

9 лекция

Изгибаемые элементы
таврового профиля

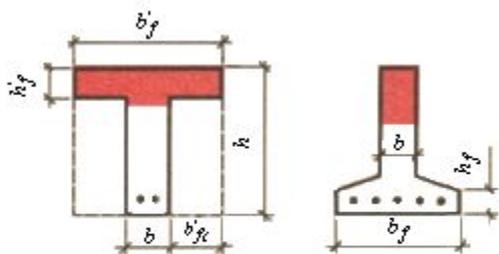
Области применения и размеры

Расчетные случаи

Области применения и размеры

Тавровые сечения встречаются в практике весьма часто как **в отдельных железобетонных элементах** — балках (балки покрытия, подкрановые балки, фундаментные балки), так и **в составе конструкций** — в монолитных ребристых и сборных панельных перекрытиях (рис. 1).

отдельные элементы



в составе конструкций

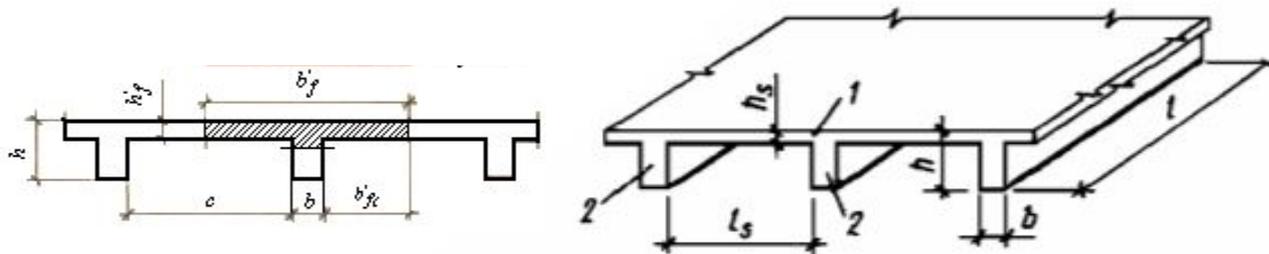


Рис. 1. Изгибаемые элементы таврового сечения.

1- плиты; 2- балки

Тавровое сечение образуется из полки и ребра.

В сравнении с прямоугольным (см. рис. 2) тавровое сечение значительно выгоднее, ибо при одной и той же несущей способности (несущая способность железобетонного элемента не зависит от площади сечения бетона растянутой зоны) расходуется бетона меньше вследствие сокращения размеров растянутой зоны. По той же причине более целесообразно тавровое сечение с полкой в сжатой зоне, так как полка в растянутой зоне не повышает несущей способности элемента.

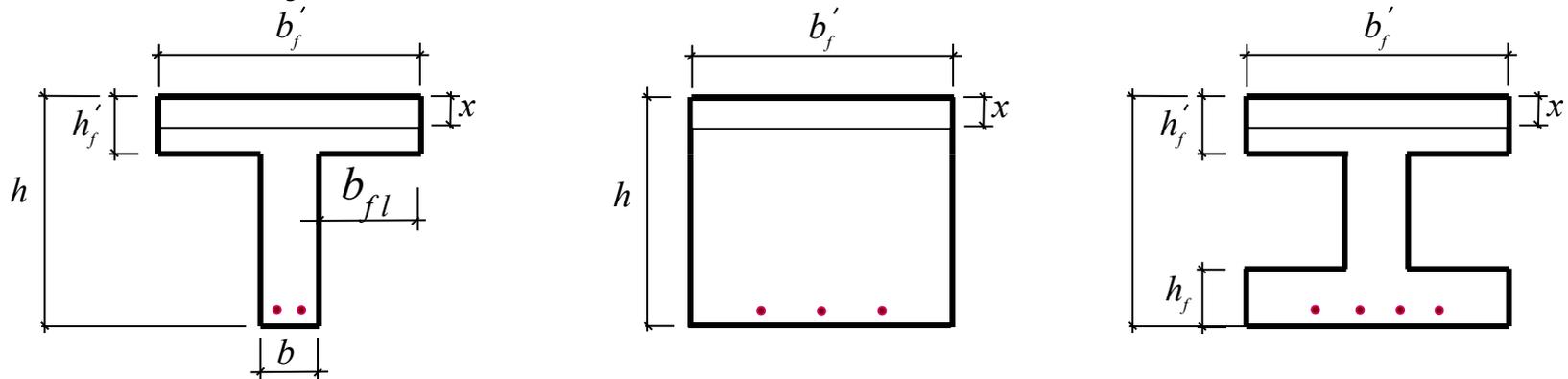


Рис. 2. Несущая способность приведенных сечений одинакова

Тавровое сечение, как правило, имеет одиночное армирование.

