

УДК 621.86

ИЗМЕНЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ВИТКАХ КАНАТА ПРИ НАВИВКЕ НА БАРАБАН

©Ломакин А. А.

Украинская инженерно-педагогическая академия

В статье приведены результаты эксперимента, по определению изменения напряжений в витках каната при навивке на барабан, проведенного в лабораторных условиях, и сделано сравнение полученных результатов.

Ключевые слова: канат, барабан, напряжения, ZETLab, витки, тензодатчики, сигнал, экспериментальная установка.

Ломакин А. О. «Зміна напружень у витках каната при навивці на барабан».

У статті наведено результати експерименту, з визначення зміни напружень у витках каната при навивці на барабан, проведенного в лабораторних умовах, та зроблено порівняння отриманих результатів.

Ключові слова: канат, барабан, напруження, ZETLab, витки, тензодатчики, сигнал, експериментальна установка.

Lomakin A. A. "Tension changes in a steel rope turns during winding on the drum".

The article presents the results of an experiment to determine the tension changes in the turns of the steel rope during winding on the drum, conducted in the laboratory, and made a comparison of the results obtained.

Key words: steel rope, drum, tension, strain gauges, ZETLab, signal, experimental setup.

1. Введение

Тяговый канат относится к числу наиболее нагруженных и ответственных элементов грузоподъемных механизмов. Существующие методики проектирования предусматривают лишь расчет каната на растяжение при условии его статической нагрузки, но не учитывается действие напряжения изгиба. Для более точного выбора канатов необходимо точное определение нагрузок, воспринимаемых канатом при навивке на барабан, во время подъема груза.

2. Основная часть

С целью определения напряжений в витках каната при навивке на барабан была разработана экспериментальная установка.

В общем виде экспериментальная установка имеет вид (см. рис. 1).

На гладкий барабан, который имеет следующие размеры: диаметр 150 мм, длина 200 мм, толщина стенки 1,8 мм наматывался стальной канат диаметром 6,4 мм по ГОСТ 3077-80, к которому подвешен груз. С внешней стороны навиваемого каната на прядь наклеен датчик, который измеряет деформацию с помощью устройства ZET 210 [2].

Сценарий записи (каналы, частота дискретизации, режим записи и т.д.) задается с компьютера и программы регистратора [4]. С помощью ручного привода канат навивается на барабан. Высота подъема составляла 1,2 м, нагрузка 3975 Н [1].

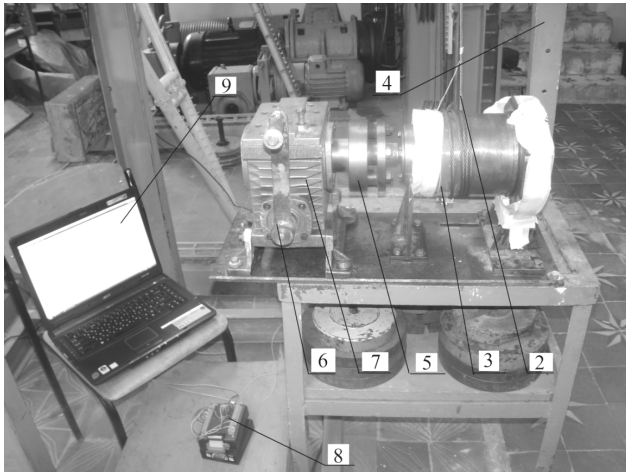


Рис. 1 - Общий вид экспериментальной установки с регистратором напряжений ZET 210: 1 – измерительные тензорезисторы; 2 – стальной канат диаметром 6,4 мм; 3 – канатный барабан; 4 – опорная рама; 5 – муфта; 6 – приводная ручка; 7 – редуктор; 8 – ZET 210 и ZET 240; 9 – базовое программное обеспечение ZETLab

