

**РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ
ПО ОБРАЗОВАНИЮ И РАСКРЫТИЮ ТРЕЩИН
(II ГРУППА ПРЕДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ)**

1. Общие сведения

Ко II группе предельных состояний относят расчет элементов по пригодности к нормальной эксплуатации, т.е. расчет по трещиностойкости и деформациям (прогибам)

Трещиностойкость железобетонных элементов – это сопротивление образованию трещин в стадии I НДС (Ia) или сопротивление чрезмерному их раскрытию в стадии II НДС.

Различают **три этапа** в образовании трещин:

- возникновение трещин (невидимые трещины);
- появление (образование) трещин ($a_{cr} = 0,005 \text{ мм}$) – трещины становятся видимыми невооруженным глазом;
- раскрытие трещин до предельно допустимых величин

Основные гипотезы:

1. Перед образованием трещин напряжения в растянутом бетоне принимаются равными расчетному сопротивлению растяжения по 2 группе предельных состояний, т.е.

$$R_{bt,ser} = R_{btn} \geq R_{bt}^{95}$$

2. При расчете по образованию трещин действует *принцип суперпозиции* – принцип независимости действия сил.

$\sigma_p = \sigma_{sp} + 2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser}$ – напряжения в напрягаемой арматуре;

$\sigma_n = \sigma_8 + \sigma_9 + 2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser}$ – напряжения в ненапрягаемой арматуре предварительно напряженных элементах

σ_8, σ_9 - напряжения вызванные усадкой и ползучестью бетона

3. Действует гипотеза плоских сечений.

