

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Муракаев Марсель Ринатович

студент

Кривулина Эльвира Фёдоровна

канд. техн. наук, доцент

Строительно-архитектурно-дорожный институт
ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический
университет им. Гагарина Ю.А.»
г. Саратов, Саратовская область

**ПОШАГОВЫЙ СПОСОБ РАСЧЕТА КРИТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ
В СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМАХ КОНСТРУКЦИИ ПРИ ПОМОЩИ
МЕТОДА РЕАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Аннотация: в статье описывается перспективный способ оценивания нагрузки и потери геометрической неизменяемости (устойчивости) бездефектных стержней. Данный способ основан на методе реальных элементов. При использовании данного метода расчёта наблюдается высокая точность получаемых результатов.

Ключевые слова: *MePeЭл, стержневые системы, расчет на нагрузки, сопротивление материалов, расчет на сжатие-растяжение, хрупкие материалы.*

В случае использования MePeЭл рассматриваемое тело заменяют на расчётную модель, которую строят в следующем порядке. Первым этапом мысленно тело делят на $2n$ отрезков (рисунок 1, а). В случае, когда рассматривается плоская потеря устойчивости, мысленно все отрезки разрезаются вдоль на множество $2k$ полос (рисунок 1, б). Получившиеся в результате полосы заменяют стержневыми элементами, называемыми реальными стержневыми элементами. Они могут действовать только на растяжение и сжатие. У всех этих элементов имеется собственная диаграмма нагрузки продольной деформации $p(u_i)$ (рисунок 1, в). На

одном из нескольких отрезков элементы на концах стержня соединяются шарнирно с абсолютно жесткими пластинами, которые обеспечивают совместное деформирование элементов. Деформация i -ого элемента в данном случае определяется следующим способом.

$$u_i = \theta_{y_i} + \Delta, \quad (1)$$

где θ и Δ – деформации отрезка, угловая и осевая; y_i – протяженность между осью центральной поперечного сечения и центром тяжести сечения i -ого элемента (рисунок 1, г).

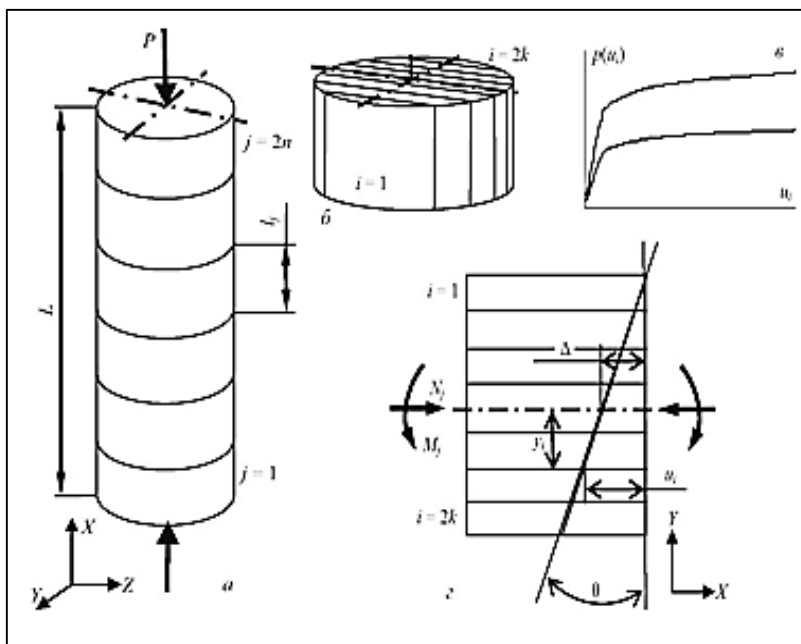


Рис. 1. Схема построения расчетной модели

Осевая сила и изгибающий момент для каждого из j отрезков вычисляется в результате суммирования всех усилий и моментов.

$$N_j = \sum_{i=1}^{2k} p(u_i), \quad M_j = \sum_{i=1}^{2k} p(u_i) y_i, \quad (2)$$

Для того чтобы определить нагрузки потери устойчивости (геометрической неизменяемости) бездефектного стержня, которая нагружена сжимающим усилием, приложенное без эксцентриситета, используется силовая нагрузка и к стержню прикладывается малое возмущение, которое приводит к появлению в этом стержне прогиба (пусть это будет состояние 1). В виде такого возмущения

использовалась боковая перерезывающая сила. При упругом расчете его величина не влияет на конечный результат, а вот при упругопластическом – очень влияет, но не существенно.

В результате действия возмущающей силы P_0 на отрезки нашей модели начинает действовать изгибающий момент. При этом грузовая сила P приложенная к стержню лишь сжимает стержень, но при этом не изгибает. Имея ввиду данные обстоятельства на границах стержня при помощи 1 и 2 уравнений находят значения угловой и осевой деформации каждого из этих отрезков. После этого, вычисляются углы наклона всех отрезков:

$$\alpha_j = \theta_0 + \begin{cases} 0,5\theta_1 \text{ при } j = 1 \\ \sum_{\zeta=1}^{j-1} \theta_{\zeta} + 0,5\theta_j \text{ при } j > 1, \end{cases} \quad (3)$$

где θ_0 – угол поворота стержневого элемента в граничном сечении $x = 0$. Далее находят значения координат изогнутой оси стержня, которые соответствуют границам отрезков:

$$y_1 = 0, y_{\xi+1} = y_1 + \sum_{\zeta=1}^{\xi} l_{\zeta} \sin(\alpha_{\zeta}), \quad x_1 = 0, x_{\xi+1} = x_1 + \sum_{\zeta=1}^{\xi} l_{\zeta} \cos(\alpha_{\zeta}), \quad (4)$$

где l – это длины отрезков с учетом деформации по оси; ζ – это номер точки. Таким образом, если мы будем знать новые координаты границ отрезков модели, то мы очень легко сможем найти его суммарный прогиб:

$$W = \left| \sum_{\xi} y_{\xi} \right| \quad (5)$$

После этого снимают оказываемое на стержень возмущение и приступают к анализу того, как изменился прогиб стержня в ходе его сжатия и изгиба грузовой нагрузкой. (2-ое состояние). И абсолютно идентично рассчитываются угловые и осевые деформации всех отрезков, и с помощью 3–5 соотношений получают суммарный прогиб стержня в данном состоянии. При том условии, что суммарный прогиб стержня в состоянии 2 равен его просуммированный прогибу в состоянии 1, то P принято считать – «нагрузкой потери устойчивости».

Список литературы

1. Каримов И.Ш. Строительная механика. Теоретический курс с примерами типовых расчетов: Учебное пособие. – Уфа: Белая река, 2008. – 280 с.

2. Сопротивление материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.quickiwiki.com/ru/Сопротивление_материалов

3. ISO 8859-1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D5%F0%F3%EF%EA%EE%F1%F2%FC>