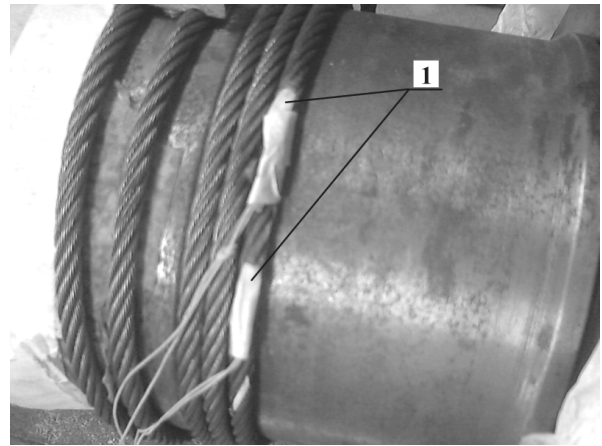


Рис. 2 - Стальной канат (расположение измерительных тензорезисторов)

Примененная схема подключения тензорезисторов представлена на рис. 3.

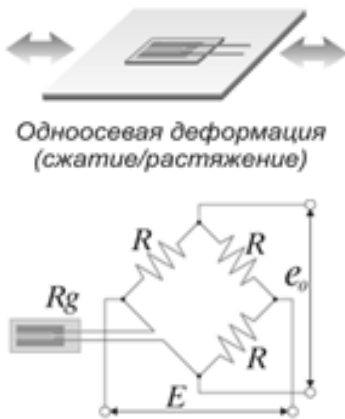


Рис. 3 - Схема подключения тензорезисторов

Подключен один активный тензорезистор, двухпроводная схема подключения. Применима при малых изменениях температуры. Без термокомпенсации. $\times 1$ выход. Изгиб также влияет на измерения [3, 4].

Полученные в ходе эксперимента результаты представим на рис. 4.

Для выбранной схемы подключения [4].

$$e_0 = (E / 4) \cdot K_s \cdot \varepsilon_0 \quad (1)$$

из данной формулы выразим деформацию ε_0 для точки контакта

$$\varepsilon_0 = \frac{e_0}{(E / 4) \cdot K_s} = \frac{56,5}{(1500 / 4) \cdot 2,0} = 75,4 \cdot 10^{-3} \text{ мм} \quad (2)$$

где: e_0 - напряжение в испытуемом образце, полученное экспериментальным путем [мВ];