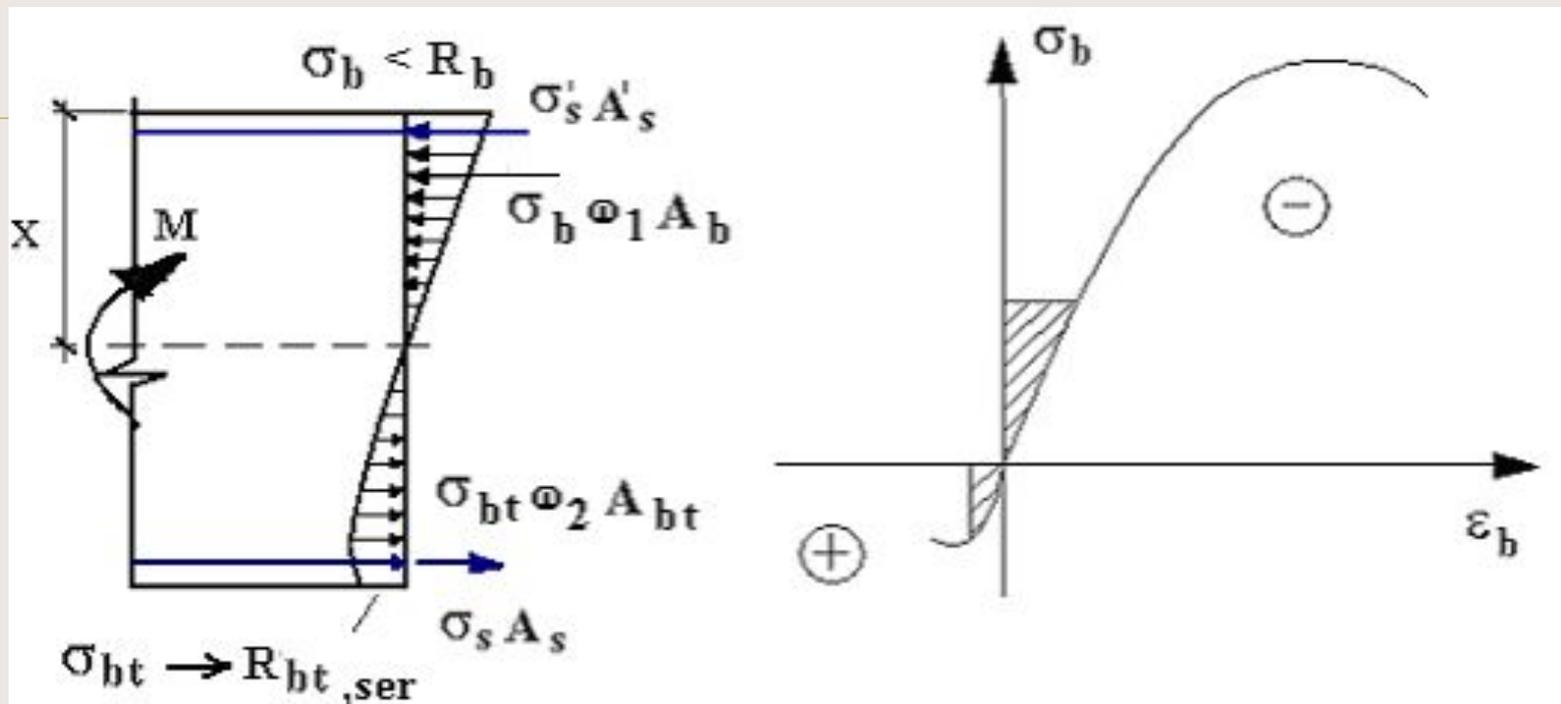


Рис. 16.1. Стадия I НДС

Стадия I НДС

ω_1 – коэффициент полноты эпюры напряжений в сжатой зоне;

ω_2 – коэффициент полноты эпюры напряжений в растянутой зоне.

$$\varepsilon_{bt} = \varepsilon_s;$$

$$\frac{\sigma_{bt}}{\nu_{bt} \cdot E_b} = \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\sigma_s = \frac{\sigma_{bt} \cdot E_s}{\nu_{bt} \cdot E_b} = \alpha \cdot \frac{\sigma_{bt}}{\nu_{bt}}$$

