

УДК 621.735.5

**В.П. Пукалов, В.В.Пукалов, доценти, кандидати технічних наук, Н.Н.Петренко, проф., канд.тех.наук**

*Кировоградский национальный технический университет*

## Напряжённо-деформированное состояние металла при деформации осесимметричных тел с переменной площадью поперечного сечения

Работа посвящена расчету напряженно-деформированного состояния металла при деформации осесимметричных тел с переменной площадью поперечного сечения.

**напряжённо-деформированное состояние, осесимметричное тело, площадь поперечного сечения**

1. Определение деформированного состояния нейтральной оси осесимметричных тел с переменным сечением

При определении деформированного состояния нейтральной оси балок переменного сечения при любой заданной нагрузке применяется метод начальных параметров (1), который позволяет свести решение к отысканию всего двух постоянных.

В случае нагружения вала сосредоточенной силой  $P$  (рис.1) можно определить перемещение, угол наклона, изгибающий момент и поперечную силу в сечении на расстоянии  $x_i$  от начала координат по следующим уравнениям:

$$Y_i = Y_0 + \theta_0 x_i + M_0 \frac{x_i^2}{2EI_i} + Q_0 \frac{x_i^3}{6EI_i}; \quad (1)$$

$$\theta_i = \theta_0 + M_0 \frac{x_i}{EI_i} + Q_0 \frac{x_i^2}{2EI_i}; \quad (2)$$

$$M_i = M_0 + Q_0 x_i; \quad (3)$$

$$Q_i = Q_0. \quad (4)$$

Влияние сдвига на прогиб определяется по значению

$$-Q_0 \frac{\eta x_i}{GF_i}, \quad (2)$$

где  $F, G$  – модуль упругости I, II рода материала вала;

$\eta$  - коэффициент формы площади поперечных сечений, для круга  $\eta = 1,185$ .

В матричной форме, расчет деформированного состояния для осесимметричных тел с переменной площадью поперечного сечения валков выполняются по схеме (2):

$$\Delta_{0j} \cdot u_1 \cdot u_2 \cdot \dots \cdot u_i = \Delta_{jj} \xrightarrow{F_i} \Delta_{jj} \cdot u_{j+1} \cdot u_{j+1} \cdot u_{j+2} \cdot \dots \cdot u_n = \Delta_{nj}, \quad (5)$$

где  $\Delta_{ij} = [y_i \theta_i M_i Q_i]$  - действительный вектор  $i$ -го участка;

$$u_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ x_i & 1 & 0 & 0 \\ \frac{x_i^2}{2} a_i & x_i a_i & 1 & 0 \\ \left( \frac{x_i^3}{6} a_i - x_i \frac{\eta}{GF_i} \right) & \frac{x_i^2}{2} a_i & x_i & 1 \end{bmatrix} - \text{матрица } i\text{-го участка}; \quad (6)$$

$\Delta_{jj} \xrightarrow{P_i} \Delta_{jj}$  - знак изменения действительного значения при переходе через  $j$  – тое нагружаемое сечение;

$a_i = \frac{1}{EI_i}$  – коэффициент изменения элементов эпюры изгибающих моментов в зависимости от изменения момента инерции  $I_i$  поперечных сечений валка.

