

Министерство общего и профессионального образования Ростовской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Ростовской области
«Ростовский-на-Дону строительный колледж»

"Расчет на устойчивость центрального сжатия гибкого стержня"

Преподаватель технической механики
Зеньвовская Э.Г.

Ростов-на-Дону
2018

Расчет на устойчивость

Расчет на устойчивость заключается:

- Определение допускаемой сжимающей силы
- Сравнение действующей и силы $F \leq [F]$ $[F]=F_{кр}/[R]$

где F- действующая сжимающая сила

[F]- допускаемая сжимающая сила

F_{кр}- критическая сила

R- коэф. Запаса устойчивости

- R стали =1,8-3; R чугуна= 5; R дерева=2,8

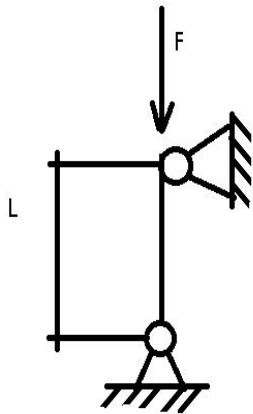
Способы определения критической силы

- Задачу определения критической силы математически решил А.Эйлер в 1744 году.

Для шарнирно-закрепленного с обеих сторон стержня, ф-ла Эйлера имеет вид:

$$F_{кр} = \frac{\pi^2 * E * I_{min}}{(M * L)^2}$$

- Т.к. Потеря устойчивости происходит в плоскости наименьшей жесткости, в формулу входит минимальный из осевых моментов инерции сечения (I_x, I_y)



- Эту формулу применяли для других форм закрепления стержня. Длину стержня заменяем ее приведенным значением

$$\underline{L_{\text{прив}} = M * L}$$

где M- коэф. Приведения длины, зависящий от способа закрепления стержня.

Ф-ла расчета критической силы для всех случаев

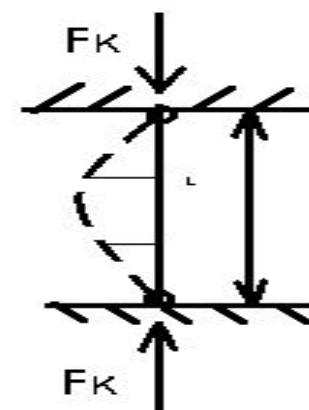
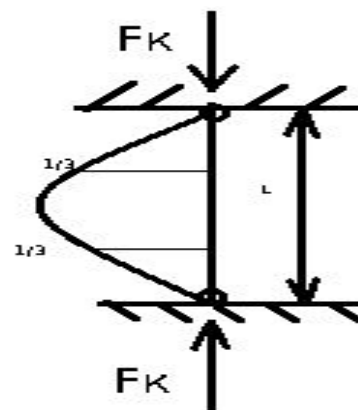
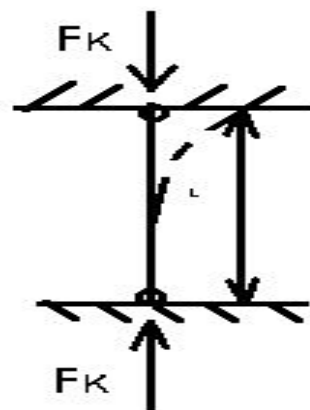
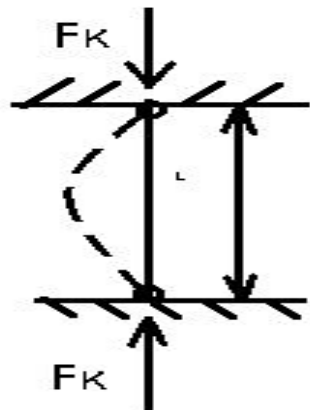
$$F_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 * E * I_{\text{min}}}{(M * L)^2}$$

Сжатый стержень с шарнирно закрепленными концами

Один конец закреплен, другой свободен стержень

одним концом защемлен, другим свободен

Стержень закреплен обоими концами



$$F_K = \frac{\pi^2 * E * I}{L^2}$$

$$F_K = \frac{\pi^2 * E * I}{4L^2}$$

$$F_K = \frac{2\pi^2 * E * I}{L^2}$$

$$F_K = \frac{4\pi^2 * E * I}{L^2}$$

• M=1

• M=2

• M=0,7

• M=0,5

Критическое напряжение

Критическое напряжение-напряжения сжатия, соответствующее критической силе

$$\delta_{кр} = \frac{F_{кр}}{A} = \frac{\pi * E * Y_{min}}{(M * L)^2 * A}, \text{ где } i_{min} = \text{радиус инерции}$$