где α - коэффициент приведения $\nu_{bt} = 0,5$

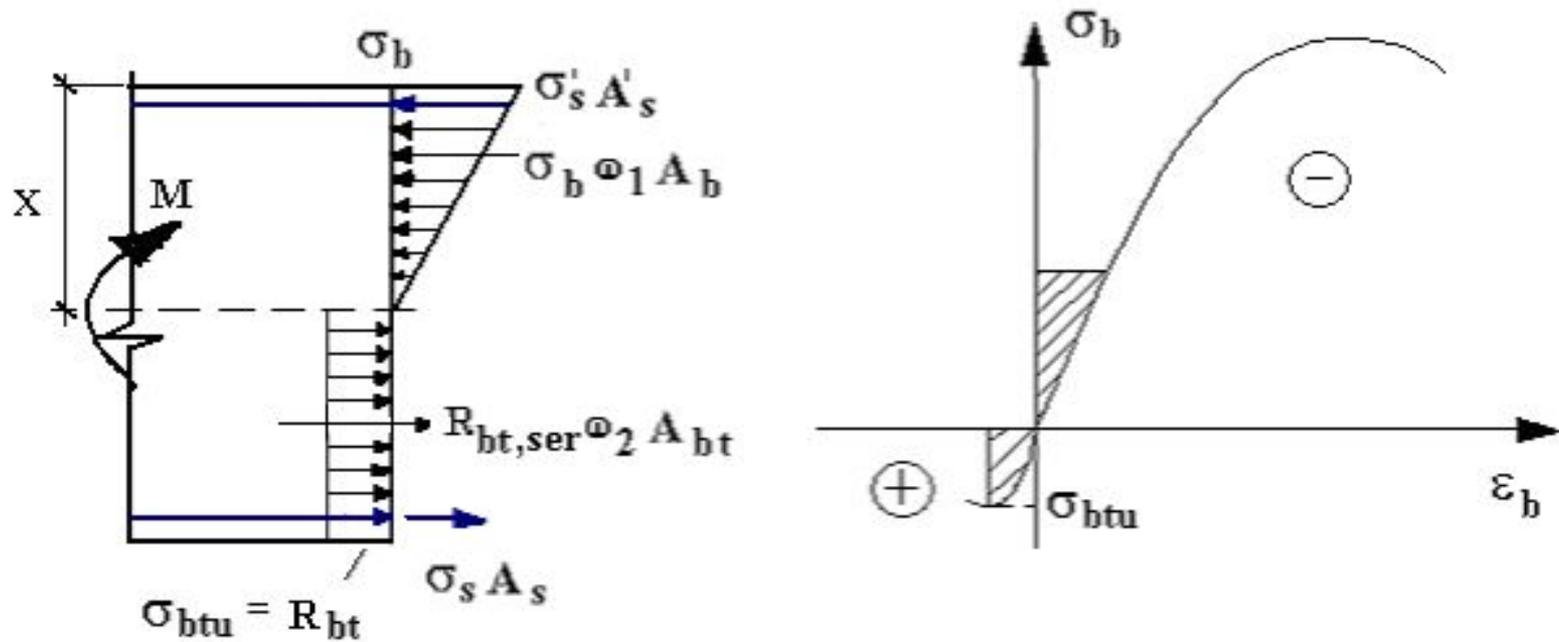


Рис. 16.2. Стадия Ia НДС

$$v_{bt} = 0,5$$

$$\sigma_s = \frac{\sigma_{bt} \cdot E_s}{v_{bt} \cdot E_b} = 2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser}$$

Стадия II НДС

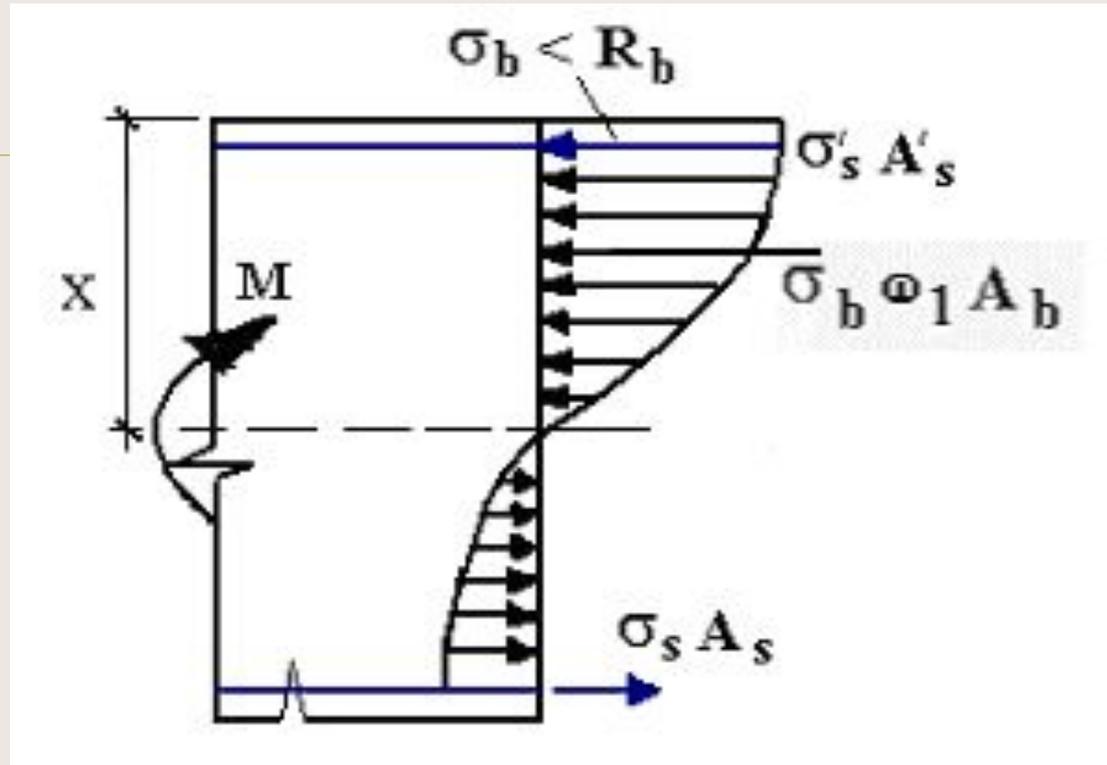


Рис. 16.3. Стадия II НДС

ω_1 – коэффициент полноты эпюры напряжений в сжатой зоне;

