+1))/10;
    iw:=tw*hw*hw*hw/12; ip:=itr-iw; af:=2*ip/hw/hw; if
    af<0 then
        begin
            bf:=int(hw/6);tf:=(int(bf/25*10+1))/10; goto 20
        end;
    tf:=(int(sqrt(af)/5*10+1))/10;
    bf:=int(25*tf); if bf<hw/6 then
        begin
            bf:=int(hw/6); tf:=(int(bf/25*10+1))/10
        end;
20: if hw>200 then goto 1000;
    if tf>4 then goto 10;
    oi:=tw*hw*hw*hw/12+2*bf*tf*(0.5*hw+0.5*tf)*(0.5*hw+0.5*tf);
    w:=2*oi/(hw+2*tf); if tf<=1 then ry:=ry1
        else if tf<=2 then ry:=ry2
            else ry:=ry3;
    ot:=bf*tf/hw/tw; if ot<=0.25 then
    c:=1.19;
    if (ot>0.25) and (ot<=0.5) then c:=1.26-0.28*ot; if
    (ot>0.5) and (ot<=1) then c:=1.17-0.1*ot;
```

```

if (ot>1) and (ot<=2) then c:=1.1-0.03*ot; if ot>2 then
c:=1.04; sig:=m/w/c; if sig>ry then
    begin
        tf:=tf+0.1; bf:=25*tf; goto 20 end
    else del:=(ry-sig)/ry*100; if tw<=1 then
rs:=0.58*ry1
    else if tw<=2 then rs:=0.58*ry2
        else rs:=0.58*ry3;
sf:=bf*tf*(0.5*hw+0.5*tf)+tw*hw*hw/8;
tau:=1.5*ql/hw/tw; if tau>rs then
    begin
        tw:=tw+0.1; goto 20 end
    else dell:=(rs-tau)/rs*100; f:=q*1*1*1*1/193536000/oi;
if f>(1/300) then begin
        hw:=hw+1; goto 20 end;
a:=hw*tw+2*tf*bf; bbEzz1.hw:=hw;
bbCzz].tw:=tw; bbCzz].bf:=bf;
bbEzz].tf:=tf; bbCzz1 .a:=a;
bbEzz3.del:=del;
bb[zz].dell:=dell; bbCzz].tw:=tw;
bbCzz].f:=f; zz:=zz+1; goto 10;
1000:begin zz:=zz-1; exit; end; end;
procedure prover(i:integer);

```

begin

III->

геасПп(aaIII);

III+>

while ioresulto0 do begin

VvodWindow(20,2,60,2,3,0); gotoxy(5,1);

write('надо целое число,повторите ввод');

osno_curs(xxl,yyl,xxl+12,yyl, 1,' n'); gotoxy(1,1);

III->

readln(aa[i]);

-C\$!+>

end;

end;

procedure vvod_dan(num:integer);

begin

VvodWindow(20,2,60,2,3,0); gotoxy(15,1); write('введите
данное '); osno_curs(xxl,yyl,xxl+12,yyl,1,'n');
gotoxy(1,1);

if yyl=5 then prover(1); if yyl=7 then
prover(2); if yyl=9 then prover(3); if yyl=11
then prover(4); if yyl=13 then prover(5); if
yyl=15 then prover(6);

VvodWindow(20,2,60,2,1,0); for o:=1 to 40 do

begin

gotoxy(jM); write('!'); end;

window(60,2,61,2); gotoxy(1,1);

```

    write('i');
q:=aaEl];
    l:=aaC2];
    ry1:=aaC3];
    ry2:=aaC4];
    ry3:=aa[53;
    s:=aaC6]; end;
    procedure chapca; begin
windl(2,4,78,6,3,0,'n',3); textcolor(0); gotoxy(3,2); write( '
Hw      Tw      Bf      Tf      A      DET      DET1      F ');
    end;
    procedure dok;
Begin
        new_Win(1,1,80,25,1);
        if n=0 then
begin
        windl(20,10,60,15,3,0,'yM);
        gotoxy(1,1);
        write(' В документировании нет смысла:');
        gotoxy(1,2);
        write C'          данных нет');
        gotoxy(1,4);
        write(' Если хотите получить пустой документ');
        gotoxy(1,5);
        write(' нажмите ENTER,если не нужен - ESC');
        repeat
        key:=readkey;
        if key=chr(27) then EXIT;
        if key=chr(13) then break;
        until false;
    end;
        new_Win(1,1,80,25,1);
        windl(29,6,50,10,3,0,'y',1);

```

[illegible]

```

>----->;

    writeln(f4, ' 5. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ
СТАЖ, t>20 мм, кг/см:2
',aa[51:7:1,' ']);

    writeln(f4, '-----
-----');
    writeln(f4,
' 6. IIIAГ, см',aaCб]:7:1,' ');
    writeln(f4,
'-----');
    writeln(f4); writeln(f4);
    writeln(f4,' РЕЗУЛЬТАТ');
    writeln(f4,
'-----');
    writeln(f4, ' Hw Tw I Bf Tf A DET DET1 F
');
    writeln(f4,
'-----');
    for i:=1 to n do begin writeln(f4, ' ',bb[i].Hw:6:1,'
',bbCi].Tw:6:1,'I',bbCi].
Bf:6:1,'r',bb[i].Tf:6:1
, ' ',bbCi].A:6:1,' ',bb[i].DE1:6:1,'
',bb[i].DE11:6:1,'
',bbCi].F:6:1,' '); end;
    writeln(f4,
'-----');
    close(f4);
    Windl(17,20,63,22,3,0,'y',1);
    gotoxy(8,2);
    write('Документирование успешно завершено');
    delay(2300); End;
    Procedure QUIT;
    Var Chlrchar; o,k:integer; flag,flagl:integer; Begin
        fl:=0;

```

```

for i:=1 to 6 do
if aaIII=0 then fl:=fl+1;
if flod then halt(1);
raschet(flag,flagl,n);
if (flag=0) or (flagl=0) then
begin
new_win(lf1,80,25,1);
windl(10,10,70,15,3,0,'y',1);
textcolor(14); GOTOXY(3,3);
if flagO then write('Вбита балки более 2 метров'); if flagl=0
then write ('Толщина полки более 40 мм ');

windl(2,20,78,25,3,0f'n',1);
textcolor(14);
GOTOXY(10,3);
write('Для завершения работы нажмите ESC. ');
repeat
if key=chr(27) then
begin halt(1); end; until false;
end;
0:=1; k:=1; new_win(1,1,80,25,1); windl(2,20,78,23,3,0,'y',1);
textcolor(14); GOTOXY(6,2); write('Стрелка "вниз" - следующая
страница, "вверх" -
предыдущая страница. ');
gotoxy(6,3);
writelnC Для завершения работы нажмите ESC. Для док-
ументирования F2. '); clrscr;
if n>=10 then begin
for i:=1 to 10 do

```

```

begin
  with bbCi] do
    begin
      vvodwindow(2,(6+i),78,(6+i),3,0);
      gotoxy(1,1);
      writeC '|',Hw:8:1,'|',Tw:8:1,'|',Bf:8:1,'|',
      Tf:8:1,' ',A:9:1,'|',DE1:9:1,' ',DE11:8:1,'
      \F:8:1,' ');
    end;
  end;
  vvodwindow(2,(7+i),78,(7+i),3,0);
  gotoxy(1,1); write(
, ----->);
end;
if n<10 then
  begin
    for i:=1 to n do begin
      with bbEi] do
        begin
          vvodwindow(2,(6+i),78,(6+i),3,0);
          gotoxy(1,1);
          write(' '|',Hw:8:1,'|',Tw:8:1,'|',Bf:8:1,'rf
          Tf:8:1,' ',1:9:1,' ',DE1:9:1,' ',DE11:8:1/
          *,F:8:1,' ');
        end; end;

    for i:=n+1 to 10 do begin
      vvodwindow(2,(6+i),78,(6+i),3,0);

      writeC I                                     ' +
          1                                     ');
    end;

    vvodwindow(2,(7+i),78,(7+i),3,0);
    gotoxy(1,1);

```



```

write(
end;

repeat
    key:=readkey;
    if (key=chr(80)) and (bbC10*o].Hw<>0) then begin
        clrscr;
        o:=o+1;

        if n>10*o then
            for i:=(10*(o-1)+1) to 10*o do
                begin
                    with bbEi] do
                        begin
                            vvodwindow(2,(6+k),78,(6+k),3,0); gotoxy(1,1);
                            writeC '|',Hw:8:1,'|',Tw:8:1,'|',Bf:8:1,'|',
                                Tf:8:1,' ',1:9:1,' ',DE1:9:1,' ',DE11:8:1,'
                                \F:8:1,' ');
                        end;
                        k:=k+1;
                    end;
                end;
            if n<=10*o then
                begin
                    for i:=(10*(o-1)+1) to n do
                        begin
                            with bbCi] do
                                begin
                                    vvodwindow(E,(6+k),78,(6+k),3,0);
                                    gotoxy(1,1);
                                    write(' I'.HwiSil.'IMwiSii.'l'.Bfie:!, '!',
                                        Tf:8:1,' ',1:9:1,' ',DE1:9:1,' ',DE11:8:1,'
                                        \F:8:1,' ');
                                end;
                                k:=k+1;
                            end;
                        for i:=n+1 to 10*o do
                            begin

```

```

vvodwindow(2,(6+k),78,(6+k),3,0);
gotoxy(1,1);
writeC                                     ' +
                                     I    >);
                                     k:=k+1;
                                     end; end; k:=1; end;
if (key=chr(72)) and (o>1)then begin
o:=o-1;
clrscr;
if n>10*o then
for i:=(10*(o-1)+1) to 10*o do begin
with bbEi] do begin
vvodwindow(2,(6+k),78,(6+k),3,0);
gotoxy(1,1);
writeC |',Hw:8:1,'|',Tw:8:1,'|',Bf:8:1,' ',
Tf:8:1,' ',1:9:1,' ',DE1:9:1,' ',DE11:8:1,'
',F:8:1,' ');
end; k:=k+1;
end;

if n<=10*o then
begin
for i:=(10*(o-1)+1) to n do
begin
with bbEi] do begin
vvodwindow(2,(6+k),78,(6+k),3,0); gotoxy(1,1);
writeC |',Hw:8:1,'|',Tw:8:1,'|',Bf:8:1,'|',
Tf:8:1,' ',1:9:1,' ',DE1:9:1,' ',DE11:8:1,'
',F:8:1,' ');
end; k:=k+1;

```

```

end;
for i:=n+1 to 10*o do
begin

    vvodwindow(2,(6+k),78,(6+k),3,0);
    gotoxy(1,1);
write('                                ' +
                                I    >);

    R:=k+1; end; end; k:=1; end;
    vvodwindow(2,17,78,17,3,0);
    gotoxy(1,1); write(
' _____ ');

    if key=chr(60) then begin
    dok; Quite; exit; end;
        if key=chr(£7) then
            begin
                halt(1); end;

        until false; End;
begin
textbackground(0);
clrscr; Nachalo;
textbackground(0);
*
clrscr;
Chapka;
    xxl:=64;
    yyn:=5;

```

```

for i:=1 to 6 do aaCil:=0; for i:=1 to 6 do
begin
ocno_curs(xxl,yyl,xxl+12,yyl,3,'y'); yyn:=yyl+2; end; yyn:=5; repeat
  ocno_curs(xxl,yyl,xxl+12,yyl,1,'y'); key:=readkey; case key of
chr(80):begin
  ocno_curs(xxl,yyl,xxl+12,yyl,3,'y'); if yyn<15 then begin
    yyn:=yyl+2; end
    else begin yyn:=5; end; end;
chr(72):begin
  ocno_curs(xxl,yyl,xxl+12,yyl,3,'y'); if yyn>5 then begin
    yyn:=yyl-2; end else begin yyn:=15; end; end;
chr(13):vvod_dan(yyl); Chr(27):QUITTE; end; until
false;

```

```

End.
        end
        else begin
        yyn:=5; end; end;

chr(72):begin
        ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,5,'y');

        if yyn>5 then
        begin
        yyn:=yyn-2;
        end
        else
        begin
        yyn:=15;

        end;
        end;

chr(13):vvod_dan(yyn);
chr(27):QUIT;
end;
until false;      «

end.

```

5.2.4. ПРИМЕР РАСЧЕТА

В качестве примера приняты исходные данные практического расчета, изложенного в главе 3 настоящего пособия.

Результаты расчета сохраняются в отдельном файле, наименование которого назначается пользователем и представляет собой две таблицы. Одна таблица-"Исходные данные", где приведены введенные величины. Другая таблица "Результаты расчета" состоит из следующих восьми столбцов:

Нw - высота стенки балки в см; Tw - толщина стенки балки в см; Bf - ширина поясов в см; Tf - толщина поясов в см; A - площадь сечения балки в см²; DET - недонапряжение по нормальным напряжениям в %; DET1 - недонапряжение по касательным напряжениям в %; F - значение прогиба в см. В приведенных ниже таблицах приведены результаты расчета.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

| | |
|--|--------|
| 1. РАВНОМЕРНО- РАСПРЕДЕЛЕННАЯ НАГРУЗКА, кг/см | 154.3 |
| 2. ПРОЛЕТ БАЛКИ, см | 1200.0 |
| 3. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, $t \leq 10$ мм, кг/см ² | 2350.0 |
| 4. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, $10 < t \leq 20$ мм, кг/см ² | 2350.0 |
| 5. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, $t > 20$ мм, кг/см ² | 2350.0 |
| 6. ШАГ, см | 5.0 |

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

| Нw | Tw | Bf | Tf | A | DET | DET1 | F |
|-------|-----|-------|-----|-------|------|------|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 53.0 | 2.4 | 100.0 | 4.0 | 927.2 | 49.0 | 46.6 | 2.9 |
| 77.0 | 1.2 | 70.0 | 2.8 | 484.4 | 29.9 | 26.5 | 3.0 |
| 90.0 | 0.9 | 60.0 | 2.4 | 369.0 | 19.5 | 16.1 | 3.0 |
| 98.0 | 0.8 | 55.0 | 2.2 | 320.4 | 14.0 | 13.4 | 3.0 |
| 107.0 | 0.7 | 50.0 | 2.0 | 274.9 | 6.1 | 9.3 | 3.0 |
| 113.0 | 0.7 | 47.0 | 1.9 | 257.7 | 3.3 | 14.1 | 2.9 |
| 118.0 | 0.7 | 45.0 | 1.8 | 244.6 | 0.8 | 17.8 | 2.9 |
| 123.0 | 0.7 | 45.0 | 1.8 | 248.1 | 5.4 | 21.1 | 2.7 |
| 128.0 | 0.8 | 42.0 | 1.7 | 245.2 | 4.7 | 33.7 | 2.7 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------|---------|------|---------|-------|----------|------|---------|
| 133.0 | 0.8 0.8 | 40.0 | 1.6 1.6 | 234.4 | 0.7 5.9 | 36.2 | 2.7 2.5 |
| 138.0 | 0.8 0.9 | 40.0 | 1.5 1.5 | 238.4 | 0.5 9.3 | 38.5 | 2.6 2.3 |
| 143.0 | 0.9 0.9 | 37.0 | 1.4 1.4 | 225.4 | 6.9 | 40.6 | 2.3 2.2 |
| 148.0 | 1.0 1.0 | 37.0 | 1.3 1.2 | 244.2 | 10.8 | 49.0 | 2.2 2.2 |
| 153.0 | 1.0 1.0 | 35.0 | 1.2 1.2 | 235.7 | 10.1 7.1 | 50.7 | 2.0 1.9 |
| 158.0 | 1.1 1.1 | 35.0 | 1.3 1.3 | 240.2 | 10.9 | 52.2 | 1.6 1.5 |
| 163.0 | 1.1 1.2 | 32.0 | 1.3 1.4 | 246.2 | 14.5 | 58.3 | 1.4 1.2 |
| 168.0 | | 30.0 | | 240.0 | 24.7 | 59.6 | |
| 173.0 | | 30.0 | | 245.0 | 28.9 | 60.7 | |
| 178.0 | | 30.0 | | 250.0 | 32.7 | 61.8 | |
| 183.0 | | 30.0 | | 279.3 | 41.2 | 66.3 | |
| 188.0 | | 31.0 | | 287.4 | | 67.2 | |
| 193.0 | | 32.0 | | 295.5 | | 68.0 | |
| 198.0 | | 33.0 | | 330.0 | | 71.4 | |

5.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СОСТАВНОЙ ДВУТАВРОВОЙ БАЛКИ

5.3.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Программа предназначена для определения несущей способности стальных составных балок двутаврового сечения. Расчет заключается в определении максимальной расчетной погонной нагрузки по нормальным и касательным напряжениям, а также по жесткости балки. Из определенных трех нагрузок выбирается минимальная, которая и будет определять несущую способность балки.

Для расчета необходимы следующие исходные данные:

h_w - высота стенки балки в см;

t_w - толщина стенки балки в см;

b_f - ширина поясов балки в см;

t_f - толщина поясов балки в см; l -

расчетный пролет балки в см;

ρ_0 - обратная величина относительного прогиба;

T_f - коэффициент надежности по нагрузке;

R_y - расчетное сопротивление стали в кг/см²*

5.3.2. БЛОК-СХЕМА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА

Блок-схема разработана на основании методики расчета стальных составных балок, изложенной в главе 3 настоящего пособия. Обозначения приняты согласно приложению 9 [1]. Блок-схема представлена на рис. 5.3.

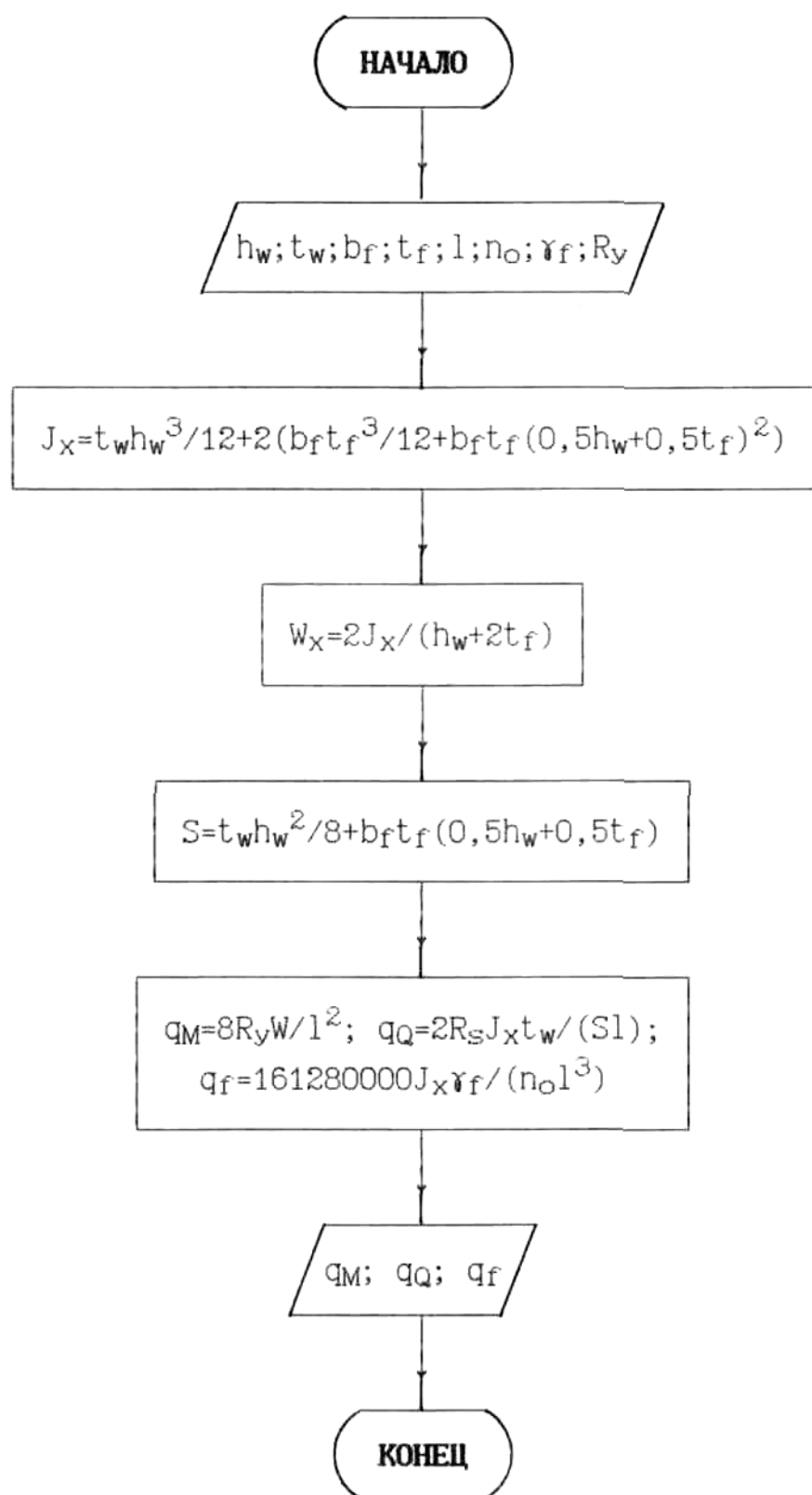


Рис. 5.3. Блок-схема алгоритма расчета несущей способности составных балок

5.3.3. ТЕКСТ ПРОГРАММЫ "BALKA 3"

```
program uu; uses
crt,graph;
type
pr«array[1..30] of real;
var
hw,tw,bf,tf,l,no,yf,ry:real;
rs,ix,w,qm,s,qq,qf:real;
i, j:integer;
fl,f2:text;
nom_f:string[123;
      key:char;
xxl,xx2,yy1,yy2:integer;
zz,fl,n:integer; aa:array[1..8] of
real; bb:array[1..33] of real;

procedure windl(xl,y1,x2,y2:integer;coif,coir:byte;ten:char;colt:
                                                    byte);
var i:integer; begin
  if ten='y' then BEGIN
    window(1,1,80,25);
    textbackground(0); textcolor(colt);
    gotoxy(xl+1,y2+1); for i:=(y1+1) to
(y2+1) do begin
      gotoxy(x2+1,i);
      write('i'); end;
      for i:=(xl+1) to (x2+1) do begin
        gotoxy(i,y2+1);
        write('•'); end;
      END;
    window(xl,y1,x2,y2); textbackground(coIf);
    clrscr;
    textcolor(colr); gotoxy(2,1); write C|r');
    for i:=4 to (x2-xl-1) do begin
      gotoxy(i,1); write ('-'); end;
      gotoxy(x2-xl,1); write('ii'); for i:=2 to (y2-y1) do begin
        gotoxy(2,i); writeCT); gotoxy(x2-xl,i); writer!!'); end;
        gotoxy(2,y2-y1+1); write ('"•');
        for i:=3 to (x2-xl-1) do begin
          gotoxy(i,y2-y1+1); write ('='); end;
          gotoxy(x2-xl,y2-y1+1); write('•"');
```

```

end;
procedure new_win(x1,y1,x2,y2,col_f:byte); begin
  window(1,1,80,25);
  textbackground(0);
  textcolor(0);
  clrscr;
  textbackground(col_f); for i:=y1 to y2 do
    for ;h=U1H) to (x2-i) do
      begin
gotoxyQ" Д);
writед'); end;
END;

