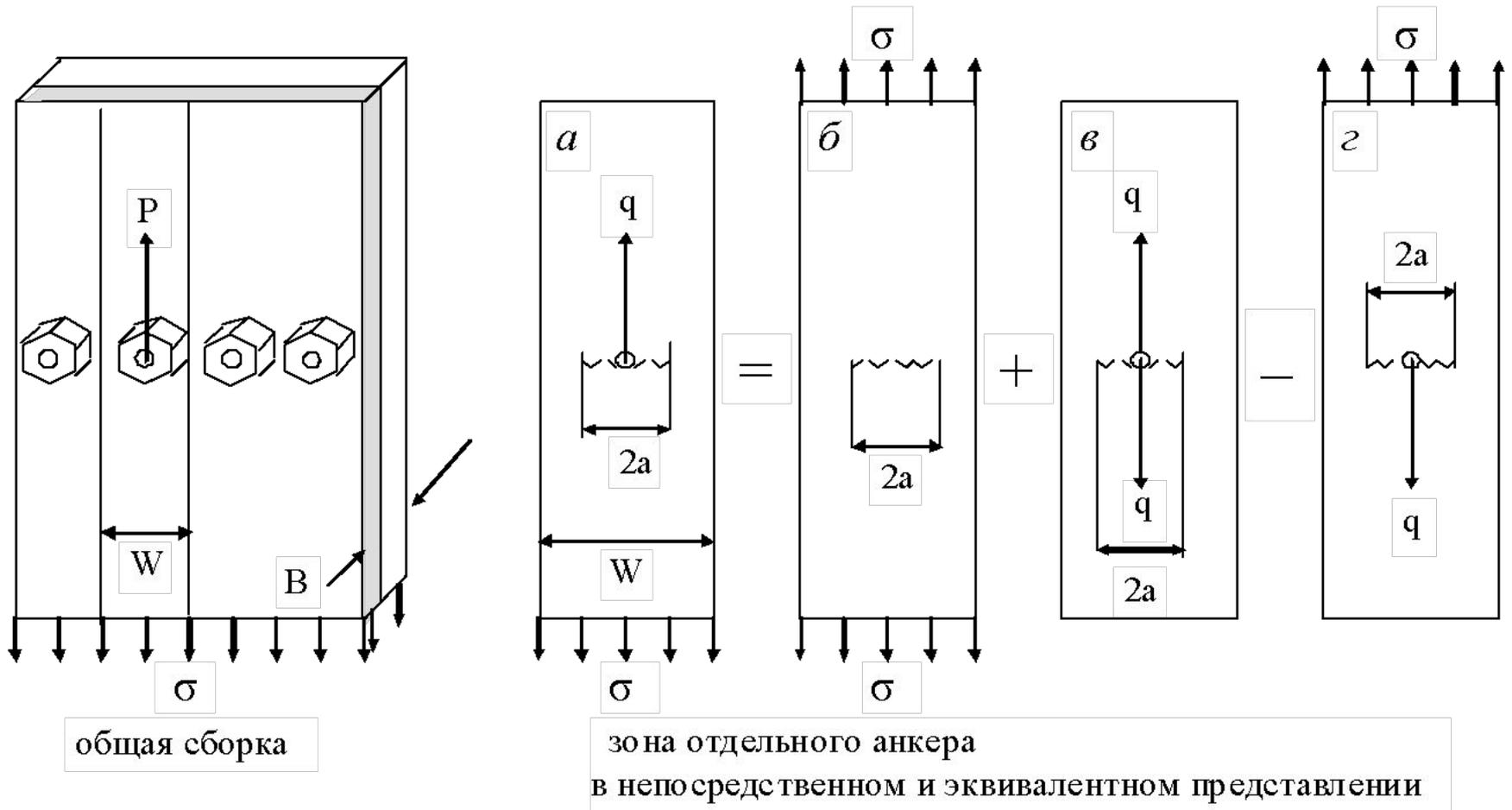


Занятие 9.

Трещины на отверстиях и в углах

9.1. Сквозные трещины на малых отверстиях ($d \ll a$)