При большой ширине полок участки свесов, более удаленные от ребра, напряжены меньше. Поэтому в расчет вводят эквивалентную ширину свесов полки b_{f1} (рис. 1). Она принимается равной:

1) в каждую сторону от ребра b_{f1} — не более половины расстояния в свету между ребрами C и не более $1/6$ пролета рассчитываемого элемента

2) если $h_f \geq 0,1h$

$$b'_f \leq b + 12 \cdot h_f$$

если $0,05h \leq h_f < 0,1h$

$$b'_f \leq b + 6 \cdot h_f$$

если $h_f < 0,05h$

$$b'_f = b$$

Расчетные случаи.

При расчете тавровых сечений различают два случая положения нижней границы сжатой зоны: **в пределах полки** (рис. 3,а) и **ниже полки** (рис. 3,б).

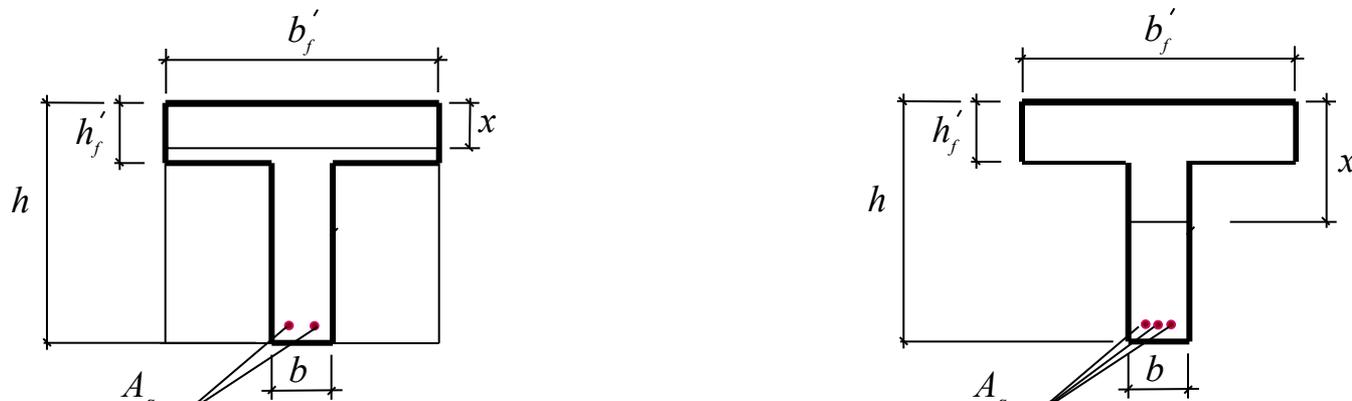


Рис. 3. Расчетные случаи таврового сечения.

Как определяется расчетный случай?

Сначала определяется ширина полки $b'_f = b + 2 b_{fl}$ затем,

а) если известны все характеристики поперечного сечения:

$$\sum x = 0; \quad N_s = N_b \quad R_s \cdot A_s \leq N_{per} = R_b \cdot b'_f \cdot h'_f \quad (1)$$

Если условие выполняется, то тавровое сечение рассчитывается по **1-му расчетному случаю**, т.е. $x \leq h'_f$

Если условие не выполняется, то тавровое сечение рассчитывается по **2-му расчетному случаю**, т.е. $x > h'_f$

б) если известны все характеристики поперечного сечения кроме, A_s :

$$\sum x=0; \quad N_s = N_b \quad M \leq M_{per} = R_b \cdot b'_f \cdot h'_f (h_o - 0,5h'_f) \quad (2)$$

Если условие выполняется, то тавровое сечение рассчитывается по 1-му расчетному случаю, т.е. $x \leq h'_f$

Если условие не выполняется, то тавровое сечение рассчитывается по 2-му расчетному случаю, т.е. $x > h'_f$

1-й расчетный случай.

