

Для изгибаемых элементов значения  $Ne_0$  и  $Ne$  заменяются внешним изгибающим моментом

$$e = e_0 + r_n . \quad (23)$$

Обработки опытов автора и также других исследователей: В.М.Башева, А.И.Курносова, Г.И.Пирожкова, В.К.Ягодина - показали, что расчет по формулам (16), (17), (18), (19) дает хорошую сходимость с опытом.

### Л и т е р а т у р а

1. Ворошилов И.А. Несущая способность внецентренно сжатых элементов кольцевой формы сечения при больших эксцентриситетах. - В сб: Вопросы строительства и архитектуры. Минск, 1977, вып. УП. 2. Дмитриев С.А. Уточнение расчета прочности обычных и предварительно-напряженных элементов кольцевого сечения. - В сб.: Исследование прочности, жесткости и трещиностойкости железобетонных конструкций. М., 1962.

УДК 624.072

В.Ф.Кириленко

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКАЛЫВАЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ДОЩАТОКЛЕЕННЫХ БАЛКАХ ПЕРЕМЕННОЙ ВЫСОТЫ

Для несущих конструкций покрытий эффективно применяются односкатные или двускатные балки с нижней горизонтальной гранью под рулонную кровлю с малыми уклонами. Расчет таких балок сводится к определению краевых нормальных и максимальных скалывающих напряжений и сопоставлению их с расчетными сопротивлениями [1,2]. Переменность высоты балок учитывается только при расчете по нормальным напряжениям, скалывающие же напряжения рекомендуется определять по известной формуле Д.И.Журавского в опорном сечении с учетом непрочлея. Результаты экспериментальных исследований несущей способности клееных балок показывают неправомерность описания характера разрушения высоких балок только классической формулой Д.И.Журавского [3]. Теоретических исследований по этому вопросу в литературе не имеется, хотя известны решения теории упругости для симметричного

неусеченного клина [4] и решение для балки с симметричным относительно продольной оси сечением [5], показывающие, что распределение скалывающих напряжений в этом случае существенно будет отличаться от того, что нам дают элементарные формулы сопротивления материалов.

Исходя из условия упругой работы древесины при изгибе и рассматривая равновесие бесконечно малого элемента, вырезанного двумя сечениями на расстоянии  $x$  и  $x + dx$ , можно записать

$$\int_{y - \frac{dh}{2}}^{\frac{h+dh}{2}} (\sigma + d\sigma) b dy - \int_y^{\frac{h}{2}} \sigma b dy = \tau b dx.$$

После несложных преобразований, считая распределение нормальных напряжений  $\sigma$  в сечении по закону плоских сечений ( $\sigma = \frac{12M}{bh^3} y$ ), получим

$$\tau = \frac{3M_x}{bh^2} \left(1 + \frac{2y}{h_x}\right) + \frac{6}{b} \left(\frac{h_x}{4} - y\right) \frac{d}{dx} \left(\frac{M_x}{h_x^3}\right), \quad (1)$$

где  $M_x$  - изгибающий момент в рассматриваемом сечении;  $h_x$ ,  $b$  - соответственно высота сечения и его ширина;  $y$  - расстояние от нейтральной оси до точки, в которой определяются скалывающие напряжения (за положительное направление принят отсчет расстояний выше нейтральной линии).

Для балок постоянной высоты  $h_x = \text{const}$  первое слагаемое обращается в нуль, а второе дает известную формулу Д.И. Журавского

$$\tau = \frac{6Q}{bh^3} \left(\frac{h^2}{4} - y^2\right). \quad (2)$$

Таким образом, наличие в формуле первого слагаемого показывает, что касательные напряжения на верхнем контуре в нуль не обращаются и могут быть вычислены из выражения (1) при  $y = +h_x/2$  по формуле

$$\tau_b = \frac{6M_x}{bh^2} \frac{dh_x}{dx}. \quad (3)$$

Формулу (1) можно несколько преобразовать, представив расстояние  $y$  в виде  $y = kh_x$  и положив, что для двускатных балок

$$h_x = h_{\text{оп}} + x \operatorname{tg} \alpha, \quad (4)$$

где  $k$  - коэффициент положения рассматриваемой точки по высоте сечения;  $h_{\text{оп}}$  - высота опорного сечения балки;  $\alpha$  - угол наклона верхней грани к горизонту.

