

©Фідровська Н.М.

НАПРУЖЕННЯ В ОБИЧАЙЦІ КАНАТНОГО БАРАБАНА, ПІДСИЛЕНІЙ КІЛЬЦЯМИ ЖОРСТКОСТІ

1. Постановка проблеми

При роботі шахтних підйомних установок на багатьох барабанах відмічають деформацію обичайки. Причиною цього називають наявністю перевантажень або динамічними зусиллями і значним зносом футеровки барабана, яка має призначення також і розвантаження оболонки барабану. Деформовану оболонку випрямляють за допомогою гідродомкрату і підсилюють додатковими ребрами жорсткості.

Навантаження оболонки барабану приводить до скрипіння при роботі підйомної установки, які пояснюють послабленням заклепок, розхитуванням швів, зносом або послабленням кріпленням болтів лобовини і ступиць. Тріщини виникають, як правило, в кільцевих швах лобовини з трубою жорсткості, з'являються радіальні тріщини лобовини, ребра мають тріщини по всій довжині шва зі ступицею. Невеликі тріщини в обичайці засвердлюють і заварюють, при тріщинах довжиною 100-200мм барабану підсилюють приваркою накладок з внутрішньої сторони обичайки.

2. Мета статті

Метою статті є створення розрахунку оболонки шахтного барабану, підкріпленої кільцями жорсткості, з урахуванням нерівномірності тиску, коефіцієнту тертя між канатом і барабаном, місці встановлення кілець і їх жорсткості.

3. Аналіз проблеми

Тріщини в обичайці, як правило, мають прогресуючий характер, вони значно зменшують міцність всього органу навивки.

Як бачимо, всі наведені випадки поломок шахтних барабанів вказують на неправильний підхід до вибору конструкції барабану, і в наслідок цього, подальшому ремонту. Посилення жорсткості барабана і зварних швів тільки погіршують роботу підйомної установки, зменшують її ресурс.

Розрахунки шахтних барабанів, які мають ребра і кільця жорсткості, не враховують концентрацію напружень, які виникають в місцях приварки.

4. Викладення основного матеріалу

Якщо оболонка має внутрішні діафрагми, то при цьому обов'язково з'являються додаткові дотичні зусилля, які обігають увесь контур оболонки. При вирішенні статично невирішених задач роботу діафрагм, як правило, не враховують, нехтуючи потенційною енергією їх деформації. Це справедливо тільки для випадку, коли діафрагми абсолютно жорсткі в своїй площині, а в подовж осі x абсолютно гнучкі. Але насправді це не так і між діафрагмами і оболонкою виникають зусилля, направлені вподовж осі x , якими, як правило, нехтують.

Розглянемо канатний барабан, підкріплений кільцями жорсткості, як змішану варіаційну систему, потенційна енергія якої – функціонал, який має додаткові члени, що не входили в підінтегральний вираз (3) [1]

$$U = \int_{x_0}^{x_1} \Gamma(\varphi, f, f', f'') dx + \eta_1 \varphi_0 + \eta_2 \varphi_1, \quad (1)$$

де η_1 – потенційна енергія лобовини;

η_2 – потенційна енергія кільця жорсткості.

$$\eta_1 = \frac{\pi E F_l}{R} w^2 \varphi_0; \quad (2)$$

$$\eta_2 = \frac{\pi E F_h}{R} w^2 \varphi_1. \quad (3)$$

Тут F_l, F_h – площини поперечного перерізу відповідно лобовини і кільця жорсткості;