        Procedure VvodWindow(x1,y1,x2,y2,coll,colf:byte);
Begin
Window(x1,y1,x2,y2);
TextColor(col2);
TextBackQround(coll);
clrscr; End;

        procedure Nachalo;
Begin
new_win(1,1,80,25,1);
windl(8,6,71,20,3,0,'y',3);
gotoxy(7,3); write('ПРОГРАММА ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
НЕСУЩЕЙ СПОСОБ- ');
gotoxy(4,4); writeСНОCrра СТАЛЬНОЙ СОСТАВНОЙ БАЛКИ ДВУТАВРОВОГО
СИММЕТРИЧНОГО);
gotoxy(4,5); write Г СЕЧЕНИЯ, СОСТОЯЩЕГО ИЗ ТРЕХ ЛИСТОВ. В
РЕЗУЛЬТАТЕ РАСЧЕТА');
gotoxy(4,6); write('ОПРЕДЕЛЯЮТСЯ ТРИ МАКСИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЯ
РАВНОМЕРНО'РАСПРЕ');
gotoxy(4,7);
write('ДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКИ:

');

;
gotoxy(4,8);
writeС - ПО МАКСИМАЛЬНЫМ НОРМАЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ;

');

;
gotoxy(4,9);
writeС - ПО МАКСИМАЛЬНЫМ КАСАТЕЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ;

```

')

;

gotoxy(4,10);

writer - ПО МАКСИМАЛЬНОМУ ПРОГИБУ БАЛКИ.

')

;

gotoxy(4,11); write('НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ РАВНА МИНИМАЛЬНОМУ ИЗ ТРЕХ
НАЙДЕННЫХ');

gotoxy(4,12); write('ЗНАЧЕНИЙ. ПРОГРАММА НАПИСАНА НА ЯЗЫКЕ ПАСКАЛЬ
В 1998 г.');

```

gotoxy(4,13);
write('    АВТОРЫ:    МАКАРОВ А.А., МАКАРОВА Н.А.    '); repeat
    key:=readkey; if
    key=chr(27) then
        begin
            break;
        end;
    until false;
End;
Procedure Chapka;
Begin
    new_win(1,1,80,25,1);
    Windl(2,20,78,25,3,0,'y',1);
    GOTOXY(3,2);
    write(' Для ввода данных установите курсор на соответ-
    ствующую позицию с помощью'); GOTOXY(3,3);
    write('стрелок "вверх" и "вниз" и нажмите ENTER. Для
    того чтобы исправить оши-');
    GOTOXY(3,4);
    write('бочно введенное данное, подведите курсор и повто-
    рите ввод. '); GOTOXY(3,5);
    write('    Для окончания ввода нажмите ESC. ');
    windl(2,2,78,18,3,0,'y',1); textcolor(0); gotoxy(3,2);
    write(
' 1. ЗНАЧЕНИЕ ВЫСОТЫ СТЕНКИ БАЛКИ В СМ                                ');
        gotoxy(3,3);
        write(
' _____ ');
        gotoxy(3,4); write(
' 2. ЗНАЧЕНИЕ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ БАЛКИ В СМ                                ');
        gotoxy(3,5);
        write(

```

```

' _____ ' ) ;
    gotoxy(3,6);
    write(
'      3.      ЗНАЧЕНИЕ      ШИРИНЫ      ПОЯСА      БАЛКИ      В      СМ
'                                                    ' )
;
    gotoxy(3,7);
    write(
_____> ) .

    gotoxy(3,8);
    write(
'      4.      ЗНАЧЕНИЕ      ТОЛЩИНЫ      ПОЯСА      БАЛКИ      В      СМ
'                                                    ' )
;
    gotoxy(3,9);
    write( ' _____
_____ ' ) ;
    gotoxy(3,10);
    write(
'      5.      ЗНАЧЕНИЕ      ПРОЛЕТА      БАЛКИ      В      СМ
'                                                    ' )
;
    gotoxy(3,11);
    write( ' _____
_____ ' ) ;
    gotoxy(3,12);
    write(
'      6.      ОБРАТНАЯ      ВЕЛИЧИНА      ДОПУСТИМОГО      ПРОГИБА
'                                                    ' )
;
    gotoxy(3,13);
    write( ' _____
_____ ' ) ;
    gotoxy(3,14);
    write(
'      7.      КОЭФФИЦИЕНТ      НАДЕЖНОСТИ      ПО      НАГРУЗКЕ
'                                                    ' )
;
    gotoxy(3,15);
    write( ' _____

```


Begin

```
VvodWindow(xxx1,yyy1,xxx2,yyy2,col_okno,0);
```

begin

```
if (yyl=3) and (fl='y') then
```

```
begin
```

```
gotoxyd,!);
```

```
write (aaIII: 12:1);
```

```
end;
```

```
if (yyl=5) and (fl='y') then
```

```
begin
```

```
gotoxy(1,1);
```

```
write(aa[2]:12:1);
```

```
end;
```

```
if (yyl=7) and (fl='y') then
```

```
begin
```

```
gotoxyd,!);
```

```
write(aaC3]:12:1);
```

```
end; if (yyl=9) and (fl='y')
```

```
then
```

```
begin
```

```
gotoxy(1,1);
```

```
write(aaC4]:!f:!);
```

```
end;
```

```
if (yyl=11) and (fb'y') then
```

```
begin
```

```
gotoxy(1,1);
```

```
write(aa[53]:12:1);
```

```
end;
```

```
if (yyl=13) and (fl='y') then
```

```
begin
```

```
gotoxy(1,1);
```

```
wrlte(aaC6]:12:1);
```

```
end;
```

```
if (yyl=15) and (fl='y') then
```

```
begin
```

```
gotoxy(l_f1);
```

```
write(aa[?]:12:1);
```

```
end;
```



```

        if (yyl=17) and (fl='y') then
        begin gotoxy(1,1);
write(aa[8]:12:1); end; end;
End;

```

```

    procedure raschet;
begin
    rs:=ry*0.58;
    ix:=tw*hw*hw*hw/12+2*(bf*tf*tf*tf/12+bf*tf*(0.5*hw+0.5*tf)*
                                                                    (0.5*hw+0.5*tf));

    w:=ix/(0.5*hw+tf);
s:=tw*hw*hw/8+bf*tf*(0.5*hw+0.5*tf);
qm:=8*ry*w/(1*1); qq:=2*rs*ix*tw/s/1;
qf:=161280000*ix*yf/no/(1*1*1); bb[13:=qm;
bbC2]:=qq; bbC33:=qf; end;

```

```

    procedure prover(i:integer);
begin
    <Si->
    readln(aa[i]);
    {Si+>
    while ioresulto0 do
        begin
            VvodWindow(20,1,60,1,3,0);
            gotoxy(5,1);
            write('надо целое число повторите ввод');
            ocno_curs(xxl,yyl,xxl+12,yyl,1,'n');
            gotoxy(1,1);
            III->
            readln(aaEi]);
            {Si+>

```

```

    END;
window(x1,y1,x2,y2);
textbackground(coIf);
clrscr;
textcolor(colr);
gotoxy(2,1); write
('r');
for i:=3 to (x2-x1-1) do
begin
gotoxy(i,1);
write ('-');
end;
gotoxy(x2-x1,1); write('-j'); for
i:=2 to (y2-y1) do begin
                                gotoxy(2,i);
                                writecp;
                                gotoxy(x2-x1 1);
                                write('|'); end;      " gotoxy(2,y2-
y1+1);
write ('••');
for i:=3 to (x2-x1-1) do
begin
gotoxy(i,y2-y1+1);
write ('=');
end;
gotoxy(x2-x1,y2-y1+1);
write('J');
end;
procedure new_win(x1_f y1,x2,y2,col_f:byte);
begin
window(1,1,80,25);
textbackground(0);
textcolor(0);
clrscr;
textbackground(col_f);
for i:=y1 to y2 do

```

end;

end;

```
procedure vvod_dan(num:integer);
begin
    YvodWindow(20,1,60,1,3,0);
    gotoxy(15,1); write('ВВЕДИТЕ ДАННОЕ
    ');
    ocno_curs(xxl,yy1,xxl+12,yy1,1,'n');
    gotoxy(1,1);
    if yy1=3 then prover(1); if yy1=5
    then prover(2); if yy1=7 then
    prover(3); if yy1=9 then prover(4);
    if yy1=11 then prover(5); if yy1=13
    then prover(6); if yy1=15 then
    prover(7); if yy1=17 then
    prover(8);
    VvodWindow(20,1,60,1,1,0); for j:=1
    to 40 do begin
        gotoxyQ,!);
        write('i');
    end;
    window(60,1,61,1);
    gotoxy(1,1);
    write('i'); hw:=aa[1];
    tw:=aaC21; bf:=aaC3];
    tf:=aa[4]; l:=aa[53];
    no:=aaC61; yf:=aaC71;
    ry:=aa[81; n:=1; end;
```

```

procedure dok;
Begin
    if n=Q then begin
new_Win(1,1,80,25,1);
        windl(18,8,62,15,3,0,'y',3);
        gotoxy(9,3);
        write('В документировании нет смысла:');
        gotoxy(5,4);
        write('          данных нет');

        gotoxy(5,5);
        write(' Если хотите получить пустой документ');
        gotoxy(6,6);
        write(' нажмите ENTER,если не нужен - ESC');

        repeat
            key:=readkey;
            if key=chr(27) then EXIT;
            if key=chr(13) then break;
            until false; end;

new_Win(1,1,80,25,1);
        windl(29,6,50,10,3,0,'y',5);

        gotoxy(3,3);
        wrlte(' ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ');
        Windl(15,13,65,17,3,0,'y',5);
        Windl(15,13,65,17,3,0,'y',5);
        gotoxy(4,2);
        writeC    Введите имя документа, в котором хотите);
        gotoxy(4,3);
        write(' сохранить результат (длина имени с расши-');
        gotoxy(4,4);
        write(' рением не более 12 символов)');
        vvodwindow(49,16,61,16,7,0);
        gotoxy(1,1);

```

```

        readln(nom_f);
        vvodwindow(49,16,61,16,7,0);
        gotoxy(1,1); write(nom_f);
        assign(f2,nom_f); rewrite(f2);
writeln(f2,'                                ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ');
writeln(f2,
'_____ ' );

        writeln(f2_f ' 1. ЗНАЧЕНИЕ ВЫСОТЫ СТЕНКИ БАЛКИ В СМ
',aaC1]:10:1,' ');

        writeln(f2, '_____
_____ ' );

        writeln(f2, ' 2. ЗНАЧЕНИЕ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ БАЛКИ В СМ
',aaC2]:10:1,' ');

        writeln(f2,
'_____ ' );

        writeln(f2, ' 3. ЗНАЧЕНИЕ ШИРИНЫ ПОЯСА БАЛКИ В СМ
',aaC3]:10:1,' ');

        writeln(f2,
'_____ ');

        writeln(f2, ' 4. ЗНАЧЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОЯСА БАЛКИ В СМ
',aaIII :10:1/ ');

        writeln(f2,
'_____ ');

        writeln(f2,
' 5. ЗНАЧЕНИЕ ПРОЛЕТА БАЛКИ В СМ                                ',aaC5]:10:1,' ');

        wrlteln(f2,
'_____ ' );

        writeln(f2,

```

```

' 6. ОБРАТНАЯ ВЕЛИЧИНА ДОПУСТИМОГО ПРОГИБА      ',aaСб]:10:1,' ');

        writeln(f2, ' _____
_____ ');
        writeln(f2, ' 7. КОЭФФИЦИЕНТ НАДЕЖНОСТИ ПО НАГРУЗКЕ
',aa[73:10:1,' ');

        writeln(f2, ' _____
_____ ');
        writeln(f2, ' 8. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ В КГ/СМ2
',aa[81:10:1,' ');

        writeln(f2, ' _____
_____ ');

        writeln(f2);
        writeln(f2);
        writeln(f2,'                                РЕЗУЛЬТАТ РАСЧЕТА ');
        writeln(f2,
_____>,);
        writeln(f2, ' 1. ДОПУСТИМАЯ НАГРУЗКА ПО
НОРМАЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ кг/см
                                ',bb[1]:6:2,' ');
        wrteln(f2, ' _____
_____ ');
        writeln(f2, ' 2. ДОПУСТИМАЯ НАГРУЗКА ПО
КАСАТЕЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ кг/см
                                ',bb[2]:6:2/ ');
        writeln(f2, ' _____
_____ ');
        wrteln(f2, ' 3. ДОПУСТИМАЯ НАГРУЗКА ПО ПРОГИБУ кг/см
',ЬЬСЗ]:6:2/ ');
        writeln(f2,
_____ ');
        close(f2);
        Windl(17,20,63,22,3,0,'y',5);
        gotoxy(8,2);
        write('Документирование успешно завершено');

```

```
delay(1500); End;
```

```
Procedure QUITE;
```

```
Var Ch1char; o,k:integer; flag,flag1:integer;
```

```
Begin
```

```
    raschet;
```

```
    new_win(1,1,80,25,1);
```

```
    windl(25,2,55,4,3,0,'y',1);
```

```
    gotoxy(12,2);
```

```
    write('РЕЗУЛЬТАТ ');
```

```
    windl(5,22,75,24,3,0,'y',1);
```

```
    gotoxy(7,2);
```

```
    write('Для завершения работы нажмите ESC. Для документи-  
рования F2.');
```

```
    windl(3,7,77,19,3,0,'y',1); textcolor(0);
```

```
    gotoxy(3,2); write(
```

```
        ' )
```

```
    ;
```

```
gotoxy(3,3); write( ' 1. ДОПУСТИМАЯ НАГРУЗКА ПО НОРМАЛЬНЫМ  
НАПРЯЖЕНИЯМ кг/см
```

```
        ',ЫС1]:12:2);
```

```
    gotoxy(3,4);
```

```
    write(
```

```
        ' )
```

```
    ;
```

```
    gotoxy(3,5);
```

```
    write( ' _____
```

```
_____ ' ) ;
```

```
    gotoxy(3,6);
```

```
    write(
```

```
        ' )
```

```
    ;
```

```
    gotoxy(3,7);
```

```
    write( ' 2. ДОПУСТИМАЯ НАГРУЗКА ПО КАСАТЕЛЬНЫМ  
НАПРЯЖЕНИЯМ кг/см
```

```
        ',ЫС2]:12:2)
```

```
    ;
```

```
    gotoxy(3,8);
```

```

        write(
                                                    ' ');

        gotoxy(3,9);
        write( ' _____
_____ ' );
        gotoxy(3,10);
        write(
                                                    '
                                                    )
                                                    ;

        gotoxy(3,11);
        write( ' 3. ДОПУСТИМАЯ НАГРУЗКА ПО ПРОГИБУ , кг/см
',БЪЕЗ]:12:2);
        gotoxy(3,12);
        write(
                                                    ' );

        repeat
        key:=readkey;
        if key=chr(60) then begin
        dok; Quite; exit; end;
        if key=chr(27) then
        begin halt(1); end; until
        false;

        End;

begin
    textbackground(0);
    clrscr;
    Nachalo;
    textbackground(0);
    clrscr; Chapka;

```



```

    xxl:=64;
    yyn:=3;
for i:=1 to 8 do
aaIII:=0; for i:=1
to 8 do begin
ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,3,'y');
yyn:=yyn+2; end; yyn:=3;
    repeat

        ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,1,'y');
key:=readkey; case key of

chr(80):begin
    ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,3,'y');

        if yyn<17 then
        begin
            yyn:=yyn+2;
        end
        else begin
            yyn:=3; end; end;

chr(72):begin
    ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,3,'y');

        if yyn>3 then
        begin
            yyn:=yyn-2;
        end else

```

```

begin
    yyl:=17;
end;
end;
chr(13):vvod_dan(yyl);
chr(27):QUIT; end; until
false;

