

БАЛОЧНАЯ ТЕОРИЯ – Теории разрушения материалов

Строительная механика

Проект ЭРАМКА

Оценка экологических рисков и их снижение в отношении объектов культурного наследия в

Центральной Азии

v2022317

This work is licensed under a [Creative Commons “Attribution-ShareAlike 4.0 International”](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Environmental Risk Assessment and Mitigation on Cultural
Heritage Assets in Central Asia

Цели преподавателя/студентов

Введение

Хрупкие материалы

Пластичные материалы

Экспериментальное подтверждение



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Цели преподавателя/студентов



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Environmental Risk Assessment and Mitigation on Cultural
Heritage Assets in Central Asia

 Представьте разрушение из-за превышения предела прочности в поперечных сечениях и понятие эквивалентного напряжения.

 Понимать концепцию эквивалентного напряжения по отношению к различным материалам и применять ее к балкам.

Введение



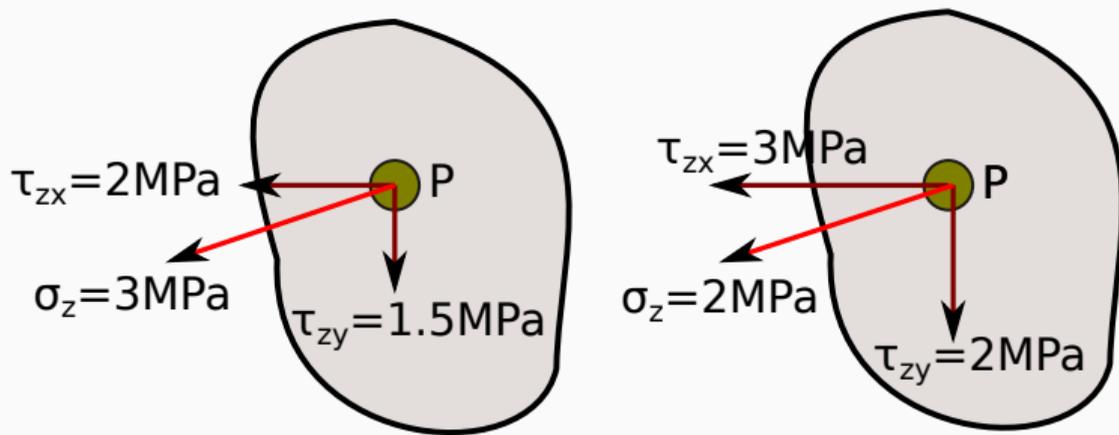
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Environmental Risk Assessment and Mitigation on Cultural
Heritage Assets in Central Asia

Нормальные и касательные напряжения

- Чем хуже состояние для точки P?
- Как мы можем учесть все напряжения в точке P, чтобы оценить их «суммарный» эффект?



Теория разрушения материалов (или критерии прочности) представляет собой способ прогнозирования условий, при которых твердые материалы разрушаются

Цели ..

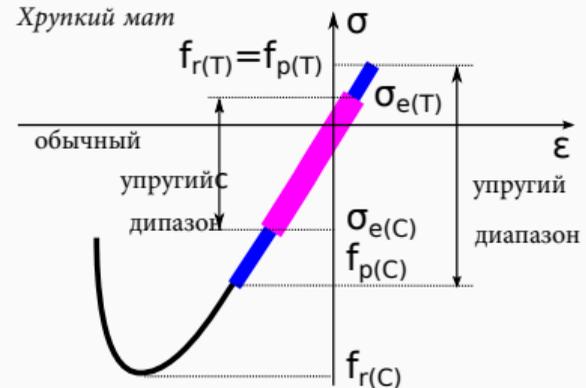
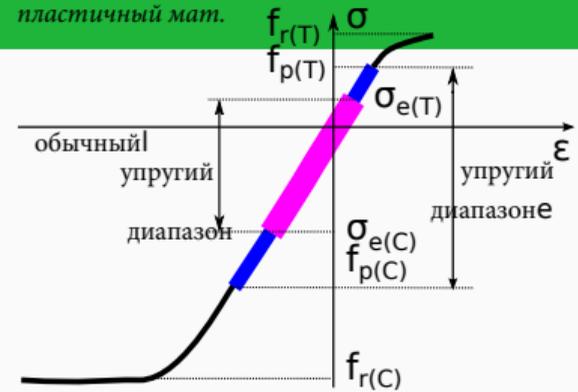
... найти индекс напряжения материала или эквивалентное напряжение

