

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

РАСЧЁТ РАСТЯНУТЫХ И СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

ЦЕЛЬ: Усвоить назначение и порядок расчёта центрально-растянутых и центрально-сжатых элементов металлических конструкций.

ПРИБРЕТАЕМЫЕ УМЕНИЯ И НАВЫКИ: умение пользоваться СНиП «Стальные конструкции», подбирать сечение центрально-растянутого элемента при заданном усилии, проверять (определять) несущую способность центрально-растянутого и центрально-сжатого элемента, используя блок-схемы расчётов.

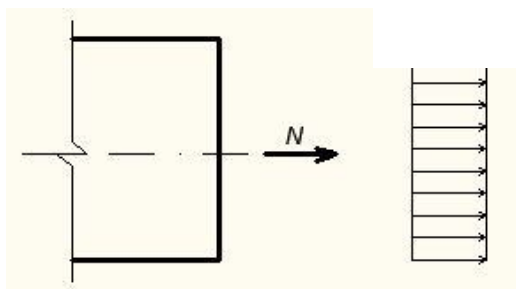
НОРМА ВРЕМЕНИ: 2 часа

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. РАСЧЁТ ЦЕНТРАЛЬНО-РАСТЯНУТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

При центральном растяжении возникают нормальные напряжения, которые равномерно распределены по плоскости поперечного сечения.

Эп. σ



Разрушение растянутого элемента произойдёт от разрыва по наиболее ослабленному сечению. Для обеспечения прочности необходимо, чтобы напряжения в наиболее ослабленном сечении не превысили расчётного сопротивления.

Основная расчётная формула:

$$\frac{N}{A_n} \leq \frac{R_y \gamma_c}{\gamma_n} \quad (2.1)$$

где: N- продольная сила от внешней расчётной нагрузки, кН

R_y - расчётное сопротивление материала конструкции (т.51* СНиП II-23-81*)

γ_c - коэффициент условий работы (таб. 6* СНиП II-23-81*)

γ_n - коэффициент надёжности по назначению (стр. 34 СНиП 2.01.07.-85)

A_n – площадь поперечного сечения, имеющего ослабление, м²

$$A_n = A - A_{\text{осл}}$$

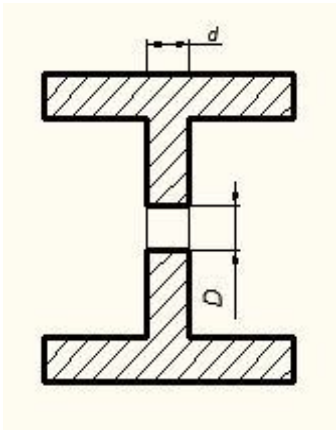
где: A - полная площадь поперечного сечения;

$A_{осл}$ - площадь ослабления.

Предельная гибкость растянутых элементов определяется по таб.20* СНиП

ПРИМЕР 2.1

Проверить прочность растянутого элемента связи, выполненного из двутавра №20, материал сталь ВСт3кп2. Сечение ослаблено отверстием в стенке диаметром $D=40$ мм. Расчётное растягивающее усилие $N=640$ кН. Принять $\gamma_c = 0,9$; $\gamma_n = 0,95$



Решение

$R_y=225$ МПа – таб.51*СНиП П-23-81*

По сортаменту для двутавра №20 находим $d=5.2$ мм, $A=26,80$ см²

$$A_n = A - A_{осл} = A - D \cdot d = 26,8 - 4 \cdot 0,52 = 24,72 \text{ см}^2$$

Условие прочности: $\frac{N}{A_n} \leq \frac{R_y \gamma_c}{\gamma_n}$

$$\frac{640}{24,72 \cdot 10^{-4}} \leq \frac{225 \cdot 10^{-4} \cdot 0,9}{0,95}$$

$$258899 \leq 213158$$

Неравенство не выполняется, следовательно, прочность элемента связи не обеспечена.

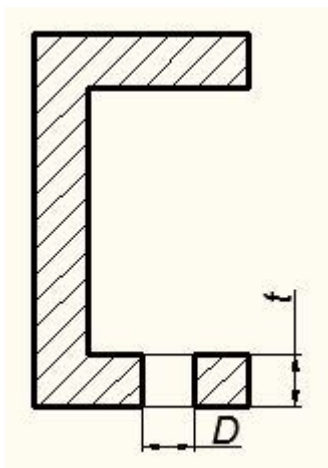
ОТВЕТ: прочность элемента связи не обеспечена.

