

По аналогии с обычной олимпиадой студентам разрешалось пользоваться любой учебной, справочной литературой, конспектами лекций и практик. Однако участие во вторых турах олимпиад показало, что студентам было запрещено пользоваться собственными конспектами, а также материалами семинарских занятий, на которых рассматривались решения задач повышенной сложности. На это несоответствие указывалось организаторам олимпиады, но проблема не была решена. Поэтому для подготовки студентов к таким олимпиадам необходимо разрабатывать и издавать новые методические пособия.

Несмотря на все минусы интернет-олимпиад, следует отметить, что большинство студентов с интересом и азартом подходят к участию в таких олимпиадах. Интернет-олимпиада привлекает студентов новизной своего содержания и формы. Студент испытывает гордость, когда за участие во втором туре интернет-олимпиады, он получает специальный сертификат, а призеры олимпиады получают дипломы и медали от организаторов олимпиады.

Студенты ФБОУ ВПО «ВГАВТ» показывают на интернет-олимпиадах по сопротивлению материалов хорошие стабильные результаты. Так, на второй интернет-олимпиаде студентка факультета К, ГТ и ЗОС Оноприенко Анастасия, единственная из всех участников, показала 100% результат, решив все задания и набрав 100 баллов. На последних двух олимпиадах студенты нашего вуза получают бронзовые медали и входят в число призеров олимпиады.

Учитывая то, что методика проведения интернет-олимпиады развивается и совершенствуется, то за такой формой проведения олимпиад будущее.

*С.Н. Гурин, В.А. Костюченко*  
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕДУКЦИОННЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ СУДОВЫХ БАЛОК НЕСИММЕТРИЧНОГО ПРОФИЛЯ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

В составе судового корпуса встречаются балки, имеющие несимметричную форму поперечного сечения. Известно, что такие балки при воздействии поперечной нагрузки испытывают не только поперечный изгиб, но и стесненное скручивание, поскольку вектор внешних сил в поперечном сечении не проходит через центр изгиба. Стесненное скручивание приводит к появлению в поперечном сечении дополнительных нормальных напряжений.

Правилами Российского Речного Регистра при вычислении момента сопротивления и момента инерции поперечного сечения несимметричной балки с отогнутым фланцем площадь фланца предлагается умножать на редуцированный коэффициент, вычисляемый по формуле

$$\varphi = \frac{1}{1 + \frac{1}{12 \left( \frac{l}{10\eta h} \right)^4 \left( \frac{f_{cm}}{f_\phi} \right)^2 \frac{t}{b}}} \quad (1)$$

где  $l$  – пролет балки, см;

$\eta$  – коэффициент, зависящий от вида закрепления концов;

- 1,5 – при жестко заделанных концах;
- 1,25 – при одном жестко заделанном и другом свободно опертом конце;
- 1 – при свободно опертых концах;
- $h$  – высота стенки, см;
- $f_{cm}$  – площадь поперечного сечения стенки, см<sup>2</sup>
- $f_{\phi}$  – площадь поперечного сечения фланца, см<sup>2</sup>
- $t$  – толщина фланца, см;
- $b$  – ширина фланца, см.

Происхождение формулы (1) нам неизвестно. В Правилах Речного Регистра она присутствует достаточно давно и получена, по-видимому, с использованием теории изгиба тонкостенных оболочек В.З. Власова и определенных предположений. В связи с этим, проверим достоверность этой формулы на решении ряда задач с использованием метода конечных элементов. Воспользуемся отечественным программным комплексом «ИСПА», который апробирован и широко используется на кафедре сопротивления материалов, конструкции корпуса и строительной механики корабля ФБОУ ВПО «ВГАВТ».

Анализ проводился для двух видов балок таврового и углового профилей, присоединенных к листу металла. Вид профилей показан на рис. 1, из которого следует, что размеры полос, из которых изготовлены балки, одинаковы. Очевидно, что балка таврового профиля в силу симметрии поперечного сечения будет испытывать только изгиб в вертикальной плоскости, т.е. следует ожидать, что для нее будет справедливой гипотеза плоских сечений. Балка же углового профиля, как отмечено выше, будет испытывать изгиб со стесненным скручиванием, т.е. распределение нормальных напряжений по ширине полки не будет равномерным. Следует ожидать, что максимальное напряжение в балке углового профиля будет выше по сравнению с балкой таврового профиля при одинаковой нагрузке.