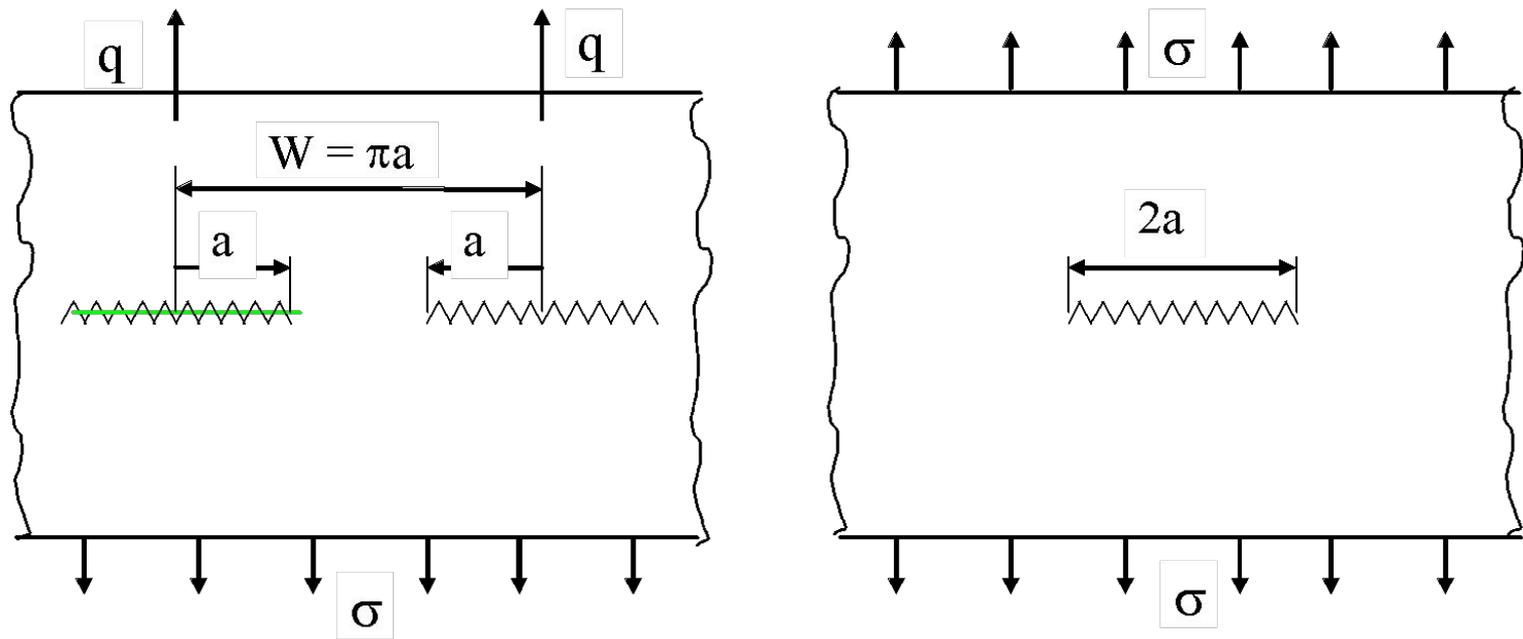
Рис. 1. Схема анкерного крепления



Результат

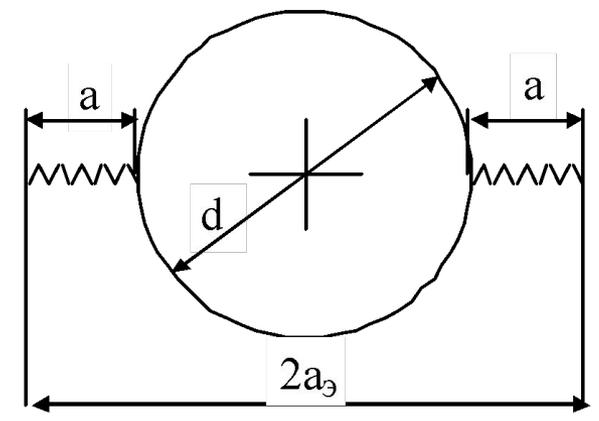
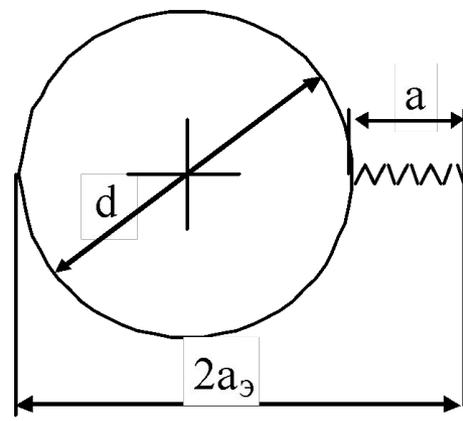
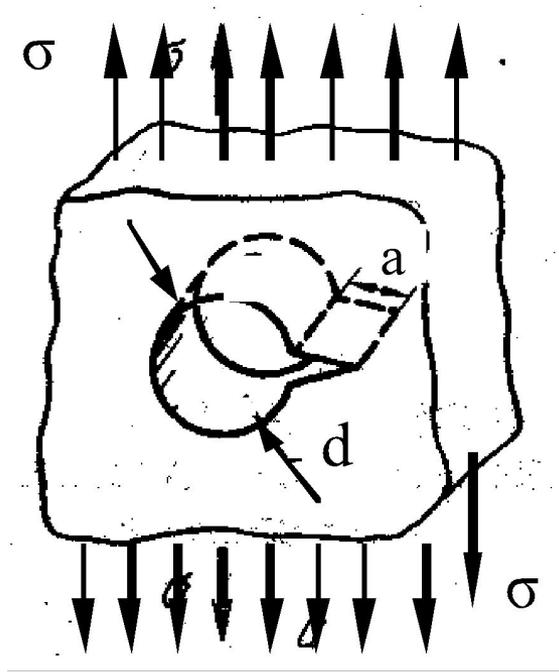
$$K_{1a} = \frac{\sigma \sqrt{\pi a}}{2} \left(1 + \frac{W}{\pi a} \right).$$