$w \varphi_0$ – радіальні переміщення обичайки, які визначаються за формулою

$$w \varphi_0 = f \varphi_0 \cos n\varphi.$$

Природні граничні умови для вирішення змішаної варіаційної задачі будуть мати вигляд

$$\left[\frac{\partial \Gamma}{\partial f'} - \frac{d}{dx} \left(\frac{\partial \Gamma}{\partial f''} \right) + \frac{\partial \eta_1}{\partial f} \right]_{x=x_0} = 0; \quad (4)$$

$$\left[\frac{\partial \Gamma}{\partial f'} - \frac{d}{dx} \left(\frac{\partial \Gamma}{\partial f''} \right) + \frac{\partial \eta_2}{\partial f} \right]_{x=x_1} = 0. \quad (5)$$

Тоді ми отримаємо систему двох рівнянь

$$\begin{cases} \frac{D(\rho^2 - 1)(\rho - \nu)}{R} \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{DR}{2} \frac{\partial^3 f}{\partial x^3} + \frac{2\pi EF_l}{R} f = 0 \\ \frac{D(\rho^2 - 1)(\rho - \nu)}{R} \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{DR}{2} \frac{\partial^3 f}{\partial x^3} + \frac{2\pi EF_h}{R} f = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Рішення цієї системи дає змогу визначити коефіцієнти C_1 і C_2 рівняння (6) [1]

$$C_1 = \frac{b_5 - b_2 b_4 e^{-\rho \cos \psi l} \cos \psi \sin \psi l}{\cos \psi \sin \psi l (b_3 e^{\rho \cos \psi l} + b_1 b_4 e^{\rho \cos \psi l})} \quad (7)$$

$$C_2 = \frac{b_1 b_5 e^{2\rho}}{\cos \psi \sin \psi l (b_3 e^{\rho \cos \psi l} + b_1 b_4 e^{\rho \cos \psi l})} + b_2, \quad (8)$$

де

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{2\pi DAR^2 k^2 \mu^2 e^{-k\mu \frac{L}{h} 2\pi} (\rho^2 + 4\rho + 1) + 2EF_l h^2}{2\pi DAR^2 k^2 \mu^2 e^{-k\mu \frac{l-x}{h} 2\pi} (\rho^2 + 4\rho + 1) - 2EF_l h^2}; \\ b_2 &= \frac{2Ahe^{\rho - k\mu \frac{L}{h} 2\pi} [EF_l - Dk\mu(\rho^2 - 1)(\rho - \nu)]}{2\pi DAR^2 k^2 \mu^2 e^{-k\mu \frac{L}{h} 2\pi} (\rho^2 + 4\rho + 1) - 2EF_l h^2}; \\ b_3 &= \frac{2\pi EF_h}{R} - \frac{4\pi^2 DRAk^2 \mu^2}{2h^2} e^{-k\mu \frac{L-l}{h} 2\pi} - \\ & - \frac{DR\rho\psi^3 \sin \psi L}{2} [\rho \cos \psi l e^{\rho \cos \psi l} + \rho \cos \psi l] + 1 + \rho^2 \cos 2\psi l; \\ b_4 &= \frac{2\pi EF_h}{R} + \frac{4\pi^2 DRAk^2 \mu^2}{2h^2} e^{-k\mu \frac{L-l}{h} 2\pi} + \end{aligned}$$

$$+ \frac{DR\rho\psi^3}{2} \sin\psi L \left[\rho \cos\psi l \left(1 + \rho^2 \cos 2\psi l \right) \right];$$

$$b_5 = -\frac{2\pi AEF_h}{R} e^{-k\mu \frac{L-l}{h} 2\pi} - \frac{D(k^2 - 1) - \nu}{R} \left[\frac{2\pi Ak\mu}{h} e^{-k\mu \frac{L-l}{h} 2\pi} - \rho\psi \sin\psi l \cos\psi \sin\psi l \right],$$

де L – довжина барабана;

l – відстань, на якій встановлене кільце жорсткості, і яка співпадає з довжиною навивки канату (найбільш несприятливий випадок);

R – радіус барабана;

h – крок навивки каната;

μ – коефіцієнт тертя

k – коефіцієнт, який враховує геометричні і пружні характеристики каната і барабана

$$k = \frac{E_k d_k}{E_b \sqrt{R\delta}},$$

де E_k, E_b – модулі пружності відповідно каната і барабана

d_k – діаметр каната;

δ – товщина стінки барабана.

