руирование механизмов приборов и вычислительных систем. – М.: Высшая школа, 1991. – 480с. 3. Хайков П.Г., Вакорин В.А., Дерябин Ю.Н., Геометрия трохоидных передач // Современные проблемы динамики машин и их синтеза. – 1985. – С. 21–23.

УДК 539.3

М.В. Тульева

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НА УСТОЙЧИВОСТЬ СТЕРЖНЕЙ.

Белорусская государственная политехническая академия
Минск, Беларусь

Развитие современного машиностроения тесно связано с проблемами прочности и динамики. Повышение нагрузок, давлений, температур, уменьшение веса и габаритов конструкции приводят к необходимости расширения теоретических и экспериментальных исследований в области устойчивости, прочности и колебаний. Повышение качества применяемых материалов и уточнение методов расчета является основой для создания легких и рациональных конструкций современного машиностроения. Для облегченных конструкций характерно снижение устойчивости. Поэтому расчеты на устойчивость элементов современных конструкций (стержней, пластин, оболочек) приобретают существенное значение во всех отраслях промышленности. Тонкостенные стержни используются в создании различного рода деталей разнообразных механизмов и машин, в строительных конструкциях и т.д. Наибольший интерес вызывает случай, когда на устойчивость стержней влияет не только нагрузка, но и собственный вес стержня, которым нельзя пренебрегать. В технике такими конструкциями могут быть разного рода печи, футерованные огнеупорными материалами.

В качестве примера решим задачу об устойчивости стержня (верхний конец свободен, нижний – защемлен) при одновременном действии на него сосредоточенной силы F и собственного веса (рис. 1).

Рассмотрим основное уравнение метода Бубнова – Галеркина [1]:

$$\int_0^l \left[\frac{d}{dx}\left(EI\frac{d^2v}{dx^2} \right) + \left(F + R_{l-x} \right)\frac{dv}{dx} \right]\frac{d\eta_i}{dx}dx = 0, \quad i = 1,\ 2,\ \ldots n \qquad (1)$$

или

$$\int_0^l \left[\frac{d}{dx}\left(EI\frac{d^2v}{dx^2} \right) + \left(F + p(l-x) \right)\frac{dv}{dx} \right]\frac{d\eta_i}{dx}dx = 0, \quad i = 1,\ 2,\ \ldots n \qquad (2)$$

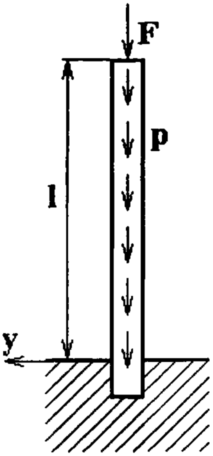

Рис. 1. Стержень, находящийся под действием нагрузки и собственного веса.

где E – модуль упругости, I – минимальный момент инерции сечения, v – изогнутая линия при потере устойчивости ($v = f_1\eta_1 + f_2\eta_2 + f_3\eta_3 + \ldots + f_n\eta_n$) l – длина стержня, η_i – функция от x, удовлетворяющая геометрическим граничным условиям задачи.

Подставим уравнение упругой линии ($v = f\left(1 - \cos\frac{\pi x}{2l}\right)$) в (2), считая жесткость постоянной, проинтегрировав полученное выражение, получим:

$$EI\frac{\pi^2}{4l^2} = F + \left(\frac{1}{2} - \frac{2}{\pi^2}\right)pl \qquad (3)$$

или

$$4\left(\frac{1}{2} - \frac{2}{\pi^2}\right)pl^3 + 4Fl^2 = EI\pi^2 \qquad (4)$$

Для нахождения критической длины мы должны решить уравнение (4). Для его решения была составлена компьютерная программа, с помощью которой была найдена критическая длина стержня различного сечения, изготовленного из стали и кирпича, а также может быть получена критическая длина стержней изготовленных из других материалов и для других параметров сечения.

Исследуем влияние на устойчивость стержня его геометрических характеристик (сечение стержня). Рассмотрим прямоугольный и круглый стержни, а также тонкостенную трубу.

Для прямоугольного стержня минимальный момент инерции сечения: $I_{\min} = \frac{a \cdot b^3}{12}$, для круглого стержня – $I_{\min} = \frac{\pi \cdot r^4}{4}$ для трубы – $I_{\min} = \frac{\pi \cdot t \cdot r^3}{12}$ (где t – толщина трубы).

Будем рассматривать стержни: прямоугольный (сечение 2x1), круглый (r=1; r=1,5; r=2), тонкостенные трубы толщиной t=0,1 и радиусами (r=1; r=1,5; r=2).

Зависимость критической длины стального стержня от нагрузки представлена на рис. 2.

Зависимость критической длины стержня из кирпича от нагрузки представлена на рис. 3.

Результаты, полученные в данной работе, позволяют прогнозировать устойчивость разнообразных стержневых конструкций. Полученный расчет может быть также применен для определения высоты колонн, шахтных печей и других аналогичных конструкций, а также для определения их формы.