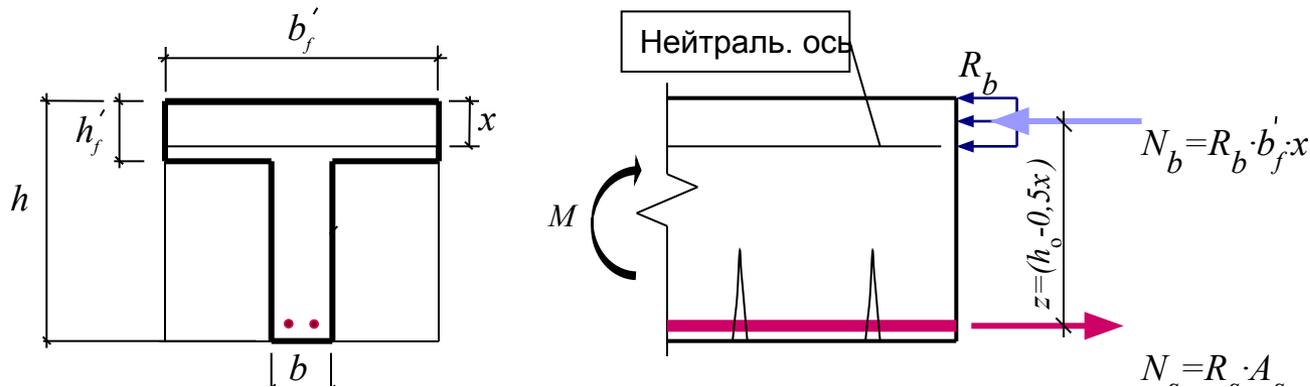


Рис. 4. Тавровое сечение, как прямоугольное .

Нижняя граница сжатой зоны располагается в пределах полки, т. е. $x \leq h_f'$ в сечениях с развитыми свесами.

В этом случае **тавровое сечение** рассчитывают как **прямоугольное** с размерами b_f и h_0 (пунктир на рис.4,а), поскольку площадь бетона в растянутой зоне на несущую способность не влияет.

При этом схема усилий и эпюра напряжений в сжатом бетоне остаются такими же, как и при расчёте прямоугольных сечений. Расчётными формулами являются:

1-й расчетный случай.

$$M \leq R_b b_f' x (h_0 - 0,5x) \quad (3)$$

$$R_s A_s = R_b b_f' x \quad (4)$$

Преобразуя (3), получим

$$M \leq \alpha_m R_b b_f' h_0^2,$$

где α_m - коэффициент, определяемый по табличным данным или по формуле

$$\alpha_m = \xi \left(1 - \frac{\xi}{2} \right);$$

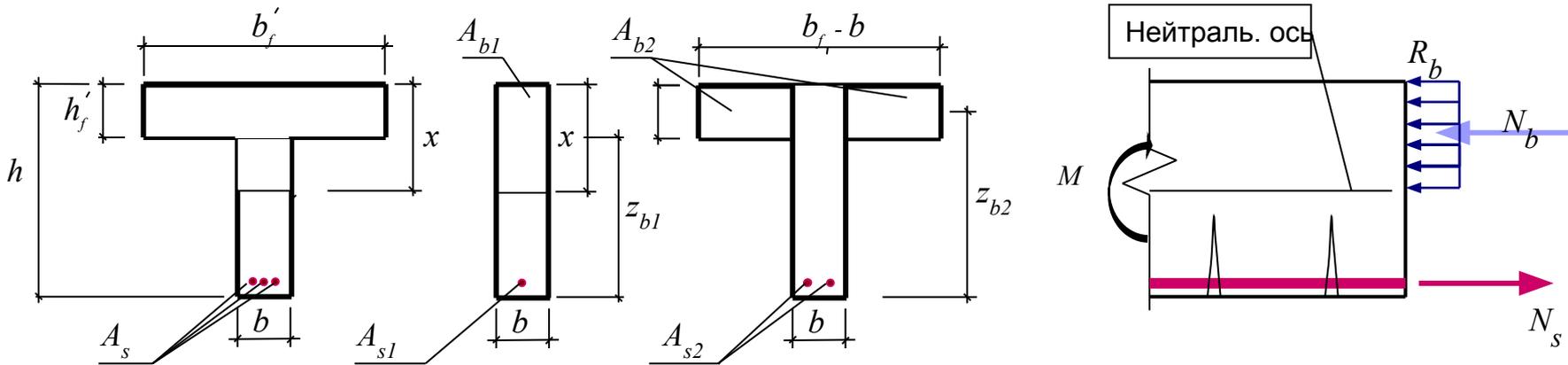
2-й расчетный случай.

Нижняя граница сжатой зоны размещается ниже полки, т. е. $x \leq h'_f$, в сечениях со слаборазвитыми свесами.

В этом случае тавровое сечение условно разделяем на два сечения:

Первое сечение составляет - ребро

Второе сечение составляют - полки.