$\sigma_{eq} = \sigma_{eq}(\sigma_1, \sigma_2)$, тдля сравнения со значениями предела прочности, измеренными при одноосном лабораторном испытании ($f_{r(T)}$ при растяжении и $f_{r(C)}$ при сжатии)

Предполагается, что $f_{r(C)}$, $f_{p(C)}$ и $\sigma_{e(C)}$ являются положительными величинами

Пластичные и хрупкие материалы

- Пластичные материалы: прочность на растяжение $f_{r(T)}$ обычно равна прочности на сжатие. $f_{r(C)}$
- Хрупкие материалы: прочность на растяжение $f_{r(T)}$ обычно отличается от прочности на сжатие $f_{r(C)}$



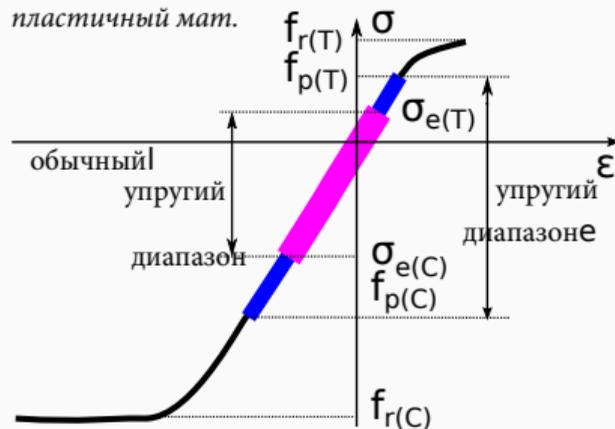
Предел пропорциональности

Диапазон упругости определяется $f_{p(T)}$ и $f_{p(C)}$

Для получения запаса прочности, $f_{p(T)}$ и $f_{p(C)}$
уменьшаются на частные коэффициенты
запаса $\gamma_{M(T)}$ и $\gamma_{M(C)}$

$$\sigma_{e(T)} = \frac{f_{p(T)}}{\gamma_{M(T)}} \quad \sigma_{e(C)} = \frac{f_{p(C)}}{\gamma_{M(C)}}$$

для определения обычного диапазона
упругости $(-\sigma_{e(C)}, \sigma_{e(T)})$



Хрупкие материалы



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



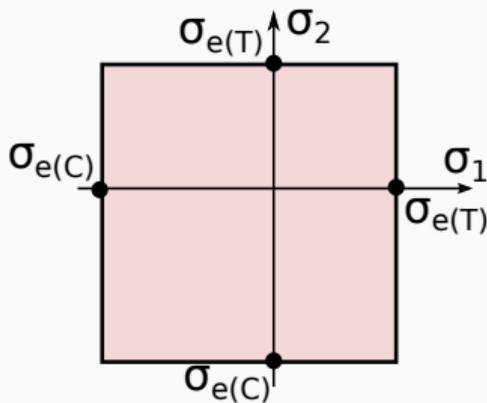
Environmental Risk Assessment and Mitigation on Cultural
Heritage Assets in Central Asia

Критерий Галилея-Рэнкин

Этот критерий требует ограничения трех главных напряжений внутри
обычного диапазона упругости. $(-\sigma_{e(C)}, \sigma_{e(T)})$

$$-\sigma_{e(C)} \leq \sigma_1 \leq \sigma_{e(T)} \quad -\sigma_{e(C)} \leq \sigma_2 \leq \sigma_{e(T)} \quad -\sigma_{e(C)} \leq \sigma_3 \leq \sigma_{e(T)}$$