2. Расчет центрально растянутых элементов

В *стадии I НДС* (до появления трещин в бетоне) сопротивление растягивающей силе оказывает бетон с напряжением σ_{bt} и продольная арматура с напряжением σ_s .

$$N \leq N_{cr}$$

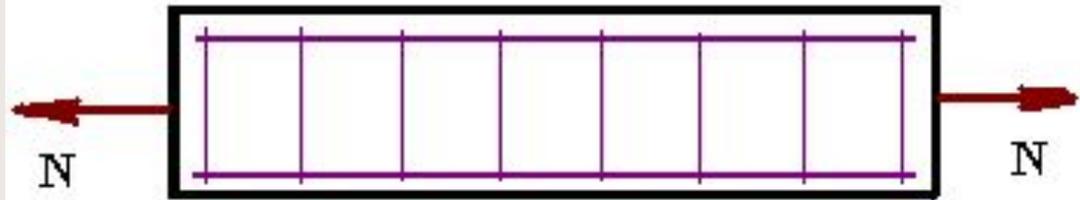


Рис. 16.4. Стадия I НДС при центральном растяжении

где N – внешняя нагрузка, определяемая с коэффициентом надежности по нагрузке

$$\gamma_f = \begin{cases} > 1 \\ = 1 \end{cases}$$

N_{cr} – усилие образования трещин.

В стадии Ia НДС

$$\sigma_{bt} = R_{bt,ser}$$

$$N_{crc} = R_{bt,ser} \cdot A + 2 \cdot \alpha \cdot R_{bt,ser} \cdot (A_s + A'_s)$$