ПРИМЕР 2.2.

Подобрать сечение растянутого элемента, выполненного из швеллера из стали марки ВСт3кп. Сечение ослаблено отверстием в полке диаметром $D=25$ мм.

Расчётное растягивающее усилие $N=420$ кН. Расчётная эффективная длина

$l_{efx} = l_{efy} = 6000$ мм. Принять $\gamma_c = 0,9$; $\gamma_n = 0,95$.



РЕШЕНИЕ

$R_y=225$ МПа – таб.51*СНиП П-23-81*

Из формулы (2.1)

$$A_n^{треб} \geq \frac{N \gamma_n}{R_y \gamma_c}$$

$$A_n^{треб} \geq \frac{420 \cdot 0,95}{225 \cdot 10^3 \cdot 0,9} \geq 0,00197 \text{ м}^2 = 19,7 \text{ см}^2$$

По сортаменту подбирают швеллер с площадью поперечного сечения $A_n \geq A_n^{\text{треб}}$.
Принимаем швеллер №18 с площадью поперечного сечения $A=20,2 \text{ см}^2$. Толщина полки $t=8.7 \text{ мм}$.

$$\text{Тогда } A_n = A - A_{\text{осл}} = A - Dt = 20,2 - 2,5 \cdot 0,87 = 18,52 \text{ см}^2 < A_n^{\text{треб}} = 19,7 \text{ см}^2$$

Увеличиваем сечение, принимаем швеллер №18а с площадью поперечного сечения $A=22,2 \text{ см}^2$, $t=9,3 \text{ мм}$

$$\text{Тогда } A_n = A - A_{\text{осл}} = A - Dt = 22,2 - 2,5 \cdot 0,93 = 19,87 \text{ см}^2 > 19,7 \text{ см}^2 = A_n^{\text{треб}}$$

Проверяем гибкость. По сортаменту для швеллера №18а радиусы инерции $r_x=7.32 \text{ см}$, $r_y=2.18 \text{ см}$.

$$\lambda_x = \frac{l_{\text{efx}}}{r_x} = \frac{600}{7.32} = 81,36 < 400 = [\lambda]$$

Гибкости:

$$\lambda_y = \frac{l_{\text{efy}}}{r_y} = \frac{600}{2.18} = 275 < 400 = [\lambda]$$

ОТВЕТ: швеллер №18а, $A=22,2 \text{ см}^2$

2.2. РАСЧЁТ ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Потеря несущей способности сжатых элементов может произойти как от потери прочности, так и от потери устойчивости.

2.2.1 Расчёт на прочность.

Т.К. центральное сжатие отличается от центрального растяжения только лишь направлением продольной силы N , то расчёт на прочность при сжатии аналогичен расчёту на прочность при растяжении (см. формулу 2.1)

2.2.2 Расчёт на устойчивость.

Основная расчётная формула
$$\frac{N}{A_{\varphi}} \leq \frac{R_y \gamma_c}{\gamma_n}$$

где: N -продольная сила от внешней расчётной нагрузки, кН

R_y - расчётное сопротивление материала конструкции (таб51* СНиП П-23-81*)

γ_c - коэффициент условий работы (таб. 6* СНиП П-23-81*)

γ_n - коэффициент надёжности по назначению (стр. 34 СНиП 2.01.07.-85)

A - полная площадь поперечного сечения;

φ -коэффициент продольного изгиба (таб.72 СНиП П-23-81*).

Коэффициент продольного изгиба φ зависит от гибкости элемента λ .

Гибкость элемента необходимо определять относительно оси x-x и оси y-y.

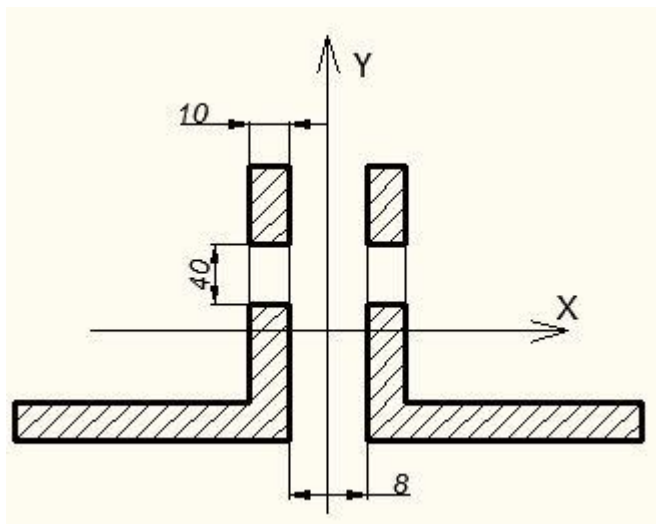
$$\lambda_x = \frac{l_{efx}}{i_y} \quad \lambda_y = \frac{l_{efy}}{i_x}$$

где: l_{ef} - расчётная длина элемента;
 i - радиус инерции сечения

Из значений λ_x и λ_y выбирают большее и определяют φ .

