

УДК 631.354.2.076

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В БАЛКЕ УПРАВЛЯЕМОГО МОСТА ПРИ СЛОЖНОМ СОПРОТИВЛЕНИИ

П. Е. Родзевич

Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П.О. Сухого»,
г. Гомель, Республика Беларусь

В настоящее время отечественные колесные тракторы, энергетические средства и самоходные кормо- и зерноуборочные комбайны различной мощности выполняют в основном в виде универсальных моделей с широко расставленными колесами управляемых мостов. Управляемые мосты и оси таких тракторов, энергосредств и комбайнов имеют балки, состоящие из труб круглого или прямоугольного сечения.

Мост управляемых ведущих колес энергосредства УЭС-2-250А состоит из балки моста, поворотных кулаков, гидромотор-колес, рулевой тяги и двух гидроцилиндров. Поворот колес моста осуществляется гидроцилиндрами. Поперечная рулевая тяга служит для синхронизации поворота колес.

Энергосредство может работать на полях с уклоном до 8° и при движении по горизонтальной поверхности ($\alpha = 0^\circ$) на него и на управляемый мост будут действовать следующие силовые факторы: в вертикальной плоскости на балку действует вес энергосредства G_y , приходящийся на управляемый мост, а также вес самого моста, распределенный по длине. Сила F_1 , которая соответствует весу энергосредства, приходящегося на одно колесо. В горизонтальной плоскости – сила сопротивления перекатыванию $F_2 = fF_1$ с коэффициентом сопротивления качению $f = 0,1$ (для стерни).

При движении энергосредства на поперечном склоне с углом $\alpha = 8^\circ$ со стороны почвы будет возникать сила F_3 , создающая изгибающий момент на плече R колеса и вызывающая сжатие и растяжение условно левой (нижней) части моста и растяжение правой (верхней), соответственно.

Балка моста энергосредства (рис. 1) выполнена в виде трубы прямоугольного поперечного сечения, к которой приварена косынка переменного поперечного сечения, что обеспечивает увеличение геометрических характеристик по длине балки от колес к центру моста.

Для определения геометрических характеристик поперечное сечение A балки упрощалось и разбивалось на пять простых фигур,

причем учитывалось изменение геометрических характеристик по длине балки ввиду того, что косынка имеет коробчатый П-образный профиль переменного поперечного сечения. Реальное и упрощенное сечение балки представлено на рис. 1.

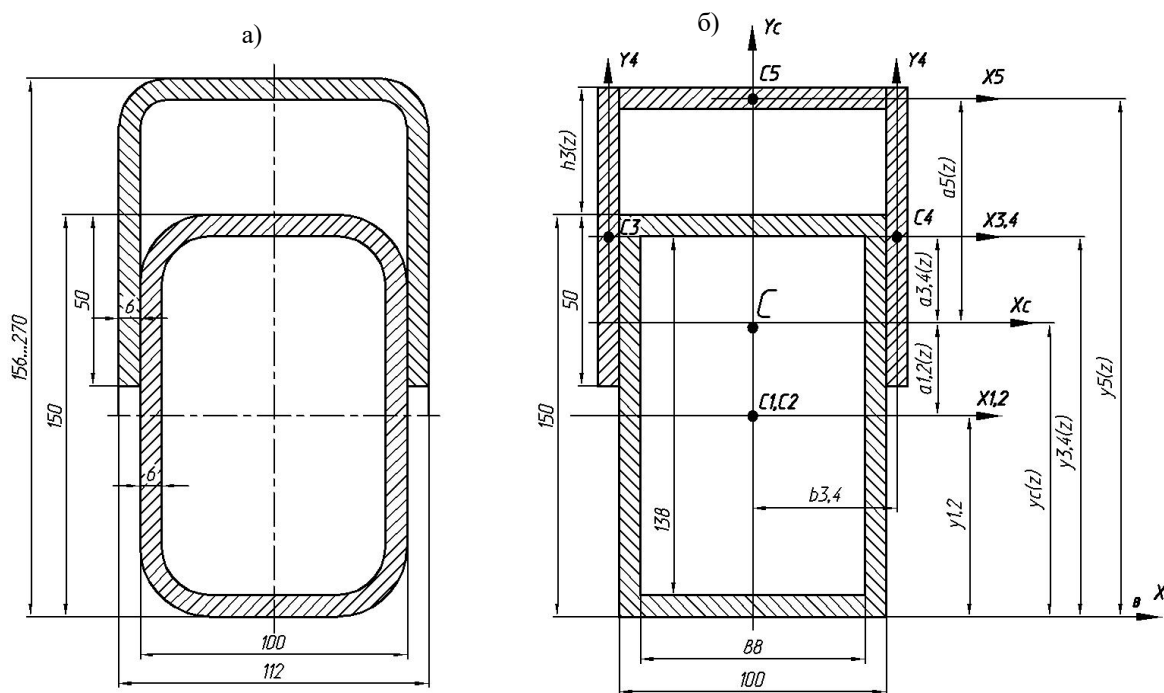


Рис. 1 – Реальное (а) и упрощенное (б) поперечное сечение балки

Осевые моменты инерции сечения определяются по формулам:

$$I_x(z) = [(I_{x1} + A_1 a_1(z)^2) - (I_{x2} + A_2 a_2(z)^2) + 2(I_{x3} + A_3 a_3(z)^2) + (I_{x5} + A_5 a_5(z)^2)]$$

$$I_y(z) = [I_{y1} - I_{y2} + 2(I_{y3}(z) + A_3(z) b_3^2) + I_{y5}]$$

где: $I_{x1, x2, x3, x4, x5}$, $I_{y1, y2, y3, y4, y5}$ – моменты инерции простых фигур площадью $A_{1, 2, 3, 4, 5}$;

$a_1(z), a_2(z), a_3(z), a_4(z), a_5(z)$ – координаты центральных осей X_i простых фигур относительно главной центральной оси X_C всего сечения;

b_3 – координаты центральных осей Y_3, Y_4 простых фигур 3, 4 относительно главной центральной оси Y_C всего сечения.

При определении нормальных напряжений необходимо учитывать, что балка моста работает в условиях сложного сопротивления – неплоский изгиб и простое растяжение-сжатие (от продольной силы F_3).

Тогда нормальные напряжения могут быть определены в соответствии по формуле:

$$\sigma_{\max}^{C,P}(z) = \pm \frac{F_3}{A(z)} + \frac{M_x(z) y_{\max}^{C,P}(z)}{I_x(z)} + \frac{M_y(z) x_{\max}}{I_y(z)},$$

где: $M_{x,y}(z)$ – изгибающие моменты, приведенные к балке моста;

$y_{\max}^{P,C}, x_{\max}$ – координаты точек (в областях сжатия и растяжения) в системе главных центральных осей.

Изгибающие моменты M_x и M_y относительно главных центральных осей x и y могут быть вычислены в любом поперечном сечении балки, но наиболее опасным является сечение, в котором эти моменты достигают своих наибольших значений и с учетом силы F_3 будут равны:

$$\text{для левой части} - M_x(z) = M_1 + F_1 z - F_3 R,$$

$$\text{для правой части} - M_x(z) = M_1 + F_1 z + F_3 R,$$

$$\text{для левой и правой части} - M_y(z) = M_2 + F_2 z,$$

где: M_1, M_2 – изгибающие моменты от сил F_1 и F_2 , приведенные к балке моста;

z – переменная функции изгибающего момента.

При движении на горизонтальном участке и на склоне силы F_1 и F_3 будут определяться выражениями:

$$\text{для левой (нижней) части} - F_{1H} = \frac{G \cdot \cos \alpha \cdot l - G \cdot \sin \alpha \cdot (a + R)}{2 \cdot l};$$

$$\text{для правой (верхней) части} - F_{1B} = \frac{G \cdot \cos \alpha \cdot l + G \cdot \sin \alpha \cdot (a + R)}{2 \cdot l};$$

$$F_3 = \frac{G_y}{2} \sin \alpha,$$

где: l – половина длины балки моста, $l = 0,71$ м;

a – смещение оси крепления кузова энергосредства относительно оси моста (колес), $l = 0,12$ м;

Результаты расчетов напряжений балки моста представлены на рис. 2-5.

Статические напряжения, возникающие в балке моста, изменяются в широких пределах. Для растянутой зоны правой и левой части моста они изменяются от 79,1 МПа до 167,9 МПа и для сжатой зоны правой и левой части моста они изменяются от 85,5 МПа до 201,1 МПа.

Ввиду действия боковой силы F_3 напряжения в правой части моста оказались больше при малых значениях переменной z , однако, к середине моста при $z = 1,2$ м происходит перераспределение максимальных напряжений и более нагруженной становится левая часть балки.