end.

```

5.3.4. ПРИМЕР РАСЧЕТА

В качестве примера приняты исходные данные практического расчета, изложенного в главе 3 настоящего пособия.

Результаты расчета сохраняются в отдельном файле, наименование которого назначается пользователем и представляет собой две таблицы. Одна таблица-"Исходные данные", где приведены введенные величины. Другая таблица "Результаты расчета" состоит из следующих трех значений:

- максимальная расчетная погонная нагрузка по нормальным напряжениям в кг/см;
- максимальная расчетная погонная нагрузка по касательным напряжениям в кг/см;
- максимальная расчетная погонная нагрузка по жесткости балки в кг/см. В приведенных ниже таблицах даны результаты расчета.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

| 1 | 2 |
|---------------------------------------|-------|
| 1. ЗНАЧЕНИЕ ВЫСОТЫ СТЕНКИ БАЛКИ В СМ | 138.0 |
| 2. ЗНАЧЕНИЕ ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ БАЛКИ В СМ | 0.8 |
| 3. ЗНАЧЕНИЕ ШИРИНЫ ПОЯСА БАЛКИ В СМ | 40.0 |

| | |
|--|--------|
| 1 | 2 |
| 4. ЗНАЧЕНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОЯСА БАЛКИ В СМ | 1.6 |
| 5. ЗНАЧЕНИЕ ПРОЛЕТА БАЛКИ В СМ | 1200.0 |
| 6. ОБРАТНАЯ ВЕЛИЧИНА ДОПУСТИМОГО ПРОГИБА | 217.0 |
| 7. КОЭФФИЦИЕНТ НАДЕЖНОСТИ ПО НАГРУЗКЕ | 1.2 |
| 8. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЛИ В КГ/СМ ² | 2450.0 |
| 1. ДОПУСТИМАЯ НАГРУЗКА ПО НОРМАЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ, КГ/СМ | 154.01 |
| 2. ДОПУСТИМАЯ НАГРУЗКА ПО КАСАТЕЛЬНЫМ НАПРЯЖЕНИЯМ, КГ/СМ | 237.55 |
| 3. ДОПУСТИМАЯ НАГРУЗКА ПО ПРОГИБУ, КГ/СМ | 412.31 |

5.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РАСЧЕТА ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ КОЛОНН

5.4.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Программы предназначены для расчета стальных центрально-сжатых колонн сплошного и сквозного сечений. Расчет заключается в подборе множеств вариантов сечений из прокатных равнополочных уголков, швеллеров, двутавров. По результатам расчета можно выбрать необходимый вариант сечения. Сечение может быть принято минимальным или из наличия сортамента.

Для расчета необходимы следующие исходные данные: . N - погонная расчетная нагрузка в кг/см; l_{ef} - расчетный пролет балки в см;

R_y - расчетное сопротивление стали балки на растяжение, сжатие и изгиб по пределу текучести, которое принимается по таблице 51[1] в зависимости от принятой марки стали в кг/см². .

Программа "STER 1" предназначена для расчета колонны сплошного сечения с подбором семи вариантов минимально необходимых сечений колонны из равнополочных уголков по ГОСТ 8509-93'. Программа имеет базу постоянных данных, состоящих из шести массивов.

Массив площадей $A(i)$ сечений уголков

| | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| 3.48 | 3.89 | 4.29 | 4.38 | 4.80 | 4.96 | 5.41 | 6.13 | 6.20 | 6.86 |
| 7.28 | 7.39 | 8.15 | 8.63 | 8.78 | 9.38 | 9.42 | 10.1 | 10.6 | 10.7 |
| 10.8 | 11.5 | 12.3 | 12.3 | 12.8 | 12.8 | 13.8 | 13.9 | 15.2 | 15.6 |
| 15.6 | 17.2 | 19.2 | 19.7 | 22.0 | 22.8 | 24.3 | 24.7 | 26.3 | 27.3 |
| 28.9 | 29.7 | 31.4 | 32.5 | 33.4 | 34.4 | 37.4 | 37.8 | 38.8 | 42.2 |
| 43.3 | 47.1 | 49.1 | 50.9 | 54.6 | 54.8 | 60.4 | 60.4 | 62.0 | 68.6 |
| 76.5 | 78.4 | 87.7 | 94.3 | 97.0 | 106.1 | 111.5 | 119.7 | 133.1 | 142. |

Массив расстояний до центров тяжести $z_c(i)$ уголков

| | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.26 | 1.38 | 1.30 | 1.52 | 1.42 | 1.69 | 1.57 | 1.74 | 1.88 | 1.90 |
| 1.78 | 2.02 | 1.94 | 2.17 | 2.06 | 2.19 | 1.99 | 2.10 | 2.43 | 2.02 |
| 2.23 | 2.15 | 2.27 | 2.47 | 2.18 | 2.68 | 2.71 | 2.51 | 2.96 | 2.55 |
| 2.75 | 3.00 | 2.83 | 3.36 | 3.40 | 2.91 | 3.45 | 3.78 | 2.99 | 3.82 |
| 3.53 | 3.06 | 4.30 | 3.90 | 3.61 | 4.35 | 4.39 | 3.68 | 4.85 | 4.89 |
| 4.47 | 5.37 | 4.55 | 5.42 | 5.46 | 4.63 | 4.70 | 5.93 | 5.54 | 6.02 |
| 5.70 | 6.75 | 6.83 | 5.89 | 6.91 | 7.00 | 6.07 | 7.11 | 7.23 | 7.31 |

Массив радиусов инерции $r_{y_0}(i)$ относительно оси y_0

| | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0.89 | 0.99 | 0.88 | 1.11 | 0.98 | 1.25 | 1.10 | 1.25 | 1.39 | 1.39 |
| 1.24 | 1.49 | 1.38 | 1.59 | 1.48 | 1.58 | 1.37 | 1.48 | 1.79 | 1.37 |
| 1.58 | 1.47 | 1.57 | 1.78 | 1.46 | 1.99 | 1.98 | 1.77 | 2.19 | 1.77 |
| 1.98 | 2.18 | 1.96 | 2.49 | 2.48 | 1.95 | 2.47 | 2.79 | 1.94 | 2.78 |
| 2.46 | 1.94 | 3.19 | 2.76 | 2.45 | 3.18 | 3.17 | 2.44 | 3.59 | 3.58 |
| 3.16 | 3.99 | 3.14 | 3.98 | 3.97 | 3.13 | 3.12 | 4.38 | 3.96 | 4.36 |
| 3.93 | 4.98 | 4.96 | 3.91 | 4.94 | 4.93 | 3.89 | 4.91 | 4.89 | 4.89 |

Массив размеров сторон $b(i)$ уголков

| | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 4.50 | 5.00 | 4.50 | 5.60 | 5.00 | 6.30 | 5.60 | 6.30 | 7.00 | 7.00 |
