

Рисунок 5 — Заданная сила на втором участке

$$EA_1 \Delta_{P_2} = a_2 P_2 (z - l_1 - l_2) + (a_3 - a_2) P_2 (z - l_1 - l_2).$$

Перемещение от нескольких сил может быть найдено суммированием перемещений от каждой из них по отдельности.

Универсальное уравнение для закрученного ступенчатого стержня могут быть написано на основе только что выведенных формул для удлинения растянутого стержня Nz / EA и угла закручивания Mz / GI_p .

Получаем уравнения:

$$GI_{p1} = GI_{p1} u_0 + M_0 z|_1 + M_{12} (z - l_1)|_2 + M_{23} (z - [l_1 + l_2])|_3 + \dots$$

где фиктивные моменты $M_{mn} = M_0 (i_n - i_m)$, $i_n = GI_{p1} / (GI_{pn})$, $i_m = GI_{p1} / (GI_{pm})$.

Список использованный источников

1. Федосеев, Г. Н. Механика материалов: курс лекций / В. Н. Сакевич. – Витебск: УО «ВГТУ», 2012. – 181 с

УДК 539.3/.6(075.8)

К ПРИБЛИЖЁННОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭЙЛЕРОВОЙ СИЛЫ

Федосеев Г.Н., к.т.н., доц., Ильющёнок В.М., студ., Петров А.О., студ.
 Витебский государственный технологический университет,
 г. Витебск, Республика Беларусь

Реферат. В работе предложен приблизительный метод определения Эйлеровой силы. Рассмотрены «параболические» приближения, учитывающие только нулевые прогибы на концах шарнирно закреплённого стержня, нулевые прогибы и нулевые вторые производные; рассмотрен в качестве модели шарнирно опёртый стержень, нагруженный равномерно распределённой нагрузкой. В последнем случае найден максимальный прогиб (интегрированием по Мору – Верещагину) и соответствующая вторая производная (изгибающий момент) в точке максимума. Получены результаты, отличающиеся от точных значений на Эйлеровой силы на 2,7 %.

Ключевые слова: сжатый стержень, упругая кривая, Эйлерова сила, максимальный прогиб, вторая производная прогиба.

При силе равной критической, с прямолинейной формой равновесия (рис. 1), показанной штрихами, сосуществуют при малых отклонениях искривленные формы.

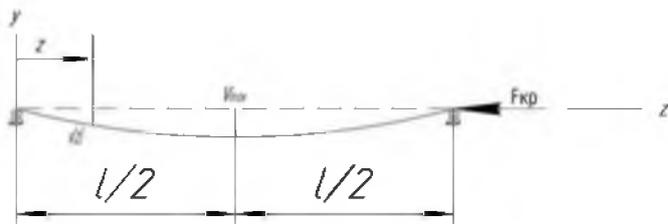


Рисунок 1 – Искривленная форма равновесия стержня

Точное уравнение упругой кривой:

$$\frac{v'''}{[1+(v')^2]^{3/2}} = -\frac{Fv}{EI_x} \quad (1)$$

Очевидно: максимальный прогиб искривленного стержня имеет место при $z = l/2$, при этом же значение координаты первой производной прогиба:

$$v' = 0$$

Уравнение (1) дает соотношение

$$|v''(l/2)| = \frac{F_{кр} v_{max}}{EI_x}$$

тогда

$$F_{кр} = F_z = EI_x \frac{|v''(l/2)|}{v_{max}} \quad (2)$$

Для реализации соотношения (2) необходимо располагать уравнением упругой кривой. Получим:

$$v(z) = Kz(l-z) = K(lz - z^2) \quad (3)$$

При $z = 0$ и $z = l$ прогибы равны нулю, что отвечает условиям закрепления балки (рис.1) на шарнирных опорах. Находя: $v(l/2) = Kl^2/4$ и $|v''(l/2)| = K \cdot 2$, получим

$$F_z = EI_x \frac{2}{l^2/4}, F_z = \frac{8EI_x}{l^2},$$

что отличается от точного значения $F_z = \pi^2 EI_x / l^2$ на $\frac{\pi^2 - 8}{\pi} 100\% = 19\%$. Причем столь

значительное отклонение очевидно – не удовлетворяет динамическим краевым условиям $M_x(0) = M_x(l) = 0$, или $v''(0) = v''(l) = 0$.

Получим: $v''(z) = Lz(l-z) = L(lz - z^2)$. После первого интегрирования $v'(z) = L(lz^2/2 - z^3/3) + C$. Произвольную постоянную C найдем из условия $v(0) = 0$: $0 = L(l^3/8 - l^3/3) + C$, $C = -Ll^3/2$. После второго интегрирования $v = L(lz^3/6 - z^4/12) - Ll^3/12z + D$ произвольную постоянную D находим из условия $v(0) = 0$: $D=0$. Тот же результат получается при условии $v(l) = 0$.

