

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

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ГУМОВОГО ПРОШАРКУ МІЖ ТРОСАМИ НА СТИСКАННЯ В ПЛОЩИНІ КАНАТА

Гумова оболонка гумотросового тягового органа (стрічки, каната) деформується разом із системою тросів. В попередніх дослідженнях [1] встановлено залежність наближення до одного з граничних значень показників напружено-деформованого стану від жорсткості гумових прошарків. Встановлення залежності жорсткості шару гуми, розташованої поміж тросами, від форми їхнього поперечного перерізу, кроку їхнього розташування та механізму їхньої взаємодії з шаром гуми, дозволяють встановити одну з особливостей умов деформування гумотросового каната за його експлуатації на підйомній машині.

Троси, що використовуються в гумотросових стрічках (канатах) виготовлені з дротів, закручених в окремі стренги. Стренги закручені та утворюють трос. Вказане зумовлює відхилення форми перерізу тросів від кола. Таке відхилення впливає на жорсткість гумового міжтросового прошарку. Відповідно, значення жорсткості впливає на точність визначення НДС каната та потребує врахування характеру жорсткості гуми на взаємний зсув тросів, що відбувається в процесі деформування стрічки (каната). Зазвичай, значення жорсткості гуми визначається як для тросів з круглим поперечним перерізом. З метою уточнення впливу форми тросів на жорсткість гумового прошарку, розглянемо деформування гумового прошарку, форма якого враховує форму тросів стрічки (каната) [2–4].

Троси в канаті розташовані регулярно – з постійним кроком. Відповідно, взаємний зсув одного троса відносно іншого відбувається симетрично. Троси виготовлені з семи стренг. Їхні нормальні перерізи мають дванадцять площин симетрії. Половина з них не перетинають, а шість перетинають стренги. Форми симетричних частин в обох випадках однакові. Таким чином, існують дві різні схеми симетричності перерізів.

Стренги тросів закручені. Форми перерізів тросів залишаються постійними по довжині троса, але повертаються навколо їхніх осей. Як наслідок, взаємне розташування перерізів суміжних тросів є змінним вздовж каната. Водночас відстань між ближніми точками суміжних тросів змінюється. Для неї можна встановити мінімальне та максимальне значення. Вказане вимагає розглядати два випадки розташування перерізів тросів. Симетричність побудови перерізів тросів дозволяє для кожного з випадків розглядати лише четверту частину гумового прошарку (рис. 1, а, рис. 1, б).

Довжини канатів значні, тому деформований стан гуми каната будемо розглядати як плоский. Відповідно до наведених схем перерізів гумового прошарку, повинні виконуватися наступні граничні умови:

- по поверхні  $x = 0$  переміщення  $u_x = 0$ ,
- по поверхні  $x = t/2$  та поверхні взаємодії з тросом  $u_x = 1/2$ ,
- по поверхнях  $y = 0$   $\frac{\partial u}{\partial y} = 0$  – умова симетрії,
- по поверхні  $y = b/2$   $\sigma_y = \frac{du_x}{dy} = 0$ ,
- по поверхнях  $z = 0, z = 1$   $u_z = 0$ .

Жорсткість визначали для каната з тросом одиничного розрахункового діаметра ( $d = 1$ ) для різних значень товщини каната, кроку розташування тросів, віднесених до діаметра. Товщину каната та крок укладання тросів приймали в межах  $1,05d \leq b \leq 1,95d$  та  $1,05d \leq t \leq 1,95d$  з кроком  $0,05d$ .

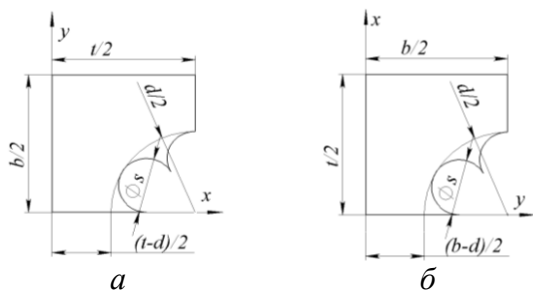


Рисунок 1 – Варіанти форми гумового елемента

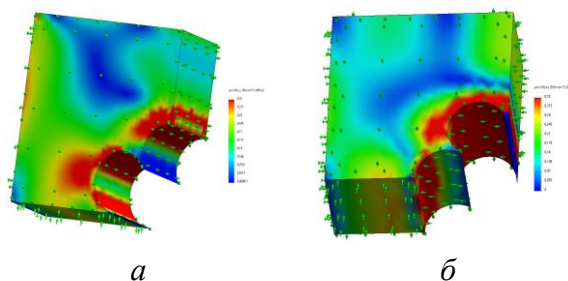


Рисунок 2 – Напруження у чверті гумового прошарку від стиску за зближення тросів каната; *a* – відповідно до рисунку 1, *a*; *б* – відповідно до рисунку 1, *б*