Рис. 2. Эквивалентные схемы



9.2. Сквозные трещины на больших отверстиях

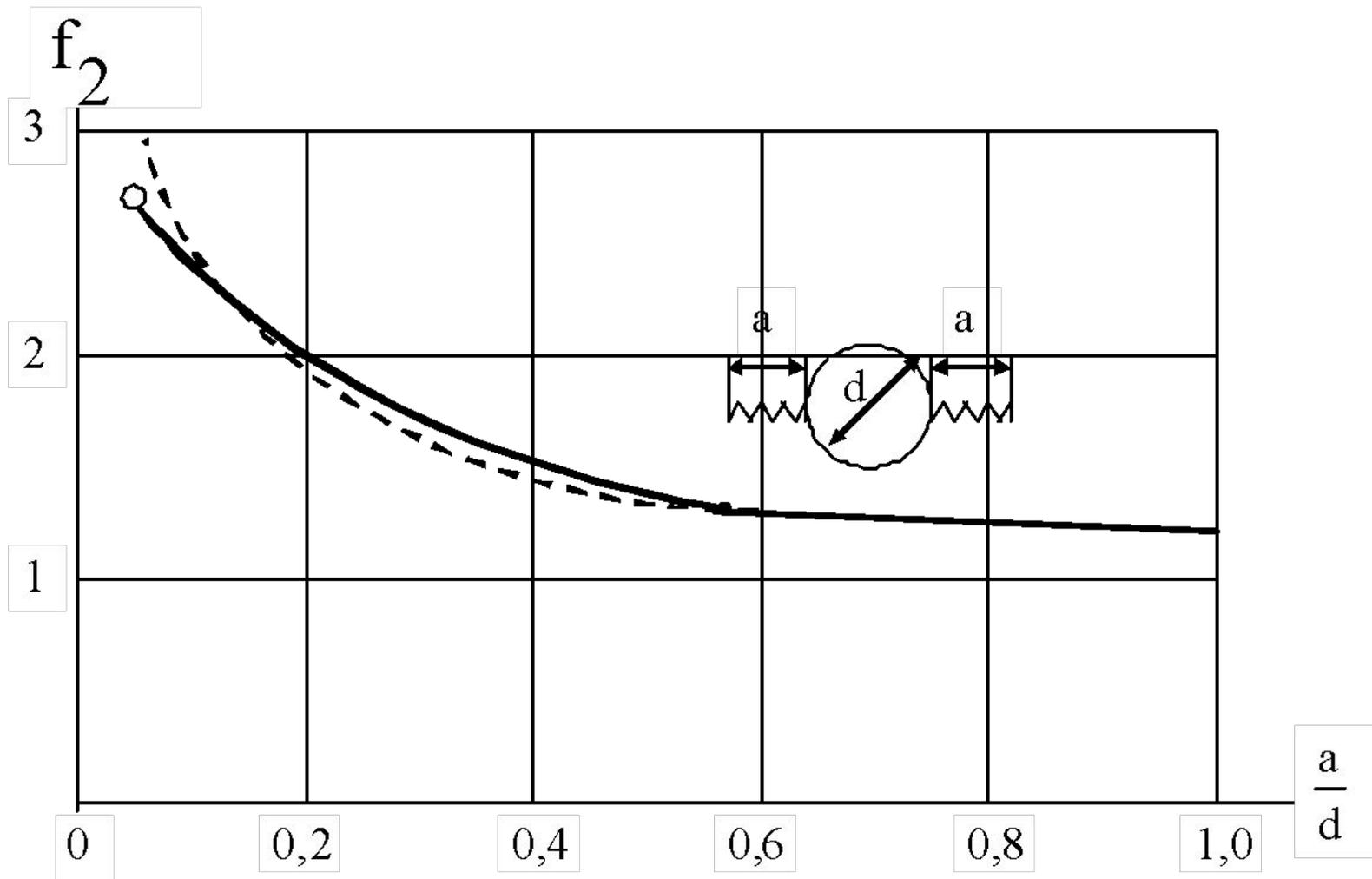
Рис. 3. Трещины на больших отверстиях



Формула Хейвуда

$$K_{tg} = \frac{2 + \left(1 - \frac{d}{W}\right)^3}{1 - \frac{d}{W}}$$

Рис. 4. Точные и приближённые решения

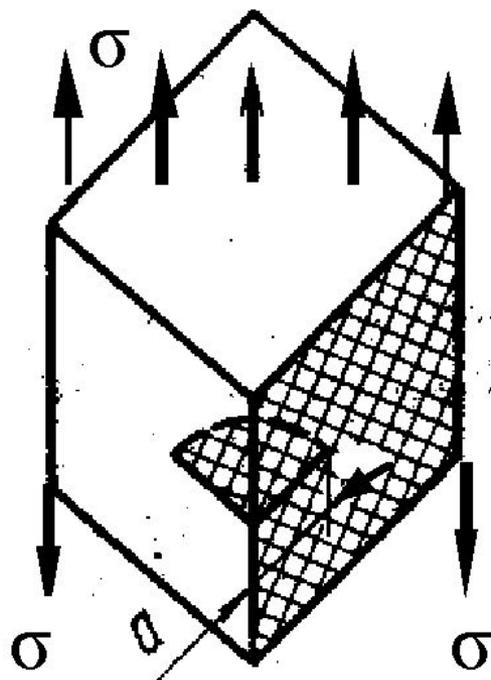


Результат

$$K_{1\vartheta} = \frac{\sigma \sqrt{\pi} \vartheta}{\hat{\mu} a} \left(1 + \frac{W}{\vartheta} \right).$$

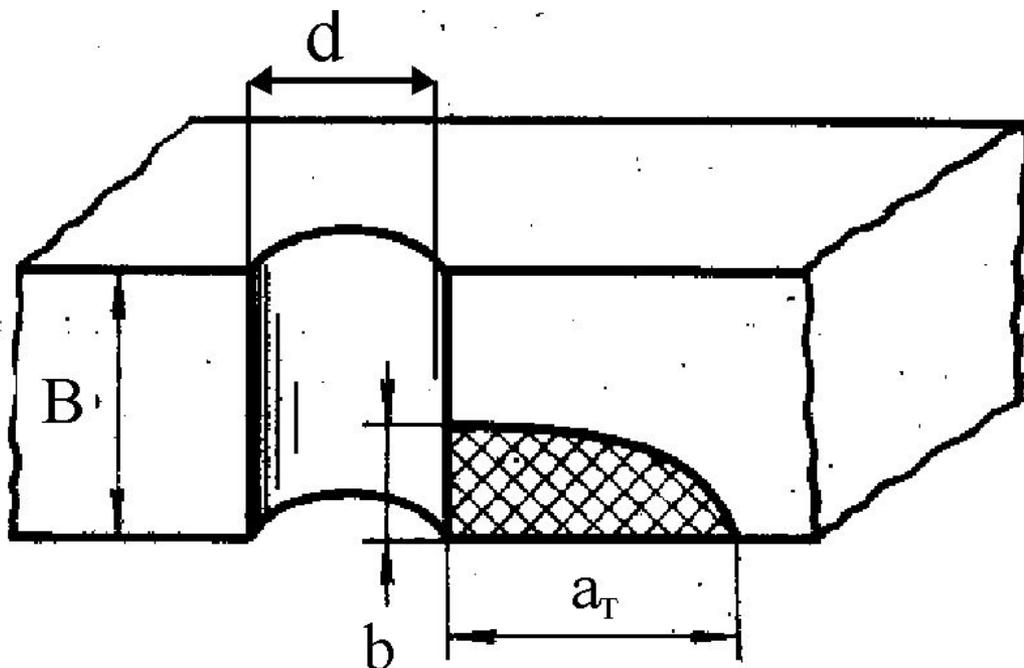
9.3. Трехмерные трещины

Рис.5. Трехмерные трещины



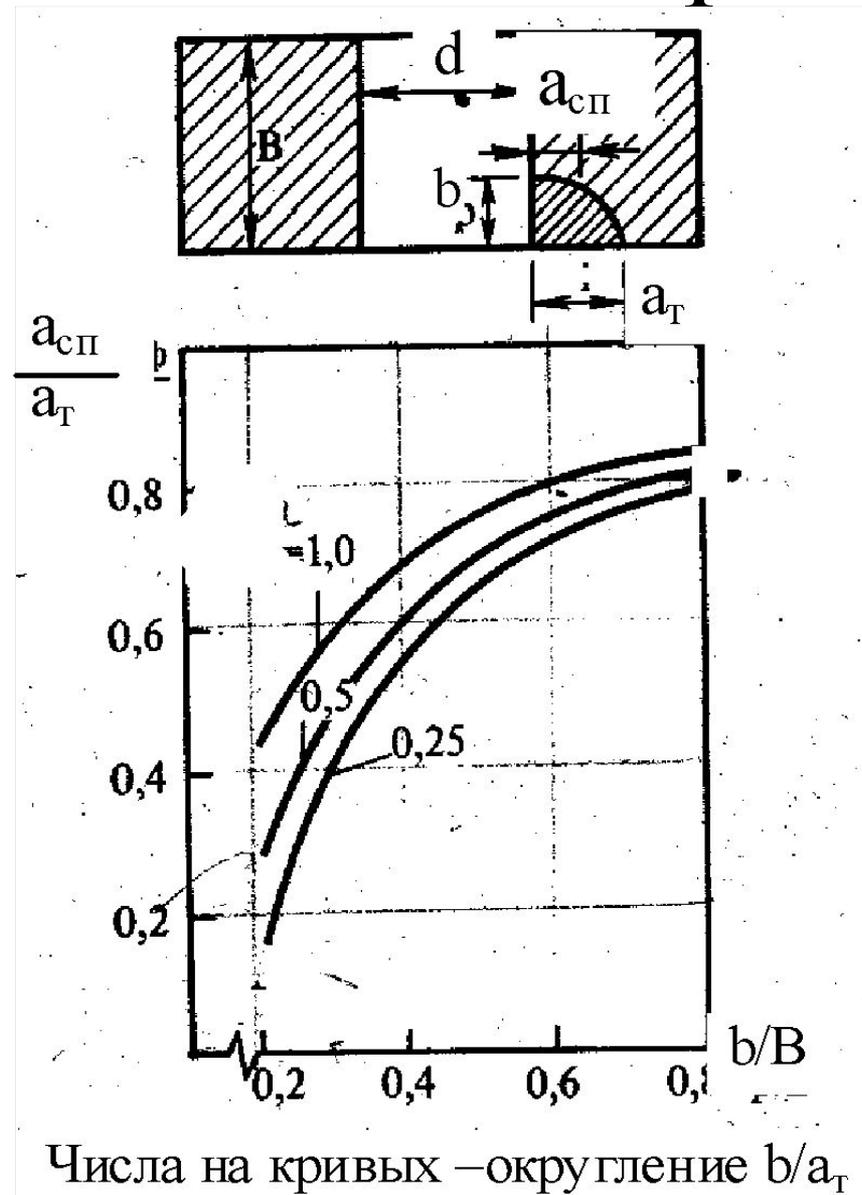
h

угловая



на краю отверстия

Рис. 6. Номограмма



Результат

$$K_I = 0,87 \sigma \sqrt{\pi a_{\text{сп}}} f\left(\frac{d}{a_{\text{сп}}}\right) = 0,87 \sigma \sqrt{\pi * 0,6 a_T} * 1,47 = 0,99 \sigma \sqrt{\pi a_T} \approx \sigma \sqrt{\pi a_T}$$