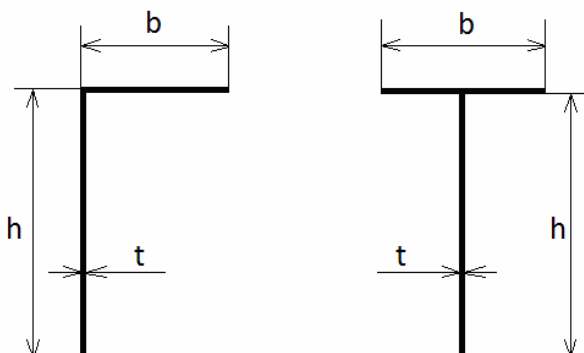


Рис. 1. Тавровый и угловой профили

В рассматриваемом случае в качестве редуцирующего коэффициента  $\varphi$ , на который надо умножить ширину полки балки углового профиля для вычисления напряжения в ней с использованием обычной формулы, основанной на гипотезе плоских сечений, можно рассматривать отношение напряжения в балке таврового профиля к максимальному напряжению в балке углового профиля. Рассматривая опорное и пролетное сечения, получим соответствующие значения редуцируемых коэффициентов  $\varphi_{оп}$  и  $\varphi_{пр}$ . Из отношения прогибов двутавровой балки к прогибу балки углового профиля получим редуцируемый коэффициент, на который надо умножать полку балки углового профиля при вычислении момента инерции поперечного сечения  $\varphi_{\omega}$ .

Рассмотрим, как изменяются редуцируемые коэффициенты при изменении соотношений сторон профилей:

$$b/h = 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0. \quad l/h = 10; 13; 16; 19; 22; 25.$$

$$t/h = 0,010; 0,012; 0,014; 0,016; 0,018; 0,020.$$

На рис. 2 и 3 показаны схемы разбиения пластины с балками таврового и уголкового профиля на конечные элементы и поля напряжений. В качестве конечного элемента использован прямоугольный элемент оболочечного типа. Рассматривается пластина с большим количеством одинаковых ребер, установленных на одинаковом расстоянии друг от друга. В этом случае по условиям регулярности достаточно рассмотреть одно ребро с участком пластины в пределах двух осей продольной симметрии. Продольные кромки пластины закреплены по условиям симметрии, поперечные кромки ребра и пластины жестко заземлены. Пластина загружена равномерно распределенной поперечной нагрузкой интенсивностью 50 кПа, действующей в положительном направлении оси Z. Поля напряжений, показанные на рис.2 и 3, получены для следующих размеров конструкций: пластина –  $4 \times 300 \times 500$ ; уголок –  $L 6 \times 350 \times 500$ ;

$$\text{тавр} - T \cdot \frac{6 \times 500}{6 \times 350}.$$

На рисунках видно, что распределение напряжений по ширине полки таврового профиля можно считать практически равномерным, тогда как в полке уголка напряжение распределено крайне неравномерно и даже меняет знак.

На рис. 4 и 5 показаны графики изменения редуцированного коэффициента  $\varphi$ , вычисленного по формуле (1), а также редуцированных коэффициентов  $\varphi_{оп}$ ,  $\varphi_{пр}$  и  $\varphi_{\omega}$ , вычисленных в соответствии с анализом напряжений и прогибов балок, рассмотренных в настоящей работе. Как видно,  $\varphi_{оп}$  и  $\varphi_{пр}$  мало отличаются друг от друга и при этом существенно отличаются от  $\varphi$ . Практически всегда  $\varphi_{оп}$  и  $\varphi_{пр}$  превосходят значения  $\varphi$ . Рис. 5 показывает также качественное отличие графиков. Редуцированный коэффициент  $\varphi_{\omega}$  в еще большей степени отличается от  $\varphi$ .

Таким образом, целесообразно откорректировать формулу (1), содержащуюся в Правилах Речного Регистра.

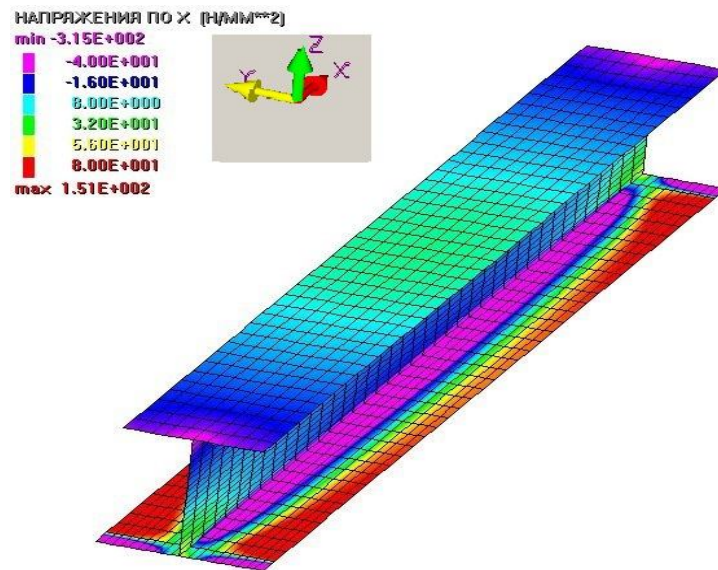


Рис. 2. Поля напряжений в конструкции тавр – пластина.