ПРИМЕР 2.3

Определить несущую способность сжатого стержня фермы выполненного из двух равнополочных уголков 63 х 5 из стали марки ВСтЗкп2. Толщина фасонки 8мм. Сечение элемента ослаблено отверстием диаметром D=40мм. Расчётная длина стержня $l_{efy}=l_{efx}=3000\text{мм}$. Принять $\gamma_c = 0,9$; $\gamma_n = 0,95$.



РЕШЕНИЕ

Расчёт на прочность

Из формулы (2.1) $N \leq \frac{R_y \gamma_c A_n}{\gamma_n}$

$$R_y = 225 \text{ МПа}$$

Из сортамента находим площадь поперечного сечения элемента.

$$A = 2 \cdot 6,13 = 12,26 \text{ см}^2$$

$$A_{\text{осл}} = 2 \cdot 4 \cdot 0,5 = 4 \text{ см}^2$$

$$A_n = A - A_{\text{осл}} = 12,26 - 4 = 8,26 \text{ см}^2$$

$$N \leq \frac{225 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 8,26 \cdot 10^{-4}}{0,95} \leq 176 \text{ кН}$$

Расчёт на устойчивость.

По сортаменту определим радиусы инерции сечения.

$$i_y = 2,89 \text{ см} \quad i_x = 1,94 \text{ см}$$

Гибкости элемента :

$$\lambda_x = \frac{l_{efx}}{i_x} = \frac{300}{1,94} = 155$$

$$\lambda_y = \frac{l_{efy}}{i_y} = \frac{300}{2,89} = 104$$

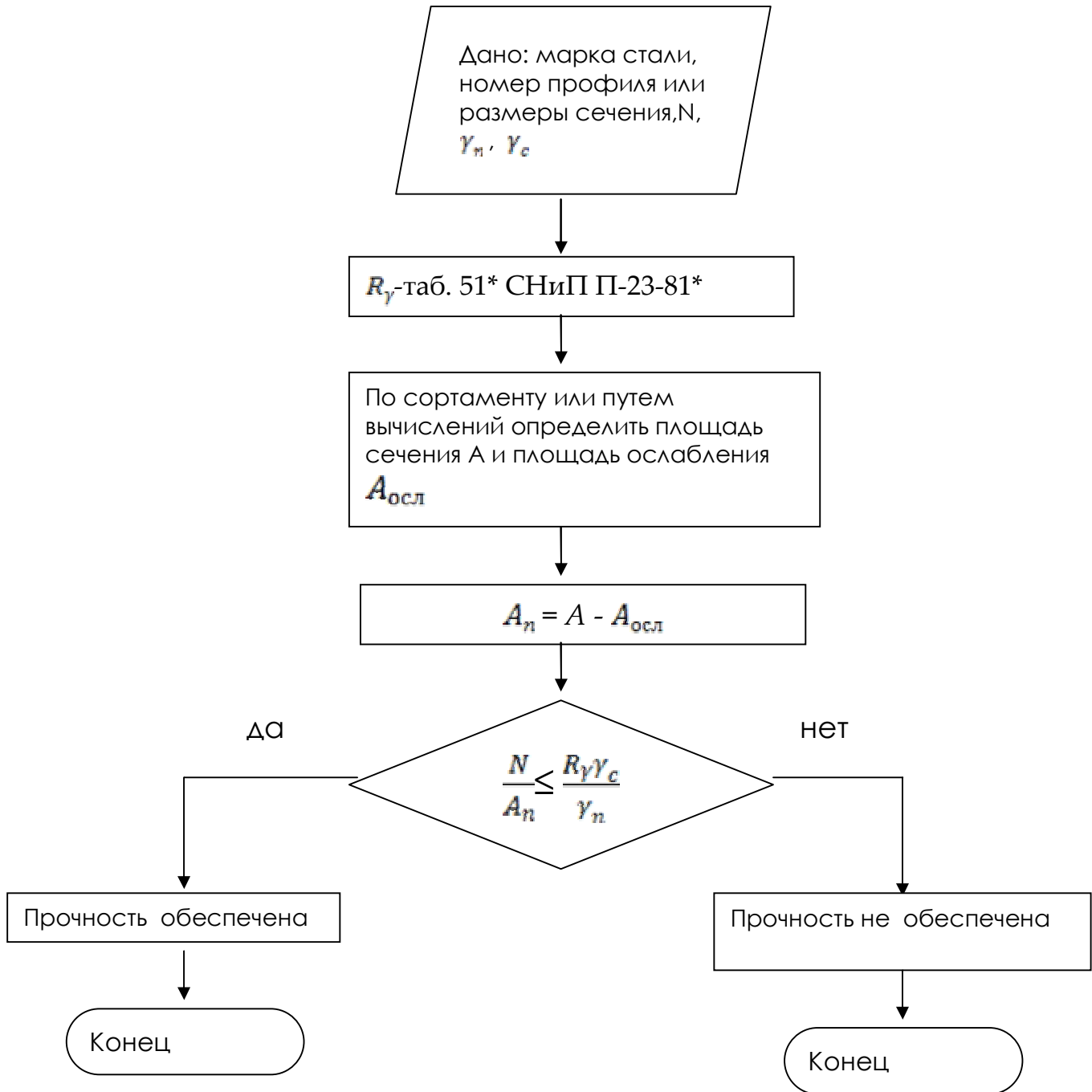
По таб.72 СНиП П-23-81*, интерполируя, определяем $\varphi = 0,279$