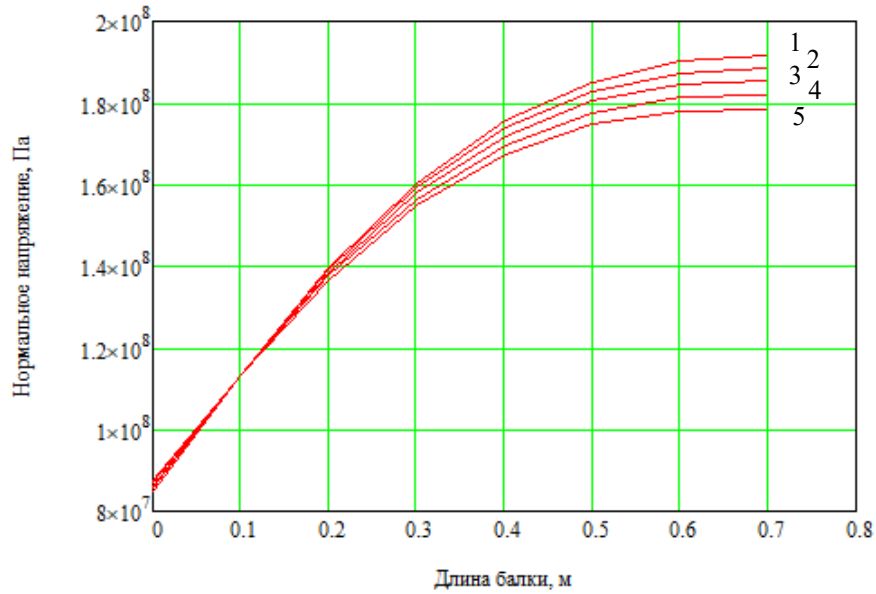


Рис. 2 – График изменения напряжений при растяжении по длине балки моста для правой части в зависимости от угла на склоне α : 1 - $\alpha=0^\circ$; 2 - $\alpha=2^\circ$; 3 - $\alpha=4^\circ$; 4 - $\alpha=6^\circ$; 5 - $\alpha=8^\circ$.

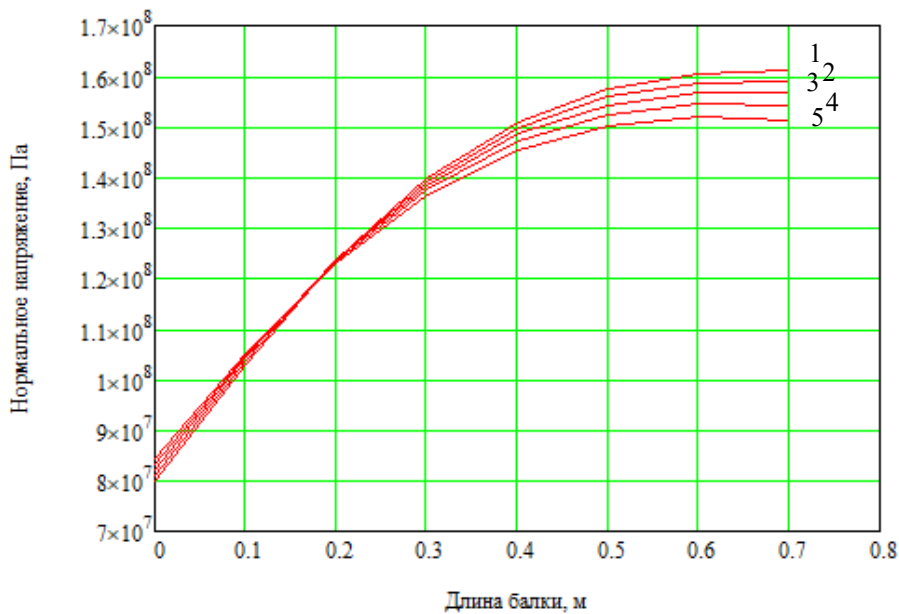


Рис. 3 – График изменения напряжений при сжатия по длине балки моста для правой части в зависимости от угла на склоне α : 1 - $\alpha=0^\circ$; 2 - $\alpha=2^\circ$; 3 - $\alpha=4^\circ$; 4 - $\alpha=6^\circ$; 5 - $\alpha=8^\circ$.

