

УДК 621.876.001

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ДИНАМИКИ КАНАТА ОДНОКОНЦЕВОГО ПОДЪЕМНИКА**

©Осипова Т. Н.

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про автора:

Осипова Тетяна Миколаївна: ORCID: 0000-0002-1915-4734; tanya_338@mail.ru; асистент кафедри металоріжучого обладання і транспортних систем; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Установлен метод определения напряженно-деформированного состояния элементов конструкции – метод электротензометрии, где чувствительным к деформациям элементом является тензорезистор, подключенный по соответствующей схеме к регистрирующей аппаратуре.

Приведена конструкция экспериментальной модели одноконцевой подъемной установки, состоящая из тельфера, подъемного каната, модели клетки с грузом, демпфирующего устройства, измерительной пластины с активными тензорезисторами и модуля АЦП/ЦАП ZET 210, регистрирующего напряженно-деформированное состояние исследуемого объекта.

Получены результаты экспериментальных исследований, что свидетельствуют про достоверность закономерностей, полученных теоретическим путем, а предложенная конструкция демпфирующего устройства с резиновыми элементами эффективна. Коэффициент динамичности каната с учетом только диссипативных сил каната находится в пределах 1,94, применение демпфирующего устройства уменьшает коэффициент динамичности в среднем до 1,345 в зависимости от веса концевого груза.

Ключевые слова: одноконцевой подъемник; динамика; демпфирующее устройство; осциллограмма; коэффициент динамичности.

Осипова Т. М. «Експериментальні дослідження динаміки канату однокінцевого підйомника».

Установлено метод визначення напружено-деформованого стану елементів конструкції – метод електротензометрії, де чутливим до деформацій елементом є тензорезистор, підключений за відповідною схемою до реєструвальної апаратури.

Наведено конструкція експериментальної моделі однокінцевий підйомної установки, що складається з тельфера, підйомного каната, моделі кліті з вантажем, демпфувального пристрою, вимірювальної пластини з активними тензорезисторами і модуля АЦП/ЦАП ZET 210, реєструвального напружено-деформований стан досліджуваного об'єкта.

Отримано результати експериментальних досліджень, що свідчать про достовірність закономірностей, отриманих теоретичним шляхом, а запропонована конструкція демпфуючого пристрою з гумовими елементами ефективна. Коефіцієнт динамічності каната з урахуванням тільки дисипативних сил каната знаходиться в межах 1,94, застосування демпфуючого пристрою зменшує коефіцієнт динамічності в середньому до 1,345 в залежності від ваги кінцевого вантажу.

Ключові слова: однокінцевий підйомник; динаміка; демпфувальний пристрій; осцилограма; коефіцієнт динамічності.

Osypova T. “Experimental researches of dynamics of rope of one-end lift”.

Established method for determining the stress-strain state of structural elements – method electrical tensometry where sensitive to deformation element is a strain gauge attached on the respective scheme to the recording equipment.

Describes an experimental model one-end lift installation consisting of a hoist, hoisting rope, cage models with load, damping device, a measuring plate with active strain gauges and ADC/DAC ZET 210 module, a recording stress-strain state of the object.

Obtained results of experimental studies that suggest about the accuracy of laws, obtained theoretically, and the proposed construction of a damping device with rubber elements is effective. Coefficient of dynamic rope considering only dissipative forces rope is in the range 1,94 application device reduces the dynamic damping ratio to an average of 1,345, depending on the weight of the cargo terminal.

Key words: oneend lift; dynamics; damping device; waveform; coefficient of dynamic.

1. Введение

Результаты теоретических исследований и численного эксперимента динамических процессов в канатах подъемных установок, полученных путем решения математической модели необходимо проверить натурным экспериментом.

При определении напряженно-деформированного состояния элементов конструкции широко распространен метод электротензометрии, где чувствительным к деформациям элементом является тензорезистор, подключенный по мостовой схеме к регистрирующей аппаратуре [1–5]. В тензорезисторах при внешнем воздействия изменяется активное сопротивление чувствительного элемента, и применяются они для преобразования механических напряжений, усилий и деформаций в электрический сигнал. Они наилучшим способом удовлетворяют критерию «стоимость – эффективность».

В тензометрии наиболее широко используют полумостовые схемы и схемы полного моста. Полумостовые схемы обеспечивают существенную компенсацию температурных погрешностей. Схема полного моста может работать с двумя активными и двумя пассивными тензорезисторами или с четырьмя активными тензорезисторами, из которых два воспринимают деформацию растяжения, а два – деформацию сжатия.