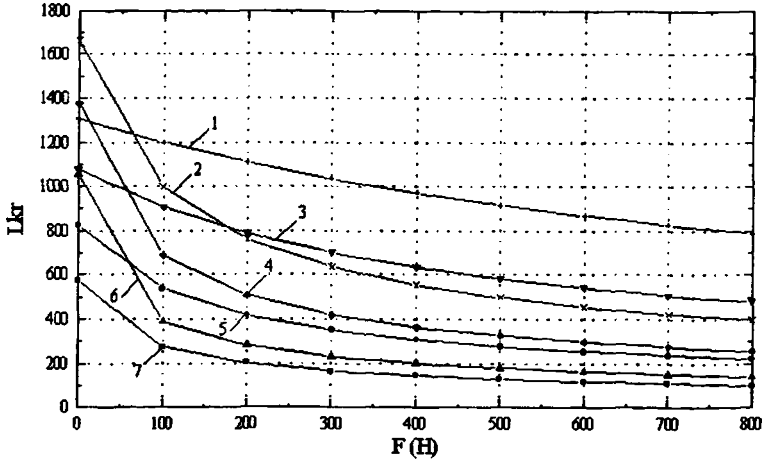

Рис. 2. Зависимость критической длины стального стержня от нагрузки: 1 – круглый стержень r=*2; 2 – труба* r=*2,* t= *0,1; 3 – круглый стержень* r=*1,5; 4 – труба* r=*1,5,* t= *0,1; 5 – круглый стержень* r=*1; 6 – труба* r=*1,* t= *0,1; 7 – прямоугольный стержень 2×1.*

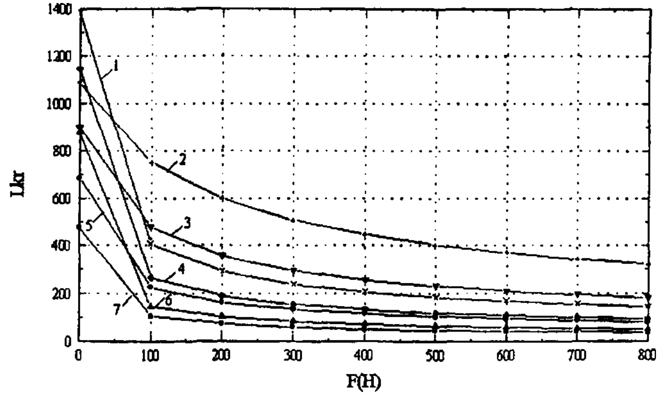

Рис. 3. Зависимость критической длины стержня из кирпича от нагрузки: 1 – труба r=*2,* t= *0,1; 2 – круглый стержень* r=*2; 3 – круглый стержень* r=*1,5; 4 – труба* r=*1,5,* t= *0,1; 5 – круглый стержень* r=*1; 6 – труба* r=*1,* t= *0,1; 7 – прямоугольный стержень 2×1*

ЛИТЕРАТУРА

1. А.С. Вольмир. Устойчивость деформируемых систем. – М.: Наука, 1967. – 984 с. 2. И.Г. Терегулов. Сопротивление материалов и основы теории упругости и пластичности. – М.: Высшая школа, 1984. – 472 с.

УДК 621.762.4:539

В.А. Сидоров, А.А. Хмелев

ОБ ОЦЕНКЕ ЗНАЧЕНИЙ УДАРНОЙ ВЯЗКОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЯ ТВЕРДОСТИ

Белорусская государственная политехническая академия
Минск, Беларусь

Сосуды, работающие под давлением, элементы металлических конструкций грузоподъемных сооружений и некоторые другие конструкции периодиески подвергаются диагностированию для оценки остаточного ресурса работоспособности и пригодности к дальнейшей эксплуатации.

При этом, одним из видов контрольных испытаний является измерение твердости в зонах максимальных силовых и тепловых нагрузок контролируемых элементов. Если полученный результат показывает, что твердость металла в контролируемой зоне не соответствует требованиям нормативно-технической документации, то металл такого участка подлежит исследованию с вырезкой образцов для испытаний на ударную вязкость. По результатам последних испытаний принимается решение о выбраковке.

В данной работе предлагается метод теоретической оценки значений ударной вязкости, как браковочного критерия металла контролируемых элементов, только по результатам измерения твердости, без вырезки контрольных образцов для ударных испытаний. Для этого применяют известные диаграммы хрупековязкого состояния малоуглеродистых и низколегированных сталей при ударном изгибе [1].

На рис. 1, а такая диаграмма приведена для стали Ст3сп5. Она построена в координатных осях твердость по Брюнеллю – работа разрушения ударного образца.

Заготовки для образцов предварительно продвергаются растяжению при температуре +20°С до получения остаточной пластической деформации в 5, 10, 15% и до начала образования шейки. Испытания на ударный изгиб проводят на образцах из металла в состоянии поставки и для всех уровней предварительной деформации в интервале температур от +20 до минус 60°С.

Снижение работы разрушения и повышение твердости стали в состоянии поставки только от снижения температуры испытания характеризуется штриховой кривой диаграммы, на которой указаны температуры испытания. Аналогичные зависимости