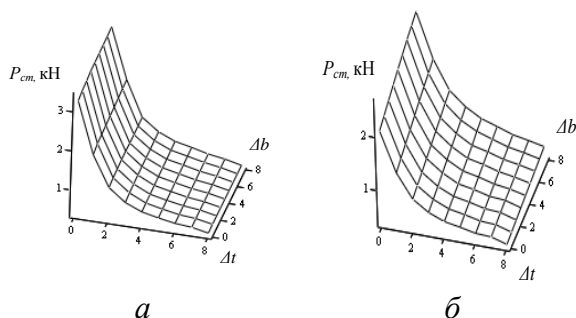


Рисунок 3 – Значення сили стиснення  $P_{cm}$  для каната за розташування стренг каната: *a* – відповідно до рисунку 1, *a*; *б* – відповідно до рисунку 1, *б*

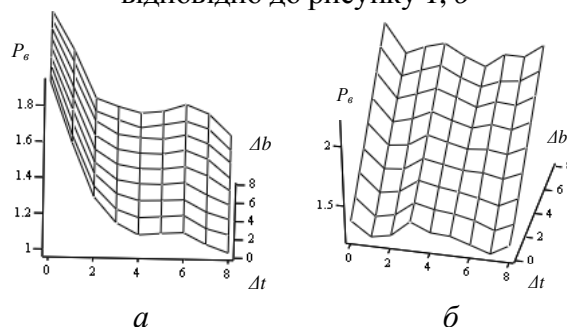


Рисунок 4 – Середні значення сил для каната з тросів умовно круглого (*a*) та прямокутного (*б*) перерізу, віднесених до сил стиснення для каната з урахуванням його побудови з окремих стренг

**Висновки.** Жорсткість гумового прошарку, розташованого поміж тросами, на стиснення в площині каната та зсув в напрямку тросів, залежить від геометричних параметрів каната, кроку укладання тросів та товщини каната, віднесених до діаметрів тросів. При цьому на значення жорсткості на стиснення та зсув більше впливає крок розташування тросів. Зростання товщини каната є менш суттєвим. Воно зумовлює практично лінійне зростання вказаних жорсткостей. Прийняття спрощеної (кругової та прямокутної) форми перерізу троса призводить до отримання завищених значень зусиль. Суттєва зміна (зменшення) жорсткості на стиснення гумового шару має місце при збільшенні кроку від мінімального (рівного кроку укладання тросів в канаті) та відбувається, коли крок зростає до двох діаметрів троса.

#### Перелік посилань

1. Теоретико-прикладні основи створення енергоефективних та екологічно безпечних систем глибоководного підйому корисних копалин: звіт з НДР (заключний). Науковий керівник Д.Л. Колосов / Державний ВНЗ «НГУ». – № держреєстрації 0116U004622 – 2017. – 192 с.
2. Дослідження напруженого стану оболонки композитного тягового органа від дії дотичного навантаження / Д.Л. Колосов, С.В. Онищенко, О.І. Білоус, Г.І. Танцур // Гірнична електромеханіка та автоматика (технічні науки). – 2020. – №103. – С. 67-73.
3. Belmas, I., Kogut, P., Kolosov, D., Samusia, V., Onyshchenko, S. Rigidity of elastic shell of rubber-cable belt during displacement of cables relatively to drum // E3S Web of Conf. Volume 109, 2019. International Conference Essays of Mining Science and Practice. Режим доступу: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900005>
4. Belmas, I.V., Kolosov, D.L., Kolosov, A.L., & Onyshchenko, S.V. Stress-strain state of rubber-cable tractive element of tubular shape // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2018, Volume 2, pp. 60–69. Режим доступу: <http://doi.org/10.29202/nvngu/2018-2/5>