ИЛИ

$$N_{crc} = R_{bt,ser} (A + 2 \cdot \alpha \cdot \sum A_s)$$

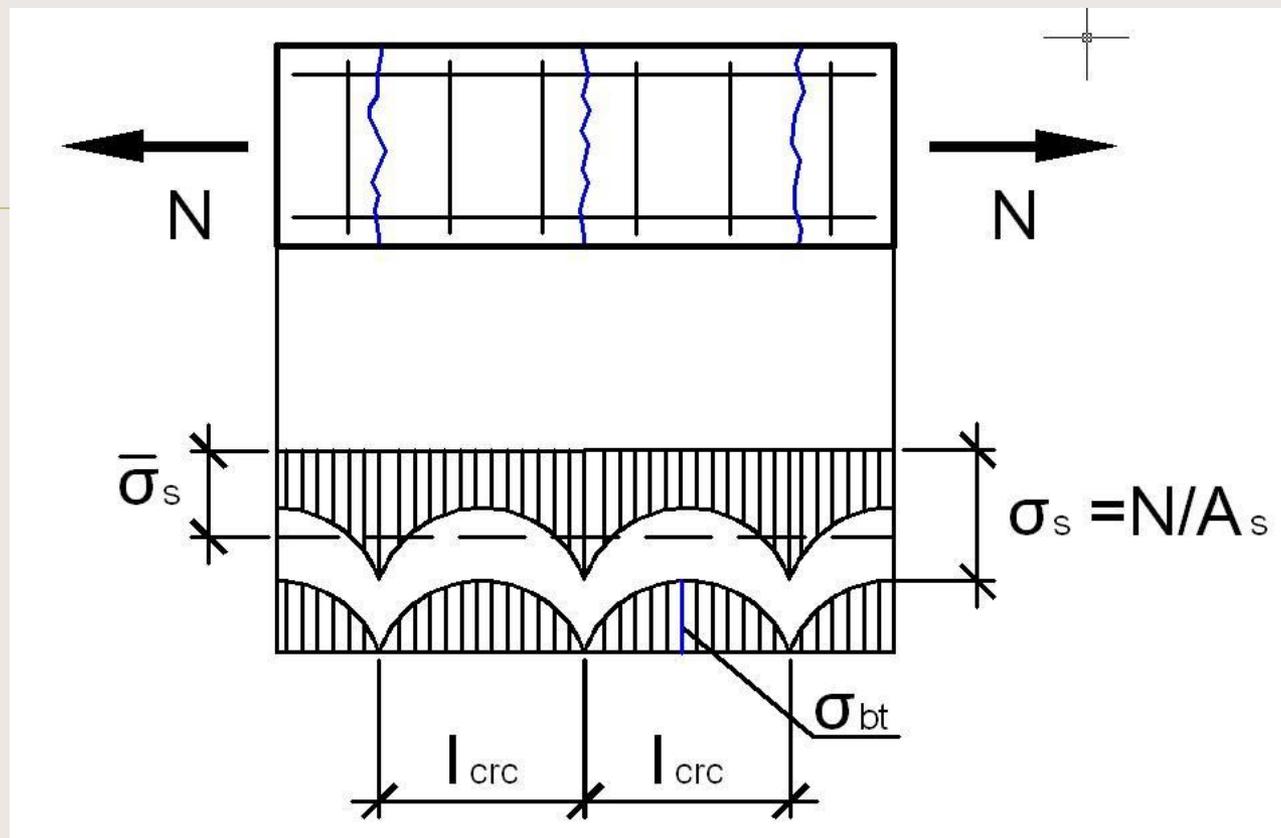


Рис. 16.5. Стадия II НДС при центральном растяжении

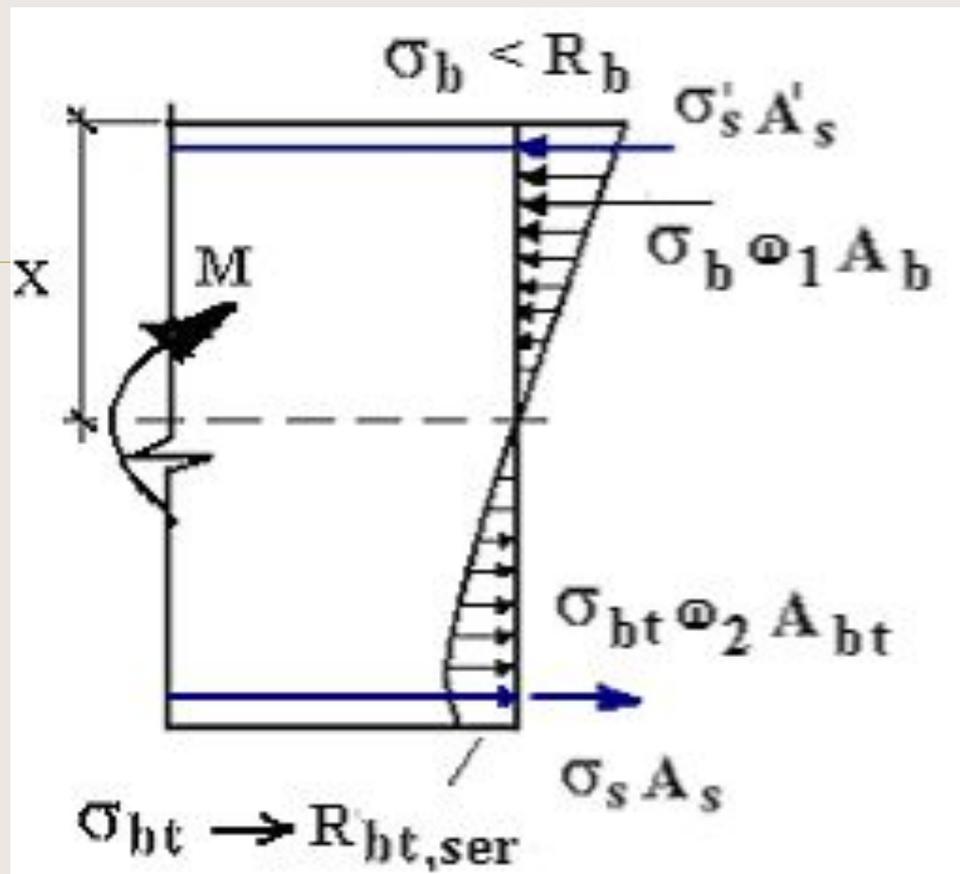


