

УДК 621.87: 624.014

Д.С. Хлобыстов (6 курс,каф. ПТСМ), С.А. Соколов, д.т.н, проф.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Современное применение стали и металлов высокой прочности в инженерных конструкциях, таких как подъёмные краны, делает упругую устойчивость проблемой большого значения. Неотложные практические требования вызвали в последние годы обширные теоретические и экспериментальные исследования таких конструктивных элементов, как пластинки. Удобно получить их в едином виде, где все виды потери устойчивости описаны одной и той же формулой, а разница была бы в одном коэффициенте.

При теоретическом исследовании устойчивости пластин применяется чаще энергетический метод. Изгиб может произойти без продольных деформаций срединной плоскости; при этом следует рассматривать только энергию изгиба и соответствующую работу, произведённую силами, действующими в срединной плоскости пластинки. Если эта работа становится больше, чем энергия изгиба для любого вида поперечного изгиба, пластинка неустойчива и происходит выпучивание (рис. 1).

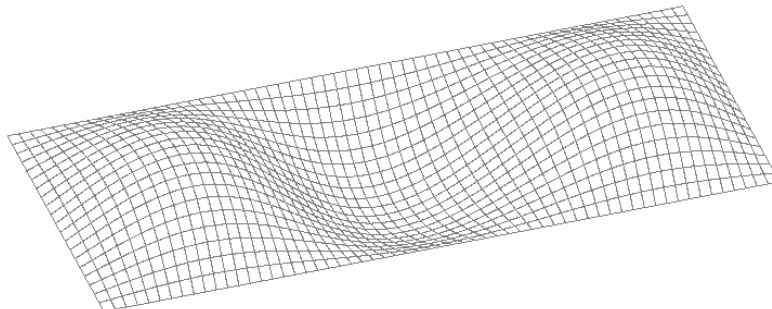


Рис.1 Поверхность выпучивания пластинки размерами 3000x1000, толщиной 6 мм

В данной работе рассмотрена устойчивость поясов при сжатии и стенок при изгибе, коробчатых балок. Выше упомянутый коэффициент назван k_S и в зависимости от потери устойчивости и геометрических параметров пластины он меняется. В таком случае критическое напряжение можно выразить формулой

$$\sigma_{кр} = k_S \cdot K_{SO} \cdot \left(\frac{t}{b}\right)^2,$$

где K_{SO} – постоянный коэффициент (база испытаний), равный 760000 МПа, t и b – соответственно толщина и ширина пластинки, мм.

При помощи среды MCS/Nastran были проверены решения при сжатии и изгибе пластинки. Данные, полученные в MSC/Nastran оказались идентичны теоретическим. Была получена зависимость коэффициента k_S от геометрических параметров: длины a , ширины b и толщины t пластинки (рис.2), (рис.3).

Как и предполагалось, коэффициент k_S зависит от параметра a/b и не зависит от b/t (в отличие от критического напряжения). Следует отметить, что коэффициент k_S при сжатии меньше коэффициента k_S при изгибе в 6 раз.

Во всех случаях выпучивания пластинок критические значения нормальных сил пропорциональны жесткости пластинок при изгибе. Следовательно, для прямоугольной пластинки с данными граничными условиями и данным отношением a/b величина критического напряжения пропорциональна $(t/b)^2$.

Устойчивость пластинки всегда можно увеличивать, увеличивая её толщину, но такое решение неэкономично в отношении веса затраченного материала.

Более экономичное решение получается, если сохранить как можно меньшую толщину пластинки, а увеличить устойчивость введением ребер жёсткости. Вес ребра обычно меньше

дополнительного веса, который приобрела бы пластинка при соответствующем увеличении её толщины.

Учитывая это, были также найдены зависимости коэффициента k_S для сжатия и изгиба при установке рёбер вида: одностороннее и двустороннее угловое и двустороннее коробчатое ребро. Как и ожидалось, наибольший коэффициент k_S был получен для двустороннего коробчатого ребра и достигал величины в 5,5 раз больше коэффициента без установки ребра.