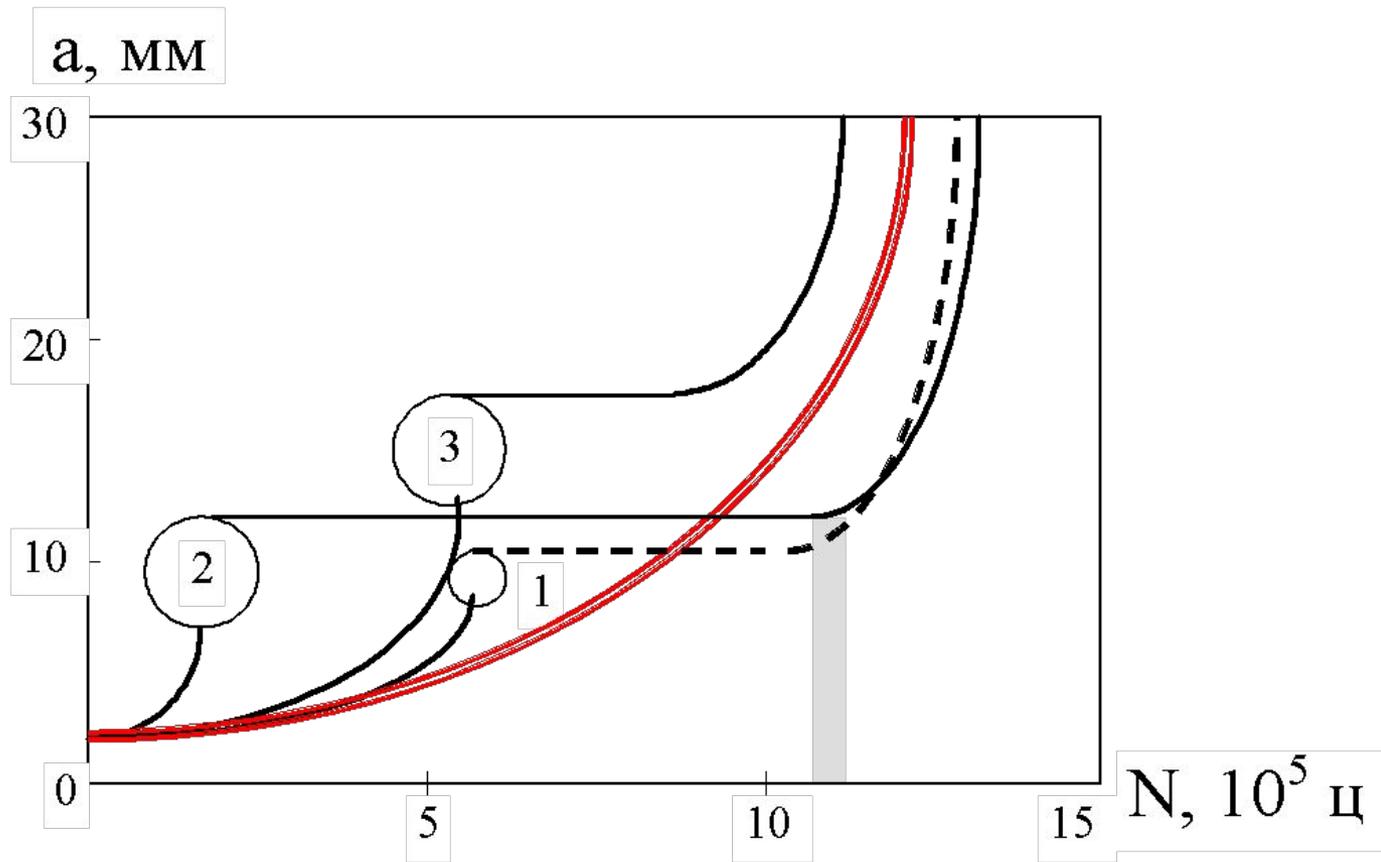
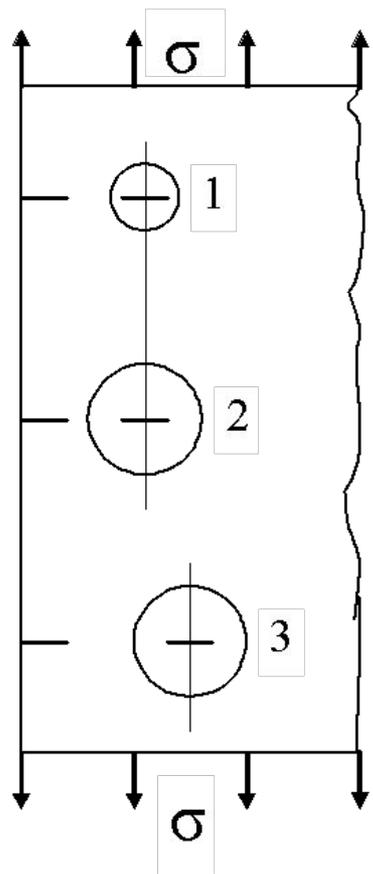
9.4. Распространение трещин усталости при отверстиях

Закон Пэриса

$$\frac{da}{dN} = C_K \left(\frac{\Delta K_I}{E} \right)^m$$

универсальная кинетическая константа трещины $C_K = 2 \cdot 10^6 \text{ м}^{-0,75}/\text{цикл}$,
показатель скорости циклического роста трещины $m = 3,5$.

