

УДК 621.873

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2021.92.1.184

НАПРУЖЕНИЙ СТАН ДРОТИНОК КАНАТУ В ПРОЦЕСІ ЗГИНАННЯ НА БЛОЦІ

Фідровська Н.М.¹, Ломакін А.О.², Хурсенко С.В.², Нестеренко В.В.³

¹ Харківський національний автомобільно-дорожній університет

² Українська інженерно-педагогічна академія

³ Первомайська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

***Анотація.** Розглянуто задачу визначення додаткових зусиль, які виникають за умови набігання та згинання канату на блоці. Розглянутий елемент канату, який переходить з прямої ділянки до згинання на блоці. До того ж у ньому виникають розтягувальні (або стискальні) сили, які спричиняють руйнування дротинок канату. Запропонований новий розрахунок, який базується на класичній теорії, а саме законі Гука. Порівняно отримані розрахункові значення з експериментальними.*

***Ключові слова:** деформація дроту, згин канату, блок, канат, дротина.*

Вступ

Питання напруженого стану канату є досить актуальними протягом усього часу експлуатації підйомних установок. Дослідження багатьох відомих учених, таких як Б.С. Ковальський [1–3], М.Ф. Глушко [4, 5], І.Ф. Нікітін [6, 7], В.А. Маліновський [8, 9] та ін., показали, що найбільші напруження в канаті виникають саме в точці набігання канатом на блок, там де до напружень розтягнення канату додаються напруження згину. Було встановлено, що на ділянках переходу від прямого до зігнутого в канаті виникають додаткові напруження. Зовнішня форма канату підказує ідею розрахунку його як гнучкої нитки. Однак канат є досить складним агрегатом, що складається з великої кількості дротів, які не мають жорсткого зв'язку, який робив би канат суцільним стрижнем, а наявні зв'язки тертя між дротами набагато відрізняють його від гнучкої нитки. Однак сучасні вимоги до розрахунків сталевих канатів на міцність змушують відмовитися від гіпотези суцільності сталевого канату й розглядати розрахунок сталевого канату в дискретній формі.

Мета і постановка завдання

Різноманітність форм сталевих канатів вимагає диференційного підходу до їхнього конструювання і розрахунку. Тому вивчення напружень, що виникають в елементах канату під час роботи за різних умов, може дати не тільки правильні результати розрахунку, але й дозволити встановити ефективні форми скручування і конструктивні форми в кож-

ному конкретному випадку роботи сталевого канату.

Аналіз публікацій

Підйомні канати використовуються у всіх типах вантажопідіймальних машин, ваєрних систем, бурових лебідок та інших пристроях. Для отримання раціональної конструкції канату необхідно мати чітке уявлення про розподіл зусиль між його елементами. Вплив деформації канату та стінки барабана на натяг витків канату можна оцінити різними способами.

У роботі Б.С. Ковальського [1] розрахунок будувався так, що процес зміни натягу канату простежується послідовно після навивання другого, третього та ін. витків. Цим виправдовується назва методу «від витка до витка». Дійсні умови навантаження барабана в цьому разі замінюються більш простими, робиться припущення, що в межах кожного витка натяг постійний, що кожен виток є замкнутою пружиною і до того ж має під час початкового натягу пружне подовження.

Більш детальне дослідження згинальних напружень було проведено М.Ф. Глушком [4]. Методом кінематичної аналогії М.Ф. Глушка були отримані прості й досить точні формули для визначення поперечного коефіцієнта з урахуванням кручення дроту і зміни кутів звивання канату в процесі його згинання. М.Ф. Глушком було доведено, що максимум напружень згину знаходиться не в точках найбільш віддалених від барабана, а в дротах, що знаходяться на нейтральній осі згину канату. Формули М.Ф. Глушка дають

добрий збіг з експериментами В.Г. Безсонова. Але, якщо порівнювати експериментальні дані для одного й того самого канату, що отримані А.М. Пеньковим, А.С. Бондарчуком та В.Г. Безсоновим, то отримаємо діапазон напружень від 20 % до 30 %. Цей діапазон можна пояснити тим, що дослідження В.Г. Безсонова проводилися під час згинання вільного канату на рухомому блоці, досліді А.М. Пенькова й А.С. Бондарчука проводилися в процесі набігання натягнутого канату на блок.

