

УДК 622.673:539.4

Онищенко С.В., к.т.н., доц. каф. будівельної, теоретичної та прикладної механіки  
(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

### ОЦІНКА ВІДХИЛЕННЯ МАКСИМАЛЬНИХ РОЗРАХУНКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В ОБОЛОНЦІ ГУМОТРОСОВОГО КАНАТА

Гумова оболонка каната взаємодіє з барабанами та передає зусилля від барабана канату. Дослідження НДС оболонки розглянуті в роботі [1] з метою упередження її руйнування за умов експлуатації каната у шахтних стовбурах з порушеною геометрією. Відповідно, експерименти на руйнування найбільше відповідають цій меті, тому в роботі було проведено порівняння результатів аналітичного встановлення максимальних розрахункових напружень в оболонці гумотросового каната із експериментальними даними. Експериментальні дослідження руйнування оболонки каната на поверхні барабана для визначення гранично допустимого тиску каната на барабан були проведені раніше на розривній машині ИР-5047-50-03 [2]. Для випробувань використали відрізок каната ГТК-1-30x10/4x3,1 з чотирьох тросів діаметром 3,1 мм, укладених з кроком  $h = 6,5$  мм, стрічка товщиною  $b = 10$  мм та довжиною 10 м [2].

В результаті випробувань було визначено математичне очікування сили руйнування оболонки каната на циліндричному барабані – 49,7 кН. Зі схеми експерименту знайдемо сили навантаження гілок каната за відомого значення сили, визначеної в експерименті. Наближено приймемо, що довжини частин каната на криволінійних ділянках дорівнюють  $\pi(R+r) = 1$  м. Тоді сумарна довжина прямолінійних ділянок – 9 м, через те, що загальна довжина каната 10 м. Довжина гіпотенузи прямокутного трикутника 4,5 м, довжина катета протилежного кута  $(500 - 150)/2 = 175$  мм. За таких умов кут нахилу гілок каната до горизонту близький до  $2^\circ$ . Знехтуємо ним. Приймемо, що сила натягнення гілки каната  $T = N/2$ . За експериментом з циліндричним барабаном математичне очікування сили натягу за руйнування обкладинки каната становило 49,7 кН. Тоді математичне очікування інтенсивності розподіленого на дузі контакту тиску кожного з чотирьох тросів каната на циліндричному барабані діаметром 150 мм становило 0,041 кН/мм.

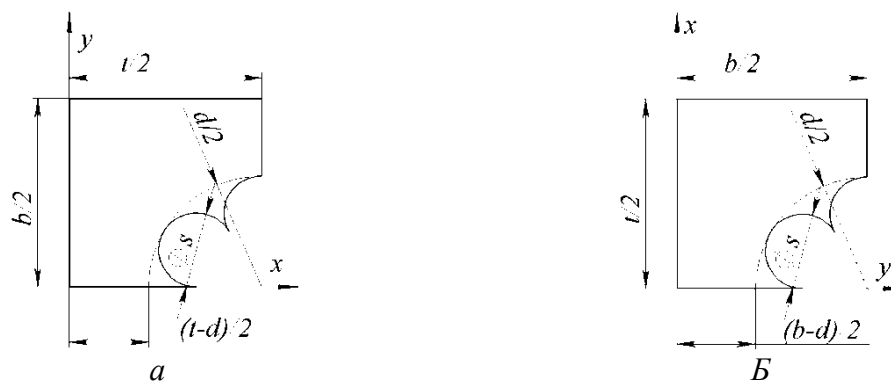


Рисунок 1 – Варіанти форми гумового елемента

Поставимо у відповідність експериментальним даним результати з визначення сили тиску аналітичним способом. Визначимо значення параметрів каната з урахуванням схеми його навантаження в розрахунках сили стискання. За розрахунковою схемою (рис. 1) з урахуванням реальної конструкції троса, виконаного зі стренг, взаємне зміщення супроводжується зменшенням кроку укладання тросів у канаті. В експерименті трос зміщується в напрямку, нормальному до напрямку кроку укладання тросів. Таким чином, слід розглядати товщину каната в експерименті рівною кроку укладання тросів, а крок – товщині каната. Для розрахункового випадку маємо співвідношення

$$\Delta b = \frac{h}{d} = \frac{6,5}{3,1} = 2,097, \quad \Delta t = \frac{b}{d} = \frac{10}{3,1} = 3,226.$$

