

УДК 621.863

DOI: 10.15276/pidtt.2.66.2021.07

Фидровська Н. М., Нестеренко В. В., Писарцов А. С.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КУТА ВІДХИЛЕННЯ КАНАТА НА ЙОГО ДОВГОВІЧНІСТЬ

Анотація. *Всі канати розраховують на статичне навантаження без урахування напружень згину і кручення. При розрахунку каната виходять з його щільності та прямо вісної довжини. Реальні умови роботи каната дуже відрізняються від їх роботи на пробіжній машині. Але експериментальні дослідження, які були проведені вченими, визначити вплив різних факторів на довговічність канатів. На основі цих етих експериментів були розроблені методи розрахунків канатів. Використання запропонованої машини з кулісним механізмом для дослідження на сталість дозволили розширити емпіричні дані про знос каната під різними кутами, що в свою чергу дозволяє підвищити довговічність використання канатів в вантажопідйомних машинах. Основною причиною зносу канату є його перегини на блоках. Оцінка напруженого стану дротинок канату дуже складна, крім цього, наближені методики розрахунків, які ми маємо на теперішній час, не дозволяють зробити чіткі висновки про вплив великої кількості параметрів підйомного пристрою на роботу дротинок канату. Реальные условия работы каната очень отличаются от их работы на пробегной машине. Но экспериментальные исследования, проведенные учеными определили влияние разных факторов на долговечность канатов. На основе этих экспериментов были разработаны методы расчетов канатов. Использование предложенной машины с кулисным механизмом для исследования на устойчивость позволили расширить эмпирические данные про износ каната под разными углами, что в свою очередь, позволяет повысить долговечность использования канатов в грузоподъемных машинах. Допустимый кут відхилення канату на блоці знаходиться із умови обмеження перегину канату при виході із рівчака блоку.*

Ключові слова: канат, барабан, довговічність, кут відхилення, блок, експериментальні дослідження.

Вступ Сучасний рівень розвитку техніки потребує все нові вимоги до надійності і довговічності підйомних канатів. При виборі конструкції канатів необхідно виходити з тих умов, в яких вони будуть експлуатуватися і проводити розрахунки саме для цих умов.

Експериментальні дослідження, які проводилися Б.С.Ковальським, Д.Г.Житковым, К.М.Масленіковим, А.І.Колчіним, І.Ф.Нікітіним та іншими показали, що довговічність каната залежить від його конструкції, режимів експлуатації і не може визначатися тільки статичною міцністю.

Постановка проблеми. При навивці каната на барабан або при згибі каната на блоках полиспастів виникає відхилення канатів від площини обертання блоків. При збільшенні кутів відхилення можуть виникати дуже негативні моменти, які викликані тим, що відхилений проск канат просковзує по борту канавки блока, при цьому зношується сам та приводить до зносу канавки блока. Із збільшенням кута відхилення збільшується контактна лінія каната з бортом канавки блока і відносна швидкість зміщення каната. Кути відхилення обмежують з урахуванням відношення D/d , де D – діаметр блока, d – діаметр каната і режима роботи підйомного механізму.

При відхиленні каната на барабані необхідно враховувати і можливість перескакування каната в іншу канавку і злом каната на гребні канавки. Цим питанням були присвячені роботи Унольда, Маттіаса і Б.С.Ковальського.

Огляд останніх публікацій

В роботі [1] розглянуто моделювання металевих дротяних канатів під дією осевого та згибного навантаження. Дослідження авторів ґрунтовані на гіпотезі відсутності тертя між дротинками, які прийняті у вигляді кривого бруса. Було визначено, що з одного боку кручення каната приводить до збільшення напружень в поперечних перерізах дротинки, з іншого боку закріплення кінців каната приводить до збільшення контактних напружень, особливо при точковому контакті. Автори роблять висновок, що проблеми контактних напружень в багаторядних канатах являється доволі складною задачею і потребує подальшого вивчення

В роботі [2] визначається дійсний напружений стан елементів сталевих прядних канатів. Доказана залежність напружено-деформованного стану каната від величини ефективних напружень. Авторами зроблений висновок, що збільшення кроку звивки каната зменшує контактне напруження і тим самим збільшує безпеку підйомних робіт.

Робота [3] присвячена теоретичним дослідженням сталевих канатів з осевим навантаженням, яке розтягує. В ілюстрованому прикладі показано, що центральна дротинка навантажена 15,58% загального навантаженням спірального каната, в інших перерізах дротинок 84,4% навантаження/ Загальний момент кручення викликає у зовнішніх дротинках напруження 5400,4Нмм. Автори роблять висновок, що напруження розтягнення в центральній дротині набагато менші, ніж у зовнішніх дротинах.

В роботі [4] розглянуто технічне моделювання сталевих розтягнутих канатів під дією розтягнення, кручення та згину. В дослідженнях було визначено, що напруження від дії контактних сил збільшуються при зменшенні осевих сил в дротинках. Запропонована формула напруженого стану поперечного перерізу виконана в трьохвимірному кінцевому елементі у вигляді кінцевої балки. Для цього виконаний статичний і динамічний аналіз цього елемента під дією зсуву і обертання. Особливу увагу приділено контактним силам, які відповідають процесу згину.

В роботі [5] розглянута задача визначення напружень в дротинках каната, який навивається на барабан чи на блок. Була отримана формула для визначення додаткового навантаження в канаті в залежності від геометричних параметрів каната і радіусу згину каната при згині його на барабані чи блоці. Розрахунки, які отримані по цій формулі, порівнювалися з експериментальними даними, які отримані І.Ф.Нікітіним. Різниця склала приблизно 5%.

В роботі [6] досліджувалось вплив кута відхилення на довговічність каната і блоків. На основі проведених досліджень зроблений вистовок, що чим більший кут відхилення каната, який набегає на блок, тим більше знос канатного блока і менше кількість годин роботи каната.

Викладення основного матеріала

Нами була отримана аналітична залежність для визначення допустимого кута відхилення каната, який набігає на блок. Якщо ми можемо допустити прилягання каната до борту блока на довжині s , то максимальний кут буде визначатися за формулою

$$tg\gamma = \frac{4(\omega l - th\omega l)}{D\omega l} + tg\theta \quad (1)$$

де $tg\theta$ – кут поворота в точці відрива його від поверхні блока;

D – діаметр блока;

$2l$ – відстань між блоками;

T – натягнення каната;

B – жорсткість згину каната;

k – постійна для канатів визначеної конструкції;

d – діаметр канату

$$де \quad tg\theta = \left(\frac{dt}{dv}\right)_{v=c} = \left(\frac{vtg\beta}{\sqrt{a^2+c^2}}\right)_{v=c} = \frac{ctg\beta}{\sqrt{\left(\frac{D}{2}-h\right)^2+c^2}} \quad (2)$$

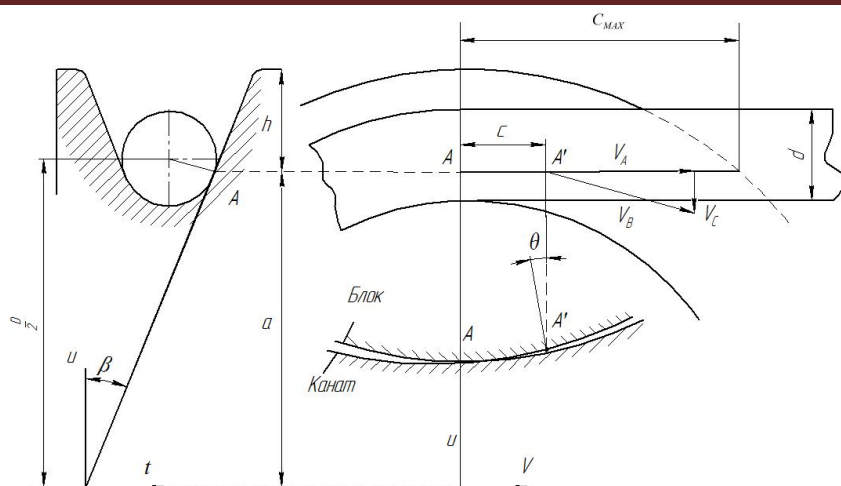


Рис.1 Відхилення каната на блоці

Об'єкт експериментальних досліджень представляє собою лабораторну установку для визначення довговічності каната в залежності від геометричних параметрів каната і канатного блока (рис.2).

Для проведення експериментальних досліджень нами була виготовлена машина з кулісним механізмом, яка складається з електродвигуна, циліндричної передачі, черв'ячного редуктора і канатних блоків. В машину додатково введений кривошипно-кулісний механізм, який з'єднаний з вихідним валом черв'ячного редуктора, а канатні блоки закріплені окремо від механізму для регулювання кутів нахилу каната.

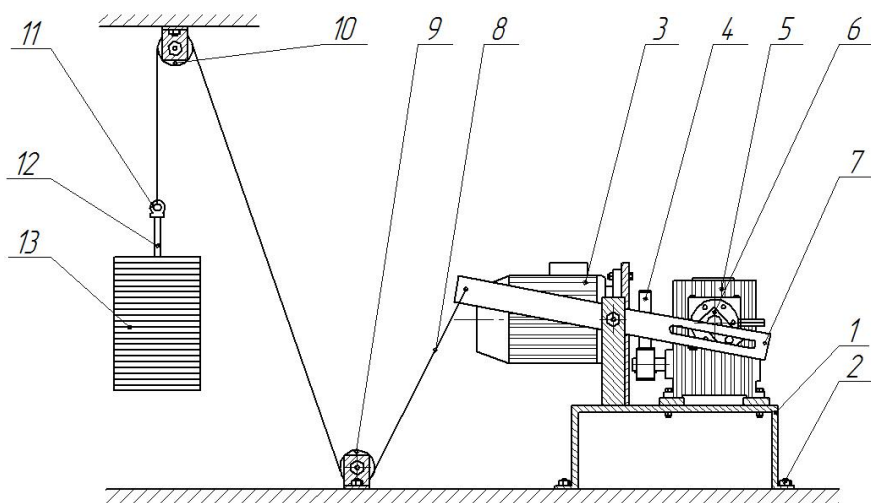
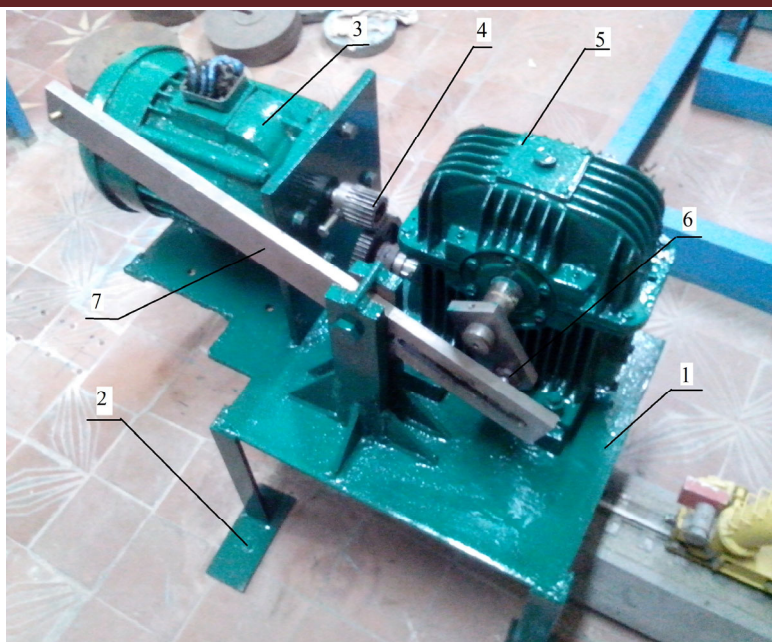
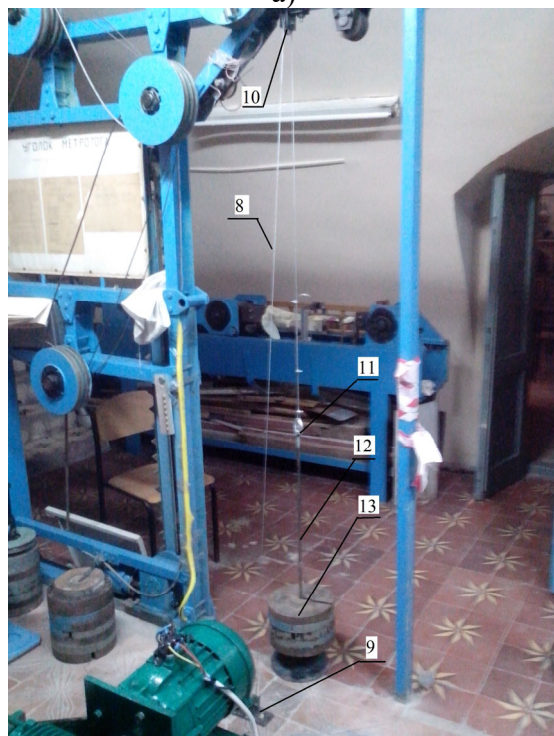


Рис.2 Схема експериментальної установки. 1 – станина, 2 – анкерне кріплення, 3 – електродвигун, 4 – циліндрична передача, 5 – черв'ячний редуктор, 6 – кривошип, 7 – коромисло, 8 – канат, 9, 10 – канатні блоки, 11 – рем гайка, 12 – стрижень, 13 – вантаж.



а)



б)

Рис.3 . Експериментальний стенд, а – вид зверху, б – вид збоку

Машина з кулисним механізмом для утомлених досліджень каната складається з станини 1, яка за допомогою анкерного кріплення 2 з'єднана з полом. На станині закріплений електродвигун 3, який за

допомогою циліндричної передачі 4 приводить до руху черв'ячний редуктор 5, на кінці якого закріплений кривошип 6, який входить в паз коромисла 7, яке шарнірно закріплено із станиною 1. На другому кінці коромисла закріплюється канат 8, який проходить через блоки 9 і 10, та за допомогою ремгайки 11 з'єднується зі стрижнем 12, безпосередньо на який одягається вантаж 13.

На першому етапі проводились дослідження впливу кута відхилення каната, який збігає з блока. Були вибрані три значення кута 3°, 5°, і 7° та три блока діаметрами 96мм, 72мм і 48мм. Кут $2\beta = 11^\circ$. Канат був натянутий вантажем 500Н. Результати отриманих значень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Дослідження каната ЛК-0 на довговічність при різних кутах відхилення на блоці діаметром 48мм.

№ дослідження	Кути відхилення каната		
	3°	5°	7°
1	9959	9572 9375	2654 2795
2	10134 9993	9468 9377	2807
3	9973	9260 9395	2789
4	9853 9979	9396	2689 2777
5	10031 9984	9347	2815
6	9968	9284 9398	2795
7	9899 9966	9254 9385	2699 2755
8	9916 9993	9511 9395	2824
9	10054 9972	9436	2789
10	9973	9456	2694

На основі отриманих експериментальних даних була виведена формула для коефіцієнта впливу відхилення каната на його довговічність

$$f = 0,01045\gamma^2 - 0,1672\gamma + 1,361 \quad (3)$$

Проведені нами дослідження дали можливість уточнити методику розрахунку каната по строку служби. Для цього введемо у формулу Ковальського додатковий коефіцієнт

$$D = \frac{ABC}{f} \left(d + abc \frac{T}{d} \right) \quad (4)$$

f – коефіцієнт, який враховує кут відхилення каната при сході з блока (3) (рис.4);

де a – коефіцієнт, який залежить від матеріала блока (сталь – 1,1; чівун – 1,0; дюралюміній – 0,8; капрон – 0,6);

b – коефіцієнт, який відображає вплив радіуса закруглення рівчака r і залежить від натягнення каната і напрямлення звивки;

c – коефіцієнт, який враховує металеве заповнення перерізу каната. Для шестипрядних канатів типа ТК $c = 0,21$, ЛК $c = 0,20$, для восьми прядних $c = 0,23$:

A – коефіцієнт, який встановлює зв'язок величини $\frac{D}{d}$ з кількістю циклів N ;

B – коефіцієнт, який враховує вплив конструкції каната;

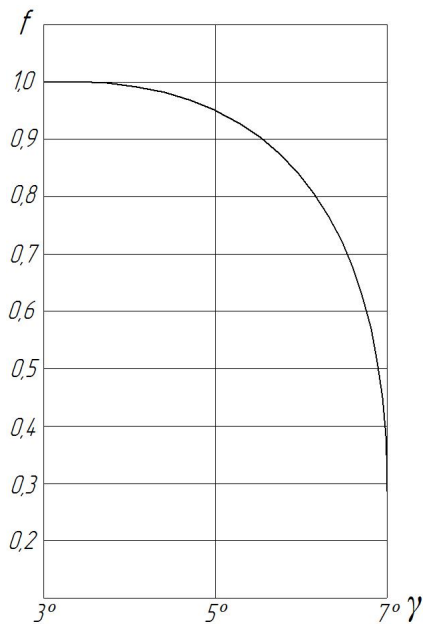


Рис.4. Коефіцієнт f

C – коефіцієнт, який враховує вплив розміра дротинки на межу витривалості при пульсуючих контактних напруженнях.

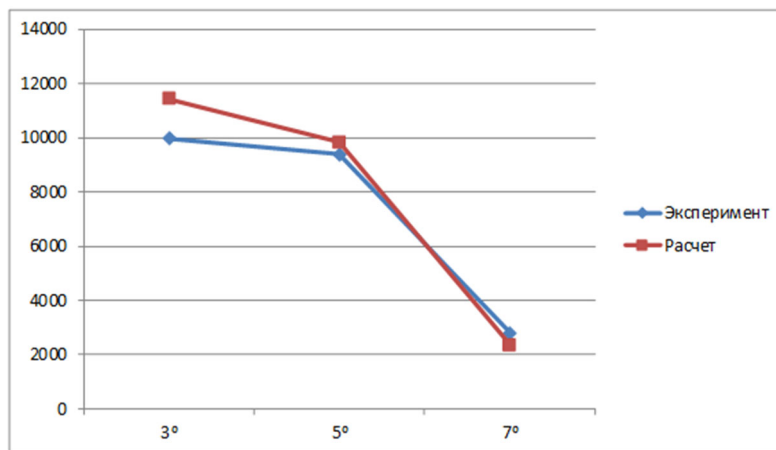


Рис.5 Розрахункові і середні значення досліджень каната на довговічність при різних кутах відхилення.

Висновки.

Питання відхилення каната на барабані і блоці являються об'єктом особливого обговорення в процесі проектування вантажопідйомних машин. При рішенні задачі про граничний кут відхилення каната на барабані приймалися деякі допущення, які зменшували точність розрахунку. В статті приводяться нові залежності, які дозволяють враховувати відстань між блоками і являються більш точними. Проведені експерименти підтвердили отримані аналітичні рішення.

Список використаних джерел

1. I.Xiang, H.Y.Wang, Y.Chen, Y.J.Guan, L.N.Dai A lastic-plastic modeling of metallic strands and wire ropes under axial tension and torsion loads. International Journal of Solids and Structures, 129 (2017) S,103-118.
2. V.A. Musikhin. Determination of Real Strain- stress State of the Steel – wire Rope Elements. International Conference on Industrial Engineering, ICIE 2016/ 1848-1852.
3. Y.A.Onur. Theoretical investigation of rope strand subjected to axial tensile load. Im. Rev. Appl. Sci.Eng. 10.(2019) 2. 141- 145.
4. L. Foti, L.Martineli. Mechanical modeling of metallic subjected to tension, torsion and bending. International Journal of Solids and Structures 9 (2016) 1-17.
5. Фідровська Н. М. Визначення напруження в дротині канату при набіганні на блоки і барабани / Н. М. Фідровська, А. О. Ломакін // *Машинобудування : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад.* – Харків, 2016. – Вип. 18. – С. 29-32.
6. Фідровська Н. М. Вплив кута відхилення на довговічність канату та блоків / Н. М. Фідровська, В. П. Водолажський, О. С. Писарцов. // *Збірник наукових праць. Машинобудування № 19. Українська інженерно-педагогічна академія.* – Харків 2017. – С.72-76

RESEARCH INFLUENCE OF THE DEFLECTION ANGLE OF A ROPE ON ITS DURABILITY.

Fidrovska N. M., Pisartsov O. S., Nesterenko V. V.

Abstract. All ropes are designed for static load without considering bending and torsion stresses. When calculating the rape, one proceeds from its density and straight-weight length. The actual working conditions of the rope is very different from their operation on a running maching. But the experimental studies conducted by scientists have determined the effect of various factors on the durability of ropes. On the basis of these experiments were developed methods for calculating ropes. The use of the proposed

machine with a rocker to study the stability allowed to expand the empirical data on the wear of the rope at different angles, which in turn allows you to increase the durability of the use of ropes in lifting machines. Permissible kut ottilennya rope on the block is based on the condition of limiting the overkill of the rope when it comes out of the arm of the block.

To increase the service life of the rope required to take the diameter of the block is larger than the diameter of the drum, because passing through the block rope has a sub-rotation, and on the drum it is bent once.

Keywords: rope, drum, durability, deflection angle of a rope, block, experimental studies.