Если же указанное условие не соблюдается, то названные пары внесут полное число условий связи с влиянием их на движение, пропорциональным соответствующим отклонениям.

Литература

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. — М.: Наука, 1975.

2. Решетов Л.Н. Конструирование рациональных механизмов. Изд. 2 — М.: Машиностроение., 1972.

Теория механизмов и машин /под ред.Фролова К. В. — М.:Наука,1989.

УДК 639.3+625.7/.8.002.5+69.002.5+ 622.002.5.001.24

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ РАМ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

В.Ф. Кондратюк, В.А. Цыбулько, Д.П. Сологуб

Несущие конструкции мобильных дорожно-строительных, горных машин — рамы — самые ответственные базовые узлы. Для нормальной работы монтируемых на них механизмов должна быть обеспечена соответствующая их жесткость.

Приведем пример, в котором показана возможность получить решение всего по двум алгебраическим уравнениям. Информацией о геометрии рассчитываемой конструкции являются осевые моменты инерции — минимальные сведения о геометрических параметрах. Однако, как оказалось, можно получить приемлемые результаты.

Кручение рамы в общем случае сопровождается депланацией — перемещением вдоль оси рамы — гипотеза Бернулли нарушается.

В работе [1] рассмотрен случай стесненного кручения рамы. Для сравнительной оценки низких приближений по этой же методике и решения сопротивления материалов [2] рассмотрим кручение рамы со свободным концом.

Искомые перемещения :

$u = Uyz = Ur^2 \sin\theta\cos\theta$, $w_\tau = W_\tau rx$ — трансвенсальное перемещение,

$\frac{w_\tau}{r} = W_\tau x$ — угол закручивания произвольного сечения, $w_r = 0$ — радиальное перемещение,

$v = -w_\tau \sin\theta = -\ W_\tau xy$, $w = w_\tau \cos\theta = W_\tau xy$ — составляющие перемещения по осям y и z;

U, W_τ — обобщенные перемещения–постоянные коэффициенты, подлежащие определению.

Здесь x — продольная, y, z — поперечные (горизонтальная и вертикальнаяоси) оси рамы; r, θ — полярные координаты.

U, W_τ находим на основе принципа возможных перемещений.

Разрешающая система уравнений:

1) $bU + IW_\tau = 0$,

2) $IU + bW_\tau = T_K l$;

$$b = G\int_V \left(y^2 + z^2\right) dV = G\int_V r^2 dV, \quad I = G\int_V \left(y^2 - z^2\right) dV.$$

Стержень круглого сечения

$$b = G\int_V \left(y^2 + z^2\right) dV, \quad I = G\int_V \left(y^2 - z^2\right) dV.$$

Элемент объема: $dV = l dA$, l – длина стержня.

$$b = Gl\int_A \left(y^2 + z^2\right) dA = Gl\left(I_z + I_y\right) = GlI_p,$$

$$I = Gl\int_A \left(y^2 - z^2\right) dA = Gl\left(I_z - I_y\right) = 0;$$

I_p — полярный момент инерции сечения.

Уравнения:

$GlI_p U + 0W_\tau = 0$, U=0 u=0 — депланация отсутствует.

$bW_\tau = T_\kappa l, GlI_p W_\tau = T_\kappa l,\ GI_p W_\tau = T_\kappa$; трансверсальное перемещение:

$$w_\tau = \frac{T_\kappa x}{I_p G} r.$$

Угол закручивания сечения: $\varphi = W_\tau x = \dfrac{T_\kappa x}{I_p G}$, что совпадает с решением «сопромата».

Стержень прямоугольного сечения.

$$I_y = \frac{bh^3}{12},\ I_z =;.\ I_y + I_z = \frac{bh^3}{12} + \frac{hb^3}{12} = \frac{bh\left(h^2 + b^2\right)}{12}, \quad I_z - I_y = \frac{hb\left(b^2 - h^2\right)}{12}.$$

Решение:

1) $Gl\frac{bh\left(b^2+h^2\right)}{12}U+Gl\frac{bh\left(b^2-h^2\right)}{12}W_\tau=0,\ \left(b^2+h^2\right)U+\left(b^2-h^2\right)W_\tau=0;\ U=-\frac{b^2-h^2}{b^2+h^2}W_\tau;$

2) $Gl\frac{bh\left(b^2-h^2\right)}{12}U+Gl\frac{bh\left(b^2+h^2\right)}{12}W_\tau=T_\kappa l,\ W_\tau=\frac{3T_\kappa\left(b^2+h^2\right)}{b^3h^3G}.$

Принимаем b=1 м, H=1 м:

$$W_\tau=\frac{3T_\kappa\left(1^2+0,1^2\right)}{G1^3\cdot 0,1^3}=3\frac{1,01}{10^{-3}}\frac{T_\kappa}{G}=3030\frac{T_\kappa}{G};\ U=-\frac{1^2-0,1^2}{1^2+0,1^2}W_\tau=-\frac{0,99}{1,01}W_\tau=-0,9802W_\tau.$$

Угол закручивания: $\varphi=W_\tau x$; полагая x=1м, $\varphi=W_\tau=3030\frac{T_\kappa}{G}$ рад.

По формуле сопротивления материалов:

$$\varphi=\frac{T_\kappa x}{GI_\alpha},\ I_\alpha=3,123h^4=3,123\cdot 10^{-4},\ \frac{1}{I_\alpha}=\frac{1}{3,123\cdot 10^{-4}}=3202,\ \varphi=3202\frac{T_\kappa}{G}.$$

Расхождение: $\frac{3202-3030}{3202}100\%=5,3\%.$

Принимаем: *b=1 м, h=1 м* (квадрат).

$$U=-\frac{b^2-h^2}{b^2+h^2}W_\tau=0$$, так как $b=h$ (депланация отсутствует).

$$W_\tau=\frac{12T_\kappa\left(1^2+1^2\right)}{G\cdot 4\cdot 1^3\cdot 1^3}=6\frac{T_k}{G},\quad \varphi=W_\tau x,\quad x=1,\quad \varphi=6\frac{T_k}{G}\text{ рад.}$$

По формуле сопротивления материалов:

$$\varphi=\frac{T_k\cdot 1}{G\cdot I_\alpha},\ I_\alpha=0,140h^4,\ 1/I_\alpha=7,14,\ \varphi=7,14\frac{T_\kappa}{G}\text{ рад.}$$

Расхождение: $\frac{7,14-6}{6}\cdot 100\%=16\%$.

Так как сечение рам ближе к вытянутому прямоугольному, то методика расчета деформаций вполне приемлема.

Литература

1. Кондратюк В.Ф. Математические модели расчета базовых конструкций машин. – Мн.: Белорусская гос. политех. академия, 1999. — 120 с.

2. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. — М.: Наука, 1986. — 512 с.