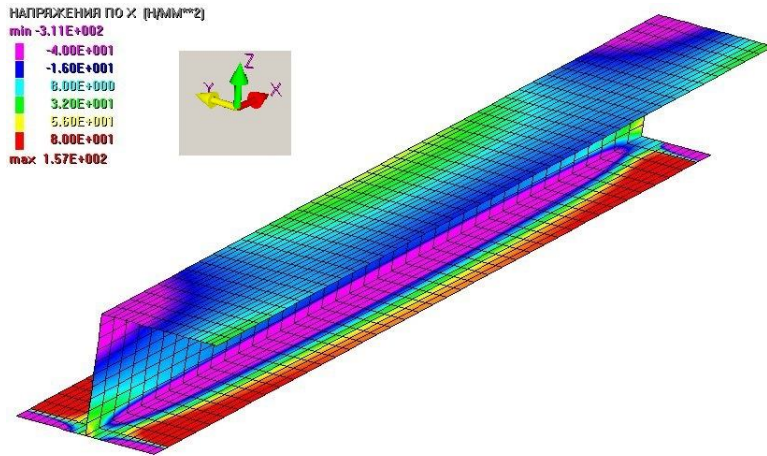


Рис. 3. Поля напряжений в конструкции уголок – пластина.

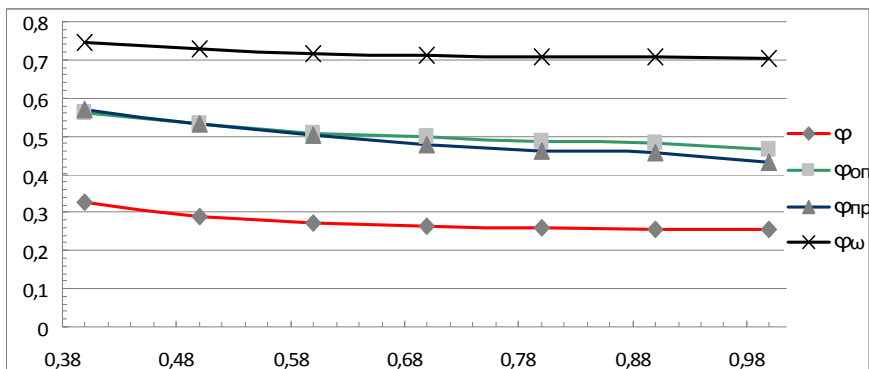


Рис. 4. Графики изменения редуционных коэффициентов в зависимости от  $b/h$ .

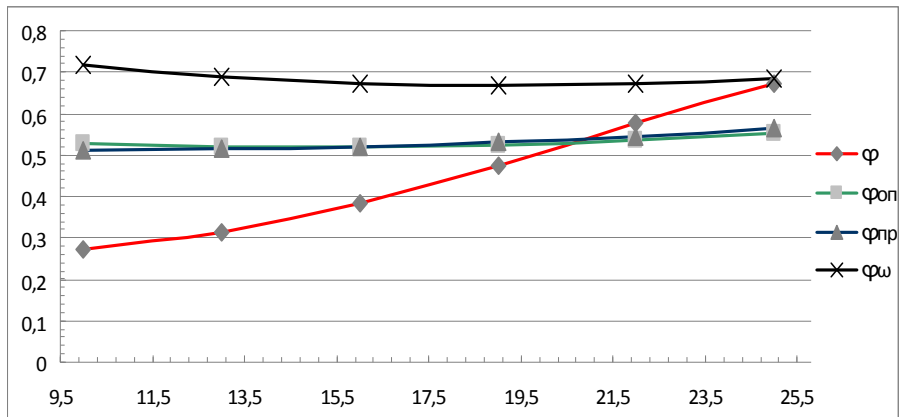


Рис. 5. График изменения редуционного коэффициента в зависимости от  $l/h$ .