Окончательно получим

$$\tau = \frac{3(1+2k)}{2bh_x^2} \left[ 2M_x \operatorname{tg} \alpha + \frac{(1-2k) \left( \frac{dM}{dx} h_x^3 - M_x \frac{dh_x^3}{dx} \right)}{h_x^2} \right]. \quad (5)$$

Для иллюстрации напряженного состояния рассмотрим изгиб свободноопертой двускатной балки пролетом  $l$  при действии равномерно распределенной нагрузки  $q$ . Геометрические размеры балки примем следующие:

$$h_x = h_{\text{оп}} + x \operatorname{tg} \alpha; \quad h_{\text{оп}} = 0,1l; \quad \operatorname{tg} \alpha = 0,1. \quad (6)$$

Учитывая, что в этом случае

$$M_x = \frac{qx}{2}(1-x); \quad h_x = 0,1(1+x), \quad (7)$$

после подстановки выражений (7) в (5) получим следующую простую формулу для определения скалывающих напряжений

$$\tau = \frac{15q(1+2k)}{2b(1+x)^2} \left[ 2x(1-x) + (1-2k)(1^2 - 4x1 + x^2) \right]. \quad (8)$$

В табл. 1 показаны значения скалывающих напряжений в долях от  $q/b$ , подсчитанных по формуле (8) в двух сечениях: в четверти пролета и по середине длины балки.

По результатам таблицы на рис. 1 сплошными линиями показаны эпюры распределения касательных напряжений по высоте сечений. Здесь же пунктирными линиями показаны эпюры напряжений, вычисленных по формуле Д.И.Журавского. В результате сравнения значений напряжений необходимо отметить, что переменность высоты дошатаклеенных балок существенно влияет на характер распределения и величину скалывающих напряжений, и использование известной формулы сопротивления материалов может привести к ошибочным результатам. Полученные в работе результа-

Таблица 1. Скалывающие напряжения в сечениях балки

Координаты точек в сечении	$x = \frac{1}{4}$	$x = \frac{1}{2}$
Верхняя грань балки	3,600	3,340
Верхняя четверть сечения	2,925	0,626
Нейтральная ось	2,100	-0,830
Нижняя четверть сечения	1,125	-1,045
Нижняя грань балки	0	0

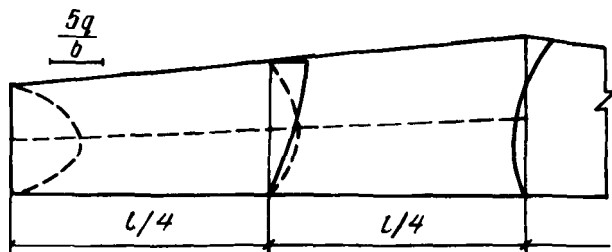


Рис. 1. Эпюры касательных напряжений по высоте балки.

ты можно применять не только в расчетной практике определения скалывающих напряжений в элементах переменной высоты, а также в процессе изготовления при контроле качества готовых клееных конструкций и их приемке [6].

#### Л и т е р а т у р а

1. СНиП ПВ-4-71\* Деревянные конструкции. Нормы проектирования. 2. Конструкции из дерева и пластмасс/ Под ред. Г.Г.Карлсена. Изд. 4-е. - М., 1975. 3.Светозарова Е.И. О напряжениях в клеодошчатых балках увеличенной высоты. - В сб.: Конструкции из клееной древесины и пластмасс.Л., 1978. 4. Тимошенко С.П. Курс теории упругости/Под ред. Э.И. Григолюка. - Киев, 1972. 5. Феодосьев В.И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов. - М., 1973. 6. Руководство по промышленному изготовлению деревянных клееных конструкций для строительства. - М., 1975.