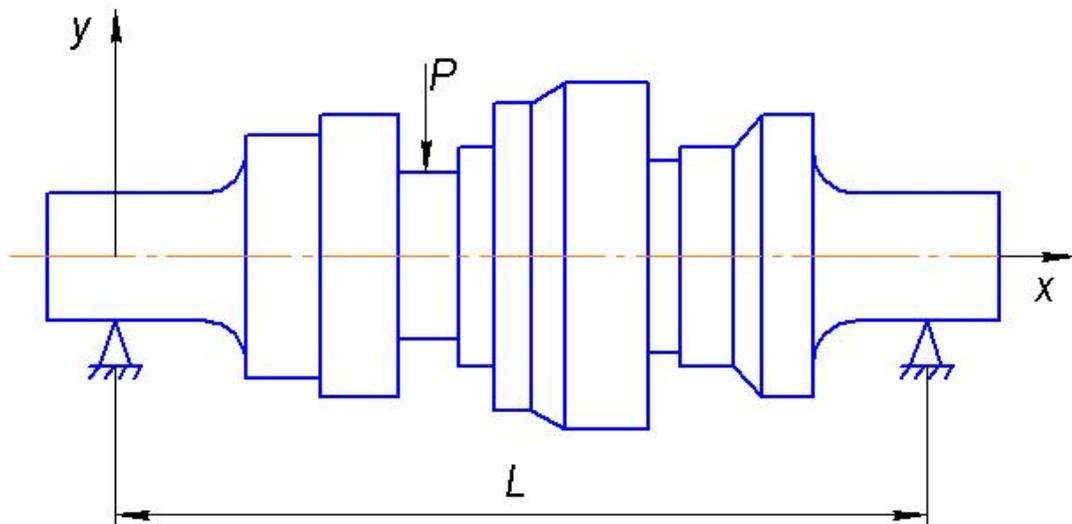


Рисунок 1 – Схема расчета деформированного состояния нейтральной оси осесимметричных тел с переменной площадью поперечного сечения.

2. Определение начальных параметров поперечной силы и угла наклона  $\theta_0$ . Известно, что перемещение и изгибающий момент первого и последнего сечения равны нулю. Тогда, решение задачи определения деформированного состояния калиброванных валков зависит от определения значения начальных параметров угла наклона  $\theta_0$  и поперечной силы  $Q_0$ , которые приравнивают конечные параметры изгибающего момента и перемещения к нулю.

Для этого, предположим, что валок имеет эквивалентный диаметр  $D_m$ , который определяется по уравнению (12) и неизвестные начальные параметры угла наклона и поперечной силы, которые задаются равными произвольным значениям  $\theta_{0.1}$  и  $Q_{0.1}$ . Эти значения содержат в себе погрешности  $\Delta\theta_0$  и  $\Delta Q_0$ , которые приводят к образованию перемещения  $y_L$  и изгибающего момента  $M_L$  последнего сечения определяющиеся по уравнениям (1) и (3) с учетом влияния сдвига на прогиб:

$$y_L = L \cdot \Delta\theta_0 + \left( \frac{L^3}{6EI_m} - \frac{\eta L}{GF_m} \right) \Delta Q_0; \quad (8)$$

$$M_L = L \cdot \Delta Q_0. \quad (9)$$

Из этих уравнений находим:

$$\Delta Q_0 = M_L / L; \quad (10)$$

$$\Delta \theta_0 = \frac{y_L}{L} - M_L \left[ \frac{L}{6EI_m} - \frac{\eta}{GLF_m} \right]; \quad (11)$$

$$D_{II} = \sqrt{\frac{d_1^2 \cdot L_1 + d_2^2 \cdot L_2 + \dots + d_n^2 \cdot L_n}{l}}. \quad (12)$$

Таким образом, действительные начальные параметры угла наклона  $\theta_0$  и поперечная сила  $Q_0$  определяются по уравнениям:

$$\theta_0 = \theta_{0,1} - \Delta \theta_0;$$

$$Q_0 = Q_{0,1} - \Delta Q_0.$$

Математическое моделирование расчета деформированного состояния нейтральной оси калиброванных валков, лежащих на шарнирных опорах. Большое количество участков калиброванных валков сопряжено со значительными трудностями при определении их деформаций. Следовательно, целесообразно применить вычислительные машины.

На основе схемы (5) был разработан алгоритм расчета рис. 2, позволяющий реализовать задачу в виде программы на языке фортран-4 с использованием ЭВМ «ЕС».