Рис. 7. Траектории усталостных трещин



ТУ144

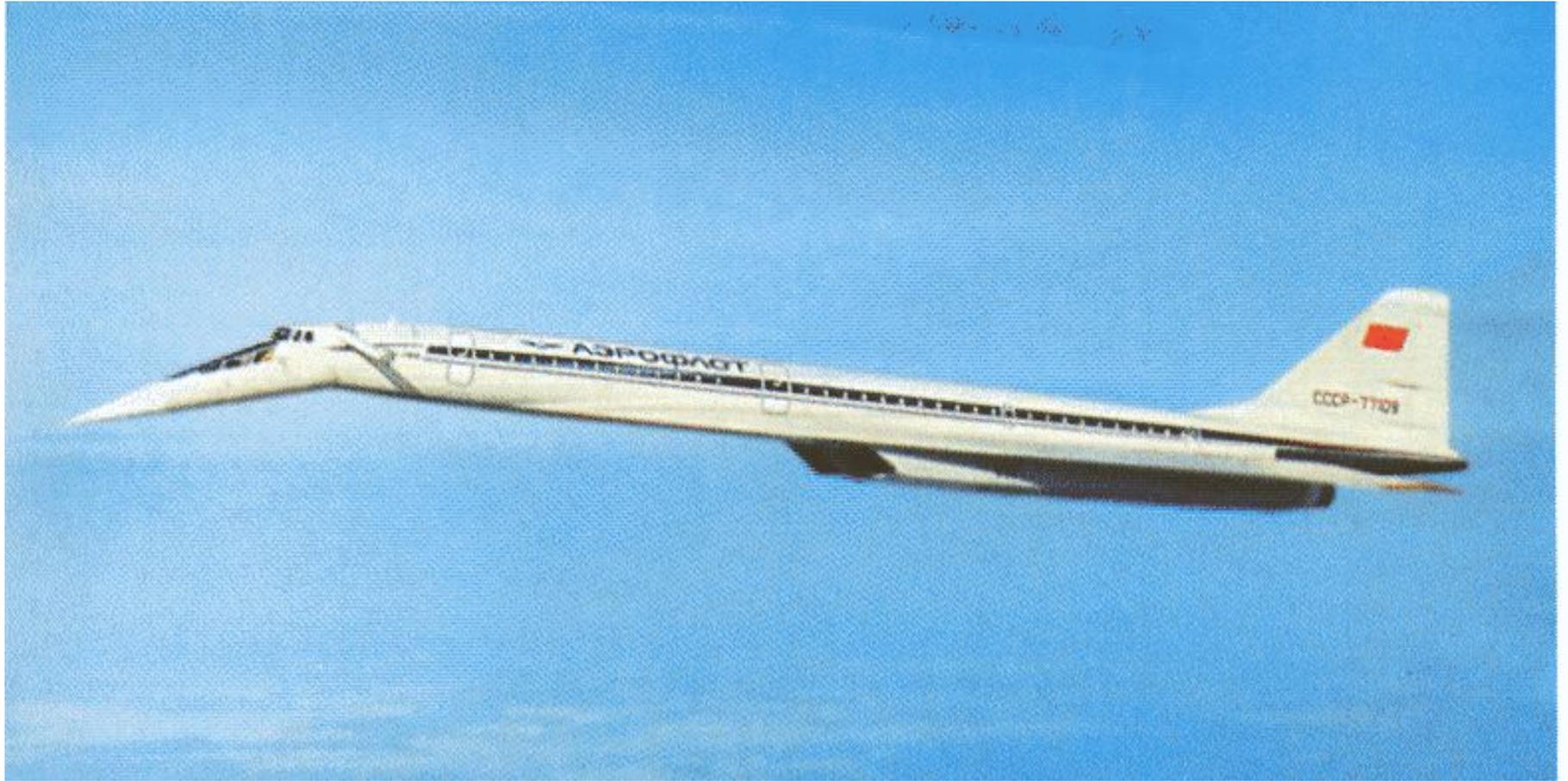
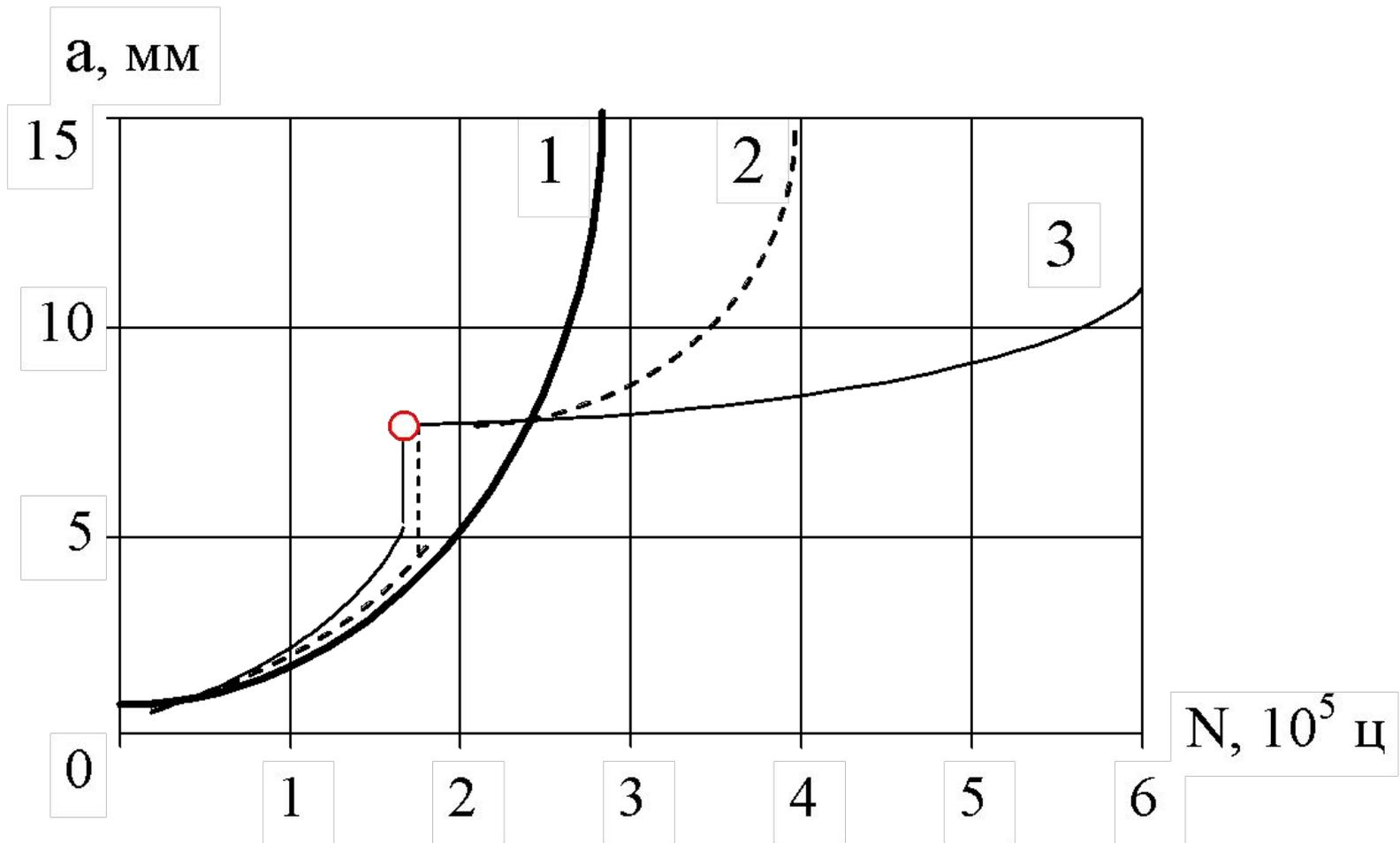
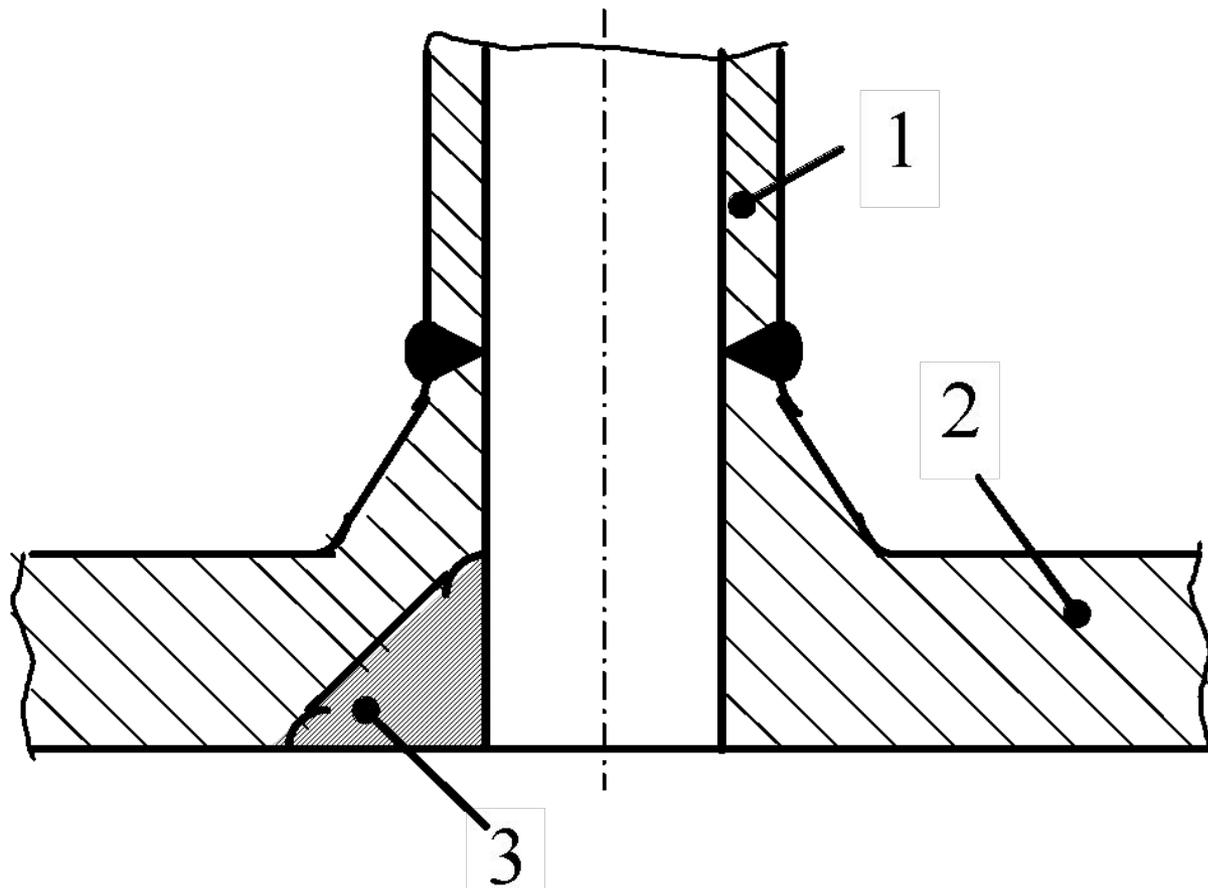


