

УДК 674.093.6

А.А. Гришкевич, доц., канд. техн. наук;
С.А. Гриневич, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ОСИ КОГТЕВОЙ ЗАВЕСЫ

Одним из факторов травматизма на деревообрабатывающих производствах является обратный вылет обрабатываемого материала или его элементов. Наибольший риск вылета характерен для деревообрабатывающих круглопильных станков для продольной распиловки натуральной древесины. С целью удержания заготовки или ее элементов в станке предназначены завесы из предохранительных упоров (когтевые завесы).

Основные требования к конструкции когтевых завес приведены в технических нормативных правовых актах. Одним из условий эффективной работы завесы из предохранительных упоров является прочность и жесткость ее элементов, и прежде всего оси, на которой подвижно уставлены предохранительные упоры. И если с точки зрения прочности нормативные документы определяют требования к ее материалу, то с точки зрения жесткости таких требований нет. В то же время деформация оси при восприятии ударной нагрузки может быть значительной. Это подтверждается опытом анализа конструкций круглопильного оборудования, на котором имели место несчастные случаи, связанные с обратным выбросом заготовок. Предохранительные упоры на таких станках зачастую проворачивались в обратную относительно направления подачи сторону, а ось когтевых завес имела существенную пластическую деформацию.

Рассмотрим состояние оси завесы, когда в наиболее удаленных волокнах начинает проявляться пластическая деформация (рисунок 1).

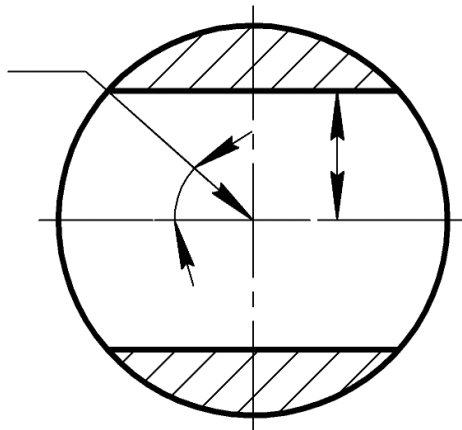


Рисунок 1 – Сечение оси

Зона начала пластической деформации обозначена координатой y_T . Напряжения в зонах пластической деформации достигли предела текучести σ_T и дальнейшего роста напряжений не происходит. Эпюра напряжений представлена на рисунке 2. Расчетная схема представлена на рисунке 3.

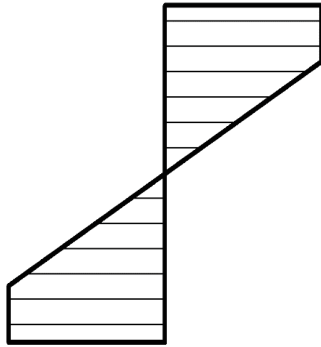


Рисунок 2 – Эпюра распределения напряжений

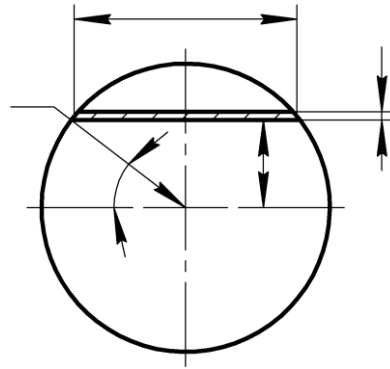


Рисунок 3 – Расчетная схема

Изгибающий момент в сечении можем записать как

(1)

Разобьем интеграл на два по зонам, соответственно для упругой и пластической составляющих

$$M = 2 \int_0^{y_T} \sigma \cdot b \cdot y \cdot dy + 2 \int_{y_T}^R \sigma_T \cdot b \cdot y \cdot dy. \quad (2)$$

Перейдем в полярную систему координат. Тогда

$$y = R \cdot \sin \varphi, \quad (3)$$

$$dy = R \cdot \cos \varphi \cdot d\varphi, \quad (4)$$

$$b = 2 \cdot R \cdot \cos \varphi. \quad (5)$$

Нижний предел интегрирования для первой зоны $\varphi_1=0$. Верхний предел интегрирования для первой зоны:

$$\varphi_2 = \arcsin \frac{y_T}{R}. \quad (6)$$

Согласно [1] связь кривизны оси ρ с напряжением σ можно выразить следующим образом

$$\sigma = E \cdot \frac{y}{\rho}, \quad (7)$$

где E – модуль Юнга, МПа.

С учетом подстановок (3-7) для первого слагаемого можно записать:

$$M_1 = \frac{4E}{\rho} \cdot R^4 \cdot \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sin^2 \varphi \cdot \cos^2 \varphi \cdot d\varphi. \quad (8)$$

Проведя ряд преобразований и решив (8) с учетом пределов интегрирования получим:

$$M_1 = \frac{E \cdot R^4}{\rho} \left(\frac{\varphi_2}{2} - \frac{\sin 4\varphi_2}{8} \right). \quad (9)$$

Нижний предел интегрирования для второй зоны будет равен φ_2 . Верхний предел интегрирования для второй зоны $\varphi_3 = \frac{\pi}{2}$. Для второго слагаемого с учетом подстановок (3-7) получим:

$$M_2 = 4 \cdot \sigma_T \cdot R^3 \cdot \int_{\varphi_2}^{\varphi_3} \cos^3 \varphi \cdot \sin \varphi \cdot d\varphi. \quad (10)$$

Проведя ряд преобразований и решив (9) с учетом пределов интегрирования получим

$$M_2 = \frac{4}{3} \cdot \sigma_T \cdot R^3 \cdot \cos^3 \varphi_2. \quad (11)$$

Таким образом суммарный момент в сечении

$$M = E \cdot \frac{R^4}{\rho} \cdot \left(\frac{\varphi_2}{2} - \frac{\sin 4\varphi_2}{8} \right) + \frac{4}{3} \cdot \sigma_T \cdot R^3 \cdot \cos^3 \varphi_2 \quad (12)$$

Величина φ_2 с учетом формул (6) и (7) также может быть выражена через радиус кривизны ρ .

$$\varphi_2 = \arcsin \frac{\sigma_T \cdot \rho}{E \cdot R}. \quad (13)$$

Таким образом получено выражение, устанавливающее взаимосвязь между изгибающим моментом M и радиусом кривизны изогнутой оси ρ в области упруго-пластической деформации, которое может быть использовано для расчетов деформации осей когтевых завес при работе за пределами закона Гука.

ЛИТЕРАТУРА

1. Феодосьев, В.И. Соппротивление материалов / В.И. Феодосьев – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1963. – 540 с.