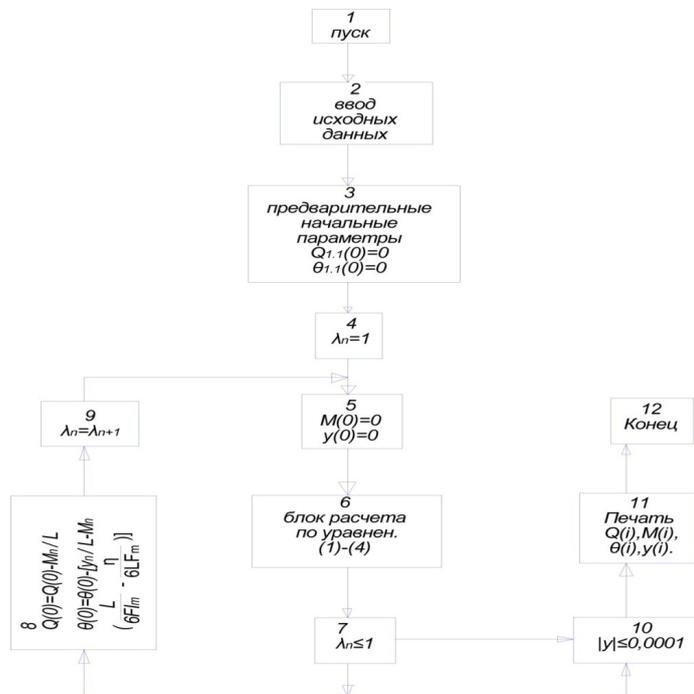


Рисунок 2 – Алгоритм расчета напряженно-деформированного состояния при деформации осесимметричных тел с переменной площадью поперечного сечения

Согласно этого алгоритма, расчет выполняется в двух циклах. Начальные параметры угла поворота  $\theta_{0.1}$  и поперечной силы  $Q_{0.1}$  задаются равными нулю, следовательно, по полученным значениям перемещения  $y_L$  и изгибаемого момента  $M_L$  последнего сечения и на основе уравнений (9-10) можно определять начальные погрешности угла наклона  $\Delta\theta_0$  и поперечной силы. Эти параметры являются начальными параметрами второго цикла. Если валок имеет постоянный диаметр, то задача решается с точностью до 100%, т.е. значения перемещений последнего сечения равно нулю. В случае валка переменного сечения, точность решения задачи будет меньше. Это объясняется тем, что уравнение (10) было выведено на основе того, что валок имеет эквивалентный диаметр. В том случае, точность решения задачи увеличивается по мере увеличения числа циклов расчета. Блок 10 позволяет обеспечить требуемую точность расчета.

#### **Выводы**

1. Разработана математическая модель напряженно-деформированного состояния металла при деформации осесимметричных тел с переменной площадью поперечного сечения.
2. Исследовано влияния изменения степени самоустановки подвижных опор на распределение давления по длине продольной оси.
3. Разработан алгоритм расчета напряженно-деформированного состояния при деформации осесимметричных тел с переменной площадью поперечного сечения.

#### **Список литературы**

1. Писаренко Г.С., В.А.Агарев и др. – Соппротивление материалов. – Киев, Высшая школа, 1973, - 672 с.
2. С.Ф. Клейсон, В.И. Есряев, М.М. Ростел, - Расчет жесткости прокатных валков, калиброванных для сложных фасонных профилей. – Изд. вузов, Черная металлургия, 1977, с. 181 – 186.

*В.Пукалов, В.Пукалов, Н.Петренко*

**Напружено-деформований стан метала при деформації осесиметричних тіл із змінною площею поперечного перетину**

Робота посвячена розрахунку напружено-деформованого стану металу при деформації осесиметричних тіл із змінною площею переметного перетину.

*V.P.Pukalov, V.V.Pukalov, N.N.Petrenko*

**Threw the Tensely deformed state during deformation of axisymmetrical bodies with the variable area of the transversal crossing**

Work the posvyachena calculation of the napryazhonno-deformed state threw during deformation of axisymmetrical bodies with the variable area of peremetnogo section.

Получено 24.01.12