Рис. 8. Влияние холодной обработки



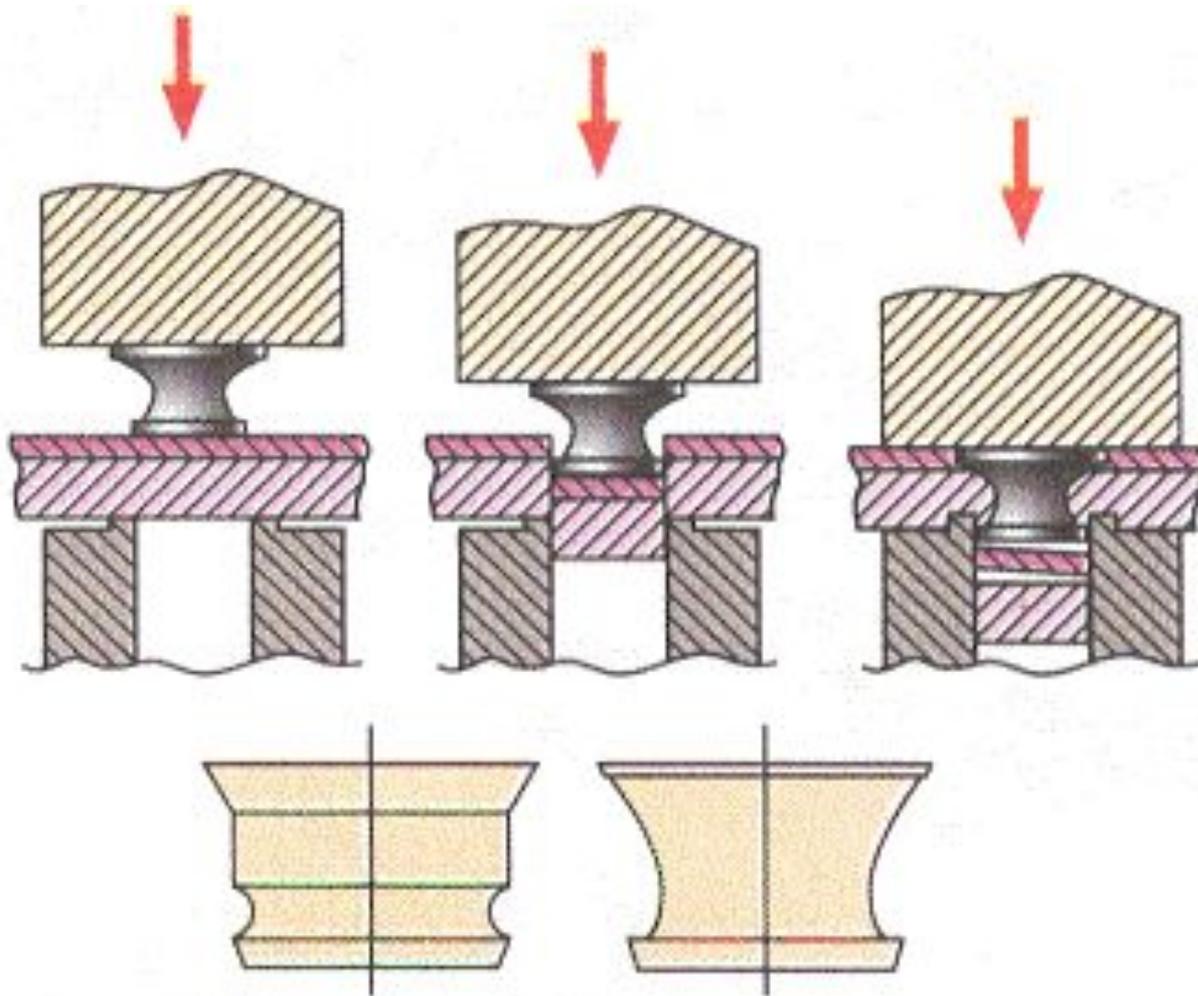
1- без отверстий, 2 – с расширением 10 %,
3 – с расширением 20 %