E - питание моста $E = 1,5 \text{ В} = 1500 \text{ мВ}$

K_s - коэффициент тензо-чувствительности $K_s = 2$

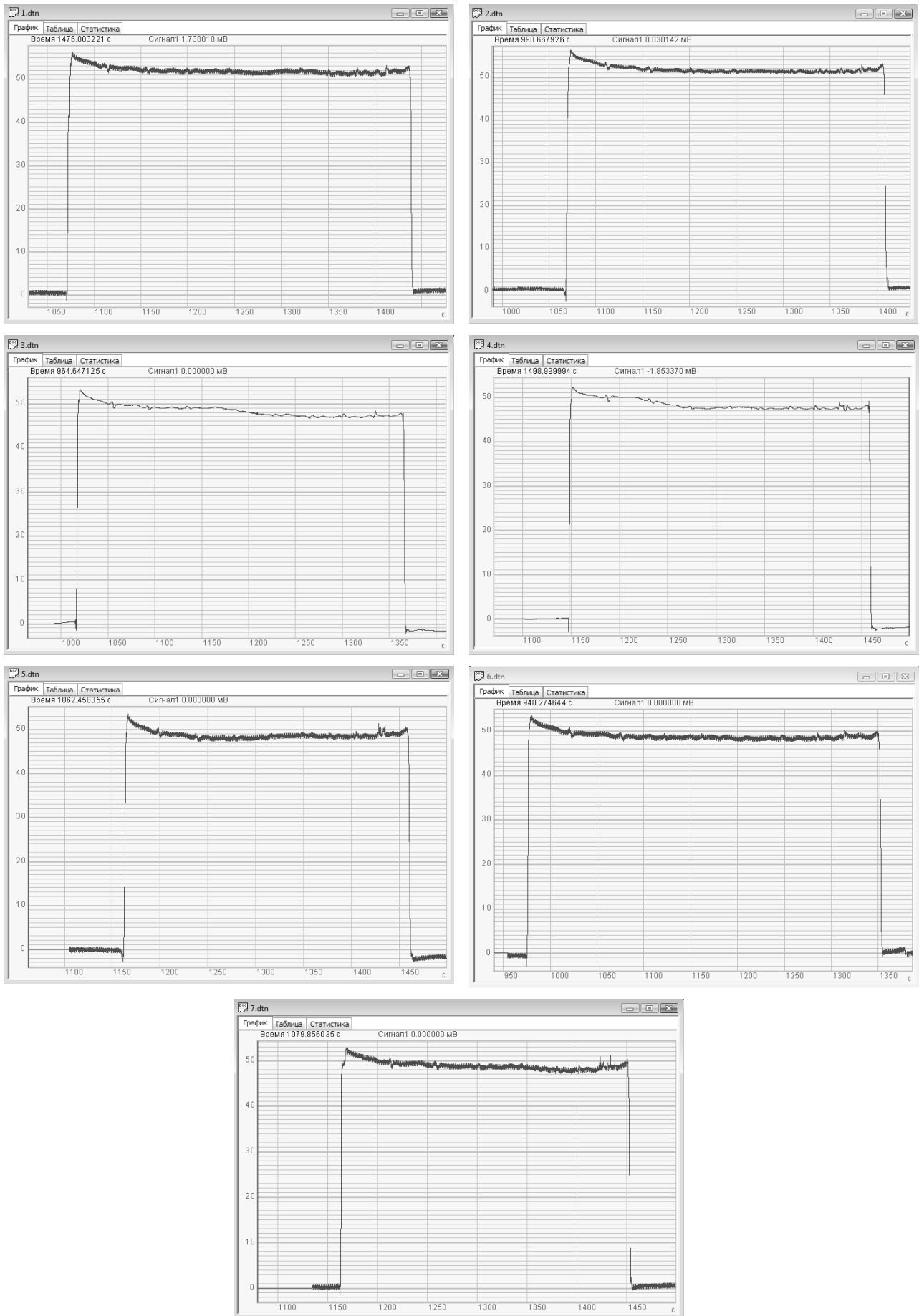


Рис. 4 - Напряжения в навиваемом на барабан гибком стержне, полученные экспериментальным путем с использованием АЦП ZetLab 210

Данные, полученные при обработке результатов, представим в виде табл. 1.

Таблица 1 - Напряженность навиваемого на барабан каната

Точка на графике	Выходное напряжение (мВ)						
	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3	Опыт 4	Опыт 5	Опыт 6	Опыт 7
точка отсчета	0,8	0,5	-0,8	-1	0,3	0,26	0,19
точка контакта *	56,5	56,47	53,6	53,65	52,95	53,12	52,8
точка на витке №1	51,85	51,8	49,8	49,85	49,73	49,71	49,74
точка на витке №2	51,35	51,3	47,8	47,87	47,6	49,5	49,12
точка на витке №3	51,1	50,9	47,19	47,29	47,3	48,8	47,52
точка на витке №4	50,82	50,48	46,9	47,05	46,92	47,3	47,3

* точка - тело датчика

Найдем абсолютную деформацию:

$$\varepsilon_a = \frac{dl}{l} = \frac{\varepsilon_0}{L_d} = \frac{75,4 \cdot 10^{-3}}{3,7} = 20,3 \cdot 10^{-3} \text{ мм} \quad (3)$$

здесь L_d – длина тела датчика $L_d = 3,7 \text{ мм}$,

тогда напряжение в точке контакта

$$\sigma = E \cdot \varepsilon_0 = 2,0 \cdot 10^5 \cdot 20,3 \cdot 10^{-3} = 4072,07 \text{ Н/мм}^2 \quad (4)$$

где $E = 2,0 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$ – модуль Юнга (упругости) стали.