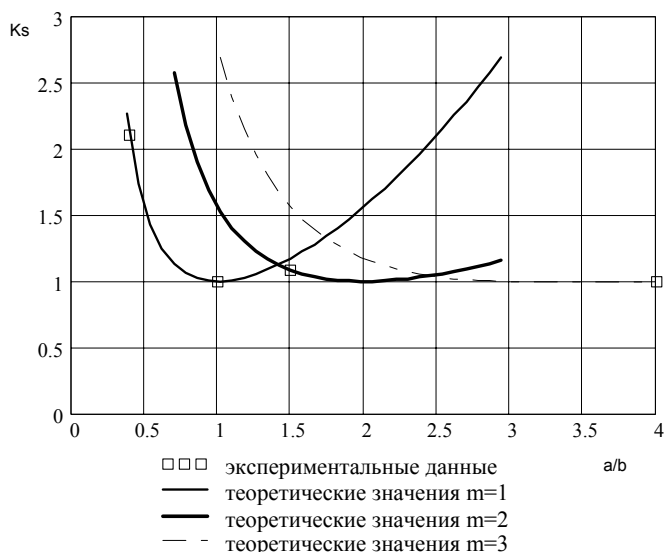


Рис. 2. График зависимости коэффициента потери устойчивости от геометрических параметров a и b при сжатии

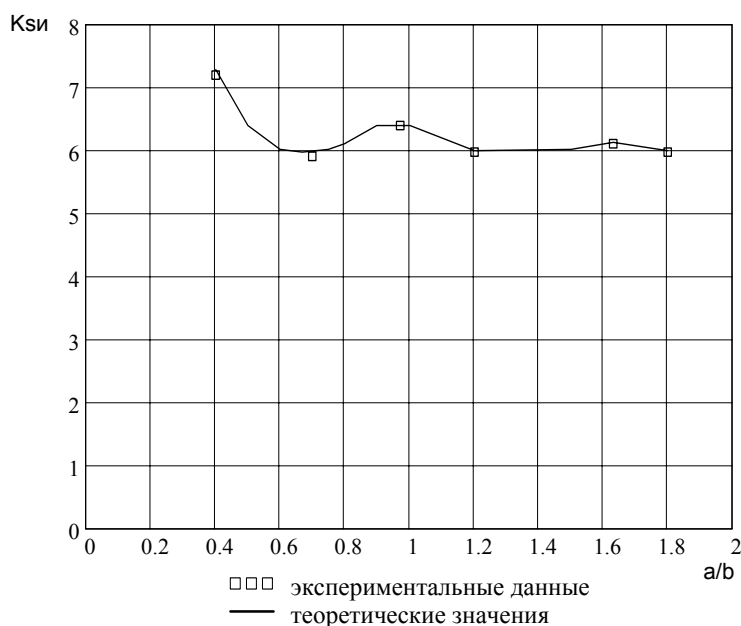


Рис. 3. График зависимости коэффициента потери устойчивости k_S от геометрических параметров a и b при изгибе

Для использования этой работы необходимо исследуемую балку разбить на пояса и стенку/и, и отдельно вычислить по графикам величину критической нагрузки и в случае превышения её номинальной произвести укрепление продольными рёбрами в соответствии с полученными зависимостями. Следует помнить, что не имеет смысла повышать устойчивость пластинки в 2 раза, так как при этом ребро само (из малой толщины по сравнению с основной пластинкой) будет местно терять устойчивость. Также будет затруднена установка (сварка) такого ребра, из-за того, что такое ребро наоборот ослабит конструкцию. Из-за малой толщины ребра после преодоления критического момента инерции коэффициент k_S начинает несколько снижаться, хотя должен быть постоянным. Это вызвано тем, что из-за

малой толщины ребра (чем она меньше) происходит уменьшение его крутильной жесткости, в результате чего оно начинает поворачиваться вокруг своей оси.