І.Ф. Нікітін [6, 7] враховував розповсюдження додаткових напружень дротинки не тільки в бік прямої гілки канату, але й у бік блоку. Були розглянуті крайні значення натягнення на довжині кроку канату з урахуванням їхнього подальшого періодичного повторення. Але ці рішення призводять до дуже складних розрахунків і не дають кінцевих розрахункових формул. Крім цього, вони мають суттєвий недолік – у них відсутні умови сумісності деформації елементів у канаті.

Визначення стану дротинки канату

Розглянемо положення дроту в поперечному перерізі канату в полярних координатах r і φ (рис. 1).

Якщо елемент канату, який дорівнює чверті кроку пасма (рис. 1, а) канату, тобто $S/4$ починає згинатися на блоці радіусом R , він займає положення на дузі $A'B$. Довжина дротинки змінюється і може бути визначена таким чином:

$$l_1 = \sqrt{R^2 + (R+r)^2 - 2R(R+r)\cos\beta}, \quad (1)$$

де r – радіус канату, β – кут, який утворюється між відрізками OA і OB

$$\beta = \frac{S}{4R}.$$

Довжина дротинки AC буде дорівнювати

$$l = \frac{S}{4\cos\varphi}, \quad (2)$$

де φ – кут звивання дротинки.

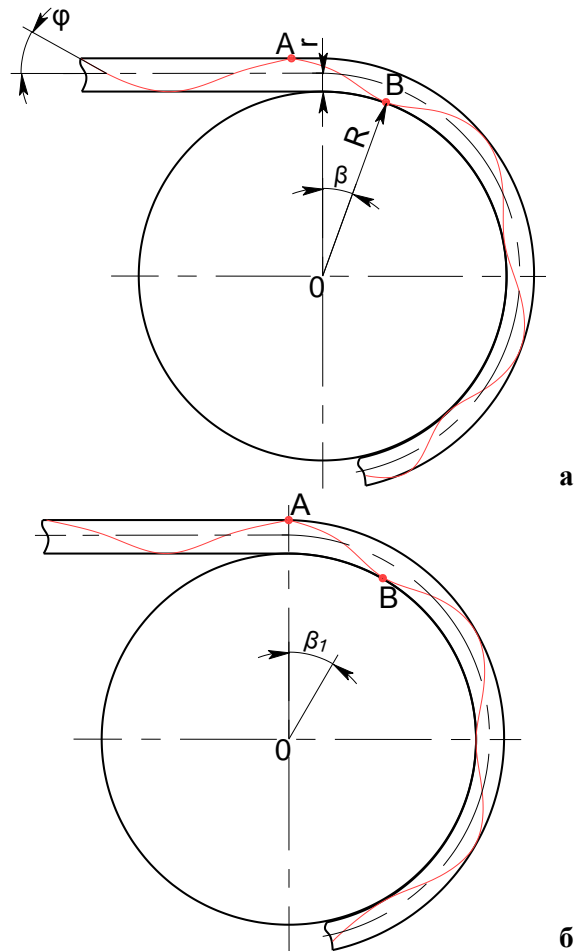


Рис. 1. Положення дроту в поперечному перерізі канату в полярних координатах r і φ

Тоді отримаємо деформацію дротинки під час згинання канату на довжині $S/4$

$$\Delta l = l_1 - l. \quad (3)$$

Визначаємо силу, яка виникає в процесі деформації дротинки

$$F = \frac{EA\Delta l}{l_1}, \quad (4)$$

де E – модуль пружності; A – площа перетину дротинки.

Якщо елемент канату дорівнює половині кроку пасма (рис. 1, б), то

$$l_1 = \sqrt{R^2 + (R+2r)^2 - 2R(R+2r)\cos\beta}. \quad (5)$$

Проведено дослідження експериментальних даних, отриманих І.Ф. Нікітіним, і побудували графіки залежності зусиль розтягнення в дротинках канату до початку згинання

(рис. 2) і додаткових зусиль у процесі згинання на блоці (рис. 3).