Кільцеві нормальні напруження в обичайці визначаються за формулою

$$\sigma_\varphi = \frac{w}{R} E. \quad (9)$$

Напруження у зварному шві визначаються за формулою

$$\sigma = \frac{M_0}{W} + \frac{Q_0}{F} = \frac{6m_0}{c^2} + \frac{Q_0}{c}, \quad (10)$$

де c – катет шва;

m_0 – поперечні моменти згину;

Q_0 – поперечна сила.

$$m_0 = D\chi_\varphi + \nu\chi_x, \quad (11)$$

$$Q_0 = \frac{\partial m_0}{R\partial\varphi} + \frac{\partial m_{x\varphi}}{\partial x} \quad (12)$$

Проведемо розрахунок для таких значень: $T = 40000$ Н, $\delta = 15$ мм, $R = 250$ мм, $t = 18$ мм, $l = 500$ мм, $r = 200$ мм, $c = 7$ мм, $\delta_k = 12$ мм, $d_k = 15,5$ мм, $E_k = 85 \cdot 10^3$ МПа.

Кільцеві нормальні напруження, які визначені за формулою (9), будуть дорівнювати $\sigma_\varphi = 12,7$ МПа.

Місцеві напруження, які будуть виникати в зоні зварних швів, визначені за формулою (10), складають

$$\sigma = 20,2 + 29,2 = 49,4 \text{ МПа}$$

Для порівняння визначимо напруження в обичайці барабана при відсутності кілець жорсткості, отримаємо $\sigma_\varphi = 5,4$ МПа.

Висновки

Проведене дослідження дало змогу отримати методику розрахунку місцевих напружень, які виникають в зоні зварних швів, з урахуванням нерівномірності навантаження, розмірів барабану і канату, коефіцієнта тертя, розмірів і місця встановлення кілець жорсткості. Проведений розрахунок доказує шкідливість постановки елементів жорсткості і негативний вплив їх на напружений стан обичайки барабана.

Список використаних джерел:

1. Фидровская Н. Н. Определение прогиба стенки цилиндрической оболочки с учетом краевых шпангоутов / Н. Н. Фидровская // Сб. научных трудов по материалам научно-практической конференции. – Одесса, 2010. – С. 9–13.

Фідровська Н.М. «Напруження в обичайці канатного барабана, підсиленій кільцями жорсткості».

В статті розглянуті проблеми, які виникають при роботі канатних барабанів, особливо шахтних і дається власне пояснення незадовільної їх

роботи. Проведений уточнюючий розрахунок обичайки барабану, яка підкріплена кільцями жорсткості з урахуванням місця установки кілець і їх жорсткості.

Ключові слова: канатний барабан, обичайка, кільця жорсткості, розрахунок, напруження.

Фидровская Н.Н. «Напряжения в обечайке канатного барабана, усиленной кольцами жесткости».

В статье рассмотрены проблемы, которые возникают при работе канатных барабанов, особенно шахтных и дается свое объяснение неудовлетворительной их работы. Проведен уточненный расчет обечайки барабана, которая подкреплена кольцами жесткости с учетом места установки колец и их жесткости.

Ключевые слова: канатный барабан, обечайка, кольца жесткости, расчет, напряжения.

Fidrovskaya N.N. "Stresses in the rope drum shell ring with reinforcing ring".

In the article one considers the problems that appear while a work of mine drums and gives own explanation of their bad work. There was performed the calculation of the surface of a drum, that was fixed with the rings of rigidity with a refund of the place of installation for the rings and their rigidity.

Key words: rope drum, shell ring, reinforcing rings, calculation, stresses.

Стаття надійшла до редакції 2 грудня 2011 р.