Рис. 9. Сварное соединение



1 – труба, 2 – корпус,
3 – угловая трещина

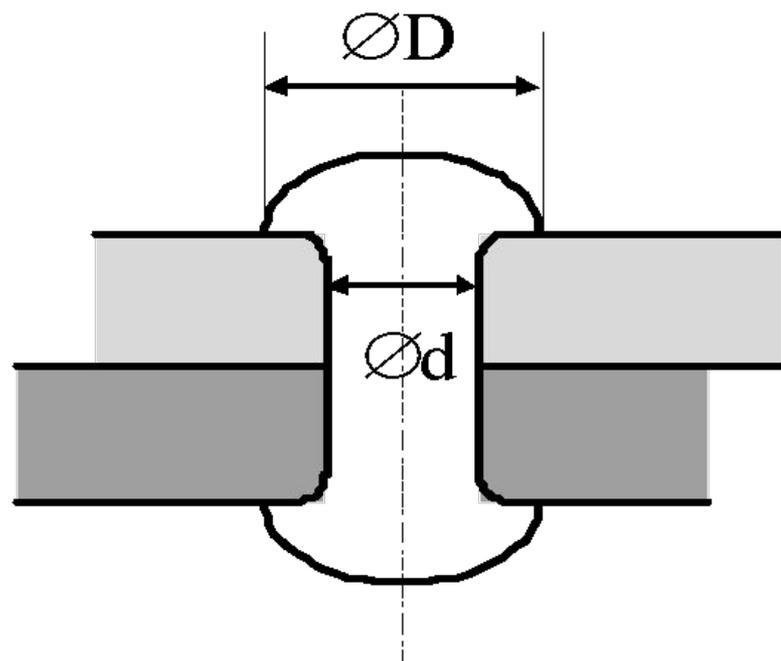
Рис. 10. Жёсткие заклёпки (механическое плакирование)



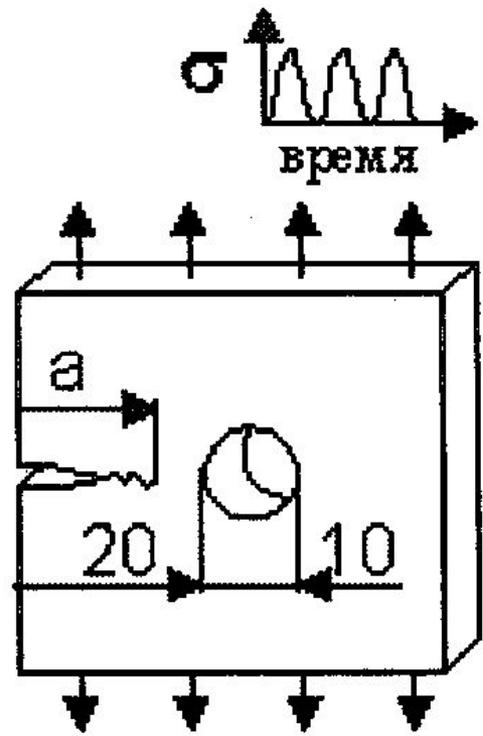
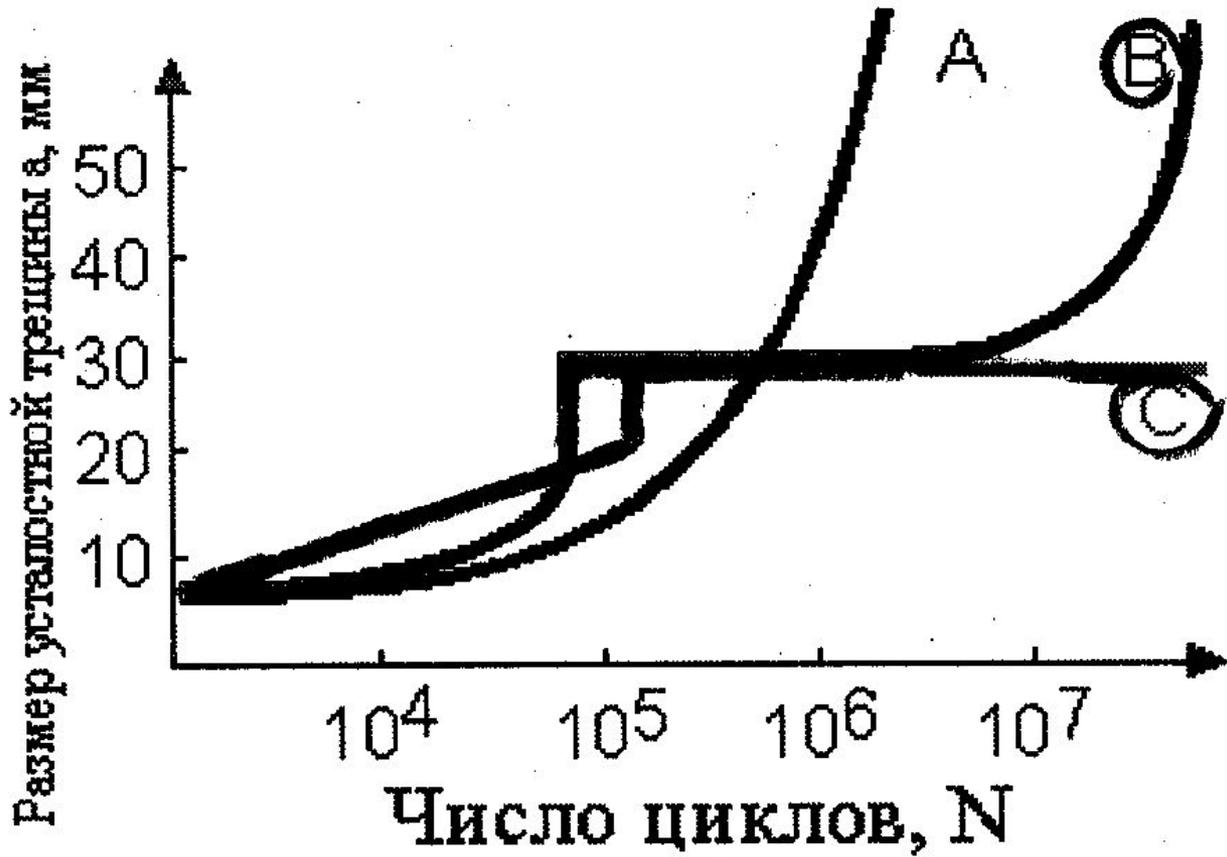
Ty-104



Заклёпка



По какой траектории растёт усталостная трещина?