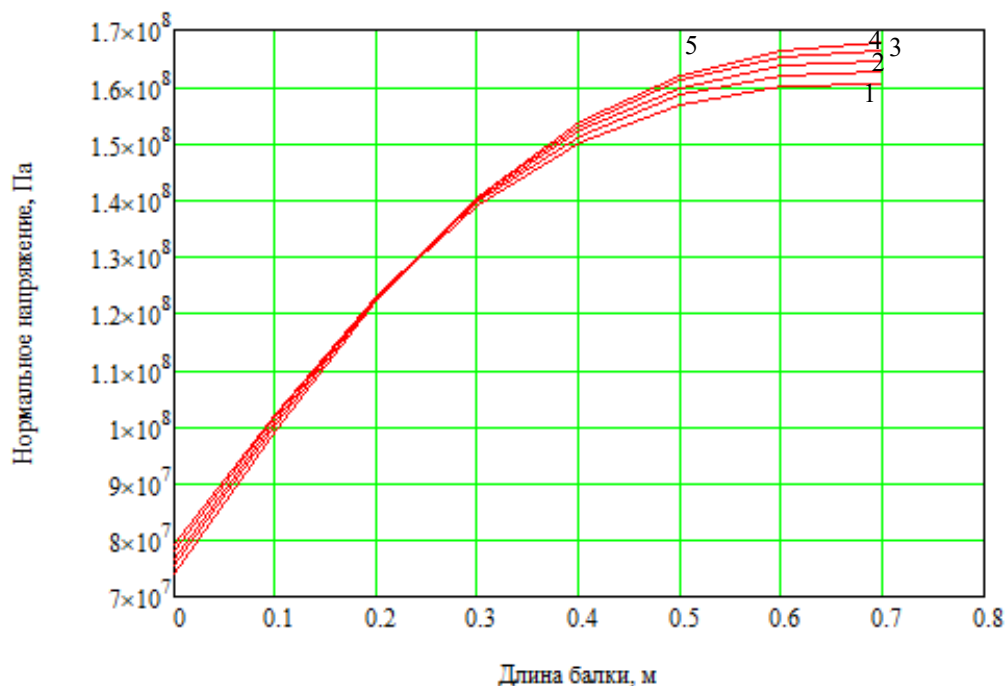


Рис. 4 – График изменения напряжений при растяжения по длине балки моста для левой части в зависимости от угла на склоне α : 5 - $\alpha=0^\circ$; 4 - $\alpha=2^\circ$; 3 - $\alpha=4^\circ$; 2 - $\alpha=6^\circ$; 1 - $\alpha=8^\circ$.

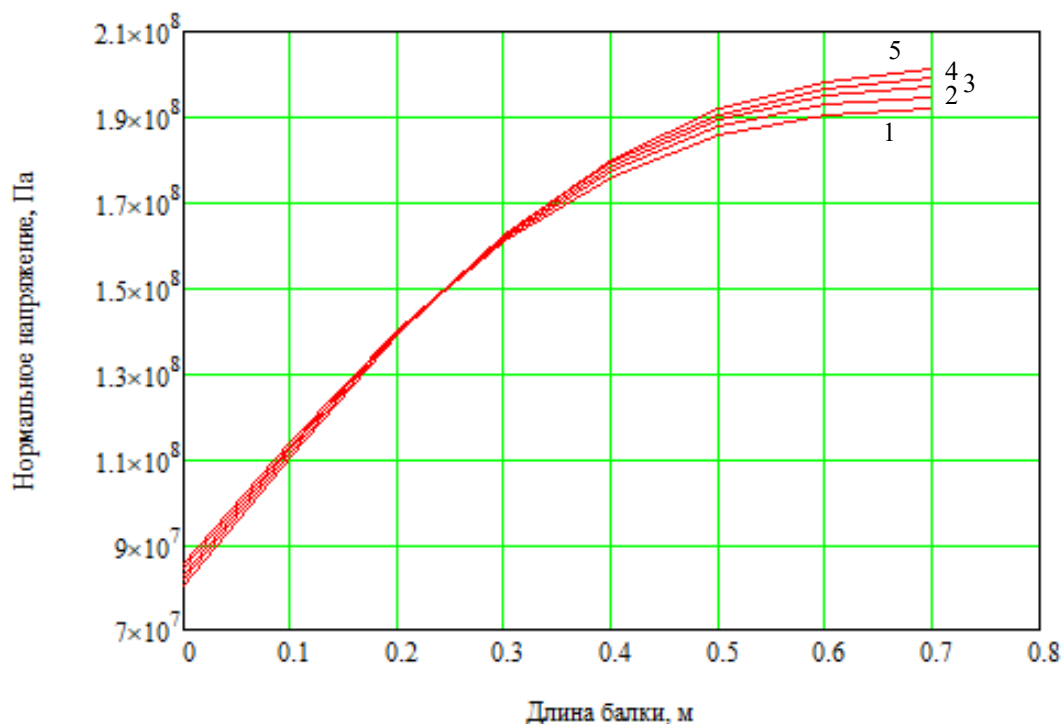


Рис. 5 – График изменения напряжений при сжатия по длине балки моста для левой части в зависимости от угла на склоне α : 5 - $\alpha=0^\circ$; 4 - $\alpha=2^\circ$; 3 - $\alpha=4^\circ$; 2 - $\alpha=6^\circ$; 1 - $\alpha=8^\circ$.

По результатам расчета напряжений в условиях сложного сопротивления можно сказать, что наибольшие напряжения возникают в области сжатия, т.е. сечение расположено рационально (наиболее удаленные точки сечения располагаются в области сжатия). При движении энергосредства или комбайна по полю в условиях динамической нагруженности в балке моста будут возникнуть динамические напряжения и деформации, значительно увеличивающие статические величины, и привести к появлению пластических деформаций и усталостному разрушению балки моста, особенно в местах сварочных швов.