Используя программную оболочку Mathcad [5], определим деформации и напряжения в витках каната при навивке на барабан, результаты расчетов представим в табл. 2.

По полученным результатам строим графики напряжений в витках каната (рис. 5 и рис. 6).

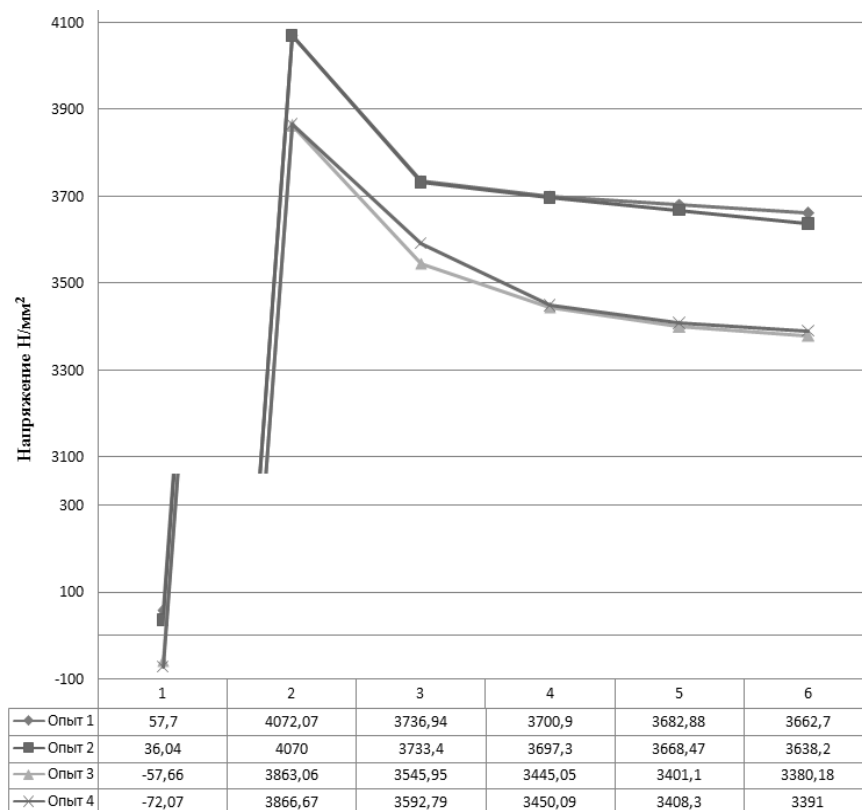


Рис. 5 – Графики напряжений в витках каната, опыты 1-4

Таблиця 2 – Результати расчетов

№	Точка на графике	точка отсчета	точка контакта *	точка на витке №1	точка на витке №2	точка на витке №3	точка на витке №4
Опыт 1	деформ. мест. (мм)	$0,10 \cdot 10^{-3}$	$75,4 \cdot 10^{-3}$	$69,1 \cdot 10^{-3}$	$68,46 \cdot 10^{-3}$	$68,13 \cdot 10^{-3}$	$67,76 \cdot 10^{-3}$
	деформ. абсол. (мм)	$0,28 \cdot 10^{-3}$	$20,3 \cdot 10^{-3}$	$18,7 \cdot 10^{-3}$	$18,5 \cdot 10^{-3}$	$18,4 \cdot 10^{-3}$	$18,3 \cdot 10^{-3}$
	напряж. (Н/мм ²)	57,7	4072,07	3736,94	3700,9	3682,88	3662,7
Опыт 2	деформ. мест. (мм)	$-0,66 \cdot 10^{-3}$	$75,3 \cdot 10^{-3}$	$69,07 \cdot 10^{-3}$	$68,4 \cdot 10^{-3}$	$67,8 \cdot 10^{-3}$	$67,3 \cdot 10^{-3}$
	деформ. абсол. (мм)	$0,18 \cdot 10^{-3}$	$20,3 \cdot 10^{-3}$	$18,66 \cdot 10^{-3}$	$18,48 \cdot 10^{-3}$	$18,3 \cdot 10^{-3}$	$18,2 \cdot 10^{-3}$
	напряж. (Н/мм ²)	36,04	4070	3733,4	3697,3	3668,47	3638,2
Опыт 3	деформ. мест. (мм)	$-0,1 \cdot 10^{-3}$	$71,47 \cdot 10^{-3}$	$65,6 \cdot 10^{-3}$	$63,7 \cdot 10^{-3}$	$62,9 \cdot 10^{-3}$	$62,9 \cdot 10^{-3}$
	деформ. абсол. (мм)	$-0,29 \cdot 10^{-3}$	$19,3 \cdot 10^{-3}$	$17,7 \cdot 10^{-3}$	$17,2 \cdot 10^{-3}$	$17,0 \cdot 10^{-3}$	$16,9 \cdot 10^{-3}$
	напряж. (Н/мм ²)	-57,66	3863,06	3545,95	3445,05	3401,1	3380,18