2. Анализ литературных данных

Исследования различных процессов на лабораторных моделях и установках в отличие от натуральных машин имеют преимущества в том, что они значительно дешевле и проще в исполнении, позволяют исследовать варианты конструкций и т.д. Конструкции лабораторных установок в отличие и натуральных машин должны быть геометрически подобными [6–7]. При создании физических моделей необходимо основываться на том, чтобы напряжения не выходят за границы закона Гука. Эти идеи положены в основу лабораторного эксперимента по исследованию динамики каната одноконцевой подъемной установки.

3. Цель и задачи исследования

Целью данной работы является изучение динамических процессов колебательного характера в канате одноконцевого подъемника в условиях лабораторного эксперимента и подтверждение результатов теоретических исследований, а также проверка эффективности работы резинометаллического демпфирующего устройства.

Для достижения поставленной цели необходимо провести экспериментальные исследования динамики каната на разработанной лабораторной экспериментальной установке (модели), рассмотреть

Динаміка та міцність машин

влияние резинометаллического демпфирующего устройства на колебания каната подъемника; провести сравнительный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований; установить эффективность применения разработанного резинометаллического демпфирующего устройства.

4. Устройство экспериментальной установки

Экспериментальные исследования проводились на лабораторной установке (см. рис. 1), разработанной и установленной в учебно-производственных мастерских Украинской инженерно-педагогической академии. Экспериментальная модель одноконцевой подъемной установки состоит из электрического канатного тельфера (7) марки Т 10312 (см. рис. 1), в конструкцию которого входят трехфазный асинхронный двигатель со встроенным конусным тормозом, двухступенчатый планетарный редуктор, зубчатая муфта, барабан с канатоукладчиком.

Управление тельфером производится с ручного пульта управления. Стальной канат (6) навивается на цилиндрический нарезной барабан, поднимая и опуская клеть (2) с грузом (1). Клеть (2) движется по жестким вертикальным направляющим (5), обеспечивающим вертикальное движение без бокового раскачивания. Коуш крепится к измерительной пластине (4) с тензодатчиками, которые передают сигнал на аналогово-цифровой преобразователь ZET 210 (10) и усилитель ZET 410 (9), которые подсоединены к персональному компьютеру – ноутбуку (11). Измерительная пластина (4) соединяется с моделью клетки (2), оборудованной съемным демпфирующим устройством с резиновыми элементами (3).

Теория подобия имеет большое значение при моделировании различных явлений. Моделирование – это замена изучения интересующего явления в натуре изучение аналогичного явления на модели меньшего или большего масштаба, в специальных лабораторных условиях, то есть по результатам опытов с моделями можно давать необходимые ответы о характере эффектов, связанных с явлениями в натуральных условиях [6, 7].

При проектировании лабораторной установки была использована гомогенность, то есть подобное преобразование отдельных переменных. В нашем случае рассматриваем геометрическое подобие по отдельному элементу – диаметру каната.

В табл. 1 представлена сравнительная характеристика модели и натурной одноконцевой подъемной установки. Из табл. 1 видно, что расхождение между коэффициентом подобности и условиями теории подобности находятся в допустимых границах и поэтому результаты лабораторного эксперимента могут быть перенесены на промышленную одноконцевую подъемную установку.

5. Измерительная аппаратура

Регистрация напряженно-деформированного состояния исследуемого объекта проводилась при помощи модуля АЦП/ЦАП ZET210 [8], который предназначен для измерений параметров сигналов в широком частотном диапазоне, поступающих с различных первичных преобразователей. Подключение измерительной аппаратуры представлено на рис. 2.

Для измерения сопротивления тензорезисторов собиралась полумостовая схема подключения тензорезисторов с термокомпенсацией (см. рис. 3), в которой два активных тензорезистора. Температурная погрешность кабеля исключена. Деформация изгиба исключена [8].