Схеми (рис. 1, а, б) побудовані у координатних осях, що відповідають величинам параметрів  $t$  та  $b$ , зменшеним на  $1,05d$ . З урахуванням зазначеного, з вказаних графіків маємо значення сил тиску у двох крайніх випадках розташування перерізу троса в канаті  $P_{cm} = 2,2$  кН та  $P_{cm} = 2,5$  кН за умови зближення центрів перерізів тросів на величину одиничного діаметру троса. В момент руйнування оболонки в експерименті троси наближалися до барабану не менш ніж на товщину обкладинки, яка становила  $(b-d)/2$ . Відносне зближення двох тросів в розрахунковій схемі –  $(b-d)/d$ . Вказане дозволяє визначити тиск з урахуванням дійсних (не одиничних) переміщень тросів, а саме враховувати наступні значення сил тиску  $P_{cm} = 2,2 (b-d)/d$  кН та  $P_{cm} = 2,5 (b-d)/d$  кН. Ці сили тиску розподілені по смузі шириною, що дорівнює кроку розташування тросів в канаті під час випробувань. Тоді

$$P_{cm} = 2,2 (b-d)/d \text{ кН та } P_{cm} = 2,5 (b-d)/d \text{ кН.}$$

Визначені аналітично сили відповідають тиску одного троса. В експерименті канат шириною 30 мм мав чотири троси. Середній тиск на барабан одного троса за різних схем розташування стренг в перерізі (рис. 1) має наступні значення

$$q_{cm} = 2,2 \frac{4(b-d)}{30d} = 0,326 \text{ кН та } q_{cm} = 2,5 \frac{4(b-d)}{30d} = 0,371 \text{ кН.}$$

Відношення знайдених розрахункових значень інтенсивностей тиску тросів каната на барабан до відповідного експериментально значення становлять 7,882 та 8,957.

Разом з тим, звернемо увагу на наступне. Модуль пружності гуми для манжет залежить від їхніх деформацій. За даними [3] він змінює значення від 10 МПа до 43 МПа зі зростанням відносних деформацій. В канаті відстань від точок на поверхні тросів до барабана змінна по ширині каната. Троси укладені з зазором, де гума майже не стискається. Модуль пружності гуми обкладинки каната по його ширині змінний. Скористаємося середнім його значенням. Середнє значення меж зміни модуля пружності, віднесене до прийнятого нами (3 МПа, [2, 4]) за побудови схем (рис. 1, а, б), становить 8,833. Воно достатньо близьке до отриманих відношень 7,882 та 8,957. Більш того, воно розташоване між значеннями, що є межами сил тиску для двох крайніх випадків розташування перерізів стренг троса в ньому. Остаточо, межі відношення сил тиску з урахуванням відмінності модуля, прийнятого за побудови графіків та реально зафіксованого становлять 0,892 та 1,014.

**Висновки.** Проведено аналіз результатів аналітичного розв'язку із експериментальними даними руйнування оболонки каната на поверхні барабана для визначення гранично допустимого тиску каната на барабан. Встановлено, що відношення інтенсивностей розподілених максимальних та мінімальних сил тиску тросів до інтенсивностей сил тиску, отриманих експериментально при випробуваннях на руйнування, становлять 0,892 та 1,014 від усередненого значення модуля зсуву при робочих навантаженнях та при руйнуванні гумової оболонки каната, що свідчить про достатній рівень достовірності отриманих розрахункових результатів.

#### Перелік посилань

13. Онищенко С.В. Обґрунтування методу розрахунку головних гумотросових канатів шахтних підйомних установок з урахуванням порушеної геометрії стовбурів / С.В. Онищенко. – Дис. канд. техн. наук: 05.02.09. – Д.: 2021. – 170 с. Режим доступу: <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/157936>
14. Колосов Д.Л. Розвиток теорії шахтних підйомних установок з головними гумотросовими канатами / Д.Л. Колосов. – Дис... докт. техн. наук: 05.05.06. – Д.: 2015. – 471 с.
15. Мельниченко Ю.Г. Розрахунок форми поверхні гумової манжети перекривального пристрою, яка притискається до внутрішньої поверхні труби. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. Техніка і технології 2015. No 1(54))
16. Колосов Л.В. Научные основы разработки и применения резинотросовых канатов подъемных установок глубоких рудников / Л.В. Колосов. – Дис... докт. наук: 05.05.06, 01.02.06. – Днепропетровск, 1987. – 426 с.