Рис. 16.6. Стадия I НДС изгибаемого элемента

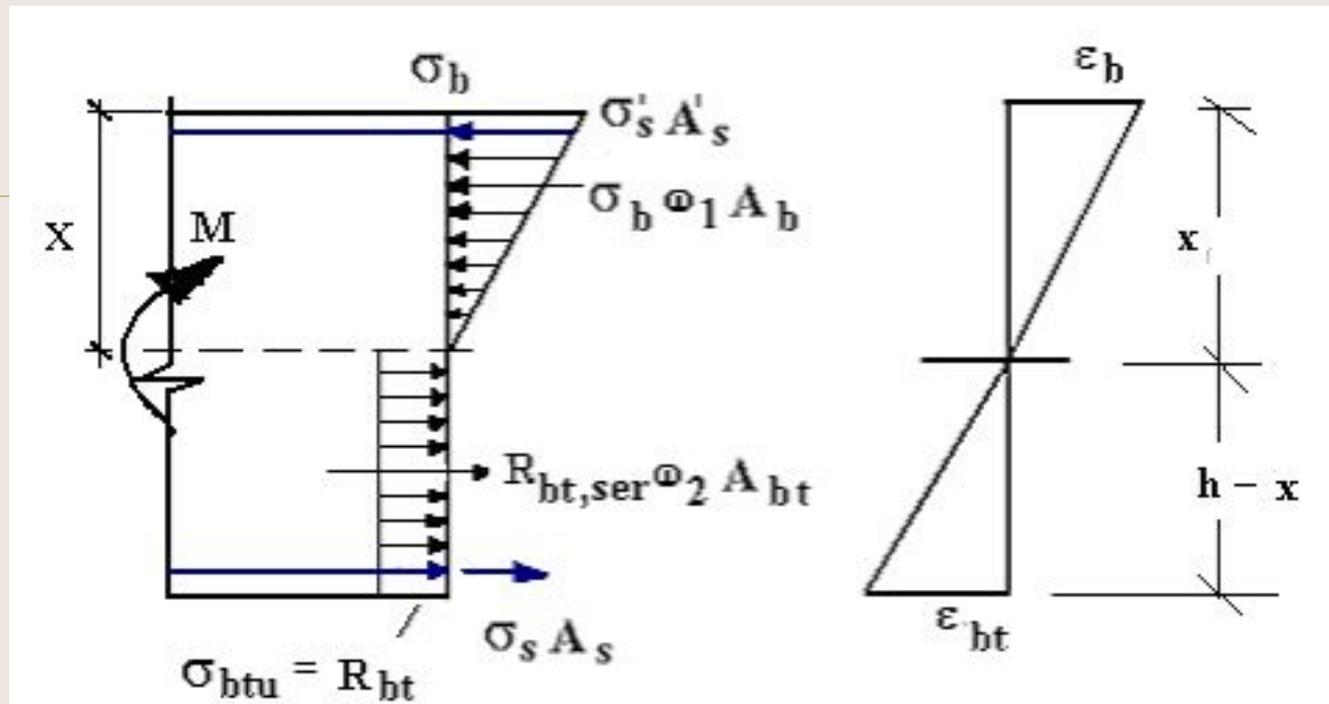


Рис. 16.7. Стадия Ia НДС изгибаемого элемента

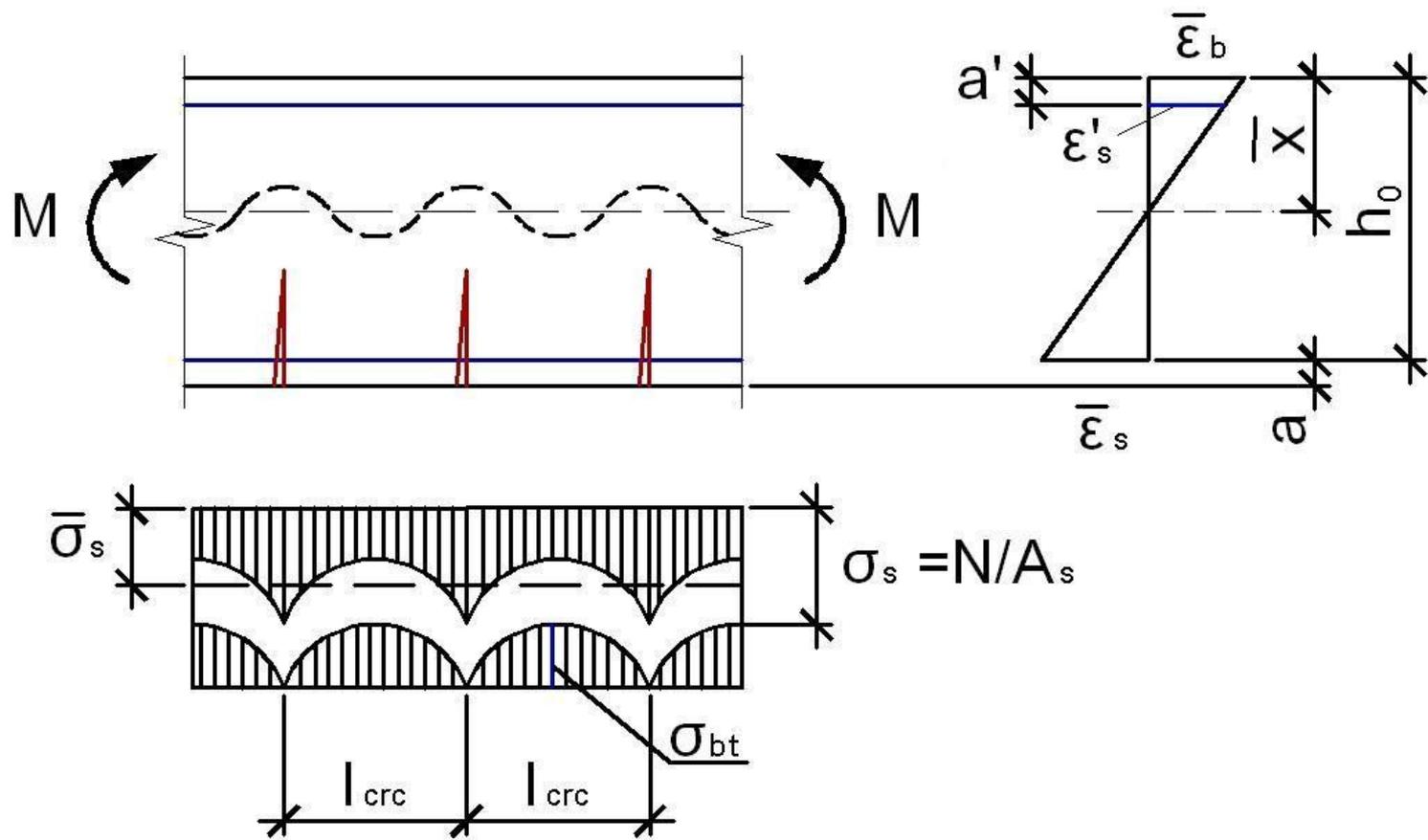