Тогда
$$\delta_{кр} = \frac{\pi * E * I_{min}}{(M * L)^2}$$

Гибкость стержня λ (лямбда)

$$\lambda = \frac{M * L}{i_{min}}, \text{ где } L = \text{длина стержня}$$

M = коэф. Приведения длины

$I_{мин}$ = радиус инерции, характера влияния флоры и оахмеолав
сечения на жесткость стержня при сжатии

$$\delta_{кр} = \frac{\pi^2 * E}{\lambda^2} \quad - \text{длина стержня большой гибкости}$$

Пределы применимости ф-лы Эйлера

- Формула эйлера выполняется только в пределах упругих деформаций, т.е.

$$\delta_{кр} \leq \delta_y \approx \delta_{из} \quad , \text{где } \delta_y - \text{предел упругости}$$

$\delta_{из}$ – предел пропорциональности материала.

$$\text{Откуда } \lambda \geq \frac{\sqrt{\pi^2 * E}}{\delta}$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{\pi^2 * E}}{6\pi\gamma} \quad \text{предельная гибкость которая зависит от материала стержня}$$

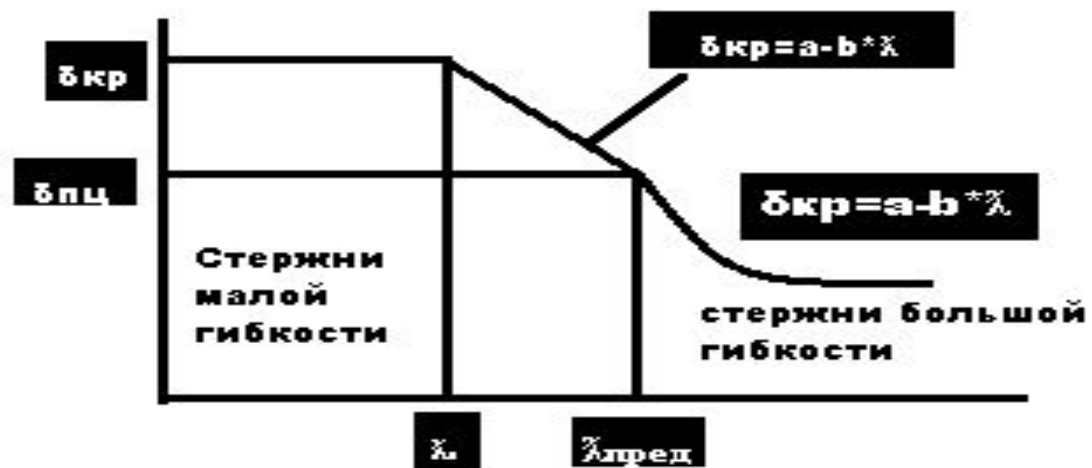
если $\lambda < \lambda_{пред}$ (для стержней малой гибкости) деформации расчет производят по эмпирическим формулам формулам

- Определение критического напряжения по формуле Ф. О.Ясинского (для стержней средней гибкости $\delta_{кр} = a - b \cdot \lambda$)

a и b = коэф. Зависящие от материала (значения длины в таблице)

Материал	a, Мпа	b, Мпа	λ_0	$\lambda_{пред}$
Сталь ст2	264	0,7	60	105
Сталь СТ3	310	1,14	60	100
Сталь 20, Ст4	328	1,15	60	96
Сталь 45	449	1,67	52	85
Дюралюм ин Д16Т	406	1,83	30	53
Сосна, Ель	29,3	0,19	-	70

- Зависимость критического напряжения от гибкости стержня



- Пример решения задачи, закрепление нового материала

с	Ответы	Код
Выбрать верную запись условий условия устойчивости	$F_{сж} \leq Q_k$ p_A	1
	$F_{сж} \leq Q_c$ $ж_A$	2
	$F_{сж} \leq A_{кр}$ /[S_y]	3
	$F_{сж} < F_{кр}$	4
Из приведенных характеристик материала выбрать характеристику, используемую при расчете на устойчивости	Q_t	1
	Q_b	2
	HВ	3
	E	4
Рассчитать гибкость стержня круглого поперечного сечения, если диаметр его 85 мм, длина 1,5м. Стержень шарнирно закреплен с обоих концов	35,3	1
	70,6	2
	140,2	3
	162,4	4
По какой из формул необходимо рассчитывать на устойчивость стержень, описанный в вопросе 3, если материал стержня – сталь, предельная	$F_{кр} = Q_t A$	1