Он представлен квадратом в пространстве, описываемом главными
напряжениями (σ_1, σ_2)



Пластичные материалы



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Environmental Risk Assessment and Mitigation on Cultural
Heritage Assets in Central Asia

Этот критерий требует ограничения максимального касательного напряжения τ_{max} :

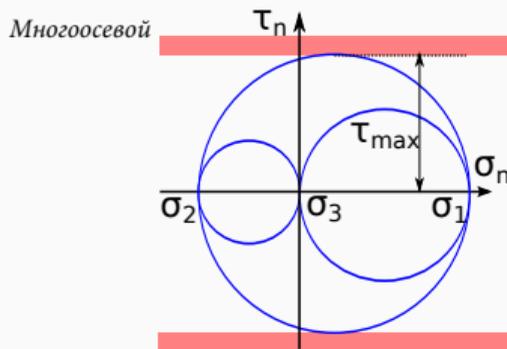
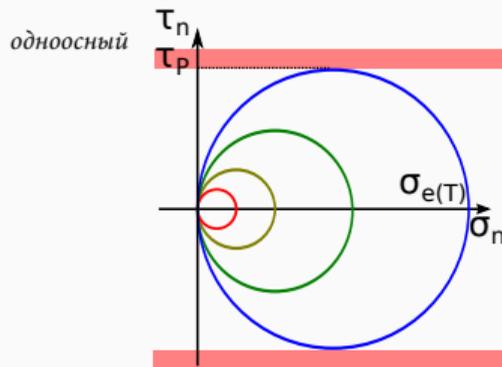
$$\tau_{max} \leq \tau_P = \frac{1}{2} \sigma_{e(T)}$$

где:

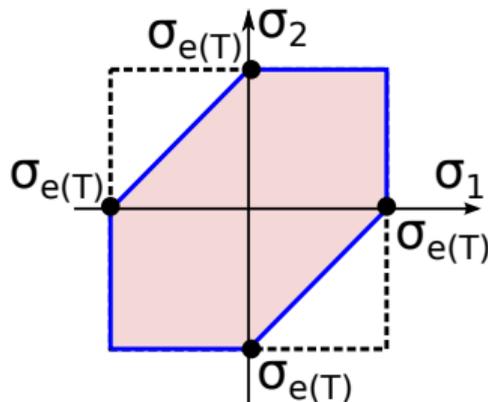
$$\tau_{max} = \frac{1}{2} \max \{ |\sigma_1 - \sigma_2|; |\sigma_1 - 0|; |\sigma_2 - 0| \}$$

Получается:

$$\sigma_{eq} = \max \{ |\sigma_1 - \sigma_2|; |\sigma_1 - 0|; |\sigma_2 - 0| \} \leq \sigma_{e(T)}$$



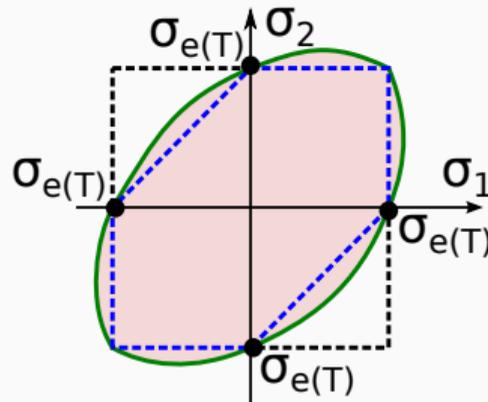
Он представлен шестиугольником в пространстве, описываемом главными напряжениями (σ_1, σ_2)



Критерий Хубера-Хенки-фон Мизеса

Он представлен эллипсом в пространстве, описываемом главными напряжениями (σ_1, σ_2)