| 6.30 | 7.50 | 7.00 | 8.00 | 7.50 | 8.00 | 7.00 | 7.50 | 9.00 | 7.00 |
| 8.00 | 7.50 | 8.00 | 9.00 | 7.50 | 10.0 | 10.0 | 9.00 | 11.0 | 9.00 |
| 10.0 | 11.0 | 10.0 | 12.5 | 12.5 | 10.0 | 12.5 | 14.0 | 10.0 | 14.0 |
| 12.5 | 10.0 | 16.0 | 14.0 | 12.5 | 16.0 | 16.0 | 12.5 | 18.0 | 18.0 |
| 16.0 | 20.0 | 16.0 | 20.0 | 20.0 | 16.0 | 16.0 | 22.0 | 20.0 | 22.0 |
| 20.0 | 25.0 | 25.0 | 20.0 | 25.0 | 25.0 | 20.0 | 25.0 | 25.0 | 25.0 |

Массив моментов инерции сечений $J_x(i)$
уголков относительно оси x

| | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------|
| 6.63 | 9.21 | 8.03 | 13.1 | 11.2 | 18.9 | 16. | 23.1 | 29. | 31.9 | 27.1 | 39.5 | 37.6 |
| 52.7 | 46.6 | 57. | 43. | 53.3 | 82.1 | 48.2 | 65.3 | 59.8 | 73.4 | 94.3 | 66.1 | 122. |
| 131. | 106. | 176. | 118. | 147. | 198. | 179. | 294. | 327. | 209. | 360. | 466. | 237. |
| 512. | 422. | 264. | 774. | 602. | 482. | 944. | 913. | 539. | 1216. | 1317. | 1046. | |
| 1823. | 1175. | 1961. | 2097. | 1299. | 1419. | 2814. | -2363. | 3175. | 2871. | | | |
| 4717. | 5247. | 3466. | 5765. | 6270. | 4020. | 7006. | 7717. | 8177. | | | | |

Массив моментов инерции сечений $J_{x_0}(i)$
уголков относительно оси x_c

| | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--|
| 10.5 | 14.6 | 12.7 | 20.8 | 17.8 | 29.9 | 25.4 | 36.6 | 46. | 50.7 | 42.9 | 62.6 | |
| 59.6 | 83.6 | 73.9 | 90.4 | 68.2 | 84.6 | 130. | 76.4 | 104. | 94.9 | 116. | 150. | |
| 105. | 193. | 207. | 168. | 279. | 186. | 233. | 315. | 284. | 467. | 520. | 331. | |
| 571. | 739. | 375. | 814. | 670. | 416. | 1229. | 957. | 764. | 1341. | 1450. | | |
| 853. | 1933. | 2093. | 1662. | 2896. | 1866. | 3116. | 3333. | 2061. | 2248. | | | |
| 4470. | 3755. | 5045. | 4560. | 7492. | 8337. | 5494. | 9160. | 9961. | | | | |
| 6351. | 11125. | 12244. | 12965. | | | | | | | | | |

Программа "STER 2^м" предназначена для расчета колонны сплошного сечения , с подбора двух вариантов из двутавров по ГОСТ 8239-'АЭ', трех вариантов из швеллеров по ГОСТ 8240-89' , варианта из колонных двутавров по ТУ 14-2-24-72 и варианта из колонного уширенного двутавра. Программа имеет базу постоянных данных, состоящих из тринадцати массивов.

Массив площадей сечений $A(i)$ двутавров по ГОСТ Q23Q-~89

12. 14.7 17.4 20.2 23.4 25.4 26.8 28.9 30.6 32.8 34.8 37.5
40.2 43.2 46.5 49.9 53.8 61.9 72.7 84.7 100. 118. 138.

Массив моментов инерции сечений $J_y(i)$
двутавров по ГОСТ 8239-1Й относительно оси у

17.9 27.9 41.9 58.6 82.6 114. 115. 155. 157. 206. 198. 260.
260. 337. 337. 436. 419. 516. 667. 808. 1043. 1356. 1725.

Массив размеров ширины полок $b(i)$ двутавров по ГОСТ 8239-'89

5.5 6.4 7.3 8.1 9. 10. 10. 11. 11. 12. 11.5 12.5 12.5 13.5
13.5 14.5 14. 14.5 15.5 16. 17. 18. 19.

Массив площадей сечений $A_i(i)$ швеллеров по ГОСТ 8240-89

6.16 7.51 8.98 10.9 13.3 15.6 17. 18.1 19.5 20.7 22.2
23.4
25.2 26.7 28.8 30.6 32.9 35.2 40.5 46.5 53.4 61.5

Массив моментов инерции сечений $J_y i(i)$
швеллеров по ГОСТ 8240-g9' относительно у

5.61 8.7 12.8 20.4 31.2 45.4 57.6 63.3 78.8 86. 105. 113.
139. 151. 187. 208. 254. 262. 327. 410. 513. 642.

Массив расстояний до центров тяжести $z_0(i)$
швеллеров по ГОСТ 8240-8^Г

1.16 1.24 1.31 1.44 1.54 1.67 1.87 1.82 2. 1.94 2.13
2.07
2.28 2.21 2.46 2.42 2.67 2.47 2.52 2.59 2.68 2.75

Массив размеров ширины полок $b_i(i)$
швеллеров по ГОСТ 8240-&Г

3.2 3.6 4. 4.6 5.2 5.8 6.2 6.4 6.8 7. 7.4 7.6 8. 8.2 8.7
9. 9.5 9.5 10. 10.5 11. 11.5

Массив площадей сечений $A_2(i)$ двутавров по ТУ 14-2-24-72

46.7 51.7 56.5 58.4 64.9 65.1 70.1 71.3 75.5 77.7
84.8 85.8 95.5 104. 107. 114. 115. 126. 138. 139.
152. 153. 154. 167. 173. 173. 184. 191. 191. 203.
210. 212. 230. 236. 253. 262. 279 289. 321. 353.
392. 443. 536. 651. 791. 984.

Массив моментов инерции сечений $J_y2(i)$
двутавров по ТУ 14-2-24-72 относительно оси y

1160. 1310. 1880. 1510. 1690. 2400. 2600. 1880. 3220. 2920.
3670. 3260. 4180. 4620. 6080. 5090. 6620. 7310. 10720. 8130.
14850. 9050. 12140. 10000. 13720. 17290. 11140. 15340. 19510.
12420. 17000. 21850. 18850. 24590. 20920. 27640. 23390. 30740.
34550. 38460. 43240. 49690. 61930. 77850. 98540. 129090.

Массив размеров ширины полок $b_f(i)$ двутавров по ТУ 14-2-24-72

199.7 200. 241.3 200.6 201.4 240. 240.5 202.2 260. 241.1
260.8 241.9 261.7 262.5 300. 263.4 300.7 301.5 350. 302.5
399.2 303.5 351.2 304.7 352.4 400. 306. 353.6 400.6 307.5
354.9 401.8 356.2 403.2 357.7 404.7 359.4 406.2 408. 409.8
412.2 415.2 420.2 426.7 434.2 444.2

Массив площадей сечений $A_3(1)$ двутавров по ТУ 14-2-24-72

70.7 78.3 86.2 95.2 104. 115. 125. 127. 138. 140.
153. 154. 155. 168. 169. 172. 185. 187. 192. 204.
213. 224. 236. 246. 260. 286. 315. 351.