$$N \leq \frac{225 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 12,26 \cdot 10^{-4} \cdot 0,279}{0,95} \leq 72,9 \text{ кН}$$

Из расчёта на прочность и из расчёта на устойчивость выбираем меньшее значение несущей способности элемента $N = 72,9 \text{ кН}$.

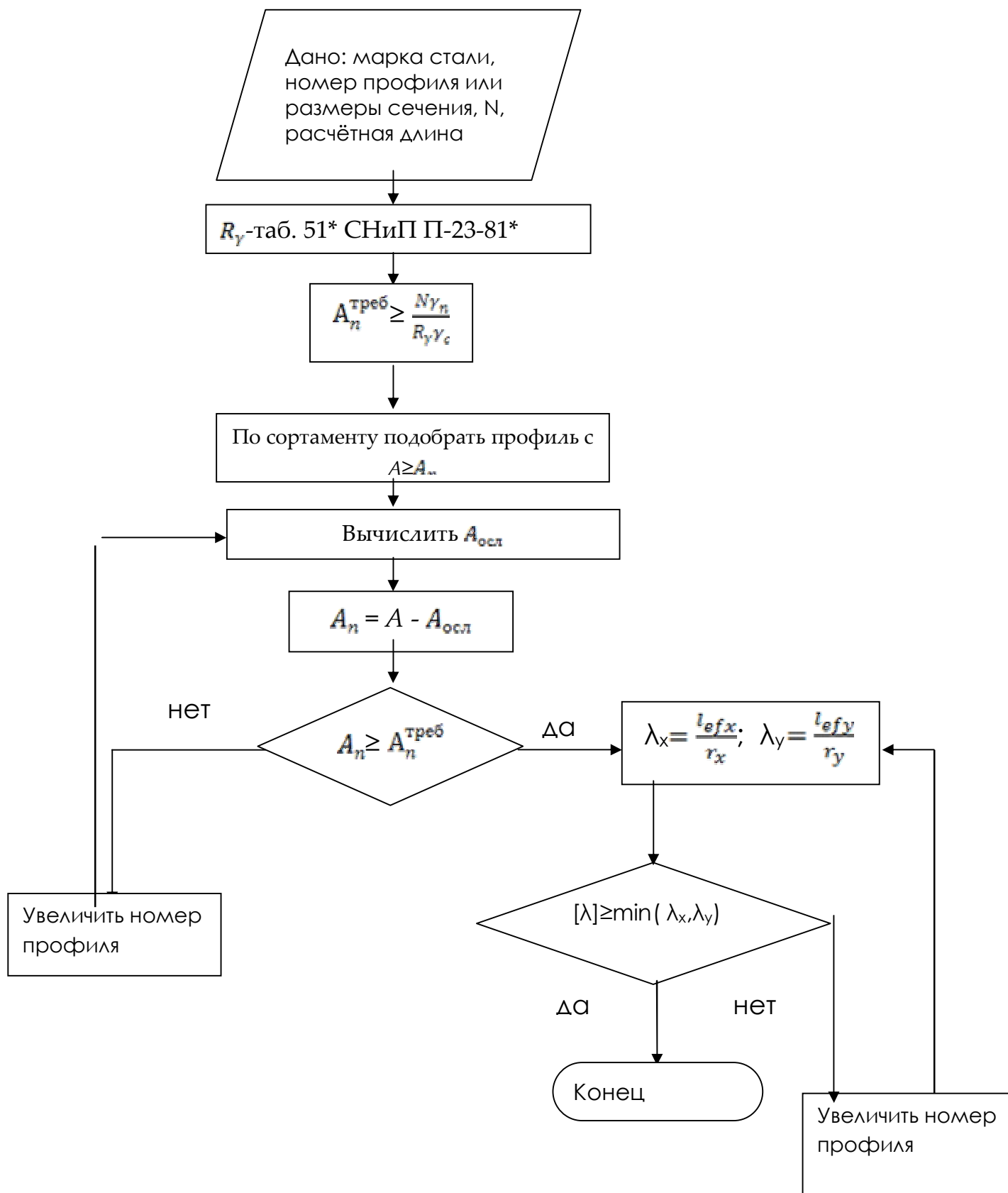
ОТВЕТ: несущая способность сжатого элемента фермы $N = 72,9 \text{ кН}$.