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} \leq \sigma_{e(T)}$$



Экспериментальное подтверждение

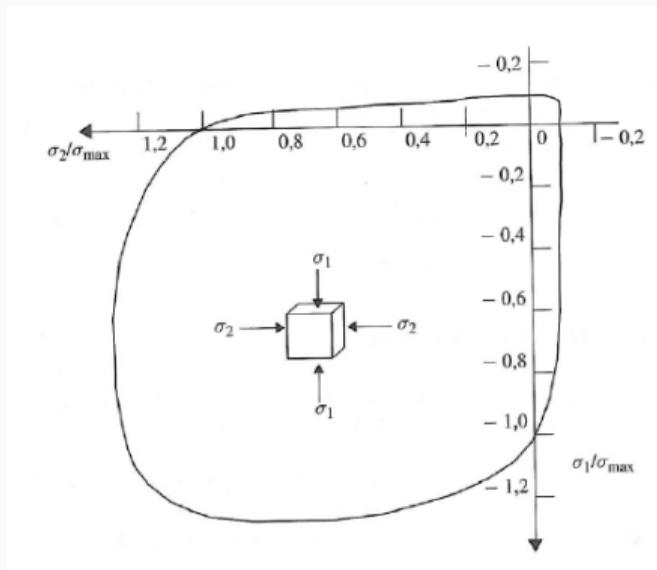


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

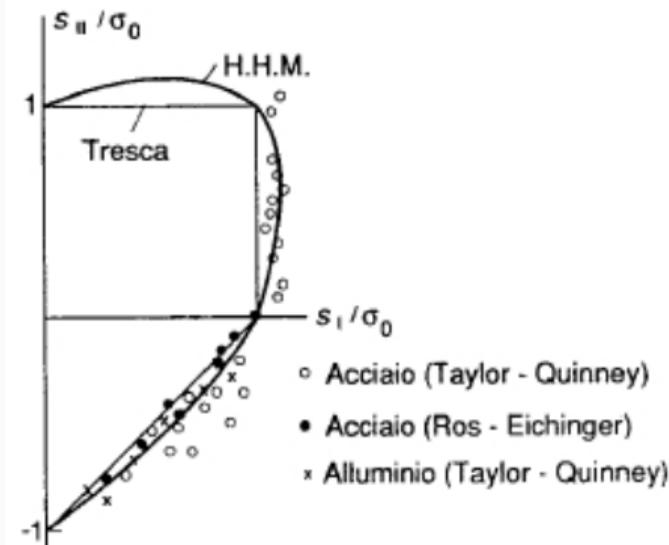


Environmental Risk Assessment and Mitigation on Cultural
Heritage Assets in Central Asia

Эксперименты (бетон, сталь и алюминий)



Х.Б. Купфер, К.Х. Герстле, Поведение бетона при двухосных напряжениях, Журнал Engineering Mechanics Division, vol. 99, n. 4, 1973, pp. 853-866



L. Corradi, *Meccanica delle Strutture*, vol. 1, McGraw Hill, 1992 (acciaio: steel; alluminio: aluminum; H.H.M.: Huber-Hencky-von Mises criterion)

Условия проверки (пластичные материалы)

Главные напряжения определяются по формуле (круг Мора):

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_z}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_z^2 + 4\tau_z^2}; \quad \sigma_3 = 0$$

эквивалентное напряжение на:

$$\sigma_{eq} = \max \{ |\sigma_1 - \sigma_2|; |\sigma_1|; |\sigma_2| \} \text{ (Критерия Треска)}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} \text{ (Китерия фон Мизеса)}$$

Условие проверки считается пройденным, если:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_z^2 + \mathcal{D} \tau_z^2} \leq \frac{f_p(T)}{\gamma_M(T)} = \sigma_{e(T)}$$

$$\text{где } \begin{cases} \mathcal{D} = 4 \text{ Критерия Треска} \\ \mathcal{D} = 3 \text{ Китерия фон Мизеса} \end{cases}$$

Изучение конструкций в условиях упругого поведения может давать недостоверные результаты.

- Образование трещин за пределами упругой фазы не означает потери функциональности конструкции. Иногда перелом можно рассматривать как шарнирный без потери устойчивости.
- Отверстия и другие особые ситуации (надрезы, острые углы) создают концентрации напряжений (и/или бесконечные напряжения), которых можно избежать с помощью упруго-пластических моделей (перераспределение напряжений).