Находя $v_{max} = |v(l/2)| = (5/192)Ll^4$, $|v''(l/2)| = Ll^2/4$, получим:

$$F_z = EI_x \frac{(l/4)l^2}{(5/192)l^4} = \frac{9,6EI_x}{l^2},$$

что отличается от точного значения на 2,7%

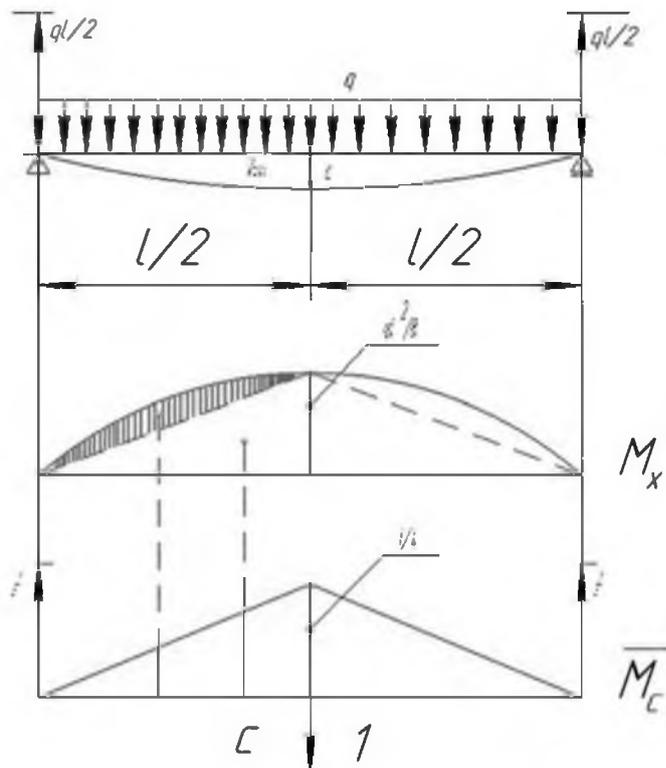
Получим, что шарнирно-опертый стержень (рис. 1) несет равномерно распределенную нагрузку (рис. 2).

Найдём максимальный прогиб стержня, беря интеграл Мора:

$$\int_0^l (M_x M_c) dz : v_{max} = \frac{1}{EI_x} 2 \left[\left(\frac{q(\frac{l}{2})^8}{12} \right) \frac{1}{2} \frac{1}{4} + \left(\frac{1}{2} \frac{ql^2}{8} \frac{l}{2} \right) \frac{2}{3} \frac{1}{4} \right] l,$$

$$\text{Производная } |v''(\frac{l}{2})| = \frac{M_x(\frac{l}{2})}{EI_x} = \frac{ql^2}{8EI_x}$$

Эйлерова сила



$$F_{\Sigma} = EI_x \frac{-ql^2}{8 \cdot \frac{5}{384} ql^4} = \frac{9,6EI_x}{l^2}$$

В квадратных скобках произведение площади параболического сегмента и треугольника на единичные ординаты под их центрами тяжести.

Рисунок 2 – Интегрирование по Мору

Список использованных источников

1. Федосеев, Г. Н. Механика материалов: курс лекций для студентов спец. 1-36 01 01, 1-360104 / В.Н. Сакевич. – Витебск: УО «ВГТУ», 2012. –181 с.

УДК 621.311

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СФЕРЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ

Валеев А.В., асп.

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва, Российская Федерация*

Реферат. В современном мире всё больше внимания уделяется проблеме энергоэффективности. В статье приведены данные о состоянии сферы потребления электроэнергии в России, предложен способ повышения энергоэффективности, рассмотрена система управления бытовыми потребителями.

Ключевые слова: энергоэффективность, электроэнергия, потребление, система «умный дом», управление потребителями.

В 2021 году объём производства и потребления электроэнергии в России вырос на 4,6 и 6,4 процента соответственно, что составило максимум с 2015 года. Одной из составляющих этого прироста является увеличение потребления энергии в сфере жилищно-коммунального хозяйства. По сравнению с 2020 годом рост удельного потребления тепловой энергии в жилых помещениях составил 19 %. Удельные расходы электроэнергии выросли на те же 19 % (с 1113,2 до 1376,1 кВт·ч в расчете на одного человека) [1].

Продолжающийся рост энергопотребления в России показывает неэффективность и недостаточность принимаемых мер (например, на конец 2021 года доля многоквартирных домов