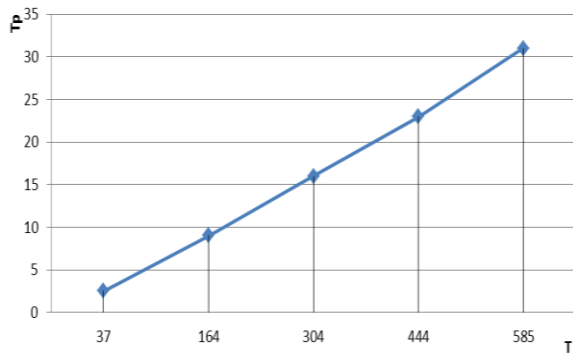


Рис. 2. Сили розтягнення в дротинках канату до початку згинання

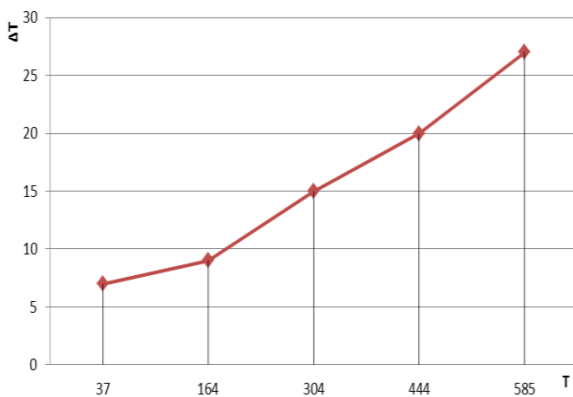


Рис. 3. Додаткові зусилля в дротинках канату в процесі згинання його на блоці

Було зроблено порівняння значень додаткових зусиль у дротинці канату, отриманих в експериментах І.Ф. Нікітіна, ΔT_{HUK} і розрахунками за формулою (4) ΔT_{POS} і занесено до табл. 1.

Таблиця 1 – Порівняння значень додаткових зусиль у дротинці канату

R	ΔT_{HUK} , Н	ΔT_{POS} , Н
76	288	236
132	109	104,2
76	280	237

Висновки

Як бачимо з табл. 1, розроблений нами розрахунок дає добрий збіг з експериментальними даними (близько 5 %).

Література

1. Ковальский Б.С. Грузоподъемные машины, канаты, блоки, барабаны. Харьков: ХВКИУ, 1961. 196 с.

2. Ковальский Б.С. Механическое оборудование. Элементы грузоподъемных устройств. Харьков: ХВКИУ, 1971. 340 с.
3. Ковальский Б.С. Нагрузка барабана подъемной машины витками каната. Доклады АН СССР. 1950. Т. 75. № 6. С. 779–782.
4. Глушко М.Ф. Определение напряжений в проволоках спиральных канатов при изгибе. Труды Харьковского Горного ин-та, 1958. Т. У1.
5. Глушко М.Ф., Волоконский В.Ф. Изгиб проволоки каната при контакте его со шкивом. «Известия вузов. Горный журнал». 1962. № 10.
6. Никитин И.Ф. О схеме решения переходных процессов при формировании изогнутого каната в области набегания на шкив. Горная электромеханика и автоматика. Харьков: ХГУ, 1968. №.10. С. 22–37.
7. Никитин И.Ф., Щербак О.В. Исследование изгиба каната на блоках. Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. 2007. № 38. С. 108–110.
8. Малиновский В.А. Стальные канаты. Ч. 1. Некоторые вопросы технологии, расчета и проектирования. Одесса: Астропринт, 2001. 187 с.
9. Малиновский В.А. Стальные канаты. Ч. 2. Основы теории изгиба и взаимодействия с опорной поверхностью. Одесса: Астропринт, 2002. 180 с.

References

1. Kovalskiy B. (1961) Gruzopodyemnyye mashiny, kanaty, bloki, barabany. Kharkiv: KhVKIU.
2. Kovalskiy B. (1971) Mekhanicheskoye oborudovaniye. Elementy gruzopodyemnykh ustroystv. Kharkiv: KhVKIU.
3. Kovalskiy B. (1950) 'Nagruzka barabana pod'yemnoy mashiny vitkami kanata'. Dokladi AN USSR, vol. 75, no. 6, pp. 779-782.
4. Glushko M. (1958) 'Opredeleniye napryazheniy v provolokakh spiralnykh kanatov priizgibe'. Trudy Kharkovskogo Gornogo instituta, vol. U1.
5. Glushko M. & Volokonskiy V. (1962) 'Izgib provolok kanata pri kontakte ego so shkivom'. Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal, no. 10.
6. Nikitin I. (1968) 'O skheme resheniya perekhodnykh protsessov pri formirovani izognutogo kanata v oblasti nabeganiya na shkiv', Gornaya elektromekhanika i avtomatika, no. 10, pp. 22-37.
7. Nikitin I. & Shcherbak O. (2007) 'Issledovaniye izgiba kanata na blokakh', Vestnik Kharkovskogo natsionalnogo avtomobilno-dorozhnogo universiteta, no. 38, pp. 108-110.
8. Malinovskiy V. (2001) Stalnyye kanaty. Ch. I. Nekotoryye voprosy tekhnologii, rascheta i proyektirovaniya. Odessa: Astroprint.
9. Malinovskiy V. (2002) Stalnye kanaty. Ch. 2. Osnovy teorii izgiba i vzaimodeystviya s opornoy poverkhnostyu. Odessa: Astroprint.