Опыт 4	деформ. мест. (мм)	$-1,33 \cdot 10^{-3}$	$71,5 \cdot 10^{-3}$	$66,46 \cdot 10^{-3}$	$63,8 \cdot 10^{-3}$	$63,05 \cdot 10^{-3}$	$62,73 \cdot 10^{-3}$
	деформ. абсол. (мм)	$-0,36 \cdot 10^{-3}$	$19,33 \cdot 10^{-3}$	$17,96 \cdot 10^{-3}$	$17,25 \cdot 10^{-3}$	$17,34 \cdot 10^{-3}$	$16,95 \cdot 10^{-3}$
	напряж. (Н/мм ²)	-72,07	3866,67	3592,79	3450,09	3408,3	3391
Опыт 5	деформ. мест. (мм)	$0,4 \cdot 10^{-3}$	$70,6 \cdot 10^{-3}$	$66,30 \cdot 10^{-3}$	$63,47 \cdot 10^{-3}$	$63,06 \cdot 10^{-3}$	$62,56 \cdot 10^{-3}$
	деформ. абсол. (мм)	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$19,08 \cdot 10^{-3}$	$17,92 \cdot 10^{-3}$	$17,15 \cdot 10^{-3}$	$17,04 \cdot 10^{-3}$	$16,90 \cdot 10^{-3}$
	напряж. (Н/мм ²)	21,62	3816,22	3584,14	3430,63	3409,01	3381,62
Опыт 6	деформ. мест. (мм)	$0,37 \cdot 10^{-3}$	$70,82 \cdot 10^{-3}$	$66,28 \cdot 10^{-3}$	$66,0 \cdot 10^{-3}$	$65,06 \cdot 10^{-3}$	$64,53 \cdot 10^{-3}$
	деформ. абсол. (мм)	$0,094 \cdot 10^{-3}$	$19,14 \cdot 10^{-3}$	$17,94 \cdot 10^{-3}$	$17,83 \cdot 10^{-3}$	$17,58 \cdot 10^{-3}$	$17,44 \cdot 10^{-3}$
	напряж. (Н/мм ²)	18,74	3828,47	3582,7	3567,57	3517,12	3488,3
Опыт 7	деформ. мест. (мм)	$0,25 \cdot 10^{-3}$	$70,4 \cdot 10^{-3}$	$66,32 \cdot 10^{-3}$	$65,49 \cdot 10^{-3}$	$63,36 \cdot 10^{-3}$	$63,06 \cdot 10^{-3}$
	деформ. абсол. (мм)	$-0,06 \cdot 10^{-3}$	$19,03 \cdot 10^{-3}$	$17,92 \cdot 10^{-3}$	$17,70 \cdot 10^{-3}$	$17,12 \cdot 10^{-3}$	$17,04 \cdot 10^{-3}$
	напряж. (Н/мм ²)	13,69	3805,41	3584,86	3540,18	3424,86	3409,01
* точка - тело датчика							