Массив моментов инерции сечений J_{yaU}
двутавров по ТУ 14-2-24-72 относительно оси y

3220. 3600. 4000. 5940. 6570. 7330. 10720. 8140. 11890. 9060.
13240. 10020. 17280. 14690. 11150. 19360. 16330. 12440. 21710.
18160. 24350. 20140. 27160. 22320. 30260. 33600. 37380. 42110.

Массив размеров ширины полок $B_z(1)$ двутавров по ТУ 14-2-24-72

260. 260.7 261.5 300. 300.7 301.7 350. 302.7 351. 303.7
352.1 304.9 400. 353.2 306.2 401.1 354.4 307.7 402.3 355.7
403.7 357.2 405.1 358.7 406.6 408.3 410.1 412.4

Программа "STER 3" предназначена для расчета колонны сквозного сечения. с подбором варианта из двух двутавров по ГОСТ 8239-83 и варианта из двух швеллеров по ГОСТ 8240-59 . Программа имеет базу постоянных данных, состоящих из шести массивов.

Массив площадей сечений $A(1)$ двутавров по ГОСТ 8239-89

12. 14.7 17.4 20.2 23.4 25.4 26.8 28.9 30.6 32.8 34.8 37.5
40.2 43.2 46.5 49.9 53.8 61.9 72.7 84.7 100. 118. 138.

Массив моментов инерции сечений $J_x(i)$
двутавров по ГОСТ 8239-#9 относительно оси x

198. 350. 572. 873. 1290. 14.30. 1840. 2030. 2550. 2790.
3460. 3800. 5010. 5500. 7080. 7780. 9840. 13380. 19062. 27696.
39727. 55962. 76806.

Массив моментов инерции сечений $J_y(i)$
двутавров по ГОСТ 8239-^0" относительно оси y

17.9 27.9 41.9 58.6 82.6 114. 115. 155. 157. 206. 198. 260.
260. 337. 337. 436. 419. 516. 667. 808. 1043. 1356. 1725.

Массив площадей сечений $A_i(i)$ швеллеров по ГОСТ 8240-89 —

6.16 7.51 8.98 10.9 13.3 15.6 17. 18.1 19.5 20.7 22.2 23.4
25.2 26.7 28.8 30.6 32.9 35.2 40.5 46.5 53.4 61.5

Массив моментов инерции сечений $J_{xi}(i)$
швеллеров по ГОСТ 8240-89 относительно оси x

22.8 48.6 89.4 174. 304. 491. 545. 747. 823. 1090.

1190. 1520. 1670. 2110. 2330. 2900. 3180. 4160. 5810. 7980.
10820. 15220.

Массив моментов инерции сечений $J_{yi}(i)$
швеллеров по ГОСТ 8240- 89 относительно y

5.61 8.7 **12.8** 20.4 31.2 45.4 57.6 63.3 78.8 86. 105. 113.
139. 151. 187. 208. 254. 262. 327. 410. 513. 642.

5.4.2. БЛОК-СХЕМ! АЛГОРИТМОВ РАСЧЕТА

Блок-схемы разработаны на основании методики расчета стальных центрально-сжатых колонн, изложенной в главе 4 издстоящего пособия. Обозначения приняты согласно приложению 9 [13].

Блок-схема для расчета колонн из равнополочных уголков представлена на рис. 5.4.

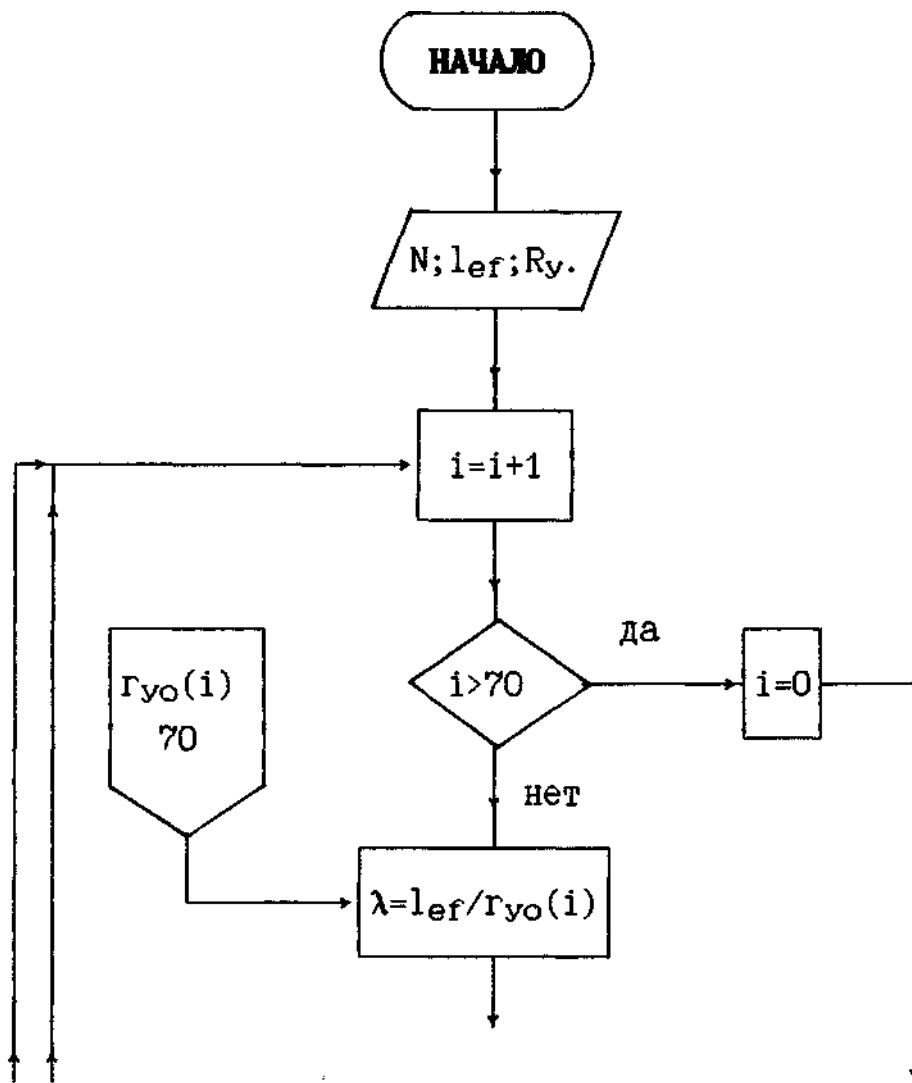


Рис. 5.4. Блок-схема по расчету колонн сплошного сечения из равнополочных уголков

Рис. 5.4. (продолжение)

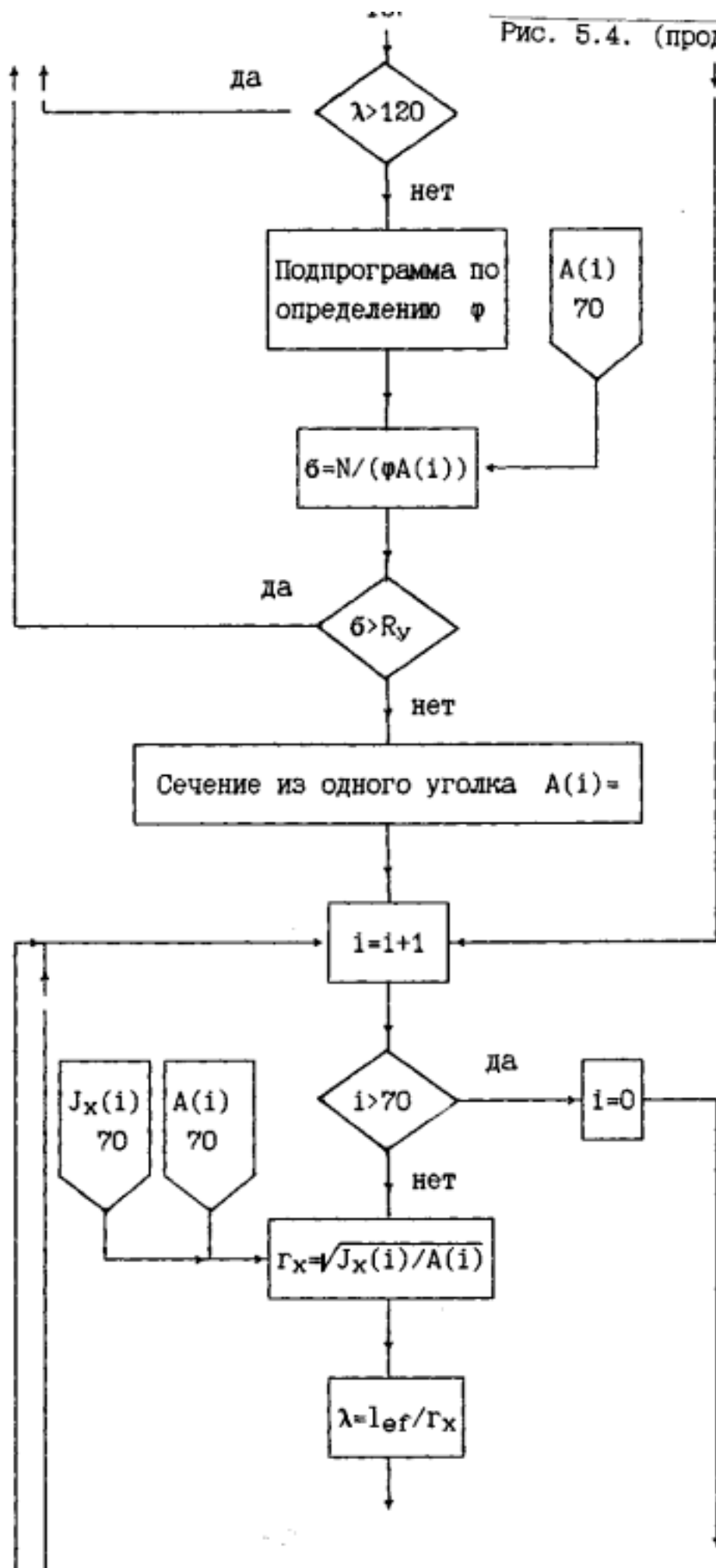


Рис. 5.4. (продолжение)

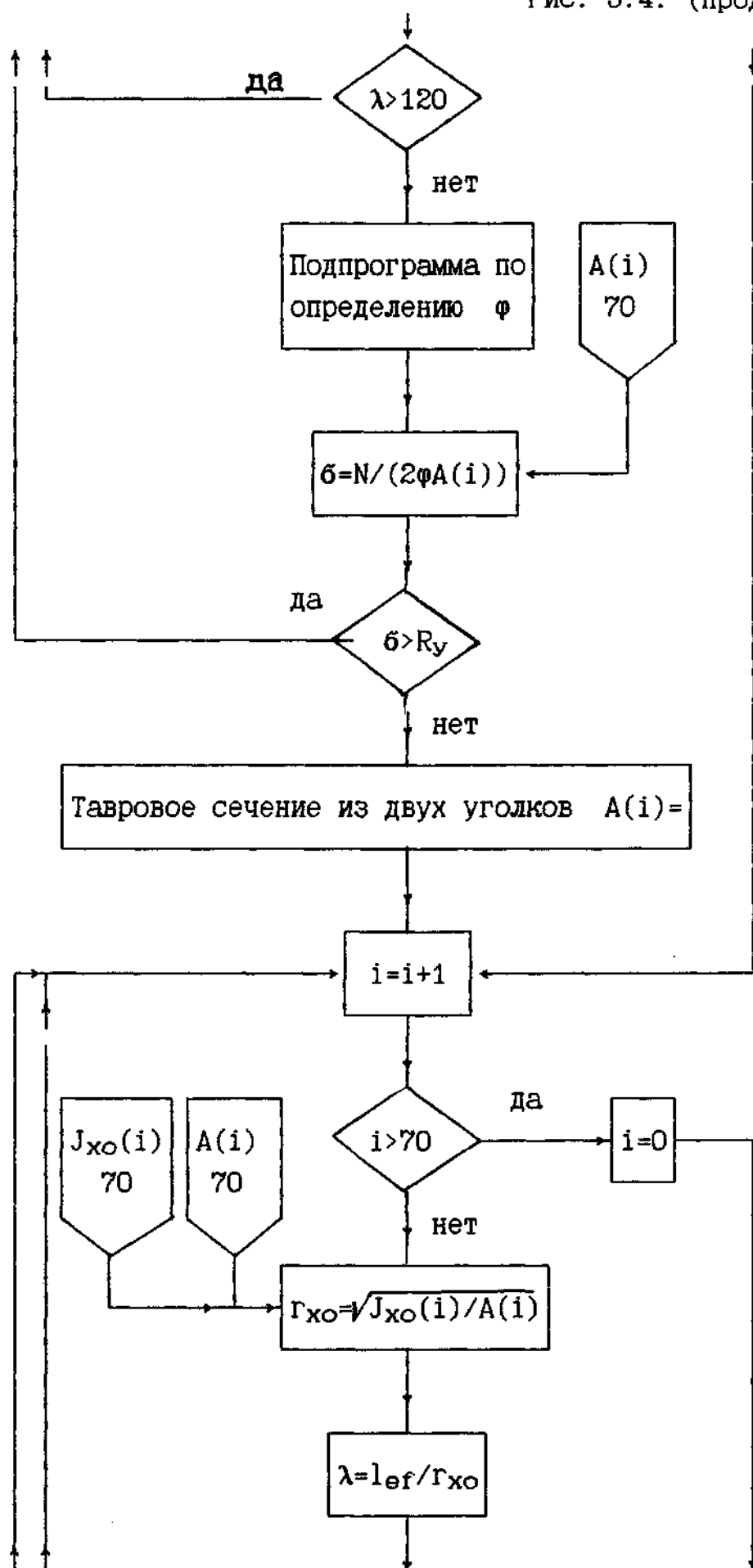


Рис. 5.4. (продолжение)

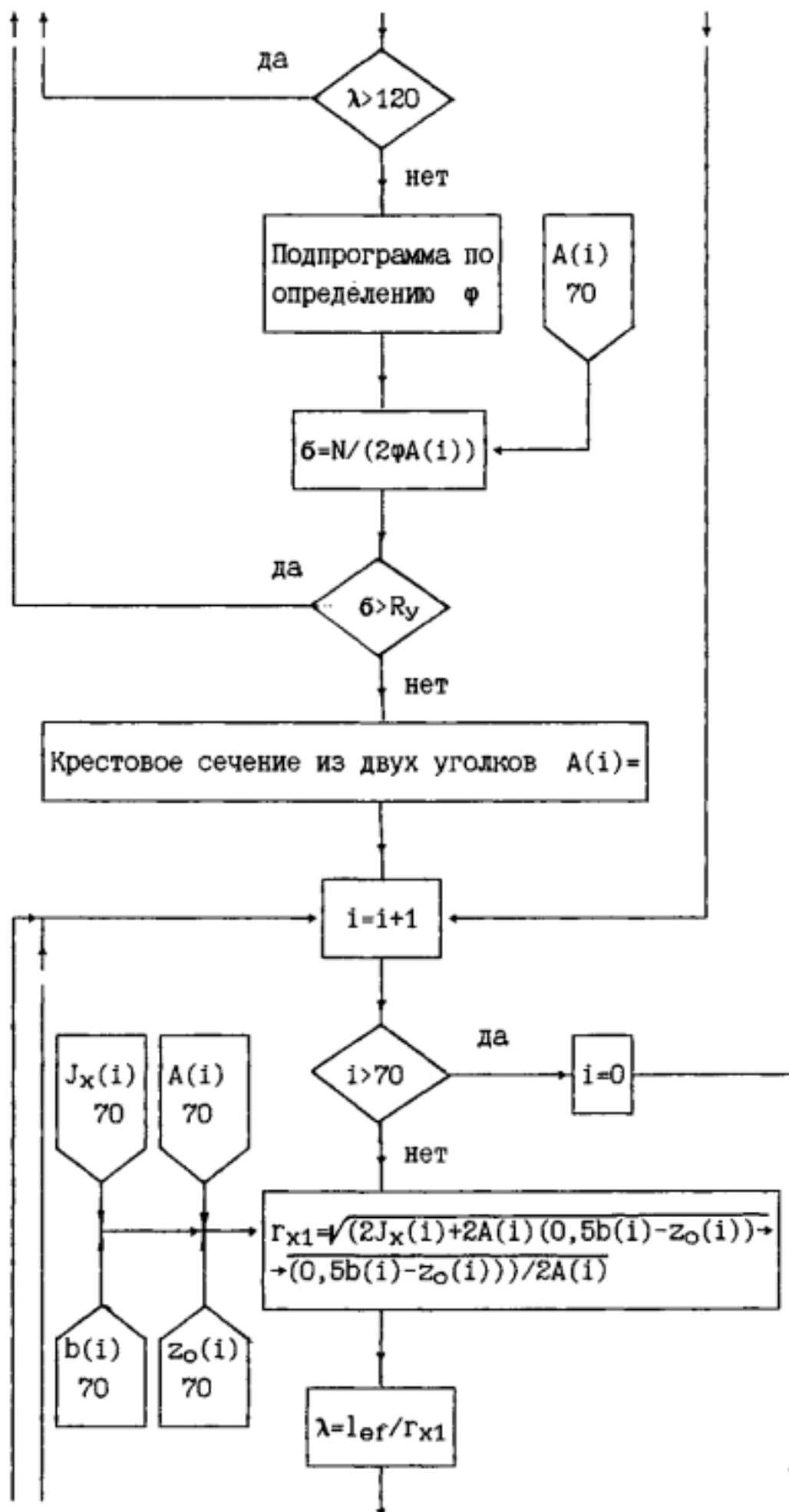


Рис. 5.4. (продолжение).

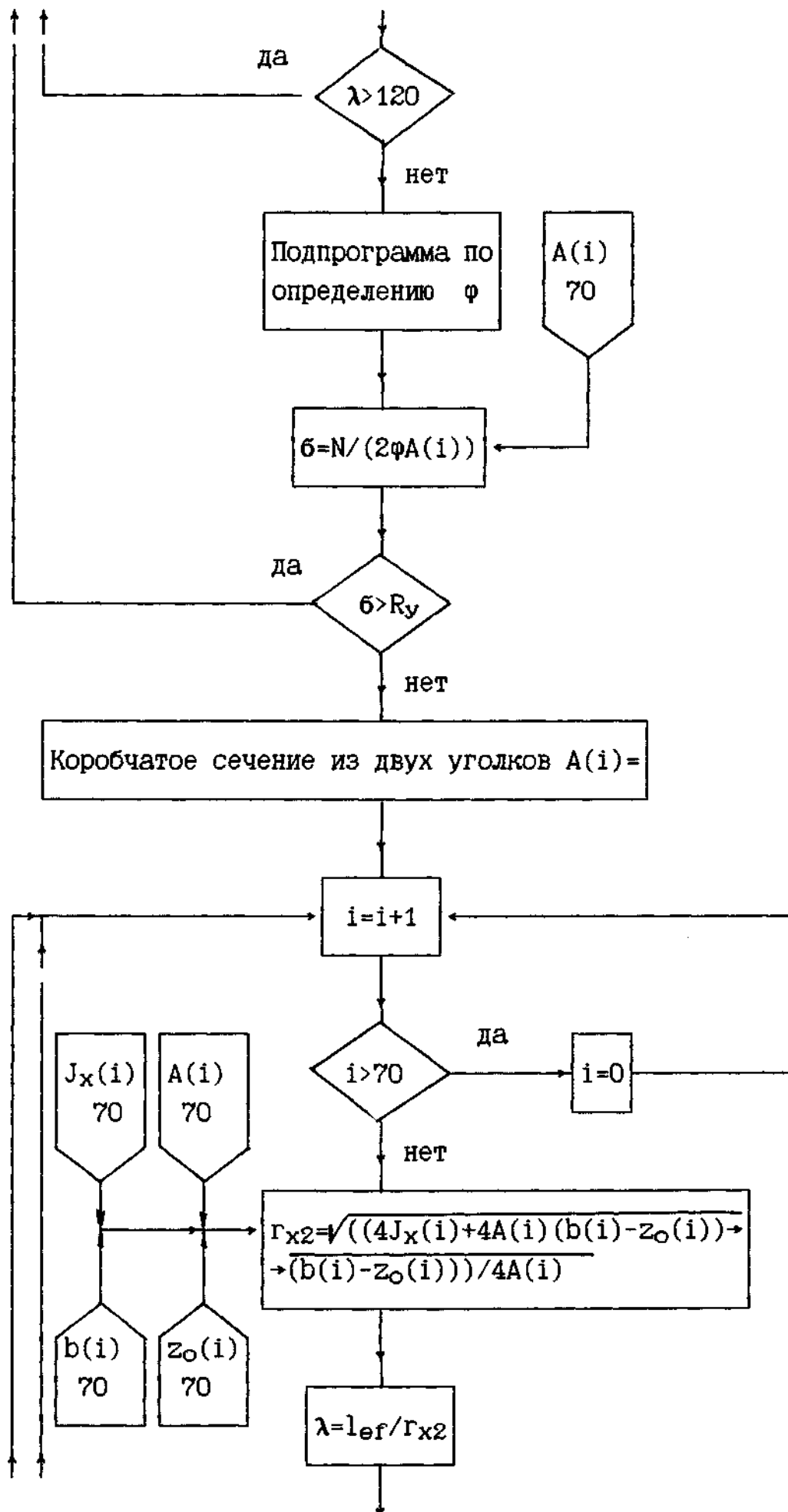


Рис. 5.4. (продолжение)

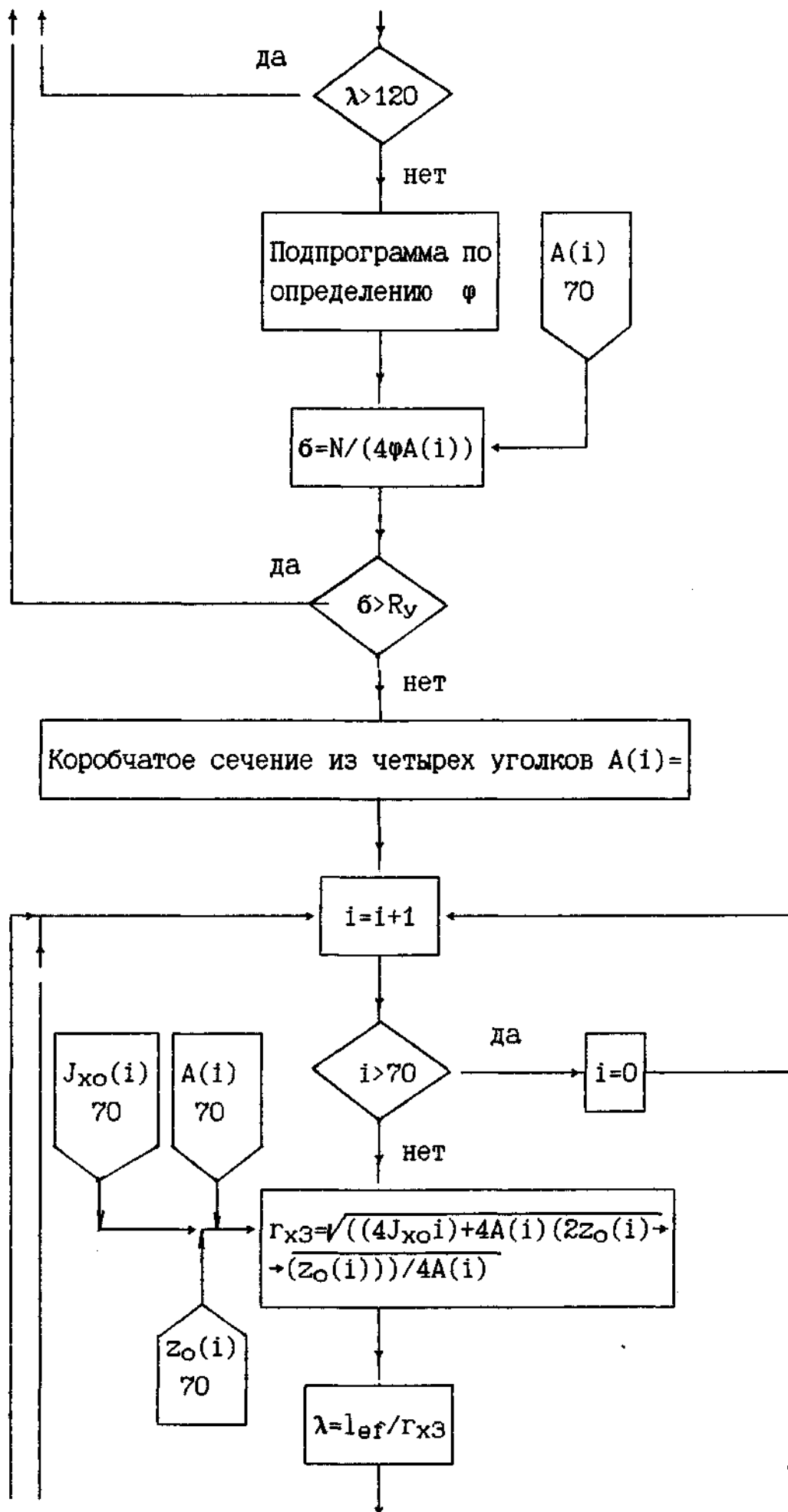


Рис. 5.4. (продолжение)

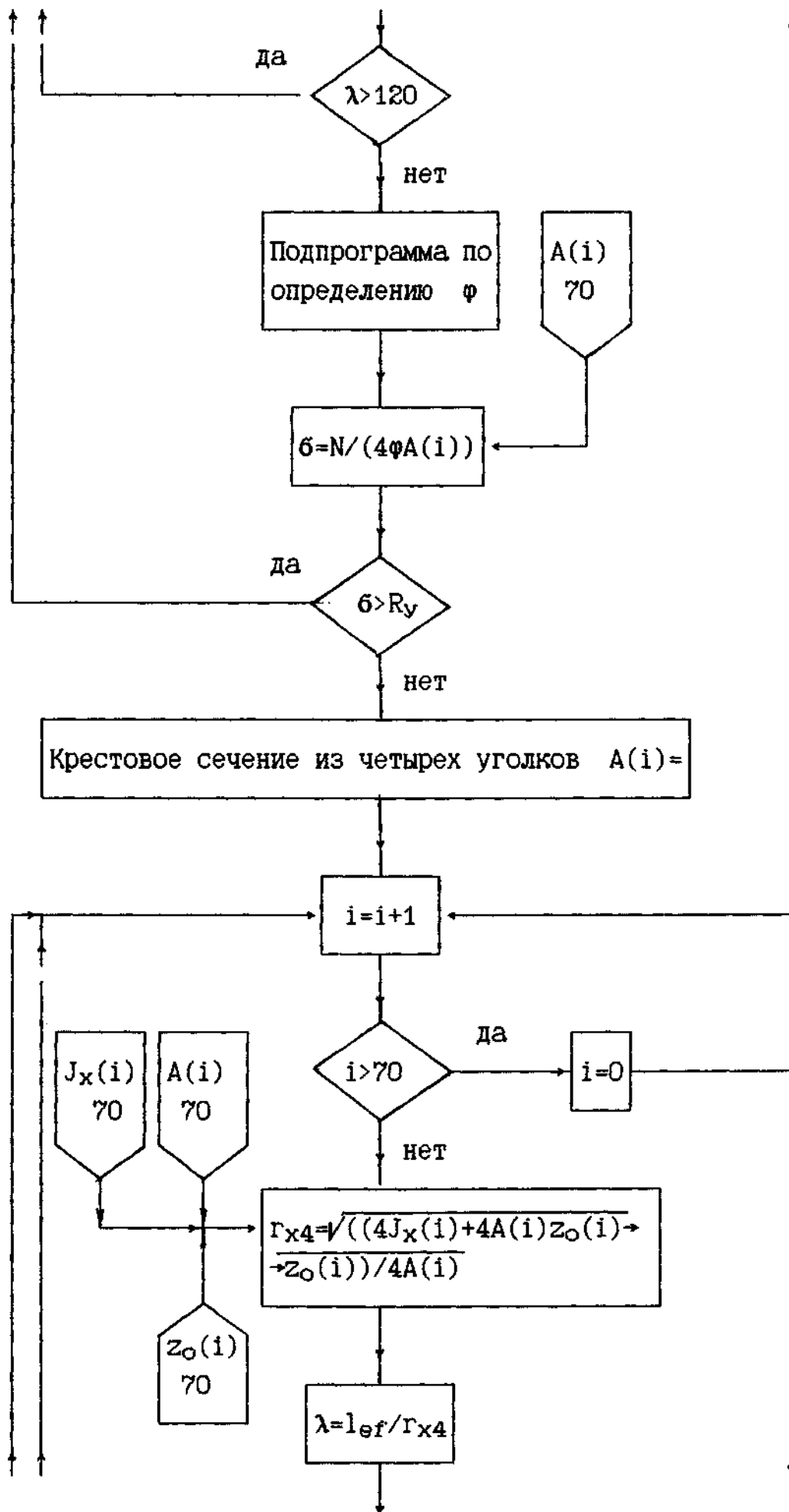
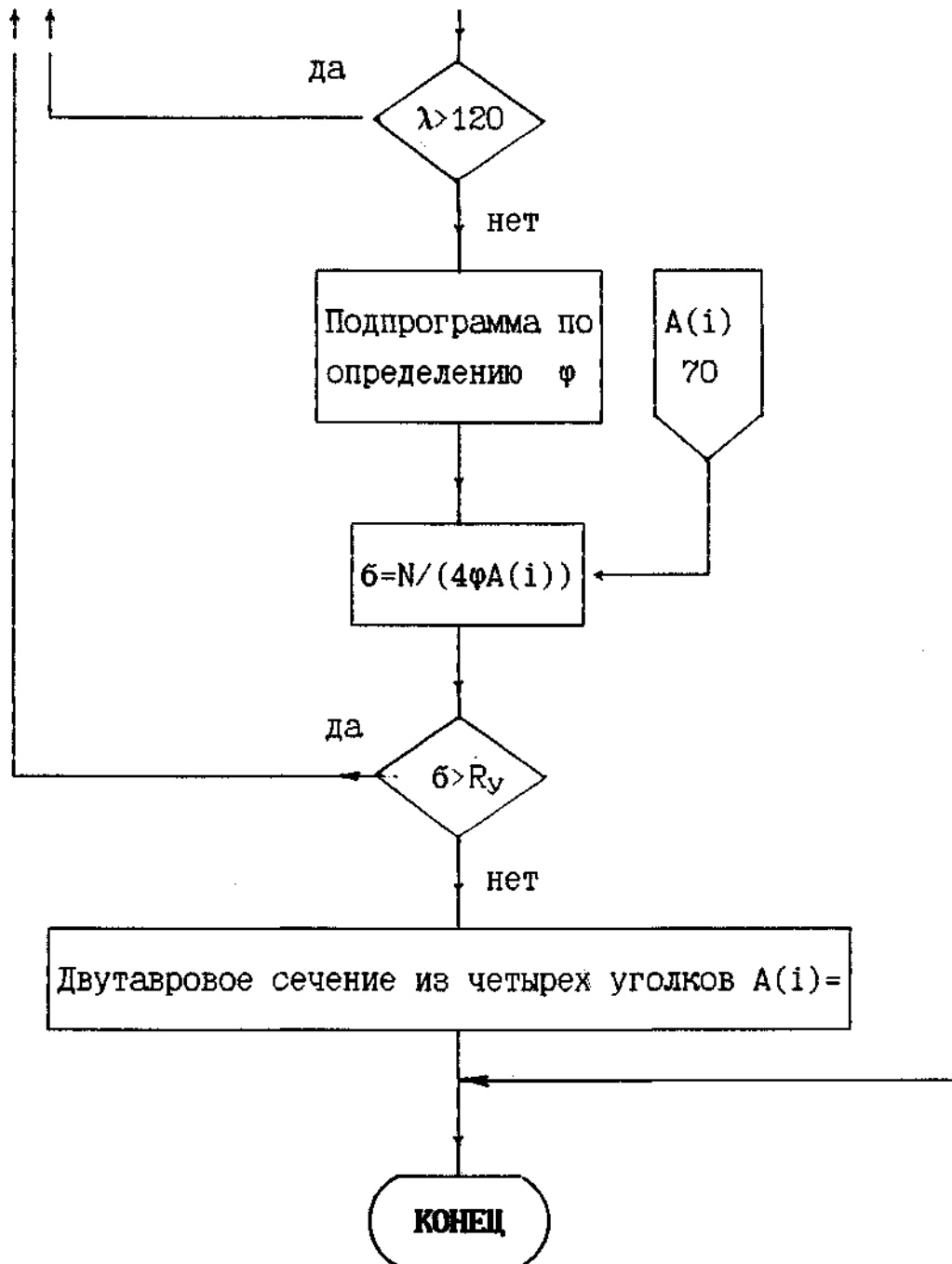


Рис. 5.4. (окончание)



Блок-схема подпрограммы для определения коэффициента продольного изгиба представлена на рис. 5.5.

Блок-схема для расчета колонн сплошного сечения из двутавров и швеллеров представлена на рис. 5.6.

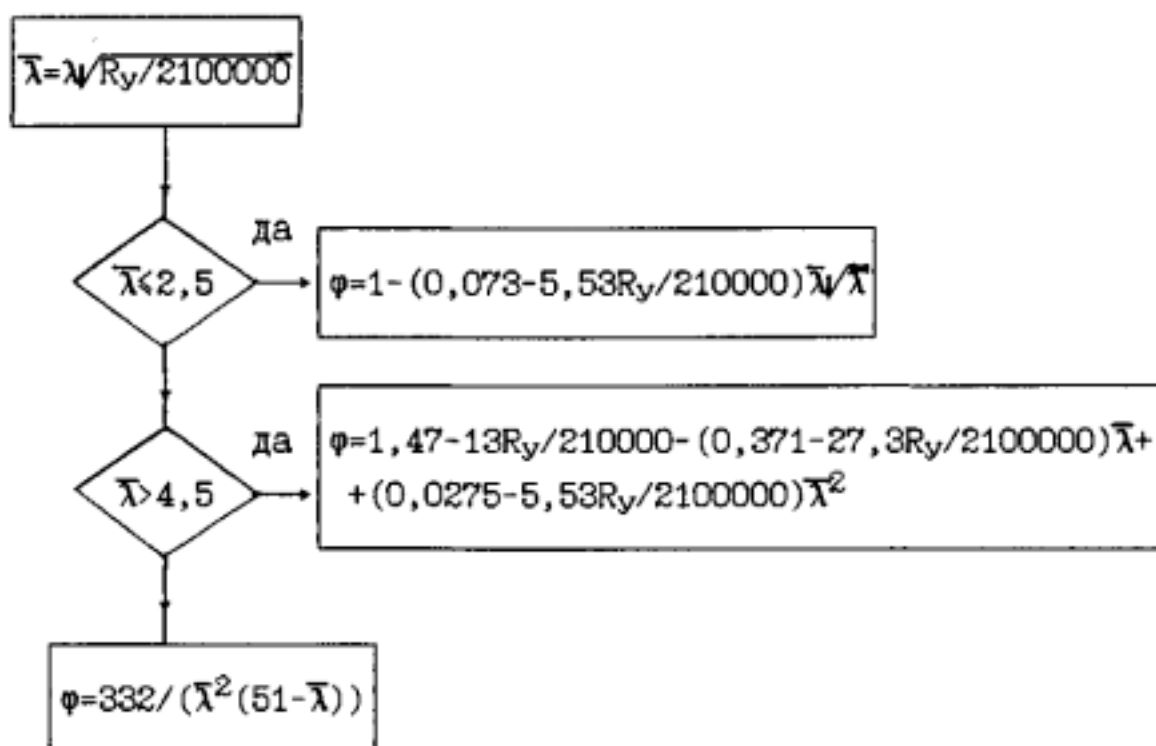


Рис. 5.5. Блок-схема подпрограммы

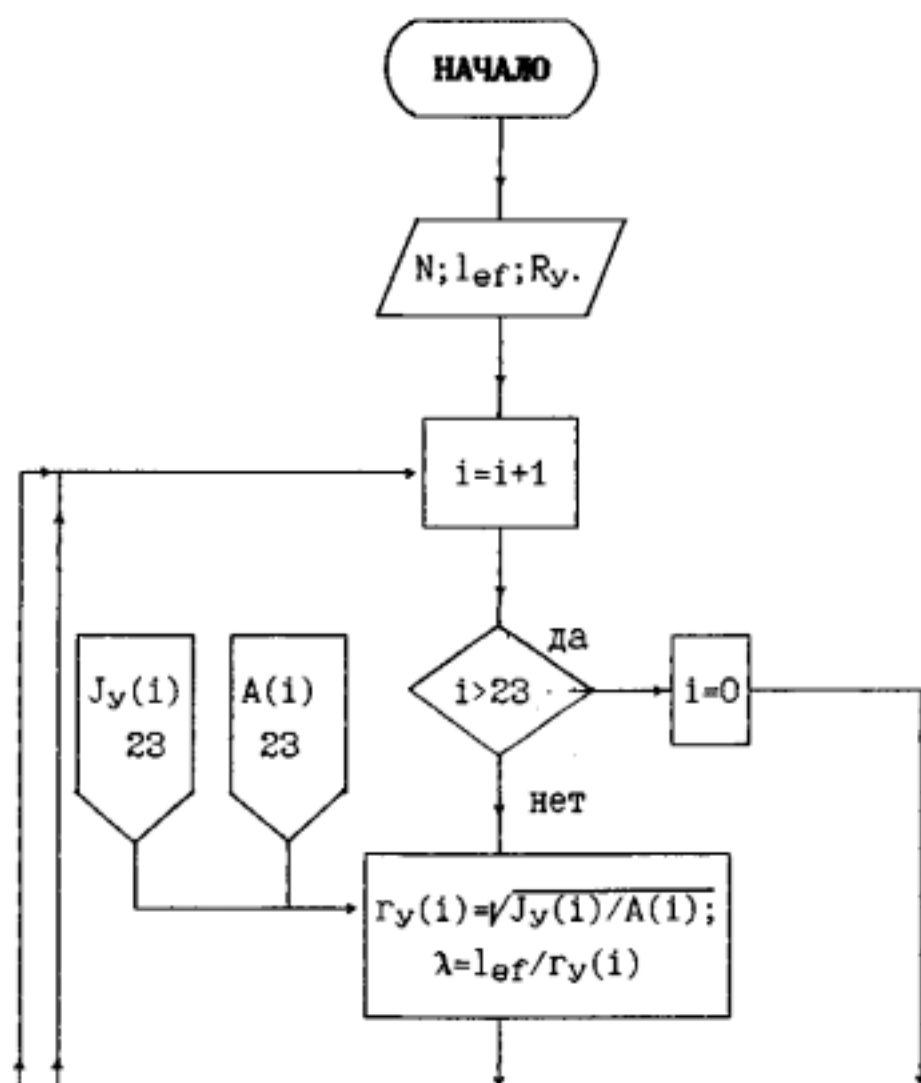
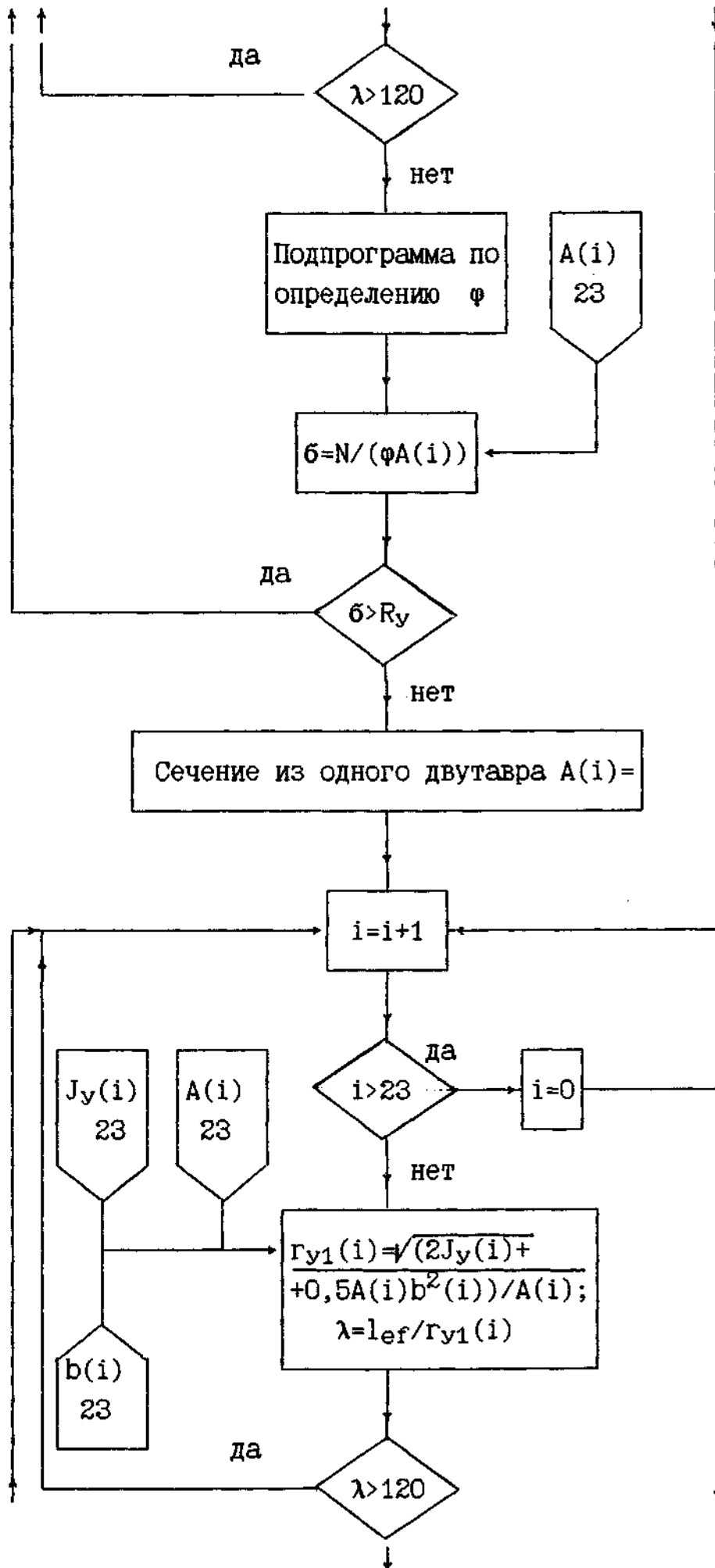
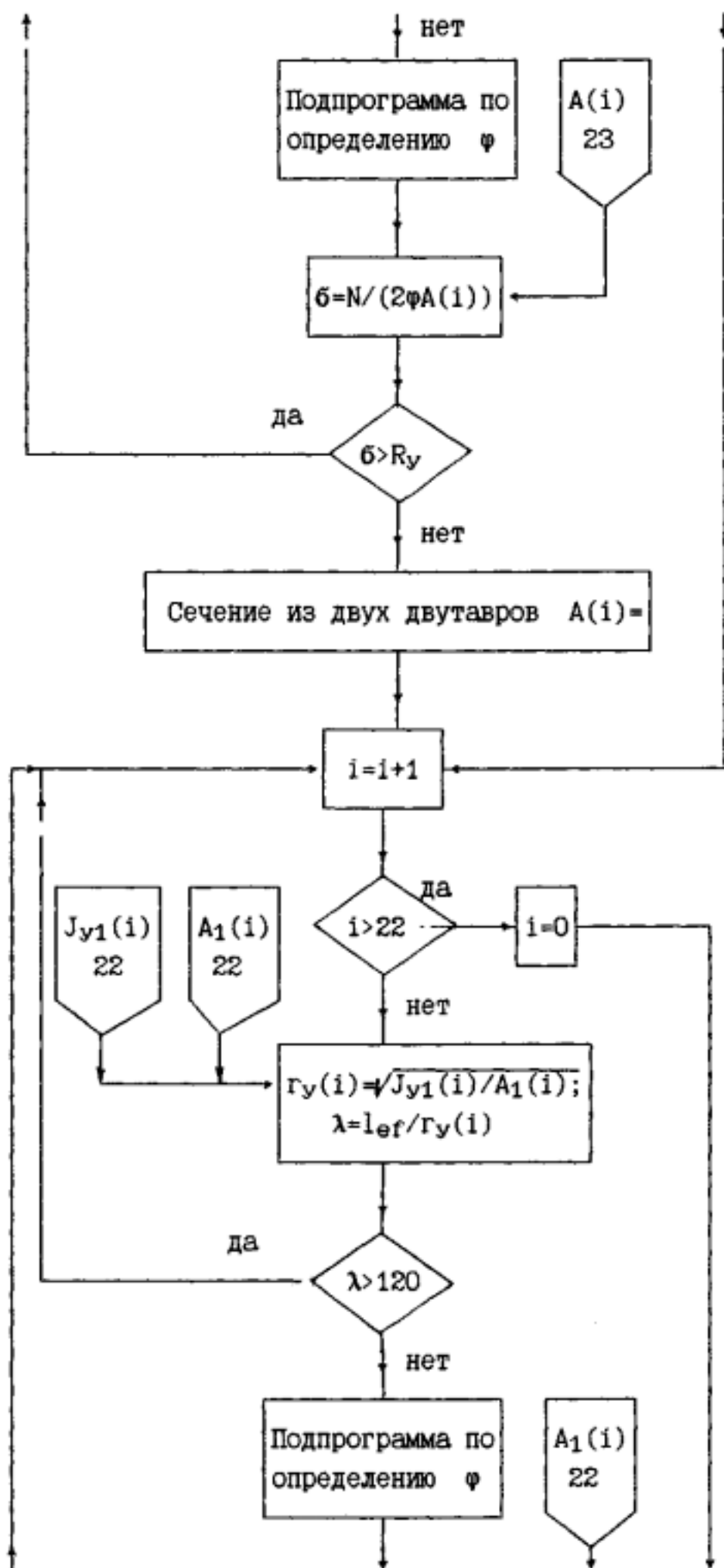
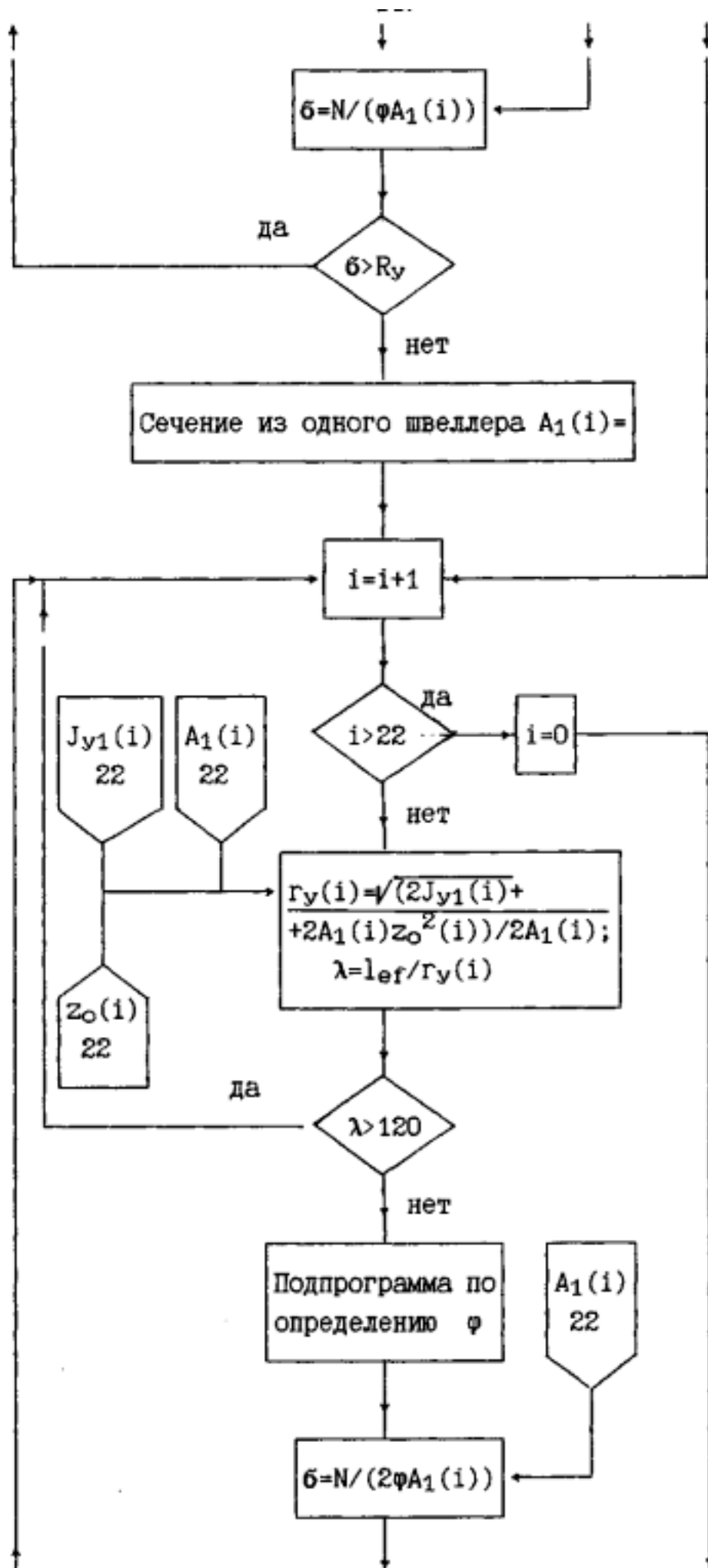


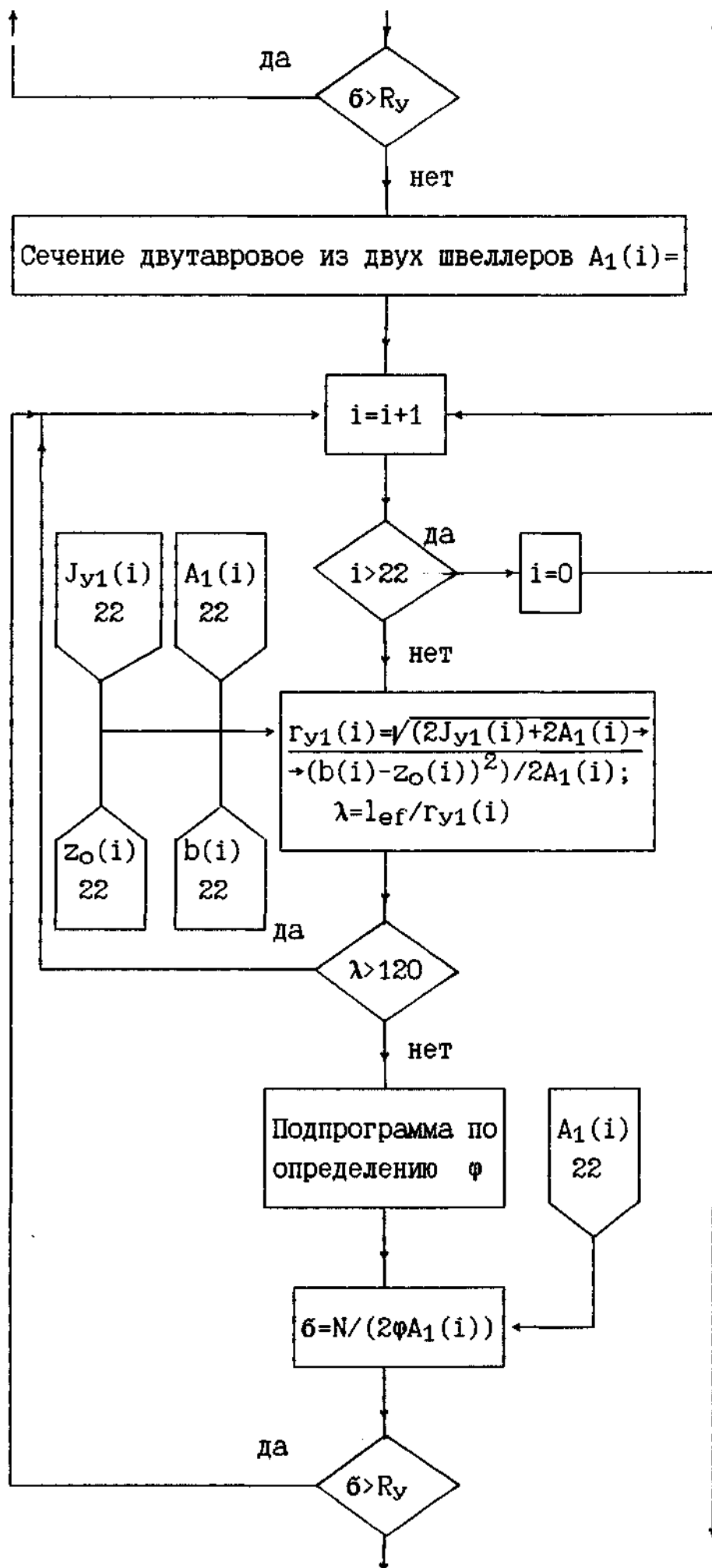
Рис. 5.6. Блок-схема по расчету колонн сплошного сечения из двутавров и швеллеров

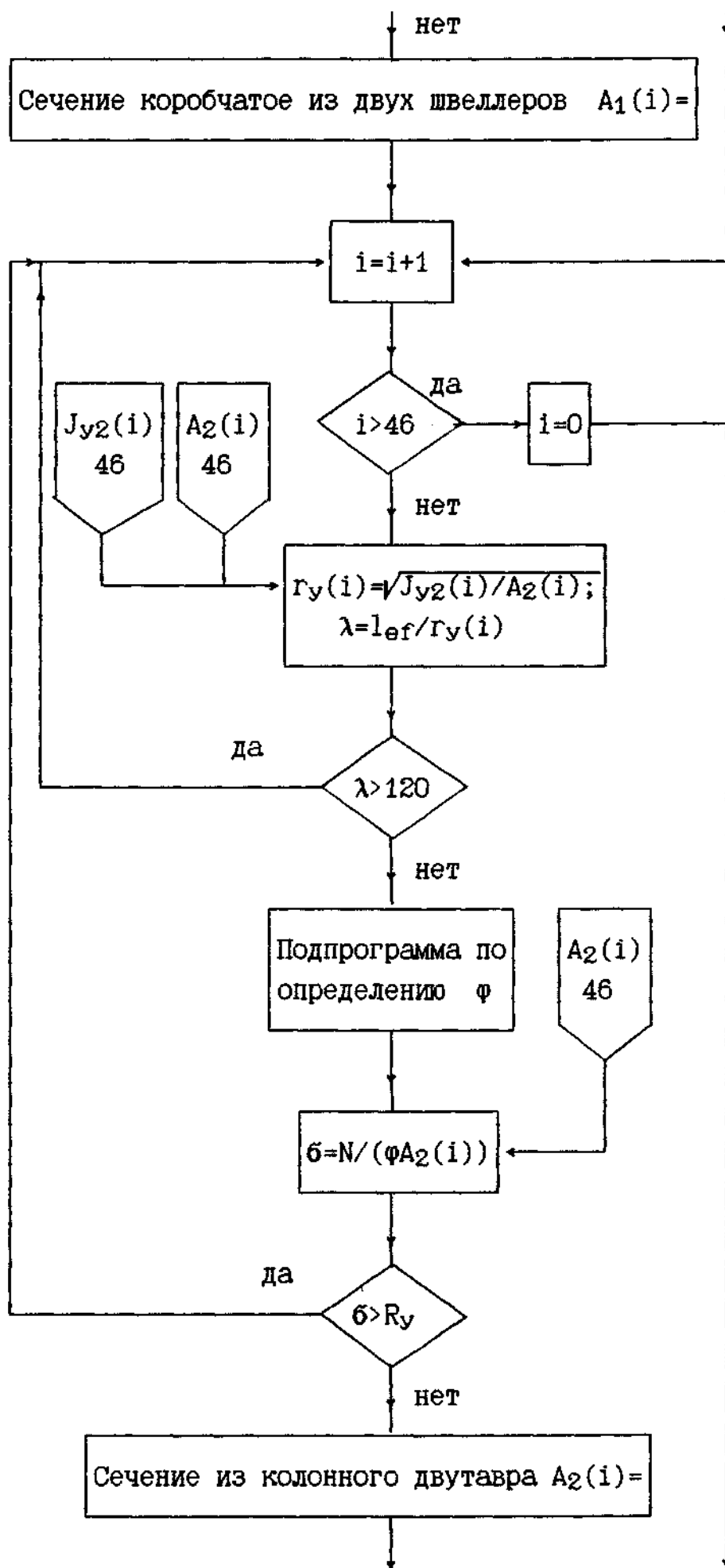
Рис. 5.6. (продолжение)

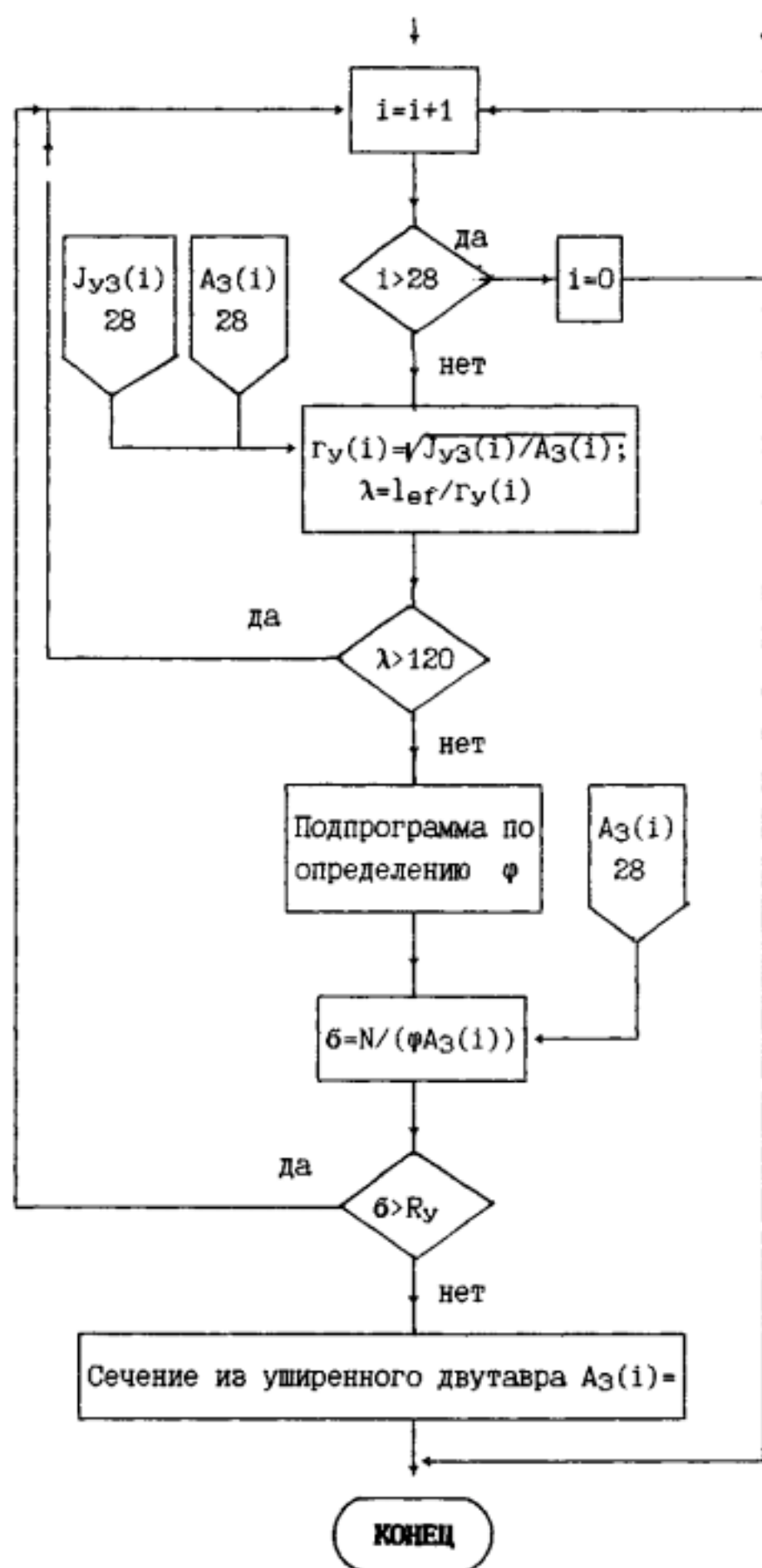












Блок-схема для расчета колонн сквозного сечения из двутавров и швеллеров представлена на рис. 5.7.

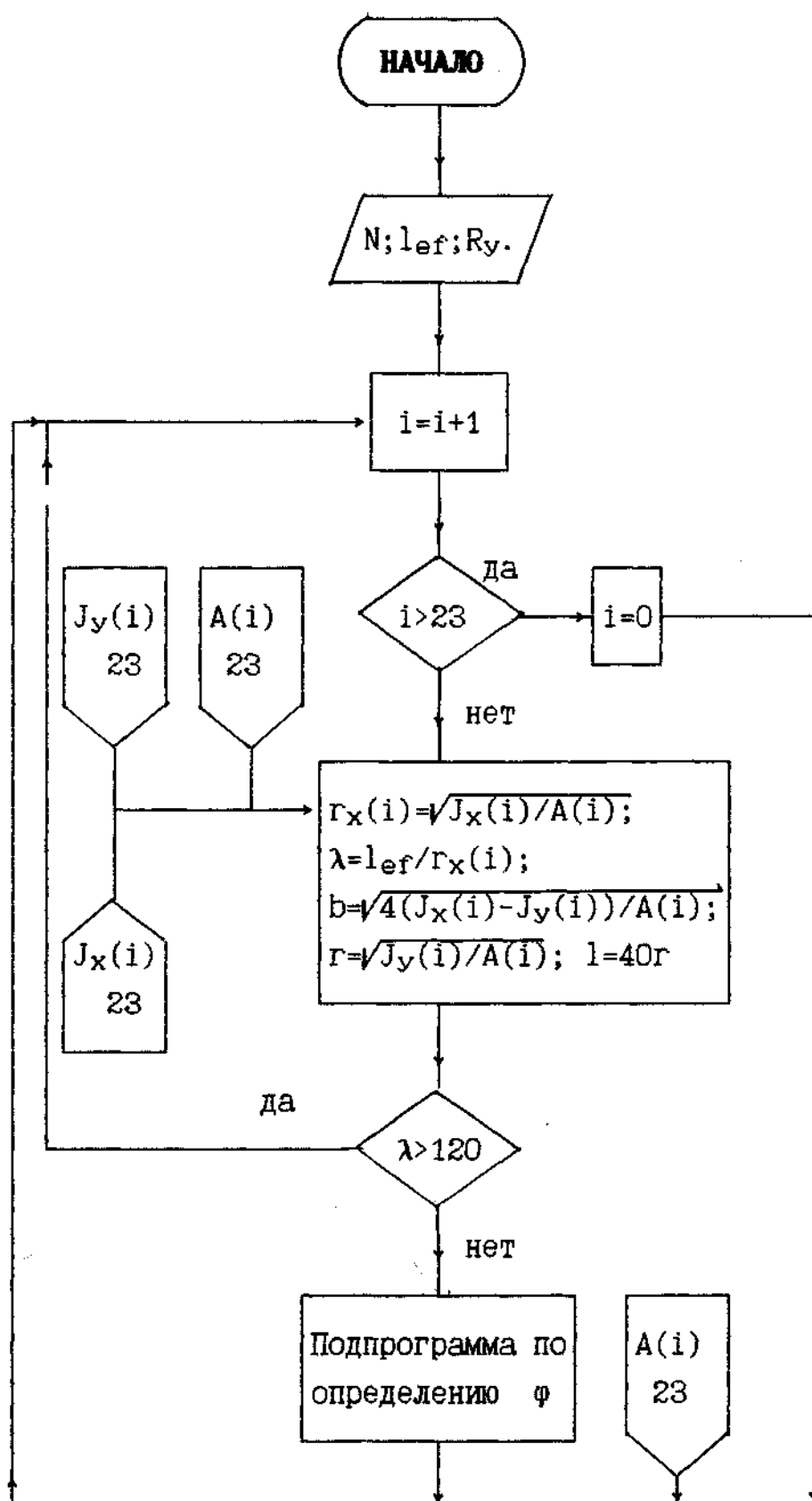
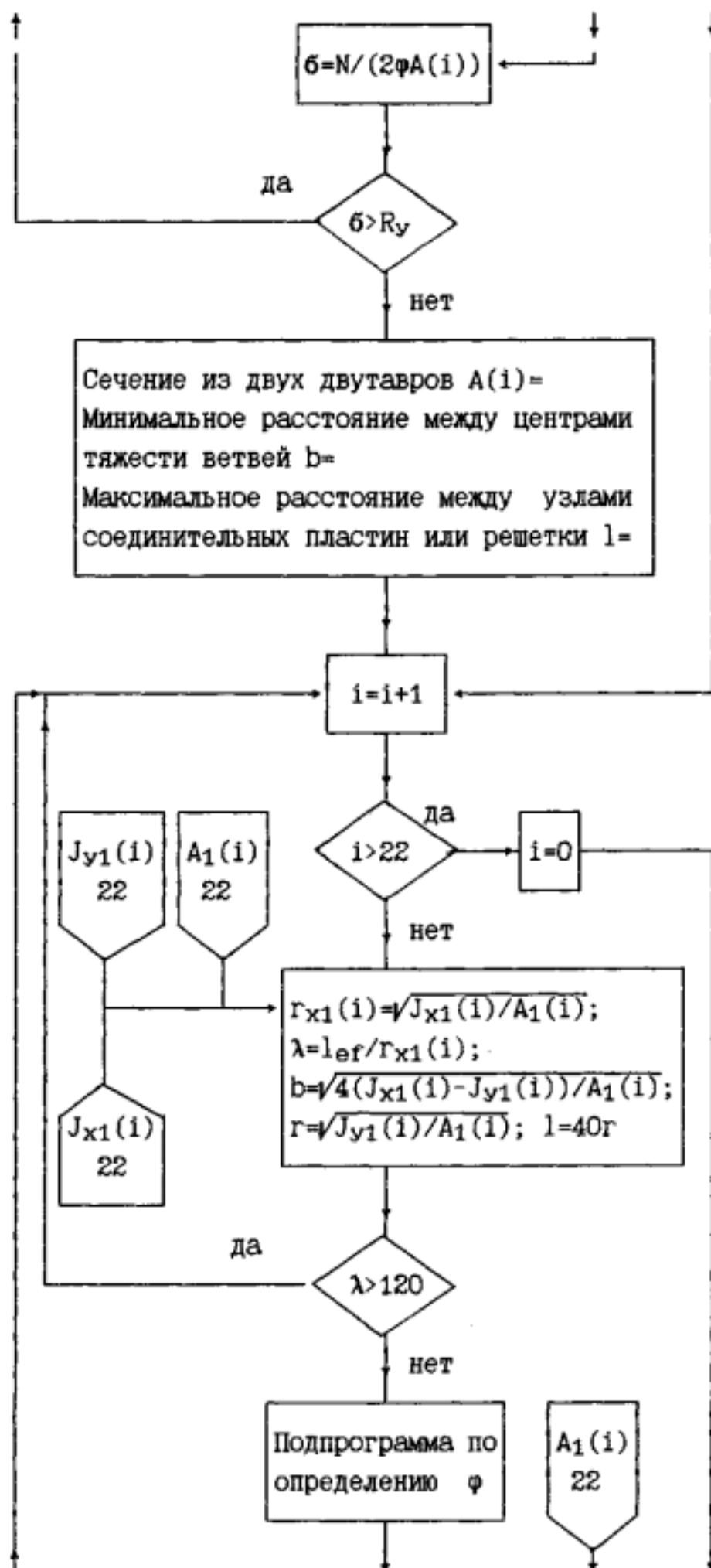
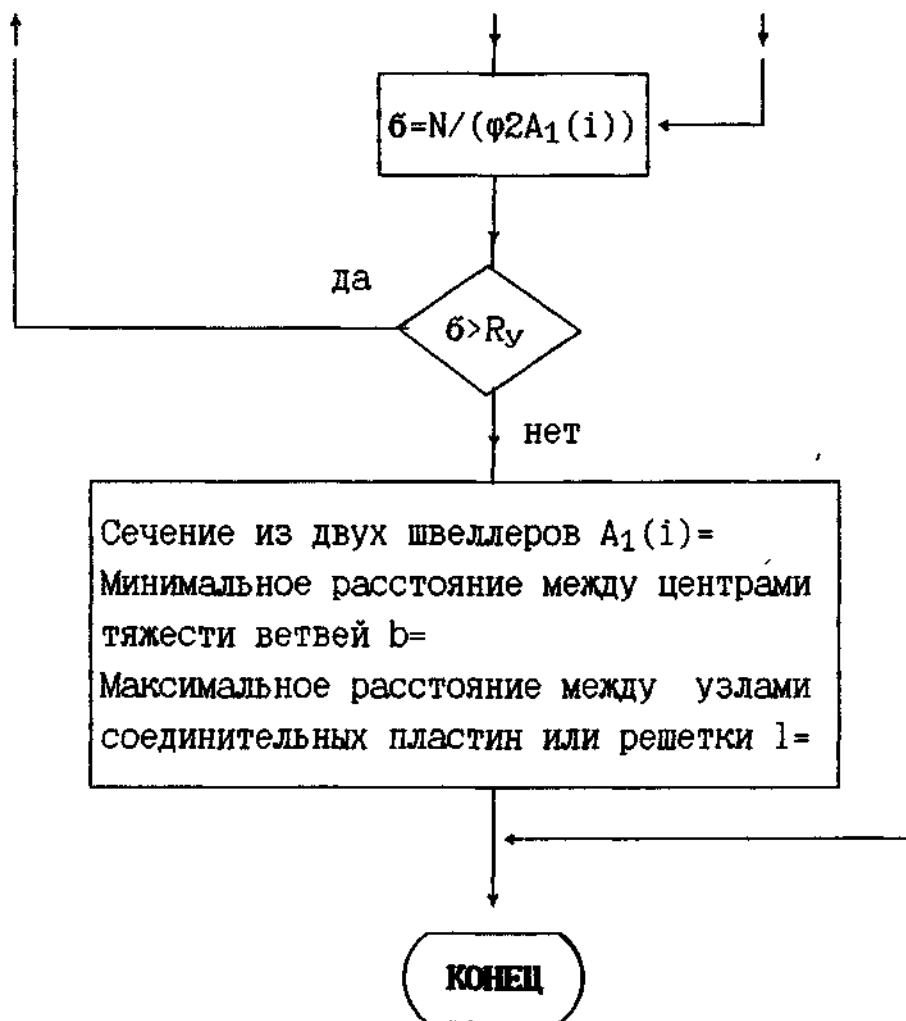


Рис. 5.7. Блок-схема по расчету колонн сквозного сечения из двутавров и швеллеров.





5.4.3. ТЕКСТЫ ПРОГРАММ

Первая программа "STER 1" предназначена для подбора центрально-сжатой колонны сплошного сечения. Расчет сводится к подбору семи вариантов сечений колонны из равнополочных уголков:

- из одного уголка;
- тавровое сечение из двух уголков;
- крестовое сечение из двух уголков;
- коробчатое сечение из двух уголков;
- коробчатое сечение из четырех уголков;

- крестовое сечение из четырех уголков;
- двутавровое сечение из четырех уголков.

Результатом расчета является описание варианта и площадь сечения одного уголка, по которой принимается по сортаменту номер уголка. Каждое сечение состоит из одинаковых равносторонних уголков по ГОСТу 8509-93\ Из подобранных вариантов выбирается более оптимальный или с учетом наличия уголка. Программа написана на языке Паскаль.

Текст программы приведен ниже:

```

program uu; uses
crt,graph; type
pr=array [1..70] of real; var
la,le,si,n,f,r,rx,k,kl,ll,rxo,rxl,rx2,rx3,rx4:real;
a,b,zo,ryo,ix,ixo:pr;    lJ: integer; fl,f2:text;
nom_f:string[121]; key:char;
xxl,xx2,yy1,yy2:integer;
zz,fl:integer; aa:array[1..3] of
real; bb:array[1..7] of real;

procedure windl(xl,y1,x2,y2:integer;coif,coir:byte;ten:char;colt:
byte);
var i:integer;
begin
  if ten='y' then
  BEGIN
    window(1,1,80,25);
    textbackground(0);
    textcolor(colt);
    gotoxy(xl+1,y2+1); for
    i:=(y1+1) to (y2+1) do begin
      gotoxy(x2+1,i);

```

```

        write('!');
    end;
    for i:=(x1+1) to (x2+1) do
    begin
        gotoxy(i,y2+i);
        write('!'); end; END;
    window(x1,y1,x2,y2);
    textbackground(coif);
    clrscr;
    textcolor(colr);
    gotoxy(2,1); write
    ('T');
    for i:=S to (x2-x1-1) do
    begin
        gotoxy(i,1);
        write ('-');
    end;
    gotoxy(x2-x1,i); write('|');
    for i:=2 to (y2-y1) do begin
                                gotoxy(2,i);
                                writeC!');

        gotoxy(x2-x1,i); write('B'); end;
        gotoxy(2,y2-y1+1);
        write ('"•');
        for i:=3 to (x2-x1-1) do
        begin
            gotoxy(i,y2-y1+i);
            write ('='); end;
            gotoxy(x2-x1,y2-y1+1); writeC-»'); end;
    procedure new_win(x1,y1,x2,y2,col_f:byte);

```

```

begin
  window(1,1,80,25);
  textbackground(0);
  textcolor(0); clrscr;
  textbackground(col_f); for
    i:=y1 to y2 do for
      j:=(x1+1) to (x2-1) do
        begin
          gotoxyOM);
        write('I'); end;
END;

```

```

      Procedure VvodWindow(x1,y1,x2,y2,col1,col2:byte);

```

```

      Begin
        Window(x1,y1,x2,y2);
        TextColor(col2);
        TextBackGround(col1); clrscr;
      End;

```

```

      procedure Nachalo;

```

```

      Begin
        new_win(1,1,80,25,1);
        windl(8,6,71,20,3,0,'y',3);
        gotoxy(7,3); write('ПРОГРАММА ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ ПОДБОРА СТАЛЬНОЙ
        ЦЕНТРАЛЬ-');
        gotoxy(4,4); write('НО-СЖАТОЙ КОЛОННЫ СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ.ПОДБИРАЕТСЯ
        СЕМЬ ВА-');
        gotoxy(4,5); write('РИАНТОВ СЕЧЕНИЯ.СЕЧЕНИЕ СОСТОИТ ИЗ
        РАВНОПОЛОЧНЫХ УГОЛКОВ');
        gotoxy(4,6); write('В РЕЗУЛЬТАТЕ РАСЧЕТА ВВДАЮТСЯ ОПИСАНИЯ
        ВАРИАНТОВ,ТО ЕСТЬ');
        gotoxy(4,7); write('КАКОЕ СЕЧЕНИЕ И ИЗ СКОЛЬКИХ УГОЛКОВ ОНО
        СОСТОИТ, А ТАКЖЕ');
        gotoxy(4,8); write('ПЛОЩАДЬ ОДНОГО УГОЛКА. ПО ДАННОЙ ПЛОЩАДИ И
        СОРТАМЕНТУ ВЫ');
        gotoxy(4,9);

```

```

write СБИРАЕТСЯ НОМЕР УГОЛКА. В ВДДОМ ВАРИАНТЕ СЕЧЕНИЕ СОСТОИТ');
  gotoxy(4,10);
write('ИЗ ОДИНАКОВЫХ УГОЖОВ ПО ГОСТу 8509-93. ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ');
  gotoxy(4,11);
write('ВАРИАНТОВ ВЫБИРАЕТСЯ БОЖЕ ОПТИМАЛЬНЫЙ.ПРОГРАММА НАПИСАНА);
  gotoxy(4,12);
  write('НА ЯЗЫКЕ ПАСКАЛЬ В 1998 г. ');
  gotoxy(4,13);
  write('      АВТОРЫ:      МАКАРОВ А.А., МАКАРОВА Н.А.      ');
    repeat
      key:=readkey; if
      key=chr(27) then
        begin
          break;
        end;
    until false;
End;
  Procedure Chapka;
Begin
  new_win(1,1,80,25,1);
  windl(2,19,78,24,3,0,'y',1);
  GOTOXY(3,2);
  write(' Для ввода данных установите курсор на соответ-
  ствующую позицию с помощью'); GOTOXY(3,3);
  write('стрелок "вверх" и "вниз" и нажмите ENTER. Для
  того чтобы исправить оши-');
  GOTOXY(3,4);
  write('бочно введенное данное, подведите курсор и пов-
  торите ввод. '); GOTOXY(3,5);
  write('      Для окончания ввода нажмите ESC. ');
  windl(2,4,78,16,3,0,'y',1); textcolor(0); gotoxy(3,2);
  write(
    ');
  gotoxy(3,3);

```

```

        write(
' 1. УСИЛИЕ СЖАТИЯ, кг                                     ' )
;
        gotoxy(3,4);
        write(
                                                    ' );

        gotoxy(3,5);
        write( ' _____
_____ ' ) ;
        gotoxy(3,6);
        write(
                                                    ' );

        gotoxy(3,7);
        write(
'          2.          РАСЧЕТНАЯ          ДЛИНА,          см
                                                    ' )
;
        gotoxy(3,8);
        write(
                                                    ' ) ;

        gotoxy(3,9);
        write(
> _____> );

        gotOxy(3,10);
        write(
                                                    ' ) ;

        gotoxy(3,11);
        write(
' 3. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, кг/см2
                                                    ' )

;
        gotoxy(3,12);
        write(
                                                    ' ) ;

```

End;

```

procedure Ochno_Curs(xxx1,yyy1,xxx2,yyy2,col_okno:integer;f1:
                                                    char);

```

Begin

```

    VvodWindow(xxx1,yyy1,xxx2,yyy2,col_okno,0);

```



```
begin
  if (yyl-6) and (fl-'y') then
```

```

begin
gotoxy(1,1);
write (aaIII: 12:1);
end;
if (yyl=i0) and (fl='y') then
begin
gotoxy(1,1);
write(aa[2]:12:1);
end;
if (yyl=14) and (fl='y') then
begin
gotoxy(1,1);
write(aa[3]:12:1);
end; end;
End;

```

```

procedure gosub;
begin
k:=r/2100000;
ll:=la*sqrt(k);
if ll<=2.5 then f:=1-(0.073-5.53*k)*ll*sqrt(11);
if ll>4.5 then f:=332/(11*11*(51-11));
kl:=(0.0275-5.53*k)*ll*11;
if (11>2.5) and (11<=4.5) then f:=1.47-13*k-(0.371-27.3*k)*
11+kl;

```

```

end;
procedure raschet;
label
10,19,20,29,30,39,40,49,50,59,60,69,70,100,110;
begin
i:=0; 10:
i:=i+1;
if i>70 then goto 19;
la:=1e/ryoIII;
if la>120 then goto 10;
gosub;
si:=n/(f*a[i]);

```

```

        if si>r then goto 10;
        bbC13:=aCi];
19:  I:=0; 20:
i:=-i+1;
        if i>70 then goto 29;
        rx:=sqrt(ixCi]/a[i3);
        la:=le/rx;
        if la>120 then goto 20;
        gosub;
        si:=n/(f*2*aCi]);
        if si>r then goto 20;
        bb[23:=aCi3;
29:  i:=0; 30:
i:=i+1;
        if i>70 then goto 39;
        rxo:=sqrt(ixo[i]/aCi]);
        la:=le/rxo;
        if la>120 then goto 30;
        gosub;
        si:=n/(f*2*a[i3);
        if si>r then goto 30;
        bbE33:=aCi3;
39:  i:=0; 40:
i:=i+1;
        if i>70 then goto 49;
        rxl:=-sqrt((2*ix[i3+2*a[i3*(0.5*b[i]-zo[i]))*(0.5*bCi3-zo[i3))
                                                    /2/aEi3);

        la:=le/rxl;
        if la>120 then goto 40;
        gosub;
        si:=n/(f*2*aCi3);
        if si>r then goto 40;
        bbC43:=-a[13;
49:  i:=0; 50:
i:=i+1;
        if i>70 then goto 59;
        rx2:=sqrt((4*ix[i3+4*aCi3*(b[i]-zo[i3)*(bCi3-zoCi3))/4/a[i3);
        Ia:=le/rx2;

```

```

        if la>120 then goto 50;
        gosub;
        si:=n/(f*4*aCi]);
        if si>r then goto 50;
        bb[5]:=aIII; 59:
i:=0; 60: i:=i+1;
        if i>70 then goto 69;
        rx3:=sqrt((4*ixoci]+4*a[i]*(2*zoCi]*zo[i]))/4/a[i]);
        Ia:=le/rx3;
        if la>120 then goto 60;
        gosub;
        si:=n/(f*4*aCi]);
        if si>r then goto 60;
        bbC6]:=a[i]; 69:
i:=0; 70: I:=1+1;
        if i>70 then goto 110;
        rx4:=sqrt((4*ix[i]+4*a[i]*zoEi]*zo[i])/4/a[i]);
        Ia:=le/rx4;
        if la>120 then goto 70;
        gosub;
        si:=n/(f*4*aCi]);
        if si>r then goto 70;

        bbC73:=aCi];

110:exit; end;

```

```

procedure prover(i:integer);
begin
    III->
    readln(aa[i]);
    III+>
    while ioresulto0 do
        begin
            VvodWindow(20,2,60,2,3,0);

```

```

        <VvodWindow(20,1,60,1,5,0);>
        gotoxy(5,1);
        write('надо целое число;повторите ввод');
        osno_curs(xxl,yyl,xxl+12,yyl,1,' n');
        gotoxy(1,1); III->
        readln(aaCi]);
        III+>

        end;

```

```

end;

```

```

procedure vvod_dan(num:integer);
begin
    VvodWindow(20,2,60,2,3,0);
    gotoxy(15,1); write('введите данное ');
    osno_curs(xxl,yyl,xxl+12,yyl,1,'n');
    gotoxy(1,1);
    if yyn=6 then prover(1); if yyn=10
    then prover(2); if yyn=14 then
    prover(3); VvodWindow(20,2,60,2,1,0);
    for z:=1 to 40 do begin
        gotoxy(j,1);
        write('i');
        end;
    window(60,2,61,2);
    gotoxy(1,1);
    writed' );
    n:=aaIII;
    le:=aaC23;
    r:=aaC3]; end;

```

```

procedure dok;
Begin

```

```

    if n=0 then
begin
    new_Win(1,1,80,25,1);
    windl(18,8,62,15,3,0,'y',3);
    gotoxy(9,3);
    write('В документировании нет смысла:');
    gotoxy(5,4); write('          данных
нет');

    gotoxy(5,5);
    write(' Если хотите получить пустой документ.,');
    gotoxy(6,6);
    write(' нажмите ENTER, если не нужен - ESC');

    repeat
\ key:=readkey; 4 if key=chr(27)
then EXIT; if key=chr(13) then
break;
        until false;
    end;

    new_Win(1,1,80,25,1);
    windl(29,6,50,10,3,0,'y',5);

    gotoxy(3,3);
    write(' ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ');
    Windl(15,13,65,17,3,0,'y',5);
    Windl(15,13,65,17,3,0,'y',5);
    gotoxy(4,2);
    write(' Введите имя документа^ которым хотите');
    gotoxy(4,3);
    write(' сохранить результат (длина имени с расши-');
    gotoxy(4,4);
    write(' рением не более 12 символов)');
    vvodwindow(49,16,61,16,7,0);
    gotoxy(1,1);
    readln(nom_f);
    vvodwindow(49,16,61,16,7,0);

```

```

        gotoxy(1.1);
        write(nom_f);
        assign(f2,nom_f);
        rewrite(f2);
writeln(f2,'                                ДАННЫЕ');
writeln(f2,
'_____');

        writeln(f2,
' 1. УСИЛИЕ СЖАТИЯ, кг                                ',aa[13:10:1,
' ');

        writeln(f2, '_____
_____');

        writeln(f2,
' 2. РАСЧЕТНАЯ ДЛИНА, см                                ', ,aaC2]: 10:1/
' ');

        writeln(f2,
'_____':_____');

        writeln(f2, ' 3. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, КГ/СМ2
',aa[3]:10:1, ' ');

        writeln(f2,
'_____');

        writeln(f2);
        writeln(f2);
        writeln(f2/                                РЕЗУЛЬТАТ');
        writeln(f2, '_____
_____');
        writeln(f2, ' 1. СЕЧЕНИЕ ИЗ ОДНОГО УГОЛКА ПЛОЩАДЬЮ А =
', ,ЬС13 :6:2, ' ');
        writeln(f2, '_____
_____');
        writeln(f2, ' 2. ТАВРОВое СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ УГОЛКОВ А=
', ,ЬС2]:6:2, ' ');
        writeln(f2,

```

```

' _____' );
        writeln(f2, ' 3. КРЕСТОВОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ УГОЛКОВ A =
',bьC3]:6:2,' ');
        writeln(f2,
' _____' );
        writeln(f2, ' 4. КОРОБЧАТОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ УГОЛКОВ A =
',bb[4]:6:2,' ');
        writeln(f2, ' _____
_____ ' );
        writeln(f2, ' 5. КОРОБЧАТОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ЧЕТЫРЕХ УГОЛКОВ A
= ',bьC5]:6:2,' ');
        writeln(f2, ' _____
_____ ' );
        writeln(f2, ' 6. КРЕСТОВОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ЧЕТЫРЕХ УГОЛКОВ A
= ',bьC63:6:2,' ');
        writeln(f2,
' _____' );
        writeln(f2, ' 7. ДВУТАВРОВОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ЧЕТЫРЕХ УГОЛКОВ
A= ',bьC7]:6:2,' ');
        writeln(f2,
> _____> ) .

        close(f2);
        Windl(17,20,63,22,3,0,'y',5);
        gotoxy(8,2);
        write('Документирование успешно завершено');
        delay(1500); End;

Procedure QUITE;
Var Ch1:char; o,k:integer; flag,flag1:integer;
Begin
        raschet;
        new_win(1,1,80,25,1);
        windl(25,2,55,4,3,0,'y',1);
        gotoxy(12,2);
        write('РЕЗУЛЬТАТ ');
        windl(5,22,75,24,3,0,'y',1);
        gotoxy(7,2);

```



```

write('Для завершения работы нажмите ESC. Для документи-
                                             рования F2.');
```

```

windl(3,6,77,20,3,0,'y',1);
textcolor(0);
gotoxy(3,2);
write( ' 1. СЕЧЕНИЕ ИЗ ОДНОГО УГОЛКА ПЛОЩАДЬЮ А =
',ЬЬС1]:12:2);
gotoxy(3,3);
write( ' _____
_____ ' );
gotoxy(3,4);
write( ' 2. ТАВРОВое СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ УГОЛКОВ ПЛОЩАДЬЮ
А= ',ЬЬС2]:12:2);
gotoxy(3,5);
write(
' _____ ' );
gotoxy(3,6);
write( ' 3. КРЕСТОВОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ "УГОЛКОВ А =
',bb[33]:12:2);
gotoxy(3,7);
write( ' _____
_____ ' );
gotoxy(3,8);
write( ' 4. КОРОБЧАТОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ УГОЖОВ А = '
,ЬЬС4] :12:2);
gotoxy(3,9);
write( ' _____
_____ ' );
gotoxy(3,10);
write( ' 5. КОРОБЧАТОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ЧЕТЫРЕХ УГОЖОВ А =
',ЬЬС5]:12:2);
gotoxy(3,11);
write( ' _____
_____ ' );
gotoxy(3,12);
write(
' 6. КРЕСТОВОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ЧЕТЫРЕХ УГОЖОВ А =      ',ЬЬС6]:12:2);
gotoxy(3,13);
```

```

        write(
'_____') ;
gotoxy(3,14); write( ' 7. ДВУТАВРОВОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ЧЕТЫРЕХ УГОЛКОВ А
= ',ББЕ7]:12:2);
        repeat
        key:=readkey;
        if key=chr(60) then begin
        dok; Quite; exit; end;
        if key=chr(27) then
        begin halt(1); end; until
        false;

End;

begin
textbackground(0);
clrscr;
asslgn(fl,'dat.txt');
reset(fl); for i:=1 to 70
do read(fl,aCi)]; for
i:=1 to 70 do
read(fl,zoCi)]; for i:=1
to 70 do read(fl,ryo[i]);
for i:=1 to 70 do
read(fl,bCi)]; for i:=1
to 70 do read(fl,ixCi)];
for i:=1 to 70 do
read(fl,ixoci)];

```

```

Nachalo;
textbackground(0);
clrscr;
Chapka;
    xxl:=64;
    yyn:=6;
for i:=1 to 3 do
aaCi]:=0; for i:=1
to 3 do begin
ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,3,'y');
yyn:=yyn+4; end; yyn:=6;
    repeat

        ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,1,'y');
key:=readkey; case key of

chr(80):begin
    ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,3,'y');

        if yyn<13 then
        begin
            yyn:=yyn+4;
        end
        else begin
            yyn:=6; end; end;

chr(72):begin
    ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,3,'y');

        if yyn>6 then

```

```

begin
yyl:=yyl-4;
end
else
begin
yyl:=14;

end;
end;

chr(13):vvod_dan(yyl);
chr(27):QUIT;
end;
until false;

end.

```

i

Программа "STER 2" предназначена для подбора сечения центрально-сжатых колонн сплошного сечения из двутавров и швеллеров. Расчет сводится к подбору семи вариантов сечений:

- из двутавра по ГОСТ 8239-М;
- из двух двутавров по ГОСТ 8239-89;
- из швеллера по ГОСТ 8240-89;
- двутавровое сечение из двух швеллеров по ГОСТу 8240-89;
- коробчатое сечение из двух швеллеров по ГОСТу 8240-89;
- из колонного двутавра по ТУ 14-2-24-72;
- из колонного уширенного двутавра по ТУ 14-2-24-72.

В результате расчета выводится вид сечения и площадь сечения одного профиля (швеллера или двутавра), по которой по сортаменту принимается номер профиля. Программа написана на языке Паскаль. Текст программы приведен ниже:

```

program uu; uses
crt,graph;
type
pr=array Cl..303 of real;
var
ry,ryl,la,le,si,n,f,r,k,kl,ll:real;

```

```

•Cf, r, rx, k, kl, ll, rxo, rxl, rx2, rx3,rx4: real; >
a, b,zo,ryo, ix,ixo, iy, iyl, al, a2, a3, iy3, iy2,bl, bE, b3: pr;
ij: integer;
fl,f2:text;
nom_f: string [121;
      key:char;
      xx1,xx2,yy1,yy2:integer;
      zz,fl:integer;
aa: array[1..3] of real;
bb:array[1. .7] of real;

procedure windl(xl,y1,x2,y2:integer;coif,coir:byte;ten:char;colt:
                                                    byte);
var i:integer;
begin
  if ten='y' then
  BEGIN
    window(1,1,80,25);
    textbackground(0);
    textcolor(colt);
    gotoxy(xl+1,y2+1); for
    i:=(y1+1) to (y2+1) do begin
      gotoxy(x2+1,i);
      write('I'); end;
      for i:=(xl+1) to (x2+1) do
        begin gotoxy(i,y2+1);
          write('!');
        end; END;
    window(xl,y1,x2,y2);
    textbackground(colf);
    clrscr;
    textcolor(colr);
    gotoxy(2,1); write
    ('r');

```

```

for i:=3 to (x2-x1-1) do
begin
gotoxy(i,1);
write ('-');
end;
gotoxy(x2-x1,1);
write('j');
for i:=1 to (y2-y1) do begin
                                gotoxy(2,i);
                                write('ll');
                                gotoxy(x2-x1,i);
                                write('l'); end; gotoxy(2,y2-y1+1);
write ('••');
for i:=3 to (x2-x1-1) do
begin
gotoxy(i,y2-y1+1);
write ('-');
end;
gotoxy(x2-x1,y2-y1+1);
write ('••');
end;
procedure new_win(x1,y1,x2,y2,col_f:byte);
begin
window(1,1,80,25);
textbackground(0);
textcolor(0); clrscr;
textbackground(col_f); for
i:=y1 to y2 do for 3:=(x1+1)
to (x2-1) do begin
gotoxy(j,i);
write('•'); end;
END;
Procedure VvodWindow(x1,y1,x2,y2,co!2:byte);

```

```

Begin
Window(x1,y1,x2,y2);
TextColor(col2);
TextBackGround(coll);
clrscr; End;

procedure Nachalo;
Begin
new_win(1,1,80,25.1);
windl(8,6,71,20,3,0,'y',3);
gotoxy(7,3); write('ПРОГРАММА ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ ПОДБОРА СТАЛЬНОЙ
ЦЕНТРАЛЬ-');
gotoxy(4,4); write('НО-СЖАТОЙ КОЛОННЫ СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ.ПОДБИРАЕТСЯ
СЕМЬ ВА-');
gotoxy(4,5); write('ВАРИАНТОВ СЕЧЕНИЯ.СЕЧЕНИЕ СОСТОИТ ИЗ ШВЕЛЛЕРОВ И
ДВУТАВРОВ');
gotoxy(4,6); write('В РЕЗУЛЬТАТЕ РАСЧЕТА ВЫДАЮТСЯ ОПИСАНИЯ
ВАРИАНТОВ,ТО ЕСТЬ');
gotoxy(4,7); write('КАКОЕ СЕЧЕНИЕ И ИЗ СКОЛЬКИХ ПРОФИЛЕЙ ОНО
СОСТОИТ,А ТАКЖЕ');
gotoxy(4,8); write('ПЛОЩАДЬ ОДНОГО ПРОФИЛЯ.ПО ДАННОЙ ПЛОЩАДИ И
СОРТАМЕНТУ ВЫ');
gotoxy(4,9);
write('СБИРАЕТСЯ НОМЕР ПРОФИЛЯ.В КАЖДОМ ВАРИАНТЕ СЕЧЕНИЕ СОСТОИТ');
gotoxy(4,10); write('ИЗ ОДИНАКОВЫХ ШВЕЛЛЕРОВ ПО ГОСТу 8240-89,ИЛИ
ДВУТАВРОВ ПО);
gotoxy(4,11);
write('ТХТ 8239-МИ ТУ 14-2-24-72. ПРОГРАММА НАПИСАНА НА ЯЗЫКЕ');
gotoxy(4,12);
write('ПАСКАЛЬ В 1998 г. ');
gotoxy(4,13);
write('АВТОРЫ:   МАКАРОВ А.А., МАКАРОВА Н.А.   ');
repeat
key:=readkey; if
key=chr(27) then
begin
break;

```

```

end;
until false; End;
Procedure Chapka;
Begin
    new_win(1,1,80,25,1);
    windl(2,19,78,24,3,0,'y',1);
    GOTOXY(3,2);
    write(' Для ввода данных установите курсор на соответствующую позицию с помощью'); GOTOXY(3,3);
    write('стрелок "вверх" и "вниз" и нажмите ENTER. Для того чтобы исправить оши-');
    GOTOXY(3,4);
    write('бочно введенное данное, подведите курсор и повторите ввод. '); GOTOXY(3,5);
    write(' Для окончания ввода нажмите ESC. ');
    windl(2,4,78,16,3,0,'y',1);
    textcolor(0);
    gotoxy(3,2);
    write(
    );
    ;

    gotoxy(3,3);
    write(
    1.          УСИЛИЕ          СЖАТИЯ,          кг
    );
    ;

    gotoxy(3,4);
    write(
    );

    gotoxy(3,5);
    write( ' _____
_____ ' );
    gotoxy(3,6);
    write(
    );

    gotoxy(3,7);
    write(
    ' 2. РАСЧЕТНАЯ ДЛИНА, см
    );
    ;

```



```

        gotoxy(3,8);
        write(
                                                    ' ');

        gotoxy(3,9);
        write(
>-----' );

        gotoxy(3,10);
        write(
                                                    ' ');

gotoxy(3,11);
write(
' 3. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, кг/см2
                                                    ' );
;

        gotoxy(3,12);
        write(
                                                    ' ');

End;

```

```

procedure Ocno_Curs(xxx1,yyyl,xxx2,yyy2,col_okno:integer;fl:
                                                    char);

Begin
    VvodWindow(xxx1,yyyl,xxx2,yyy2,col_pkno,0);
    begin
        if (yy1=6) and (fl='y') then
            begin
                gotoxy(1,1);
                write(aa[1]:i2:i);
                end;
            if (yy1=10) and (fl='y') then
                begin
                    gotoxyCl.1);
                    write(aaC21:12:1);
                    end;
                    if (yy1=14) and (fl='y') then
                        begin
                            gotoxyd.1);
                            write(aa[3]:12:1);
                            end;

```

```

        end;
End;

procedure gosub;
begin
    k:=r/2100000;
    ll:=la*sqrt(k);
    if ll<=2.5 then f:<L-(0.073-5.53*k)*ll*sqrt (ll);
    if ll>4.5 then f:=332/(ll*ll*(51-ll));
    kl:=(0.0275-5.53*k)*ll*ll;
    if (ll>2.5) and (ll<=4.5) then f:<L47-13*k-(0.371-27.3*k)*
                                                ll+kl;

end;

    procedure raschet;
label
10,19,20,29,30,39,40,49,50,59,60,69,70,100,110; begin
    i:=0; 10:
i:=i+1;
    if i>23 then goto 19;
    ry:=sqrt(iy[i]/aCi);
    la:=le/ry;
    if la>120 then goto 10;
    gosub;
    si:=n/(f*aCi);
    if si>r then goto 10;
    bbC13:=aCi];
19: i:=0; 20:
i:=i+1;
    if i>23 then goto 29;
    ryl:=sqrt((2*iy[i]+2*a[i]*0.5*bCi]*0.5*b[I])/2/a[i]);
    la:=le/ryl;
    if la>120 then goto 20;
    gosub;
    si:=n/(f*2*a[i]);
    if si>r then goto 20;
    bb[2]:=aCi3;

```

```

29: i:=0;
30: i:=i+1;
    if i>22 then goto 39;
    ry:=sqrt(iyl[i]/al[i]);
    la:=le/ry;
    if la>120 then goto 30;
    gosub;
    si:=n/(f*alCi);
    if si>r then goto 30;
    bbC3]:=al[i];
39: i:=0; 40:
I:=1+1;
    if i>22 then goto 49;
    ry:=sqrt((2*iylCi]+2*al[i]*zoEi]*zoCi])/2/al[i3]);
    la:=le/ry;
    if la>120 then goto 40;
    gosub;
    si:=n/(f*al[i]);
    if si>r then goto 40;
    bbC4]:=alCi];
49: i:=0; 50:
i:=i+1;
    if i>22 then goto 59; ryl:=sqr((2*iyl[i]+2*alCi]*(bCi]-
zo[i])*(b[i]-zoCi)))/2/al[i]);
    la:=le/ryl;
    if la>120 then goto 50;
    gosub;
    si:=n/(f*2*alCi)];
    if si>r then goto 50;
    bbC5]:=alCi];
59: i:=0; 60:
i:=i+1;
    if i>46 then goto 69;
    ry:=sqrt(iy2Ci]/a2[i]);
    la:=le/ry;
    if la>120 then goto 60;
    gosub;
    si:=n/(f*a2[i]);

```

```

        if si>r then goto 60;
        bbC63:=a2[i3;
69:  i:=0; 70:
i:=i+1;
    if i>28 then goto 110;
    ry:=sqrt(iy3Ci]/a3Ci]);
    la:=le/ry;
    if la>120 then goto 70;
    gosub;
    si:=n/(f*a3Ci3);
    if si>r then goto 70;
    bb[73:=-a3C13;
110:exit; end;

```

```

procedure prover(i:integer);
begin
    III->
    readln(aaCi]);
    III+ }
    while ioresulto0 do
        begin
            VvodWindow(20,2,60,2,3,0);
            {VvodWindow(20,1,60,1,5,0);>
            gotoxy(5,1);
            write('надо целое число повторите ввод');
            ocnо_curs(xxl,yyl,xxl+12,yyl, 1,' n');
            gotoxy(1,1);
            III->
            readln(aaCi]);
            <Si+>
        end;
    end;

```

```

end;

```

```

procedure vvod_dan(num:integer);
begin
    VvodWindow(20,2,60,2,3,0);

```

```

        gotoxy(15,1); write('введите данное ');
        osno_curs(xx1,y1,xx1+12,y1,1,'n');
        gotoxy(1,1);
if y1=6 then prover(1); if
y1=10 then prover(2); if y1=14
then prover(3);
VvodWindow(20,2,60,2,1,0); for
o:=1 to 40 do begin
    gotoxy(j,1);
    writed'); end;
    window(60,2,61,2);
    gotoxy(1,1);
    write('I');
    n:=aaC1]; le:=aa[2];
    r:=aaC3]; end;

procedure dok; Begin    if
n=0 then begin
    new_Win(1,1,80,25,1);
    windl(18,8,62,15,3,0,'y',3);
    gotoxy(9,3);
    write('В документировании нет смысла:');
    gotoxy(5,4); write('          данных нет');

    gotoxy(5,5);
    write(' Если хотите получить пустой документ');
    gotoxy(6,6);
    write(' нажмите ENTER,если не нужен - ESC');

    repeat

```

```

key:=readkey;
if key=chr(27) then EXIT;
if key=chr(13) then break;
    until false; end;

new_Win(1,1,80,25,1);
windl(29,6,50,10,3,0,'y',5);

gotoxy(3,3);
write(' ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ');
Windl(15,13,65,17,3,0,'y',5);
Windl(15,13,65,17,3,0,'y',5);
gotoxy(4,2);
write('      Введите имя документа,в котором хотите');
gotoxy(4,3);
write(' сохранить результат (длина имени с расши-');
gotoxy(4,4);
write(' рением не более 12 символов)');
vvodwindow(49,16,61,16,7,0); gotoxy(1,1);
readln(nom_f);
vvodwindow(49,16,61,16,7,0);
gotoxy(1,1); write(nom_f);
assign(f2,nom_f); rewrite(f2);
writeln(f2,'                                ДАННЫЕ');
writeln(f2,
' _____ ' ) ;

        writeln(f2,
' 1. УСИЛИЕ СЖАТИЯ, кг                                ',aaC1]:10:1,' ');

        writeln(f2,
' _____ ' ) ;

        writeln(f2,

```

```

' 2. РАСЧЕТНАЯ ДЛИНА, СМ                                ',aa[2]:10:1,'
');

        writeln(f2,
' _____ ) ;

        writeln(f2, ' 3. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, кг/см²
',aaC3]: 10:1,' ');

        writeln(f2, ' _____
_____ ' ) ;

        writeln(f2);
        writeln(f2);
        writeln(f2,'                                РЕЗУЛЬТАТ');
        writeln(f2, ' _____
_____ ' ) ;
        writeln(f2,
' 1. СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУТАВРА А =                                ',ьБЕ1]:6:2,' ');
        writeln(f2, ' _____
_____ ' ) ;
        writeln(f2,
' 2. СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ ДВУТАВРОВ А =                                ',ьБС23]:6:2,' ');
        writeln(f2,
' _____ ' ) ;

        writeln(f2,
' 3. СЕЧЕНИЕ ИЗ ШВЕЛЛЕРА А =                                ',ьБС3]:6:2,' ');
        writeln(f2,
' _____ , _____ ' ) ;

        writeln(f2, ' 4. СЕЧЕНИЕ ДВУТАВРОВОЕ ИЗ ДВУХ ШВЕЛЛЕРОВ
А = ',ьБС4]:6:2,' ');
        writeln(f2, ' _____
_____ ' ) ;
        writeln(f2, ' 5. СЕЧЕНИЕ КОРОБЧАТОЕ ИЗ ДВУХ ШВЕЛЛЕРОВ А
= ',ьБС5]:6:2,' ');
        writeln(f2,
' _____>);

        writeln(f2, ' 6. СЕЧЕНИЕ ИЗ КОЛОННОГО ДВУТАВРА А =
',ьБС6]:6:2,' ');

```

```

        writeln(f2, ' _____
_____ ' );
        writeln(f2, ' 7.СЕЧЕНИЕ ИЗ КОЛОННОГО УШИРЕННОГО ДВУТАВРА
A= ',ЬЬС7]:6:2,' ');
        writeln(f2,
' _____ ' );
        close(f2);
        Windl(17,20,63,22,3,0,'y',5);
        gotoxy(8,2);
        write('Документирование успешно завершено');
        delay(1500); End;

Procedure QUIT;
Var Ch1-.char; o,k:integer; flag,flagl:integer;
Begin
    raschet;
    new_win(lf1,80,25,1);
    Windl(25,2,55,4,3,0,'y',1);
    gotoxy(12,2); write('РЕЗУЛЬТАТ
');
    windl(5,22,75,24,3,0,'y',1);
    gotoxy(7,2);
    write('Для завершения работы нажмите ESC. Для докумен
тирования F2. ');
    windl(3,6,77,20,3,0,'y',1);
    textcolor(0);
    gotoxy(3,2);
    write(
' 1. СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУТАВРА A =                                     ',ЬЬС1]:12:2);
        gotoxy(3,3);
        write(
> _____ ');
    gotoxy(3,4);
    write(
' 2. СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ ДВУТАВРОВ A =                                     ',ЬЬЕ23:12:2);
        gotoxy(3,5);
        write(

```



```

' _____ ' ) ;
gotoxy(3,6);
write(
' 3. СЕЧЕНИЕ ИЗ ШВЕЛЛЕРА А = _____ ', ЪСЗ]:12:2);
    gotoxy(3,7);
    write( ' _____
_____ ' ) ;
    gotoxy(3,8);
    write( ' 4. СЕЧЕНИЕ ДВУТАВРОВОЕ ИЗ ДВУХ ШВЕЛЛЕРОВ А =
', ЪС43]:12:2);
    gotoxy(3,9);
    write(
' _____ ' ) ;
    gotoxy(3,10);
    write( ' 5. СЕЧЕНИЕ КОРОБЧАТОЕ ИЗ ДВУХ ШВЕЛЛЕРОВ А =
', ЪЕ5]:12:2);
    gotoxy(3,11);
    write(
' _____ ' ) ;
    gotoxy(3,12);
    write(
' 6. СЕЧЕНИЕ ИЗ КОЛОННОГО ДВУТАВРА А = _____ ', ЪС6]:12:2);
    gotoxy(3,13);
    write(
' _____ ' ) ;
gotoxy(3,14); write( ' 7. СЕЧЕНИЕ ИЗ КОЛОННОГО УШИРЕННОГО ДВУТАВРА
А = ', ЪС7]:12:2);
    repeat
    key:=readkey;
    if key=chr(60) then begin
    dok; Quite; exit; end;
    if key=chr(27) then
        begin

```

```
halt(1); end; until false;
```

```
End;
```

```
begin
```

```
    textbackground(0);  
    clrscr;  
    assign(fl,'dat4.txt');  
    reset(fl); for i:=1 to  
    23 do read(fl,a[i3]);  
    for i:=1 to 23 do  
    read(fl,iy[i3]); for  
    i:=1 to 23 do  
    read(fl,b[i3]); for i:=1  
    to 22 do  
    read(fl,al[i3]); for  
    i:=1 to 22 do  
    read(fl,iylCi]); for  
    i:=1 to 22 do  
    read(fl,zo[i3]); for  
    i:=1 to 22 do  
    read(fl,bl[i3]); for  
    i:=1 to 46 do  
    read(fl,a2[i3]); for  
    i:=1 to 46 do  
    read(fl,iy2[i3]); for  
    i:=1 to 46 do  
    read(fl,b2Ci3); for  
    i:=1 to 28 do  
    read(fl,a3[i3]); for  
    i:=1 to 28 do  
    read(fl,iy3Ci3); for  
    i:=1 to 28 do  
    read(fl,b3[i3];
```

```

Nachalo;
textbackground(0);
clrscr; Chapka;
    xxl:=64;
    yyn:=6;
for i:=1 to 3 do
aaEil:=0; for i:=1
to 3 do begin
ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,3,'y');
yyn:=yyn+4; end; yyn:=6;
    repeat

        ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,1,'y');
        key:=readkey; case key of

chr(80):begin
    ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,3,'y');

            if yyn<13 then
            begin
                yyn:=yyn+4;
            end
            else begin
yyn:=6; end; end;

chr(72):begin
    ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,3,'y');

            if yyn>6 then

```

```

begin
yy1:=yy1-4;
end
else
begin
yy1:=14;

end; end;

chr(13):vvod_dan(yy1);
chr(27):QUIT;
end;
until false;

end.

```

Программа "STER 3" предназначена для подбора сечения центрально-сжатых колонн сквозного сечения из двутавров и швеллеров. Расчет сводится к подбору двух вариантов сечений:

- из двух двутавров по ГОСТ 8239-39;
- из двух швеллеров по ГОСТ 8240-89.

В результате расчета выводится вид сечения и площадь сечения одного профиля (швеллера или двутавра), по которой по сортаменту принимается номер профиля. Кроме этого, приводится минимальное расстояние между центрами тяжести ветвей колонны и максимальное расстояние между узлами соединительной решетки или планок. Программа написана на языке Паскаль.

Текст программы приведен ниже:

```

program uu; uses
crt,graph;
type
pr=array[1..303 of real;
var
ryl,k,kl:real;
ry.rx.la.le^^n.f ,r,b,l,bl,ll,ll:real;
a,го,гyoДхДхоДyДy1,a1,a2,a3,ly3, iy2,b2,b3:pr;

```

```

ixl:pr; i J: integer;
fl,f2:text;
nom_f:stringC121;
key:char;
xxl,xx2,yy1,yy2:integer;
zz,fl:integer; aa:array C1..33 of
real; bb:arrayd. .61 of real;

```

```

procedure windl(xi,y1,x2,y2:integer;coif,coir:byte;ten:char;colt:
byte);

```

```

var i:integer;
begin
  if ten='y' then
BEGIN
  window(1,1,80,25);
  textbackground(0);
  textcolor(colt);
  gotoxy(xl+1,y2+1); for
  i:=(y1+1) to (y2+1) do begin
    gotoxy(x2+1,i);
    write('l'); end;
    for i:=(xl+1) to (x2+1) do
      begin gotoxy(i,y2+1);
        write('i');
      end; END;
  window(xl,y1,x2,y2);
  textbackground(colf);
  clrscr;
  textcolor(colr);
  gotoxy(2,1); . writer ••');
  for i:=3 to (x2-xl-1) do

```