Рис. 16.8. Стадия II НДС изгибаемого элемента

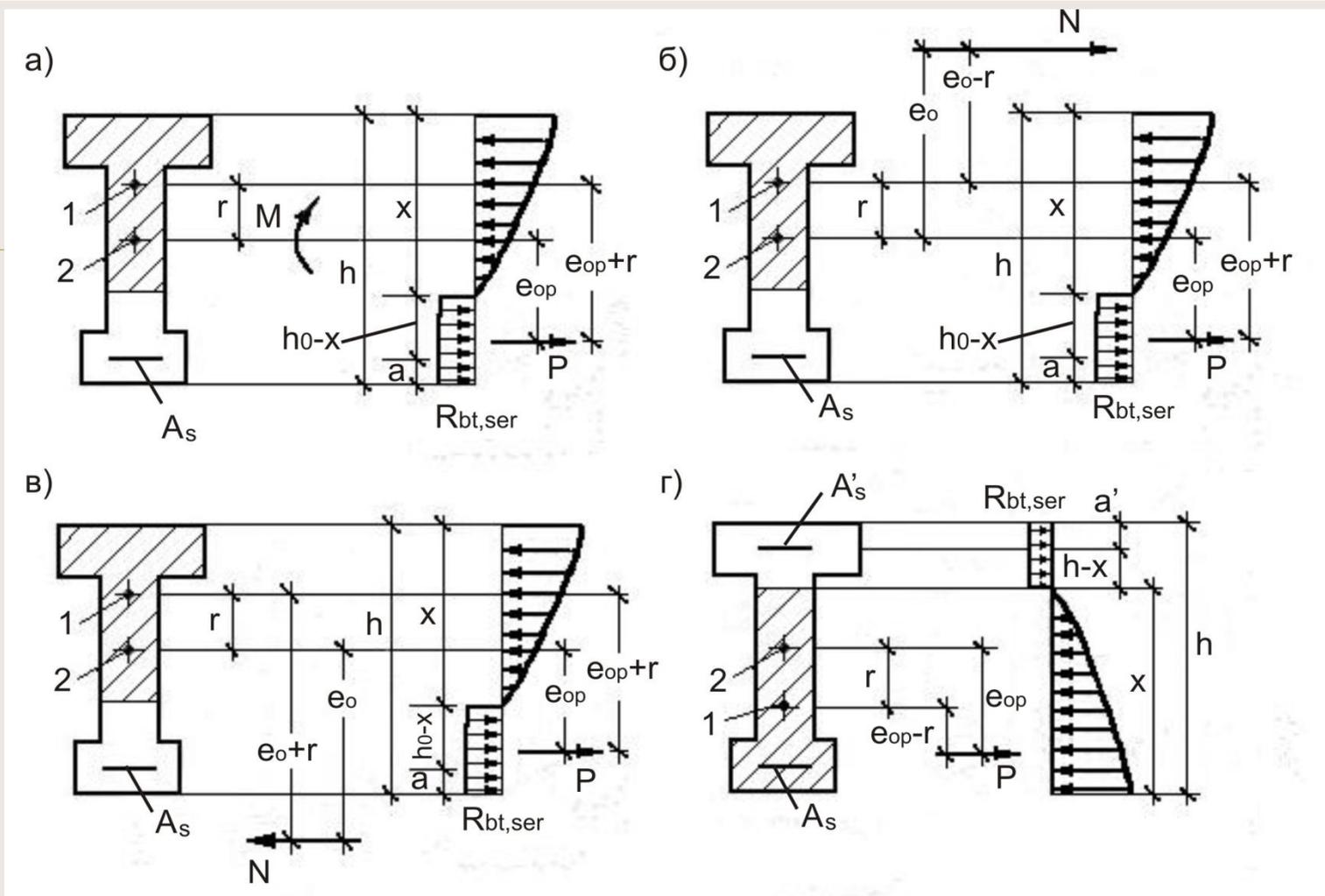


Рис. 16.9. Схемы усилий напряжений в поперечном сечении элемента при расчете его по образованию трещин, нормальных к продольной оси элемента

а – при изгибе; б – при внецентренном сжатии; в – при внецентренном растяжении; г – при обжатии; 1 – ядровая точка; 2 – центр тяжести приведенного сечения