В этих сечениях:

$$N_s = N_{s1} + N_{s2}$$

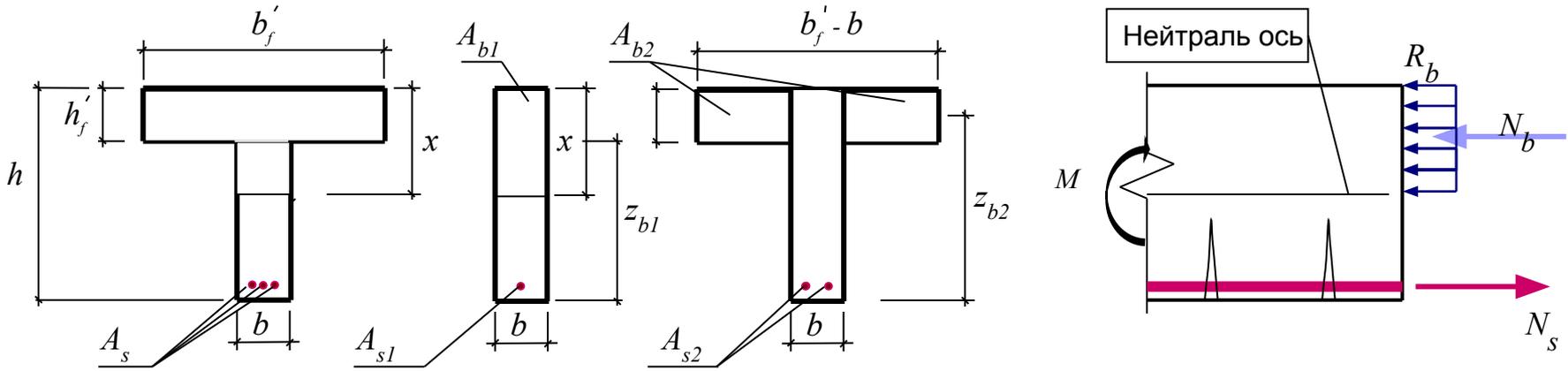
$$N_{s1} = R_s \cdot A_{s1}$$

$$N_{s2} = R_s \cdot A_{s2}$$

$$N_b = N_{b1} + N_{b2}$$

$$N_{b1} = R_b \cdot b \cdot x$$

$$N_{b2} = R_b \cdot (b'_f - b) \cdot h'_f$$

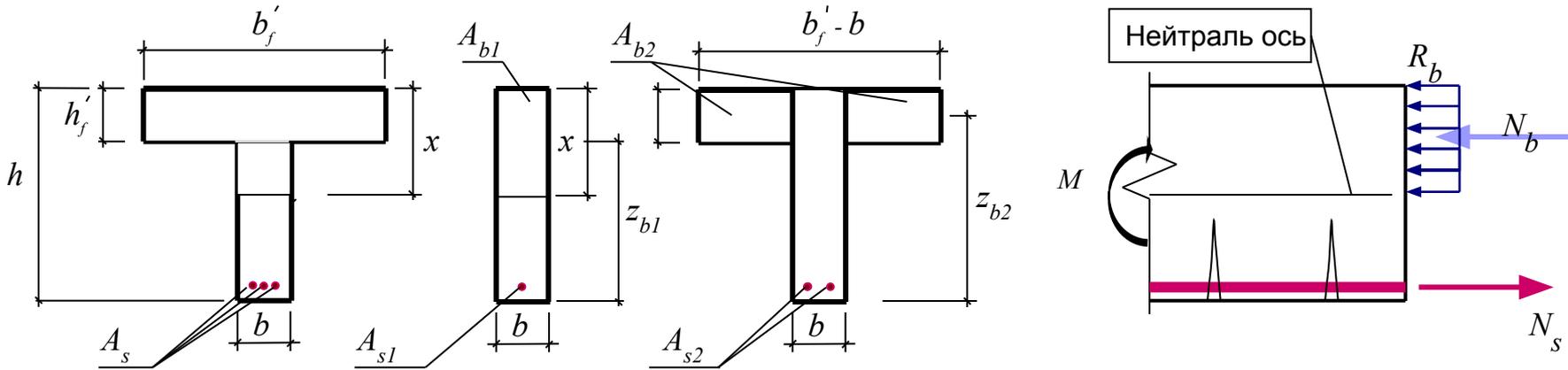


$$1) \sum X=0; \quad N_s = N_b \quad N_{s1} + N_{s2} = N_{b1} + N_{b2}$$

$$R_s \cdot A_{s1} + R_s \cdot A_{s2} = R_b \cdot b \cdot x + R_b \cdot (b'_f - b) \cdot h'_f$$

$$R_s \cdot (A_{s1} + A_{s2}) = R_b \cdot b \cdot x + R_b \cdot (b'_f - b) \cdot h'_f \quad (A_{s1} + A_{s2}) = A_s$$