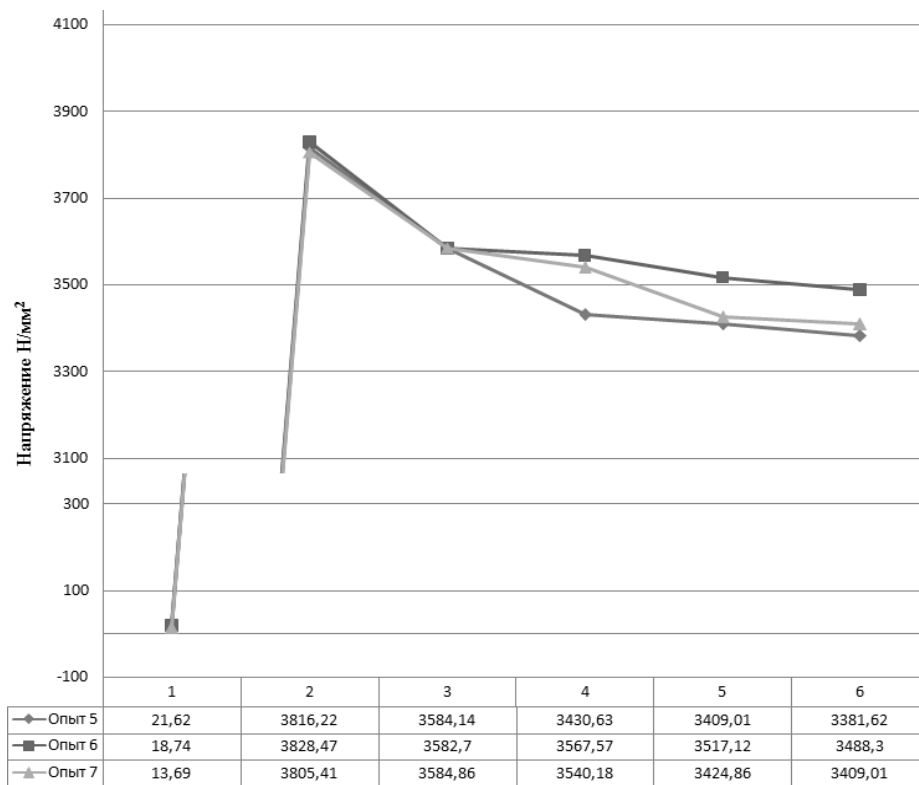


Рис. 6 – Графики напряжений в витках каната, опыты 5-7.

Выводы

Проанализировав полученные графики (рис. 5 и рис. 6) видно, что максимальное напряжение каната при навивке на барабан приходится на точку контакта. Падение напряжения между точкой контакта и началом второго витка составляет в среднем 7,25 %, между точкой контакта и началом третьего витка составляет в среднем 9 %, между точкой контакта и началом четвертого витка составляет в среднем 10,3 %, между точкой контакта и концом четвертого витка составляет в среднем 11 %.

Список использованных источников:

1. Александров М. П. Грузоподъемные машины /М. П. Александров. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана : Высшая школа, 2000. – 552 с.
2. Фидровская Н. Н. Исследование напряжений в стене канатного барабана экспериментальным методом / Н. Н. Фидровская, И. С. Варченко // Восточно - Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №5/5. – С. 60–63.
3. Немец И. Практическое применение тензорезисторов / И. Немец ; пер. с чеш. А. Г. Мазепы. – М. : Энергия, 1970. – 144 с. – (Библиотека по автоматике ; вып. 393)
4. Формирование тензометрических мостовых схем [Электрон. ресурс]. – Режим доступа : http://www.zetlab.ru/support/articles/tenzo/tenzo_shemi.php. (дата обращения 26.03.2014).
5. Гурский Д. А. Вычисления в Mathcad 12 / Д. А. Гурский, Е. С. Турбина.- СПб. : Питер, 2006. — 544 с.: ил.

Стаття надійшла до редакції 9 квітня 2014 р.