Далее - запас

Рис. 8

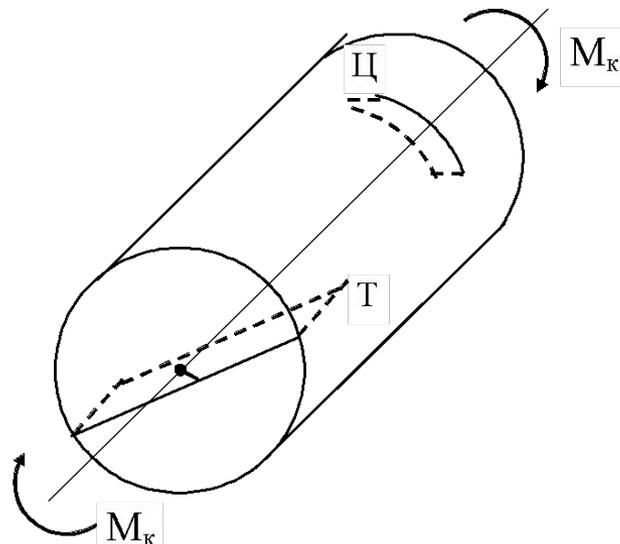


Рис. 8 – 1025. Трещины на торце (Т) и цилиндрической поверхности (Ц) вала. Определить категории (сквозная Т может двигаться только по оси, τ_{\perp} - фронту – поперечный сдвиг II; поверхность Ц растёт в направлении меньшего размера, $\tau_{//}$ - фронту – продольный сдвиг III; наряду с ЭТИМ - Хеллан, с. 139 - 140

Рис. 9

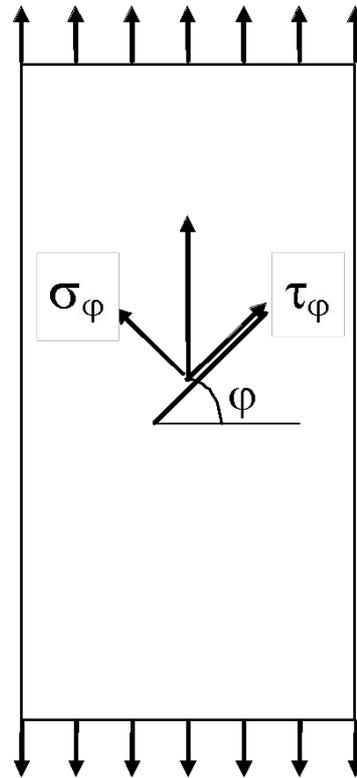
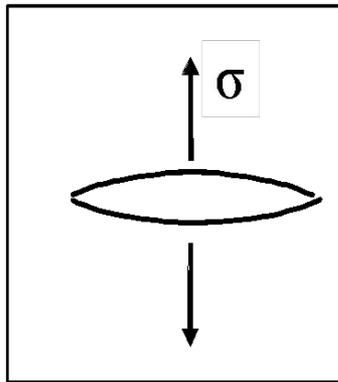
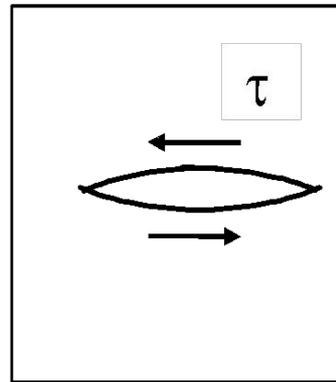


Рис. 9 – 1026. Натяжная сварная трещина в неограниченной пластине (I + II типы - $\tau \perp$ фронту)

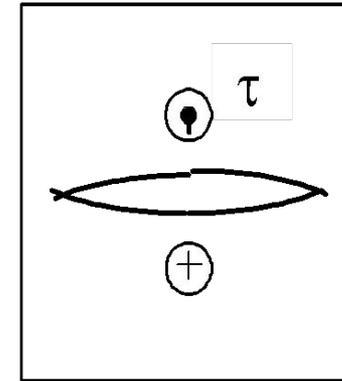
Рис. 1. Категории трещин



I - отрыв



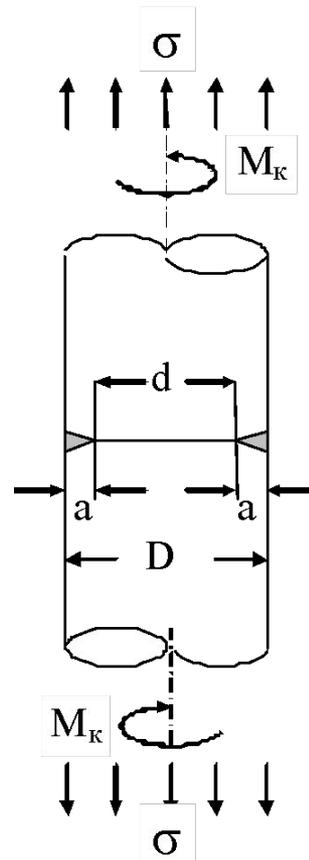
II – поперечный
сдвиг



III – продольный
сдвиг

Рис. 1 – 1027. Категории трещин

Рис. 2



$$K_I = \sigma \sqrt{\pi^* a} f_I(d/D)$$

$$K_{III} = \tau \sqrt{\pi^* a} f_{III}(d/D)$$

Рис. 2 – 1028.

Кольцевая трещина в цилиндре

Рис. 3

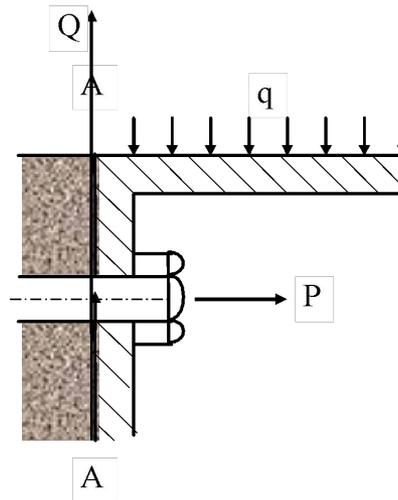


Рис. 3 – 1029. Схема анкерного крепления кронштейна

Заклёпка

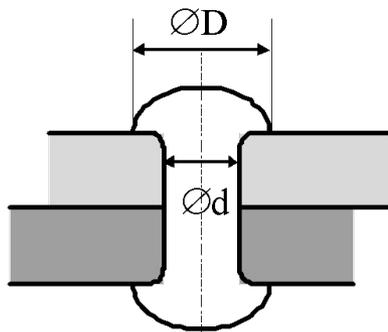


Рис. 137. Элемент заклёпочного соединения:
головка перекрывает отверстие с прилегающей
полосой
 $D = 1,75d$,
коэффициент концентрации напряжений
 $\alpha_{\sigma} = 3$

Фюзеляж и крылья самолетов обшивают листами на заклёпках. Чтобы уменьшить вес новой конструкции, использовали наиболее прочный алюминиевый сплав типа В95.

Почему такое решение оказалось роковым?