$$R_s \cdot A_s = R_b \cdot b \cdot x + R_b \cdot (b'_f - b) \cdot h'_f \quad \text{отсюда: } x = (R_s \cdot A_s - R_b \cdot (b'_f - b) \cdot h'_f) / (R_b \cdot b)$$



$$2) \sum M_b = 0;$$

$$M_{per} = M_{per1} + M_{per2}$$

$$M_{per1} = N_{b1} \cdot z_{b1} = R_b \cdot b \cdot x (h_o - 0,5x) = (h_o / h_o) R_b \cdot b \cdot x h_o (1 - 0,5x/h_o) = R_b \cdot b \cdot h_o^2 \cdot \xi (1 - 0,5\xi) = \alpha_m R_b \cdot b \cdot h_o^2$$

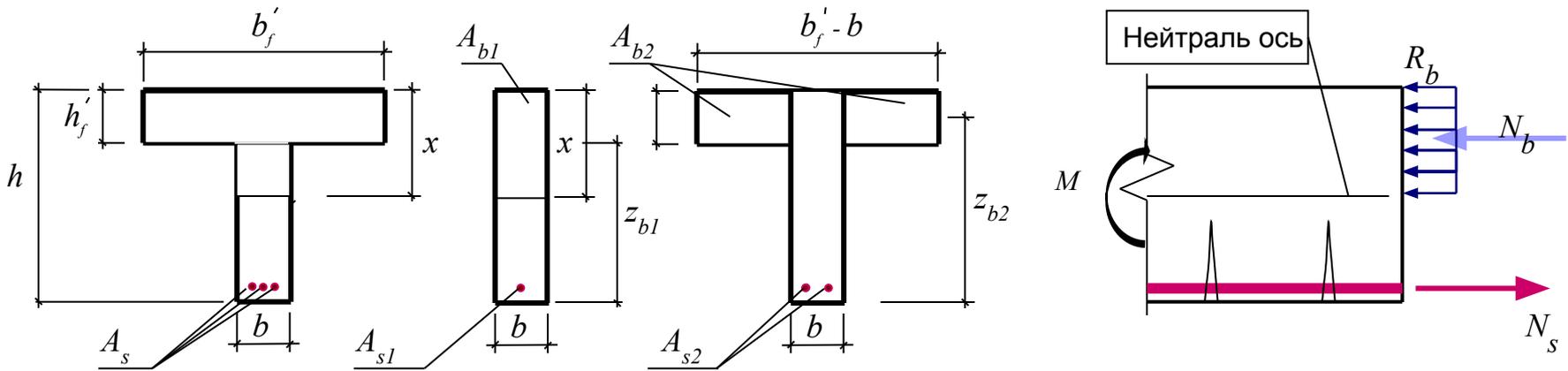
$$M_{per2} = N_{b2} \cdot z_{b2} = R_b \cdot (b_f' - b) \cdot h_f' (h_o - 0,5h_f')$$

$$\text{т.е. : } M_{per} = M_{per1} + M_{per2} = \alpha_m R_b \cdot b \cdot h_o^2 + R_b \cdot (b_f' - b) \cdot h_f' (h_o - 0,5h_f')$$

Несущая способность по бетону:

Условие прочности этого таврового сечения:

$$M \leq M_{per} = M_{per1} + M_{per2} = \alpha_m R_b \cdot b \cdot h_o^2 + R_b \cdot (b_f' - b) \cdot h_f' (h_o - 0,5h_f')$$



$$3) \sum M_s = 0;$$

$$M_{per} = M_{per1} + M_{per2}$$

$$M_{per1} = N_{s1} \cdot z_{b1} = R_s \cdot A_{s1} (h_o - 0,5x) = R_s \cdot A_{s1} \cdot h_o (1 - 0,5x/h_o) =$$

$$R_s \cdot A_{s1} \cdot h_o \cdot (1 - 0,5\zeta) = R_s \cdot A_{s1} \cdot h_o \cdot \zeta$$

$$M_{per2} = N_{s2} \cdot z_{b2} = R_s \cdot A_{s2} (h_o - 0,5h'_f)$$

$$\text{т.е.: } M_{per} = M_{per1} + M_{per2} = R_s \cdot A_{s1} \cdot h_o \cdot \zeta + R_s \cdot A_{s2} (h_o - 0,5h'_f)$$

Несущая способность по арматуре:

Условие прочности этого таврового сечения:

$$M \leq M_{per} = M_{per1} + M_{per2} = R_s \cdot A_{s1} \cdot h_o \cdot \zeta + R_s \cdot A_{s2} (h_o - 0,5h'_f)$$