

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ В БАЛКАХ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

Реут Л.Е., Шабунько А.А., Шороп А.А.

Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь.

Идеальной формой элемента, работающего на изгиб, является балка равного сопротивления, в которой во всех сечениях возникают одинаковые напряжения, равные допускаемым. Для достижения равнопрочности по длине такая балка должна иметь переменную продольную жесткость и ее форма должна изменяться по строго математически рассчитанному закону, обеспечивающему равенство напряжений во всех сечениях. Балки равного сопротивления обладают целым рядом преимуществ по сравнению с элементами, имеющими постоянную жесткость: они экономичны, имеют меньший вес и обладают высокой деформируемостью, что является важным качеством для деталей, к которым предъявляются повышенные требования гибкости и податливости. Теоретический расчет конфигурации такой балки не представляет большой сложности, однако основная проблема состоит в практическом ее изготовлении, требующем соответствующего оборудования и оснастки. Поэтому на практике при разработке балки равного сопротивления чаще всего прибегают к ее приближенной форме в виде ступенчатого стержня, обладающего близкими свойствами – меньшим весом и большой деформируемостью, но при этом более простого и технологичного в изготовлении. Кроме того, существует большое количество стержневых конструкций, работающих на изгиб, имеющих также ступенчатую форму, которая получается вследствие соединения элементов с различной конфигурацией сечений [1].

Исследование прочности в ступенчатых балках производится на основании классической теории изгиба, однако с учетом конструктивных и технологических особенностей, связанных с искривлением сечений, нарушением линейности распределения напряжений по высоте профиля, с наличием концентрации напряжений и т.д. Определение деформаций в ступенчатых стержнях также связано с целым рядом особенностей, в которых изменяющаяся по длине жесткость требует несколько иного подхода при вычислении прогибов и углов поворота. Как и для балок постоянной жесткости, здесь также возможно использование метода начальных параметров, основанного на интегрировании уравнения изогнутой оси балки, однако методика составления уравнений прогибов и углов поворота требует определенной корректировки [2].

В работе рассматривается возможность применения метода начальных параметров для ступенчатых балок путем их преобразования и приведения по деформациям к виду, эквивалентному балке постоянного сечения. Для этого балка (рисунок 1, а), имеющая участки различной жесткости с моментами инерции $I_{x(1)}, I_{x(2)}, I_{x(3)} \dots I_{x(n)}$, мысленно разрезается на участки

постоянного сечения (рисунок 1, б) с приложением в граничных сечениях поперечных сил и изгибающих моментов. Далее сечения всех участков приводятся к одному размеру, например, размеру первого участка и его жесткость принимается за базовую величину. Тогда дифференциальные уравнения изогнутой оси балки для участков соответствующей жесткости принимают вид:

$$\frac{d^2 y}{dz^2} = \frac{M_{z_1}}{EI_{x(1)}} \cdot \frac{I_{x(1)}}{I_{x(1)}} = \frac{k_1 M_{z_1}}{EI_{x(1)}};$$

$$\frac{d^2 y}{dz^2} = \frac{M_{z_2}}{EI_{x(2)}} \cdot \frac{I_{x(1)}}{I_{x(1)}} = \frac{k_2 M_{z_2}}{EI_{x(1)}};$$

$$\frac{d^2 y}{dz^2} = \frac{M_{z_3}}{EI_{x(3)}} \cdot \frac{I_{x(1)}}{I_{x(1)}} = \frac{k_3 M_{z_3}}{EI_{x(1)}};$$

$$\dots \dots \dots$$

$$\frac{d^2 y}{dz^2} = \frac{M_{z_n}}{EI_{x(n)}} \cdot \frac{I_{x(1)}}{I_{x(1)}} = \frac{k_n M_{z_n}}{EI_{x(1)}};$$

где $k_1 = \frac{I_{x(1)}}{I_{x(1)}} = 1$; $k_2 = \frac{I_{x(1)}}{I_{x(2)}}$... $k_n = \frac{I_{x(1)}}{I_{x(n)}}$ –

коэффициент приведения участка.

Затем, умножив поперечную силу и изгибающий момент каждой части балки (рисунок 1, в), а также все внешние нагрузки (рисунок 1, г), которые находятся в линейной зависимости с внутренними силами, на коэффициент приведения каждого участка, и заменив его жесткость на жесткость базового участка, получают эквивалентную по деформациям конструкцию: форма изогнутой оси каждого приведенного к одинаковому сечению участка будет полностью соответствовать виду и форме изогнутой оси того же участка исходной ступенчатой балки

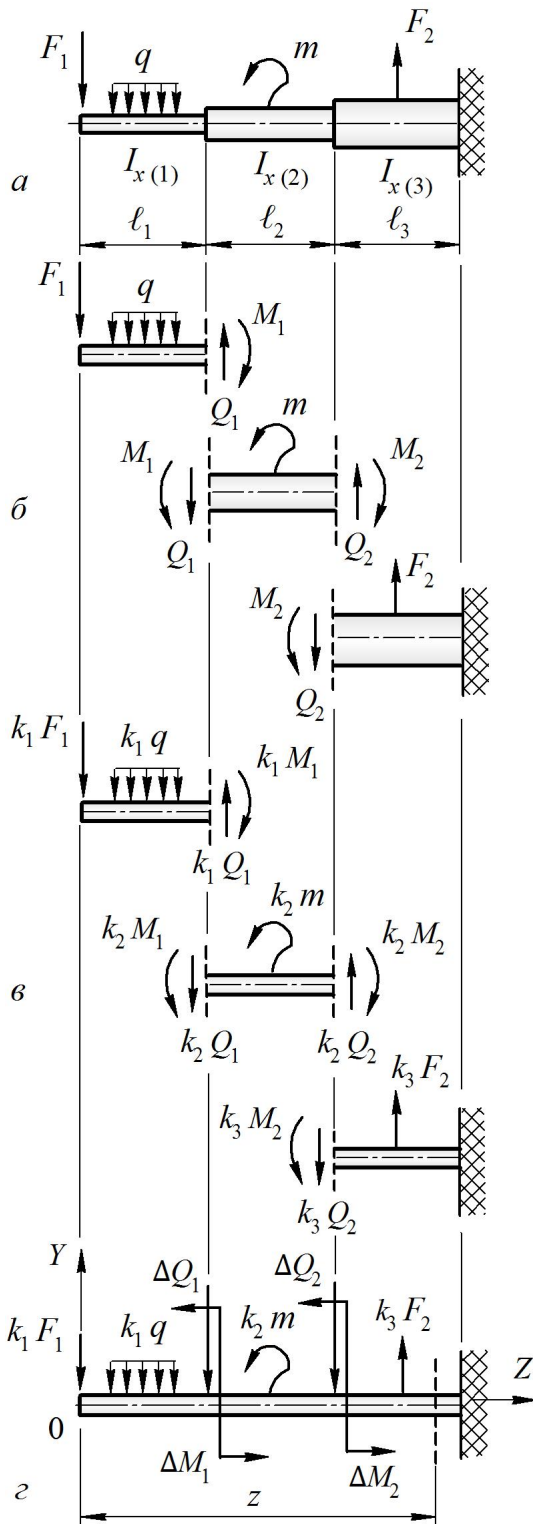


Рис. 1

1. Подскребко М.Д. Сопротивление материалов. – Минск: Высшая школа, 2007. – 797 с.
2. Реут Л.Е. Плоский поперечный изгиб. Пособие по учебной дисциплине «Механика материалов». – Минск: БНТУ, 2016. – 263 с.