Фідровська Наталія Миколаївна¹, д.т.н., професор, +380(99)790-55-34, nfidrovskay@ukr.net,
Ломакін Андрій Олександрович², к.т.н., доцент, +380(93)852-58-35, lomakin@uipa.edu.ua,
Хурсенко Сергій Васильович², аспірант, +380(66)044-44-09, sergeyhursenko@gmail.com,
Нестеренко Вікторія Володимирівна³, к.т.н., доцент, +380(067)976-81-74, vik6462@ukr.net.

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

²Українська інженерно-педагогічна академія

³Первомайська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

The determination of the stresses in the wire of steel wire rope at clash on the block

Abstract. The article considers the problem of determining the extra effort that occurs when the steel wire rope runs on and the bend on the block. In spite of that what questions of determining the strain in ropes of carrying machines dedicate very many of works different sciences to our time no definition method of calculation of additional strains of bend in rope in the time of bend on block. For define overall increase of length wire obtain at cover of rope on the block was examine site of rope from its point contact since block to exceed widen of elongation in side of straight rope. On transition site the rope have certain curvature which is small value in comparison since curvature rope at increase additional effort on transition site not create important influence. On this score extend additional effort on transition site examine however for the straight rope. On value overall increase of the length wire transition site can have considerable influence because on this site the wire can have considerable increase of the length which summarize with value elongation receipt widen which is in rope curve on block. Although the question of defining the forces of the ropes of Considered steel wire rope element, which goes from a straight section to the curved on the block is a subject of very many works. In this case there arise tensile force (or compression force), which leads to the destruction of weirs of the steel wire rope. The proposed new calculation, which is based on the classical theory, namely Hooke's law. A comparison of the calculated values with the experimental ones is made.

Key words: wire deformation, steel wire rope bending, block, steel wire rope, wire.

Fidrovskaya Nataliia¹, Doctor of technical sciences, Professor, tel. +380(99)790-55-34, nfidrovskay@ukr.net,

Lomakin Andrii², PhD, Associate professor, tel. +380(93) 852-58-35, lomakin@uipa.edu.ua,

Khursenko Serhii², postgraduate, tel. +380(66)044-44-09, sergeyhursenko@gmail.com,

Nesterenko Viktoriia³, PhD, associate professor, tel. +380(067)976-81-74, vik6462@ukr.net.

¹Kharkiv National Automobile and Highway University

²Ukrainian Engineering Pedagogics Academy

³Pervomaisk Branch of the National University of Shipbuilding named after Admiral Makarov

Определение напряжений в проволоке каната при набегании на блок

Аннотация. В статье рассмотрена задача определения дополнительных усилий, возникающих при набегании и сгибе каната на блоке. Несмотря на то, что вопросам определения напряжений в канатах грузоподъемных машин посвящено очень много работ разных ученых, до настоящего времени нет уточненной методики расчета дополнительных изгибных напряжений в канате при изгибе их на блоке. Рассмотрен элемент каната, который переходит с прямого участка к изогнутому на блоке. При этом в нем возникают растягивающие силы (или силы сжатия), которые приводят к разрушению проволок каната. Предложен новый расчет, который базируется на классической теории, а именно на законе Гука. Проведено сравнение полученных расчетных значений с экспериментальными.

Ключевые слова: деформация проволоки, изгиб каната, блок, канат, проволока.

Фидровская Наталья Николаевна¹, д.т.н., профессор, +380(99)790-55-34, nfidrovskay@ukr.net,

Ломакин Андрей Александрович², к.т.н., доцент, +380(93)852-58-35, lomakin@uipa.edu.ua,

Хурсенко Сергей Васильевич², аспірант, +380(66)044-44-09, sergeyhursenko@gmail.com,

Нестеренко Вікторія Володимирівна³, к.т.н., доцент, +380(067)976-81-74, vik6462@ukr.net.

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

²Украинская инженерно-педагогическая академия

³Первомайский филиал Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова.