

DOI 10.32820/2079-1747-2020-25-22-27

УДК 621.863

**ВПЛИВ ЖОРСТКОСТІ БАРАБАНА
НА ДИНАМІЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ КАНАТУ**©Фідровська Н.М.¹, Хурсенко С.О.²*Харківський національний автомобільно-дорожній університет¹**Харківський державний автотранспортний коледж²***Інформація про авторів:**

Фідровська Наталія Миколаївна: ORCID: 0000-0002-5248-273X; nfidrovskaya@ukr.net; доктор технічних наук; професор кафедри дорожніх і будівельних машин; Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, 61002, Україна.

Хурсенко Сергій Васильович: ORCID: 0000-0002-2373-4322; sergeyhursenko@ukr.net; викладач циклової комісії автомобілей; Харківський державний автотранспортний коледж; пл. Конституції, 28, м. Харків, 61003, Україна.

В статті розглянуто фактори, які впливають на динамічні навантаження при роботі механізму підйому вантажопідйомного крана.

Актуальність роботи міститься у тому що, дозволяє отримати розробку нових методів визначення напружено-деформованого стану канату, який намотується на крановий барабан. Напружено-деформований стан визначається розрахунковими та експериментальними методами у вигляді розподілу напружень, деформацій і переміщень в конструкції і є базою для оцінки статичної і динамічної міцності і ресурсу конструкцій на всіх етапах їх життєвого циклу.

В процесі роботи натягнення каната передається на всі дротинки або навіть пасма по різному, при цьому напружений стан канату ускладнюється в декілька разів.

Оцінка натягнення канату при його згинанні по шківу або барабану є досить важливою, тому що вона визначає напружений стан та довговічність не тільки каната, але і блока та барабана.

Крім статичних навантажень необхідно визначати і динамічні фактори, які виникають при перехідних процесах роботи механізму підйому. Для розробки методики розрахунку зусиль, які виникають в підйомному канаті і відповідно і в стінці барабану необхідно проаналізувати всі фактори, які впливають на величину статичних і динамічних навантажень.

Питання впливу канатного барабану на величину динамічних зусиль, які виникають в канаті при роботі механізму підйому, не має конкретного дослідження, тому отримані в статті дані являються досить цікавими і своєчасними.

Ключові слова: кран, механізм підйому, динамічні зусилля, міцність, жорсткість, канатний барабан, канат.

Фидровская Н.Н., Хурсенко С.А. «Влияние жесткости барабана на динамическую нагрузку каната».

В статье рассмотрены факторы, которые влияют на динамические нагрузки при работе механизма подъема грузоподъемного крана.

Актуальность работы заключается в том, что позволяет получить разработку новых методов определения напряженно-деформированного состояния каната, который наматывается на крановый барабан. Напряженно-деформированное состояние определяется расчетными и экспериментальными методами в виде распределения напряжений, деформаций и перемещений в конструкции и есть базой для оценки статической и динамической прочности и ресурсу конструкции на всех этапах ее жизненного цикла.

В процессе работы натяжение каната передается на все проволочки и даже пряди по разному, при этом напряженное состояние каната увеличивается в несколько раз.

Оценка натяжения каната при его изгибе на блоке или барабане является очень важным, потому что она определяет напряженное состояние и долговечность не только каната, но и блока и барабана.

Кроме статических напряжений необходимо определить и динамические факторы, которые возникают при переходных процессах работы механизма подъема. Для разработки методики расчета усилий, которые возникают в подъемном канате и соответственно и в стенке барабана необходимо проанализировать все факторы, которые влияют на статические и динамические нагрузки.

Вопросы влияния канатного барабана на величину динамических усилий, возникающих в канате при работе механизма подъема, не имеет конкретного исследования, потому что полученные в статье данные являются достаточно интересными и своевременными.

Ключевые слова: кран, механизм подъема, динамические усилия, прочность, жесткость, канатный барабан, канат.

Fidrovskа N. , Hursenko S. «Influence of the drum rigidity on the dynamic strain of the rope».

The article considers factors which influence the dynamic strain while operating the mechanism lifting the crane.

Topicality of the paper lies in the fact that it provides for the development of new methods of calculating the strain deformed state of the rope which twists on the crane drum. The strain deformed state is defined with calculations and experimental methods in the form of strain distribution, deformation and transference in a construction and serves a basis for evaluating static and dynamic durability and resources of constructions at all stages of its life cycle.

In the work process, the rigidity of the rope is transmitted to all wires and even locks in different ways, during which time the strain state of the rope increases by several times.

Evaluation of the tension of the rope at its bend on the bloc or drum is very important because it defines the strain state and longevity of not only the rope but also the blocs and drum.

Apart from the static strain, it is also necessary to define dynamic factors which arise loading while operating the lifting mechanism. For elaboration of the method of calculating efforts which arise while lifting the rope and, accordingly, in the wall of drum, it is necessary to analyze all factors which influence static and dynamic strain.

The issues of the influence of a rope drum on the level of dynamic strain which arises in the rope loading while operating the mechanism have not been thoroughly researched yet; therefore, the obtained facts covered in the article are interesting and topical.

Keywords: crane, lifting mechanism, dynamic strain, durability, rigidity, rope drum, rope.

Вступ

В підручниках і довідниках по вантажопідіймальним кранам наводяться наближені розрахунки барабанів, які використовуються в навчальній і конструкторській практиці. В багатьох випадках вони являються недостатніми.

Недоліком спрощеного розрахунку барабану являється невизначеність в оцінці запасів міцності і можливість більш повного використання матеріалу. Крім того, не враховуючі місцеві напруження, які виникають в місцях установки ребер жорсткості, а також в місцях спряження стінки з лобовиною, спрощений розрахунок не дає критерію для забезпечення міцності в цих точках.

Розрахунок барабана базується на рішеннях, які отримані для безкінечної товстостінної труби постійного перетину, навантажену постійним тиском. Наближеність такого розрахунку не підлягає сумніву. Вже давно це стало ясным і викликало проведення ряду досліджень, автори яких намагалися уточнити розрахункову схему, навантаження, які діють на барабан при намотуванні канату і у зв'язку з цим розробити розрахунки на міцність і стійкість барабану.

Огляд рішень, які мають місце

Значний вклад у вирішення задачі при визначенні напружень канатного барабана зробив Б.С. Ковальський [1,2].

Визначенню динамічних зусиль, які виникають при роботі механізму підйому присвячені роботи В.С. Ловейкіна [3].Л.Я. Будікова [4] та інших вчених.

Постановка проблеми

Розрахунок барабана базується на рішеннях, які отримані для безкінечної товстостінної труби постійного перетину, навантажену постійним тиском. Наближеність такого розрахунку не підлягає сумніву. Вже давно це стало ясным і викликало проведення ряду досліджень, автори яких намагалися уточнити розрахункову схему, навантаження, які діють на барабан при намотуванні канату і у зв'язку з цим розробити розрахунки на міцність і стійкість барабану.

Мета - дослідження динамічних навантажень, які впливають на напружено-деформований стан канатного барабана.

Викладення основного матеріалу

Динамічні моделі вантажопідйомних кранів при підйомі вантажу складаються (на прикладі мостових кранів) :

маси: моста, візка, частин приводу підйому вантажа, які обертаються, вантажа;
жорсткості: моста, вантажних канатів.

В цю схему не входить канатний барабан, який послідовно розташований в ланці: вантажний канат – канатний барабан – елементи металоконструкції.

Приведений коефіцієнт жорсткості барабан (C_b) – вантажний канат (C_k) визначаємо за формулою:

$$C = \frac{C_b C_k}{C_b + C_k} \quad (1)$$

Зрозуміло, що прийняти $C \approx C_k$ можна тільки при умові $C_b \gg C_k$, тобто щоб не включати в схему коефіцієнт жорсткості канатного барабана його жорсткість повинна бути значно (на 2-3 порядки) перевищувати жорсткість вантажного каната.

Визначимо жорсткість канатного барабана при умові скупчення всього навантаження від натягнення каната на одному замкнутому витку. Вважаємо, що навантаження від натягнення каната S приводить до рівномірно розподіленого стискуючого зусилля по лінії контакту канат – циліндрична оболонка $p = \frac{S}{R}$.

В цьому випадку прогин стінки оболонки:

$$w_{\max} = \frac{pR^2\gamma}{2E\delta} = \frac{SR\gamma}{2E\delta}, \quad (2)$$

де δ - товщина обичайки барабана, E – модуль пружності матеріала барабана, ν - коефіцієнт Пуассона,

$$\gamma = \sqrt[4]{\frac{3(1-\nu^2)}{R^2\delta^2}}.$$

Для сталі приймаємо $\nu = 0,35$, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, тоді отримаємо

$$\gamma = \frac{1,29}{\sqrt{Rh}}$$

Жорсткість стінки барабана

$$C_b = \frac{S}{\frac{SR\gamma}{2E\delta}} = \frac{2E\delta}{R\gamma} = \frac{2E\delta\sqrt{R\delta}}{1,29R} = 1,55 \frac{E\delta}{\sqrt{\lambda}} = \frac{3,1 \cdot 10^5 R}{\lambda\sqrt{\lambda}},$$

$$\text{де } \lambda = \frac{R}{\delta}.$$

Проведемо деякі рахунки:

$\lambda = \frac{R}{\delta}$	20	20	50	50	100	100
R , м	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
C_b , (Н/м)	$0,87 \cdot 10^9$	$1,74 \cdot 10^9$	$0,22 \cdot 10^9$	$0,44 \cdot 10^9$	$0,78 \cdot 10^8$	$1,56 \cdot 10^8$

Коефіцієнт жорсткості канатів

$$C_k = \frac{E_k F_k}{l},$$

де E_k - модуль пружності каната; F_k - площа перерізу всіх гілок каната; l - довжина каната (підвіса вантажа).

Для канатів з органічним осердям $E_k = (7 \div 14)10^4$ МПа;

$$F_k \approx k_z \frac{\pi d_k^2}{4},$$

де $k_z = 0,5$ – коефіцієнт заповнення металом перерізу каната (для шести гілкових канатів).

Проведемо розрахунки

d_k , мм	8,1	11,5	17,5	21,0
F_k , мм ²	51,5	103,8	240,4	346,2
C_k	$1,54 \cdot 10^4$	$3,11 \cdot 10^4$	$7,21 \cdot 10^4$	$1,03 \cdot 10^5$

Як бачимо, $C_k \ll C_b$.

Для проведення порівняння нами були проведені розрахунки і побудовані криві динамічних зусиль, які виникають при підйомі вантажу вагою 8 т з урахуванням жорсткості барабана (рис. 1) і без урахування жорсткості барабана (рис. 2).

Як бачимо, динамічні зусилля при урахуванні жорсткості барабана практично не змінюються.

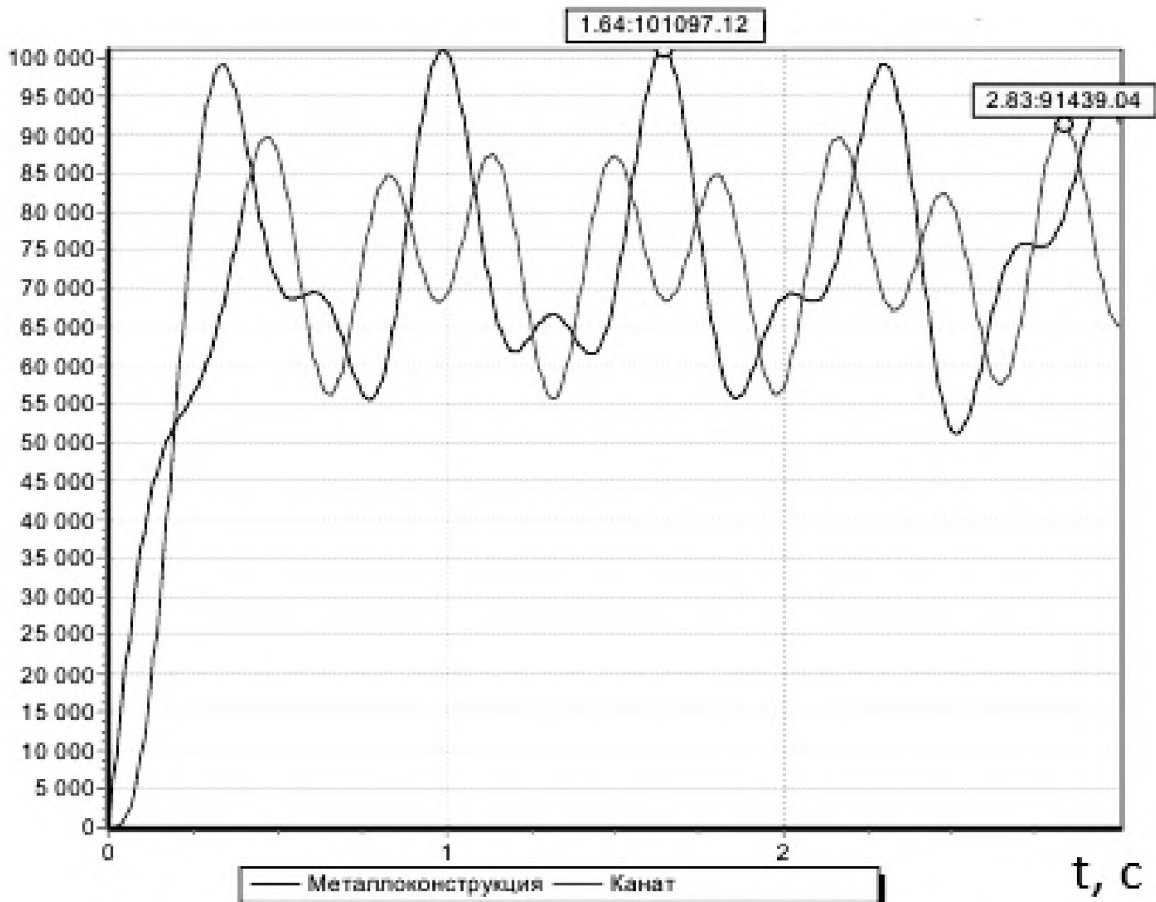


Рис.1. Динамічні зусилля, які виникають при підйомі вантажу вагою 8т з урахуванням жорсткості барабана

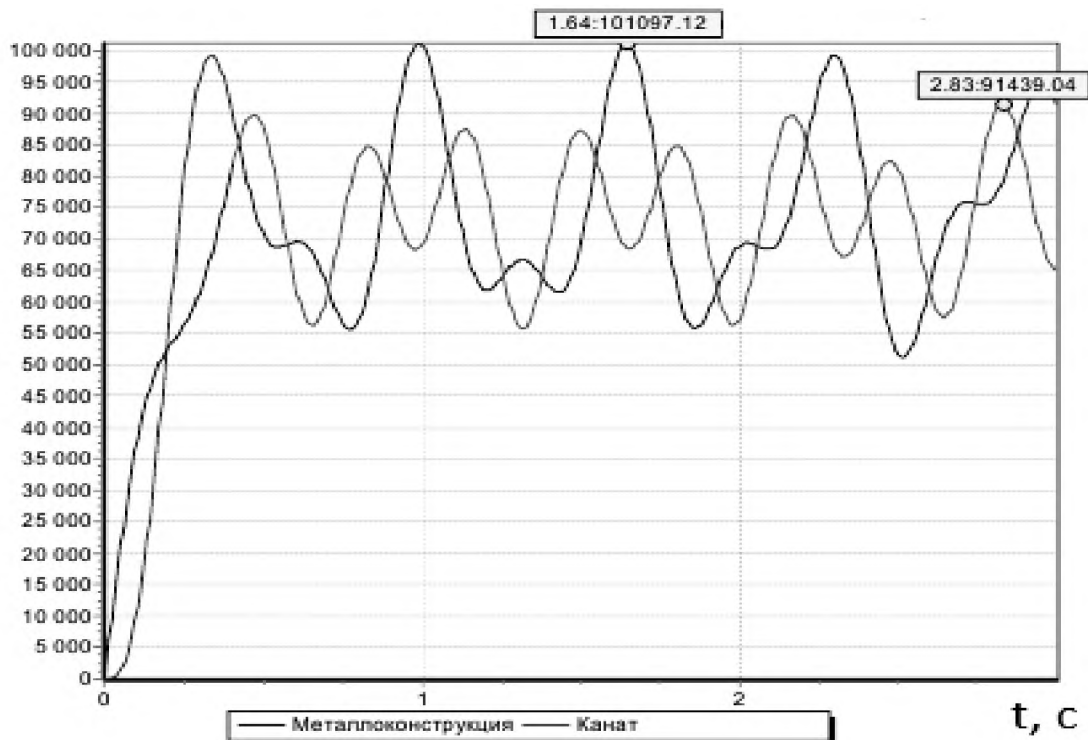


Рис. 2. Динамічні зусилля, які виникають при підйомі вантажу вагою 8т без урахування жорсткості барабана

Висновки

Проведені дослідження доводять, що внаслідок того, що жорсткість барабана на декілька порядків перевищує жорсткість канатів, динамічні зусилля на барабані не мають суттєвого значення.

Список використаних джерел

- 1.Ковальський Б.С. Барабаны грузоподъемных машин/ Б.С.Ковальський, С.В.Кожин. – Харьков.: ХВКИУ, 1969.- 164с.
- 2.Ковальський Б.С. Грузоподъемные машины, канаты, блоки, барабаны / Б.С.Ковальський . – Харьков.: ХВКИУ, 1961. – 196с.
- 3.Ловейкін В.С. Теоретичні основи розрахунку віброгасителів коливань механізмів підйому вантажу промисловими роботами- маніпуляторами та вантажопідійомними (мостовими) кранами / В.С. Ловейкін, Ю.В.Човнюк, М.Г. Діктерук // Підйомно-транспортна техніка . № 3 , Дніпропетровськ, 2008 – С. 5 -19.
4. Будиков Л.Я. О динамике подъема груза грейферными кранами / Л.Я.Будиков, В.А. Добрицин, С.В.Коваленко // Подъемно-транспортная техника.- Днепропетровск: ДИИТ, 2008. - № 4 – С. 29-31.

References

1. Kovalskij, BS & Kozhin, SV 1969, Barabany gruzopodemnyh mashin, Harkovskoe vyssee komandno-inzhenernoe uchilishhe, Harkov.
2. Kovalskij, BS 1961, Gruzopodemnye mashiny, kanaty, bloki, barabany, Harkovskoe vyssee komandno-inzhenernoe uchilishhe, Harkov.
3. Loveykin, VS, Chovniuk, YuV & Dikteruk, MH 2008, 'Teoretychni osnovy rozrakhunku vibrohasyteliv kolyvan mekhanizmv pidiomu vantazhu promyslovymy robotamy-manipuliatoramy ta vantazhopidiomnymy (ostovymy) kranamy', Pidjomno-transportna tekhnika, no. 3, pp. 5-19.
4. Budikov, LJ, Dobricin, VA & Kovalenko, SV 2008, 'O dinamike podema gruzu grejfemimi kranami', Pidjomno-transportna tekhnika, no. 4, pp. 29-31.

Стаття надійшла до редакції 27 січня 2020 р.