```

begin
gotoxy(i,1);
write ('-');
end;
gotoxy(x2-x1,1);
write('i');
for i:=2 to (y2-y1) do begin
                                gotoxy(2,i);
                                write('ll');
                                gotoxy(x2-x1,i);
                                write('l'); end;    " gotoxy(2,y2-
yl+1); write ('"•');
for i:=3 to (x2-x1-1) do
begin
gotoxy(i,y2-yl+1); write
('-'); end; gotoxy(x2-
x1,y2-yl+1);
write('••'); end;
procedure new_win(x1,y1,x2,y2,col_f:byte);
begin
window(1,1,80,25);
textbackground(0);
textcolor(0); clrscr;
textbackground(col_f); for
i:=y1 to y2 do for j:=(x1+1)
to (x2-1) do begin gotoxy(j,i);
write('l');
end; END;
        Procedure VvodWindow(x1,y1,x2,y2,col1,col2:byte);
Begin

```

```

Window(x1,y1,x2,y2);
TextColor(col2);
TextBackGround(coll);
clrscr; End;

procedure Nachalo;
Begin
new_win(1,1,80,25,1);
windl(8,6,71,20,3,0,'y',3);
gotoxy(7,3); write('ПРОГРАММА ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ ПОДБОРА СТАЛЬНОЙ
ЦЕНТРАЛЬ-');
gotoxy(4,4); write('НО-СЖАТОЙ КОЛОННЫ СКВОЗНОГО СЕЧЕНИЯ.ПОДБИРАЕТСЯ
ДВА ВА-');
gotoxy(4,5); write('РИАНТД СЕЧЕНИЯ.СЕЧЕНИЯ СОСТОЯТ ИЗ ШВЕЛЛЕРОВ И
ДВУТАВРОВ);
gotoxy(4,6); write('В РЕЗУЛЬТАТЕ РАСЧЕТА БОДАЮТСЯ ОПИСАНИЯ
ВАРИАНТОВ,ТО ЕСТЬ);
gotoxy(4,7); write('КАКОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ ШВЕЛЛЕРОВ ИЛИ ДВУТАВРОВ, А
ТАКЖЕ ');
gotoxy(4,8); write('ПЛОЩАДЬ ОДНОГО ПРОФИЛЯ.ПО ДАННОЙ ПЛОЩАДИ И
СОРТАМЕНТУ ВЫ);
gotoxy(4,9);
write('ПОДБИРАЕТСЯ НОМЕР ПРОФИЛЯ ДЛЯ КАЖДОГО ВАРИАНТА СЕЧЕНИЯ ОПРЕ);
gotoxy(4,10); write('ДЕЛЯЕТСЯ МИНИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ЦЕНТРАМИ
ТЯЖЕСТИ ВЕТ);
gotoxy(4,11); write('ВЕЙ И МАКСИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ УЗЛАМИ
РЕШЕТКИ. ');
gotoxy(4,12); write('ПРОГРАММА НАПИСАНА НА ЯЗЫКЕ
ПАСКАЛЬ В 1998 Г. ');
gotoxy(4,13);
write(' АВТОРЫ: МАКАРОВ А.А., МАКАРОВА Н.А. ');
repeat
key:=readkey; if
key=chr(27) then
begin
break;
end;

```

```

until false;
End;
  Procedure Chapka;
Begin
  new_win(1,1,80,25,1);
  windl(2,19,78,24,3,0,'y',1);
  GOTOXY(3,2);
  write(' Для ввода данных установите курсор на соответ-
  ствующую позицию с помощью'); GOTOXY(3,3);
  write('стрелок "вверх" и "вниз" и нажмите ENTER. Для
  того чтобы исправить оши-');
  GOTOXY(3,4);
  write('бочно введенное данное, подведите курсор и повто-
  рите ввод. '); GOTOXY(3,5);
  write('      Для окончания ввода нажмите ESC. ');
  windl(2,4,78,16,3,0,'y'); textcolor(0); gotoxy(3,2);
  write(
  ' ');
  gotoxy(3,3);
  write(
  ' 1. УСИЛИЕ СЖАТИЯ, кг ');
  gotoxy(3,4);
  write(
  ' ');
  gotoxy(3,5);
  write(
  ' ');
  '-----';
  gotoxy(3,6);
  write(
  ' ');
  gotoxy(3,7);
  write(
  ' 2. РАСЧЕТНАЯ ДЛИНА, см ');
  gotoxy(3,8);

```



```

        write(
                                                    ');
        gotoxy(3,9);
        write(
' _____ ' ) ;
        gotoxy(3,10);
        write(
                                                    ');
        gotoxy(3,11);
        write(
' 3. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, кг/см2
                                                    ')
        ;
        gotoxy(3,12);
        write(
                                                    ');

```

End;

```

procedure Ocho_Curs(xxx1,yy1,xxx2,yyy2,col_okno:integer;fl:
                                                    char);
Begin
    VvodWindow(xxx1,yy1,xxx2,yyy2,col_okno,0);
    begin
        if (yy1=6) and (fl='y') then
            begin
                gotoxy(1,1);
                write(aaC1:12:1);
                end;
            if (yy1=10) and (fl='y') then
                begin
                    gotoxy(1,1);
                    write(aaE2:12:1);
                    end;
                if (yy1=14) and (fl='y') then
                    begin
                        gotoxy(1,1);
                        write(aaE3:12:1); end; end;

```

```

End;

procedure gosub;
begin
    k:=r/2100000;
    l1:=la*sqrt(k);
    if l1<=2.5 then f:=1-(0.073-5.53*k)*l1*sqrt(l1);
    if l1>4.5 then f:=332/(l1*l1*(51-l1));
    kl:=(0.0275-5.53*k)*l1*l1; if (l1>2.5) and (l1<=4.5) then
f:=1.47-13*k-(0.371-27.3*k)*l1+kl;

end;

    procedure raschet;
label 10,19,20,110;
begin
    i:=0; 10:
i:=i+1;
    if i>23 then goto 19;
    rx:=sqrt(ix[i]/aCi);
    ry:=sqrt(iyCi/aCi);
    la:=le/rx;
    b:=sqrt(4*(ixCi-iyCi))/a[i]);
    l:=40*ry;
    if la>120 then goto 10;
    gosub;
    si:=n/(2*f*aCi);
    if si>r then goto 10;
    bbC13:=aCi;
    bb[2]:=b;
    bbC33:=l;
19: i:=0; 20:
i:=i+1;
    if i>22 then goto 110;
    rx:=sqrt(ixlCi)/al[i3];
    ry:=sqrt(iyl[i]/alCi3);
    la:=le/rx;
    bl:=sqrt(4*(ixl[i]-iylCi))/alCi));

```

```

    ll:=40*ry;
    if la>120 then goto 20;
    gosub;
    si:=n/(2*f*alCi)]; if
    si>r then goto 20;
    bbC4]:=alEi]; bbC5]:=bl;
    bb[63:=ll;

110:exit;
end;

procedure prover(i:integer);
begin
    III->
    readln(aa[i]);
    III+>
    while ioresulto0 do
        begin
            VvodWindow(20,2,60,2,3,0);
            gotoxy(5,1);
            write('надо целое число;повторите ввод');
            ocno_curs(xxl,yyl,xxl+12,yyl,1,'n');
            gotoxy(1,1);
            III->
            readln(aa[i3]);
            <8i+>

            end;

    end;

procedure vvod_dan(num:integer);
begin
    VvodWindow(20,2,60,2,3,0);
    gotoxy(15,1);
    write('введите данное ');
    ocno_curs(xxl,yyl,xxl+12,yyl,1,'n');
    gotoxy(1.1);

```

```

if yyn=6 then prover(1); if yyn=10 then
prover(2); if yyn=14 then prover(3);
YvodWindow(20,2,60,2,1,0); for z:=1 to
40 do begin
  gotoxy(j,1);
  write('!'); end;
  window(60,2,61,2);
  gotoxyU,!);
  write('l'); n:=aa[1];
  le:=aa[2]; r:=aa[3];
  end;

```

```

procedure dok;

```

```

Begin

```

```

  if n=0 then begin
    new_Win(1,1,80,25,1);
    Windl(18,8,62,15,3,0,'y',3);
    gotoxy(9,3);
    write('В документировании нет смысла:');
    gotoxy(5,4);
    write('          данных нет');

    gotoxy(5,5);
    write(' Если хотите получить пустой документ/);
    gotoxy(6,6);
    write(' нажмите ENTER,если не нужен - ESC');

    repeat
      key:=readkey; if key=chr(27)
      then EXIT; if key=chr(13) then
      break; until false;

```

```

end;

new_Win(1,1,80,25,1);
windl(29,6,50,10,3,0,'y',5);

gotoxy(3,3);
write(' ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ');
Windl(15,13,65,17,3,0,'y',5);
Windl(15,13,65,17,3,0,'y',5);
gotoxy(4,2);
write(' Введите имя документа, в котором хотите');
gotoxy(4,3);
write(' сохранить результат (длина имени с расши-');
gotoxy(4,4);
write(' рением не более 12 символов)');
vvdwindow(49,16,61,16,7,0); gotoxy(1,1);
readln(nom_f);
vvdwindow(49,16,61,16,7,0);
gotoxy(1,1); write(nom_f);
assign(f2,nom_f); rewrite(f2);
writeln(f2,' ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ');
writeln(f2,
' _____' );

writeln(f2,
' 1. УСИЛИЕ СЖАТИЯ, кг ',aaIII:10:1,' ');

writeln(f2,
' _____' );

writeln(f2,
' 2. РАСЧЕТНАЯ ДЛИНА, см ',aaC2]:10:1,' ');

writeln(f2,
' _____' );

```

```

        writeln(f2, ' 3. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, кг/см;2
' ,aaC3]:10:1,' ');

        writeln(f2,
' _____' );

        writeln(f2);
        writeln(f2);
        writeln(f2,' ' РЕЗУЛЬТАТ');
        writeln(f2_f
' _____' );

        writeln(f2_f
' 1. СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ ДВУТАВРОВ А = ' ,ЬЫШ :6:2,' ');
        writeln(f2, ' _____
_____ ' );
        writeln(f2, ' 2.МИНИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЭДУ Ц.Т.ВЕТВЕЙ
Ь= ' ,ЬЫС2] :6:2,' ');
        writeln(f2,
' _____' );
        writeln(f2, ' 3.МАКСИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ УЗЛ.
РЕШЕТ.1= ' ,ЬЫС3]:6:2,' ');
        writeln(f2,
' _____' );
        writeln(f2,
' 4. СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ ШВЕЛЛЕРОВ А = ' ,ЬЫС4]:6:2,'
');
        writeln(f2,
' _____' );
        writeln(f2, ' 5.МИНИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕДЦУ Ц.Т. ВЕТВЕЙ
Ь= ' ,ЬЫС5]:6:2,' ');
        writeln(f2,
' _____' );
        writeln(f2, ' 6. МАКСИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕВДУ УЗЛ.
РЕШЕТ.1= ' ,ЬЫШ:6:2,' ');
        writeln(f2,
' _____' );

        close(f2);
        Windl(17,20,63,22,3,0,'y',5);
        gotoxy(8,2);

```

```
write('Документирование успешно завершено');  
delay(1500); End;
```

```
Procedure QUITTE;  
Var Ch1:char; o,k:integer; f lag,f lagl:in*teger;  
Begin  
    raschet;  
    new_win(1,1,80,25,1);  
    windl(25,2,55,4,3,0,'y',1);  
    gotoxy(12,2); write('РЕЗУЛЬТАТ  
' ); windl(5,22,75,24,3,0,'y',1);  
    gotoxy(7,2);  
    write('Для завершения работы нажмите ESC. Для документи-  
рования F2. '); windl(3,7,77,19,3,0,'y',1); textcolor(0);  
    gotoxy(3,2); write(  
' 1. СЕЧЕНИЕ ИВ ДВУХ ДВУТАВРОВ A =                               ',bbClJ:12:2);  
    gotoxy(3,3);  
    write(  
' _____ ' ) ;  
    gotoxy(3,4);  
    write( ' 2. МИНИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ Ц.Т. ВЕТВЕЙ b =  
' ,bb[2]:12:2);  
    gotoxy(3,5);  
    write( ' _____  
_____ ' ) ;  
    gotoxy(3,6);  
    write(  
' 3. МАКСИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ УЗЛАМИ РЕШЕТКИ 1= ',ЬЬЕЗ1:12:2);  
    gotoxy(3,7); write(  
' _____ ' ) ;  
    gotoxy(3,8);  
    write(
```

```

' 4. СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ ШВЕЛЛЕРОВ A =                                ',ЬЬС4]:12:2);
    gotoxy(3,9);
    write( ' _____
_____ ' ) ;
    gotoxy(3,10);
    write( ' 5. МИНИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ Ц.Т. ВЕТВЕЙ b
= ',ЬЬС5]:12:2);
    gotoxy(3,11);
    write(
' _____ ' ) ;
gotoxy(3,12); write( '6.МАКСИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ УЗЛАМИ РЕШЕТКИ
1= ',ЬЬ[6]:12:2);

    repeat
    key:=readkey;
    if key=chr(60) then begin
    dok; Quite; exit; end;
    if key=chr(27) then
    begin halt(1); end; until
    false;

End;

begin
textbackground(0);
clrscr;
assign (fl/dat5.txt');
reset(fl);
for i:=1 to 23 do
read(fl,a[i]);
for i:=1 to 23 do

```



```

read(fl,ix[i]); for
i:=1 to 23 do
read(fl,iyCi1); for
i:=1 to 22 do
read(fl,al[13]); for
i:=1 to 22 do
read(fl,ixlCi1);
for i:=1 to 22 do
read(fl,iyl[i]);

```

```

Nachalo;
textbackground(0);
clrscr; Chapka;
    xxl:=64;
    yyn:=6;
for i:=1 to 3 do
aa[i]:=0; for i:=1
to 3 do begin
ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,3,'y');
yyn:=yyn+4; end; yyn:=6;
    repeat

        ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,1,'y');
key:=readkey; case key of

chr(80):begin
    ocno_curs(xxl,yyn,xxl+12,yyn,3,'y');

        if yyn<13 then
begin
yyn:=yyn+4;
end

```

```

                else begin
yyl:=6; end; end;

chr(72):begin ocnо_curs(xxl,yyl,xxl+12,yyl,
3,'y');

                if yy1>6 then
begin
yyl:=yyl-4;
end
else
begin
yyl:=14;

end;
end;

chr(13):vvod_dan(yyl);
chr(27):QUIT;
end;
until false;

end.

```

5.4.4. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ

В качестве примера приняты исходные данные практического расчета, изложенного в главе 4 настоящего пособия.

Результаты расчета сохраняются в отдельном файле, наименование которого назначается пользователем и представляет собой две таблицы. Одна таблица - "Исходные данные", где приведены введенные величины. Другая таблица "Результаты расчета", состоит для прог-

раммы "STER 1" из семи величин, которые представляют собой площадь сечения равнополочного уголка для различных вариантов. Таблица "Результаты расчета", для программы "STER 2" состоит из семи величин, которые представляют собой площадь сечения подобранного профиля (швеллера или двутавра) для различных вариантов. Таблица "Результаты расчета", для программы "STER 3" состоит из шести величин, которые представляют собой площадь сечения одной ветви, минимальное расстояние между центрами тяжести ветвей и максимальное расстояние между узлами решетки для двух вариантов.

В приведенных ниже таблицах приведены результаты расчета по программе "STER 1".

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

| | |
|--|----------|
| 1. УСИЛИЕ СЖАТИЯ, кг | 185160.0 |
| 2. РАСЧЕТНАЯ ДЛИНА, см | 870.0 |
| 3. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, кг/см, ² | 2400.0 |

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

| | |
|--|-------|
| 1. СЕЧЕНИЕ ИЗ ОДНОГО УГОЛКА ПЛОЩАДЬЮ А = | 0.00 |
| 2. ТАВРОВое СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ УГОЛКОВ ПЛОЩАДЬЮ А = | 87.70 |
| 3. КРЕСТОВОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ УГОЛКОВ ПЛОЩАДЬЮ А = | 78.40 |
| 4. КОРОБЧАТОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ УГОЛКОВ ПЛОЩАДЬЮ А = | 78.40 |
| 5. КОРОБЧАТОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ЧЕТЫРЕХ УГОЛКОВ ПЛОЩАДЬЮ А = | 31.40 |
| 6. КРЕСТОВОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ЧЕТЫРЕХ УГОЛКОВ ПЛОЩАДЬЮ А = | 37.40 |
| 7. ДВУТАВРОВОЕ СЕЧЕНИЕ ИЗ ЧЕТЫРЕХ УГОЛКОВ ПЛОЩАДЬЮ А = | 47.10 |

В приведенных ниже таблицах приведены результаты расчета по программе "STER 2"7

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

| | |
|--|----------|
| 1. УСИЛИЕ СЖАТИЯ, кг | 185160.0 |
| 2. РАСЧЕТНАЯ ДЛИНА, см | 870.0 |
| 3. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, кг/см, ² | 2400.0 |

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

| | |
|---|--------|
| 1. СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУТАВРА А = | 0.00 |
| 2. СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ ДВУТАВРОВ А = | 84.70 |
| 3. СЕЧЕНИЕ ИЗ ШВЕЛЛЕРА А = | 0.00 |
| 4. СЕЧЕНИЕ ДВУТАВРОВОЕ ИЗ ДВУХ ШЕЛЛЕРОВ А = | 0.00 |
| 5. СЕЧЕНИЕ КОРОБЧАТОЕ ИЗ ДВУХ ШВЕЛЛЕРОВ А = | 40.50 |
| 6. СЕЧЕНИЕ ИЗ КОЛОННОГО ДВУТАВРА А = | 152.00 |
| 7. СЕЧЕНИЕ ИЗ КОЛОННОГО УШИРЕННОГО ДВУТАВРА А = | 138.00 |

В приведенных ниже таблицах приведены результаты расчета по программе "STER 3".

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

| | |
|---|----------|
| 1. УСИЛИЕ СЖАТИЯ, кг | 185160.0 |
| 2. РАСЧЕТНАЯ ДЛИНА, см | 870.0 |
| 3. РАСЧЕТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТАЖ, кг/см [^] | 2400.0 |

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

| | |
|---|--------|
| 1. СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ ДВУТАВРОВ $A =$ | 53.80 |
| 2. МИНИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ Ц. Т. ВЕТВЕЙ $b =$ | 26.47 |
| 3. МАКСИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ УЗЛАМИ РЕШЕТКИ $l =$ | 111.63 |
| 4. СЕЧЕНИЕ ИЗ ДВУХ ШВЕЛЛЕРОВ $A =$ | 53.40 |
| 5. МИНИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ Ц. Т. ВЕТВЕЙ $b =$ | 27.79 |
| 6. МАКСИМАЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ УЗЛАМИ РЕШЕТКИ $l =$ | 123.98 |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1995.
2. СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988.
3. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. - М.: ЦИТП Госстроя, 1996.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----------|
| Введение | 3 |
| Глава 1. Расчет настила | |
| 1.1. Пример расчета настила | 5 |
| Глава 2. Расчет прокатных балок | |
| 2.1. Пример расчета прокатной балки | 9 |
| Глава 3. Расчет и конструирование составных балок | |
| 3.1. Подбор сечения балки | 10 |
| 3.2. Проверка прочности и жесткости балки | 15 |
| 3.3. Проверка общей устойчивости балки | 17 |
| 3.4. Проверка местной устойчивости элементов балки | 17 |
| 3.5. Расчет сварных швов, соединяющих пояса балки
со стенкой | 20 |
| 3.6. Расчет и конструирование поперечных ребер жесткости и
опорного узла | 21 |
| 3.7. Расчет узла сопряжения балок | 23 |
| 3.8. Расчет и конструирование монтажного стыка балки | 25 |
| 3.9. Определение несущей способности стальной составной
двутавровой балки | 29 |
| 3.10. Пример расчета и конструирования составных балок | 30 |
| 3.10.1. Пример подбора сечения балки | 30 |
| 3.10.2. Пример проверки прочности и жесткости балки | 33 |
| 3.10.3. Пример проверки общей устойчивости балки | 35 |
| 3.10.4. Пример проверки местной устойчивости элементов балки . | 35 |
| 3.10.5. Пример расчета сварных швов, соединяющих пояса балки
со стенкой | 38 |
| 3.10.6. Пример расчета поперечных ребер жесткости и опорного
узла | 39 |
| 3.10.7. Пример расчета узла сопряжения балок | 40 |
| 3.11. Пример расчета и конструирования монтажного
стыка балки | 42 |
| 3.12. Пример определения несущей способности стальной
составной двутавровой балки | 44 |
| Глава 4. Расчет и конструирование центрально-сжатых колонн | |
| 4.1. Расчет и конструирование центрально-сжатой колонны
сплошного сечения | 46 |
| 4.2. Проверка местной устойчивости | 48 |
| 4.3. Расчет и конструирование центрально-сжатой колонны
сквозного сечения | 49 |
| 4.4. Расчет и конструирование соединительных планок | 52 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.5. | Расчет и конструирование раскосной решетки | 53 |
| 4.6. | Расчет и конструирование базы колонны | 54 |
| 4.7. | Расчет и конструирование оголовка центрально-сжатых
колонн | 60 |
| 4.8. | Пример расчета и конструирования центрально-сжатой
колонны сплошного сечения | 62 |
| 4.9. | Пример проверки местной устойчивости | 63 |
| 4.10. | Пример расчета и конструирования центрально-сжатой
колонны сквозного сечения | 64 |
| 4.11. | Пример расчета и конструирования соединительных
планок | 67 |
| 4.12. | Пример расчета и конструирования раскосной решетки ... | 68 |
| 4.13. | Пример расчета и конструирования базы колонны | 69 |
| 4.14. | Пример расчета и конструирования оголовка центрально-сжатых
колонн | 73 |

Глава 5. Автоматизация процесса расчета стальных конструкций балочной клетки

| | | |
|--------|---|------------|
| 5.1. | Автоматизация процесса расчета прокатных двутавровых
балок | 73 |
| 5.1.1. | Исходные данные..... | 73 |
| 5.1.2. | Блок-схема алгоритма расчета | 75 |
| 5.1.3. | Текст программы "BALKA-1"..... | 77 |
| 5.1.4. | Пример расчета | 88 |
| 5.2. | Автоматизация процесса расчета составных двутавровых
балок | 89 |
| 5.2.1 | Исходные данные | 89 |
| 5.2.2. | Блок-схема алгоритма расчета | 89 |
| 5.2.3. | Текст программы "BALKA 2" | 93 |
| 5.2.4. | Пример расчета..... | 111 |
| 5.3. | Автоматизация процесса определения несущей способности
составной двутавровой балки | 113 |
| 5.3.1. | Исходные данные | 113 |
| 5.3.2. | Блок-схема алгоритма расчета | 114 |
| 5.3.3. | Текст программы "BALKA 3 ^й " | 115 |
| 5.3.4. | Пример расчета..... | 129 |
| 5.4. | Автоматизация процесса расчета центрально-сжатых
колонн | 130 |
| 5.4.1. | Исходные данные | 130 |
| 5.4.2. | Блок-схемы алгоритмов расчета | 136 |
| 5.4.3. | Тексты программ | 153 |
| 5.4.4. | Примеры расчетов..... | 199 |
| | Список литературы | 202 |