БЛОК –СХЕМА №1
Проверка (определение) прочности растянутого элемента

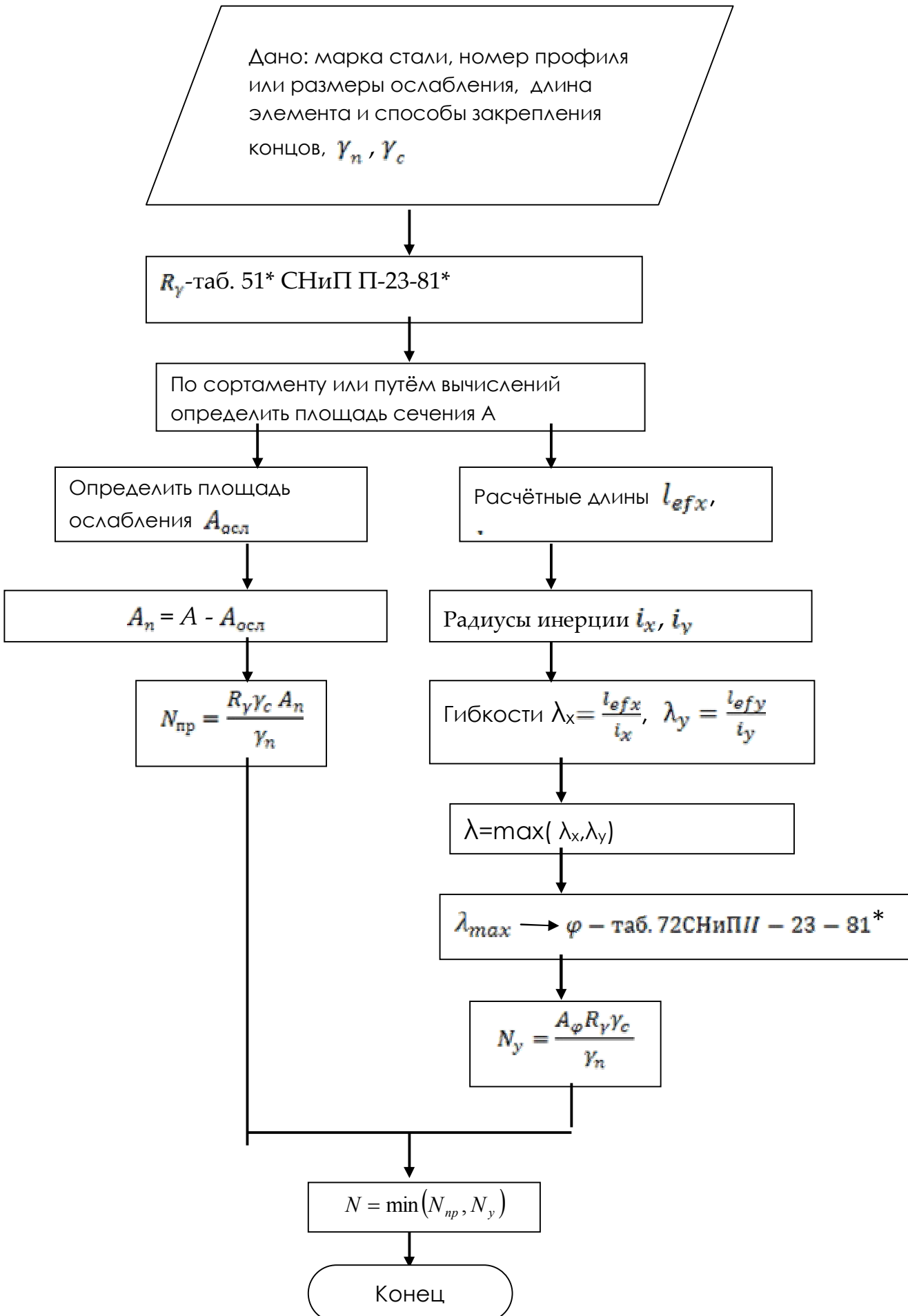


БЛОК –СХЕМА №2

Подобрать сечение растянутого элемента



БЛОК-СХЕМА №3
Определение прочности сжатых элементов МК



ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЗАДАЧА 2.1

Определить несущую способность растянутого элемента, выполненного из двутавра. Сечение элемента ослаблено отверстием в стенке диаметром D . Коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,9$, коэффициент надёжности по назначению $\gamma_n = 0,95$. Данные для расчёта принять по таблице.

Номер варианта	Марка стали	Номер двутавра	Диаметр отверстия D , мм
1	18 кп	10	20
2	18 пс	12	22
3	18 сп	14	24
4	18Гпс	16	26
5	ВСт3кп2-1	18	20
6	ВСт3кп2-1	20	30
7	ВСт3пс6-2	22	33
8	ВСт3кп2	24	40
9	18 кп	27	35
10	18 пс	30	36
11	18 сп	33	44
12	18Гпс	36	60
13	ВСт3кп2-1	40	55
14	ВСт3пс6-1	45	56
15	ВСт3пс6-2	50	25
16	ВСт3кп2	55	36
17	18 кп	60	50
18	18 пс	10	16
19	18 сп	12	18
20	18Гпс	14	20
21	ВСт3кп2-1	16	32
22	ВСт3пс6-1	18	24
23	ВСт3пс6-2	20	40
24	ВСт3кп2	22	44
25	18 кп	24	50
26	18 пс	27	38
27	18 сп	30	40
28	18Гпс	33	65
29	ВСт3кп2-1	36	25
30	ВСт3пс6-1	40	24
31	ВСт3пс6-2	45	60
32	ВСт3кп2	50	46

ЗАДАЧА 2.2

Определить требуемый диаметр d подвески, изготовленной из прокатной стали марки 09Г2С круглого сечения. Коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,9$, коэффициент надёжности по назначению $\gamma_n = 0,95$, расчётное растягивающее усилие N принять по таблице.

Номер варианта	N , кН	Номер варианта	N , кН
1	50	17	210
2	60	18	220
3	70	19	230
4	80	20	240
5	90	21	250
6	100	22	260
7	110	23	270
8	120	24	280
9	130	25	290
10	140	26	300
11	150	27	310
12	160	28	320
13	170	29	330
14	180	30	340
15	190	31	350
16	200	32	360

ЗАДАЧА 2.3

Определить несущую способность сжатого элемента связи, выполненного из прокатного швеллера из металла марки ВСтЗпс6. Сечение элемента ослаблено отверстием диаметром D . Расчётная длина стержня $l_{efx} = l_{efy} = 3000 \text{ мм}$.

Коэффициент условий работы $\gamma_c = 0,9$, $\gamma_n = 0,95$.

Данные для расчёта принять по таблице.

№ варианта	№ швеллера	D , см	№ варианта	№ швеллера	D , см
1	12	4	17	14	3
2	12	6	18	14	5
3	14	6	19	16	5
4	14	8	20	16	8
5	16	6	21	18	7
6	16	8	22	18	5

7	18	8	23	20	7
8	18	10	24	20	9
9	20	8	25	22	9
10	20	10	26	22	7
11	22	8	27	24	9
12	22	10	28	24	9
13	24	10	29	27	5
14	27	10	30	27	8
15	12	2	31	14	2
16	12	3	32	16	2

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое сортамент? Назовите наиболее часто применяемые профили.
2. Структура формул для расчёта по первой группе предельных состояний на прочность.
3. Структура формул для расчёта по первой группе предельных состояний на устойчивость.
4. Как проверяется прочность при центральном растяжении?
5. Почему нормируется гибкость растянутых элементов?
6. Как проверяются прочность и общая устойчивость при центральном сжатии?