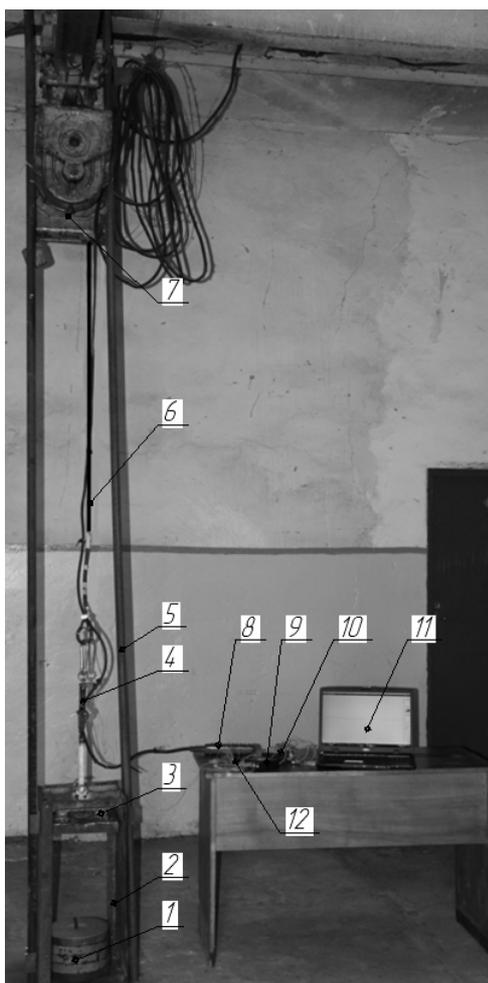


Рис. 1 – Экспериментальная установка:

- 1 – груз; 2 – модель клетки; 3 – демпфирующее устройство с резиновыми элементами;
- 4 – измерительная пластина с активными тензорезисторами;
- 5 – направляющие; 6 – канат;
- 7 – тельфер; 8 – пульт управления;
- 9 – усилитель ZET 410;
- 10 – АЦП/ЦАП ZET 210; 11 – ноутбук;
- 12 – компенсационные тензорезисторы

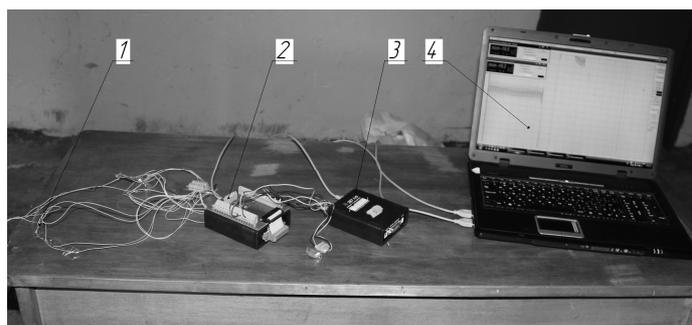


Рис. 2 – Подключение измерительной аппаратуры: 1 – компенсационные тензорезисторы; 2 – АЦП/ЦАП ZET 210; 3 – усилитель ZET 410; 4 – ноутбук

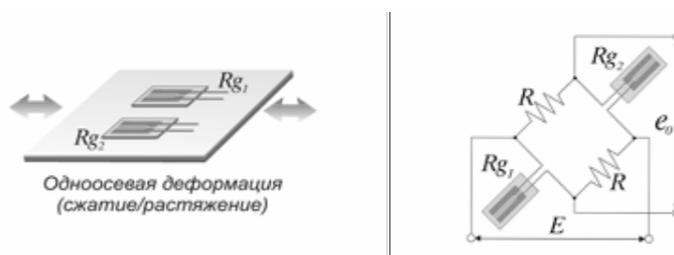


Рис. 3 – Полумостовая схема подключения тензорезисторов: $R_{g1}, R_{g2} = 100$ Ом – электросопротивление первого и второго измерительных тензорезисторов; $R = 100$ Ом – постоянное сопротивление; $E = 1,5$ В – питание моста; e_0 – выходное электрическое напряжение

6. Результаты проведенного лабораторного эксперимента

Применяя тарировочный коэффициент $K_{тар} = 137,35$ Н, получили графики изменения усилий в канате от времени в цикле работы подъемной установки (см. рис. 4).

Параметры модели одноконцевой подъемной установки, полученные при экспериментальных исследованиях, представлены в табл. 2.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика параметров модели и натурального подъемника

№ п/п	Параметр	Натурный подъемник	Модель	Коэффициент подобия	Условия теории подобности	Расхождение
1	Диаметр каната, мм	46,5	3,2	14,5	$k_{nod} = 14,5$	
2	Масса клетки и вагонетки, кг	8560	40	214	$k_{ia}^2 = 210$	4 %
3	Наибольшая масса в вагонетке, кг	6000	30	200	$k_{ia}^2 = 210$	10 %
4	Максимальная концевая масса, кг	14560	70	208	$k_{ia}^2 = 210$	2 %
5	Максимальный концевой вес, Н	142 833,6	686,7	208	$k_{ia}^2 = 210$	2 %

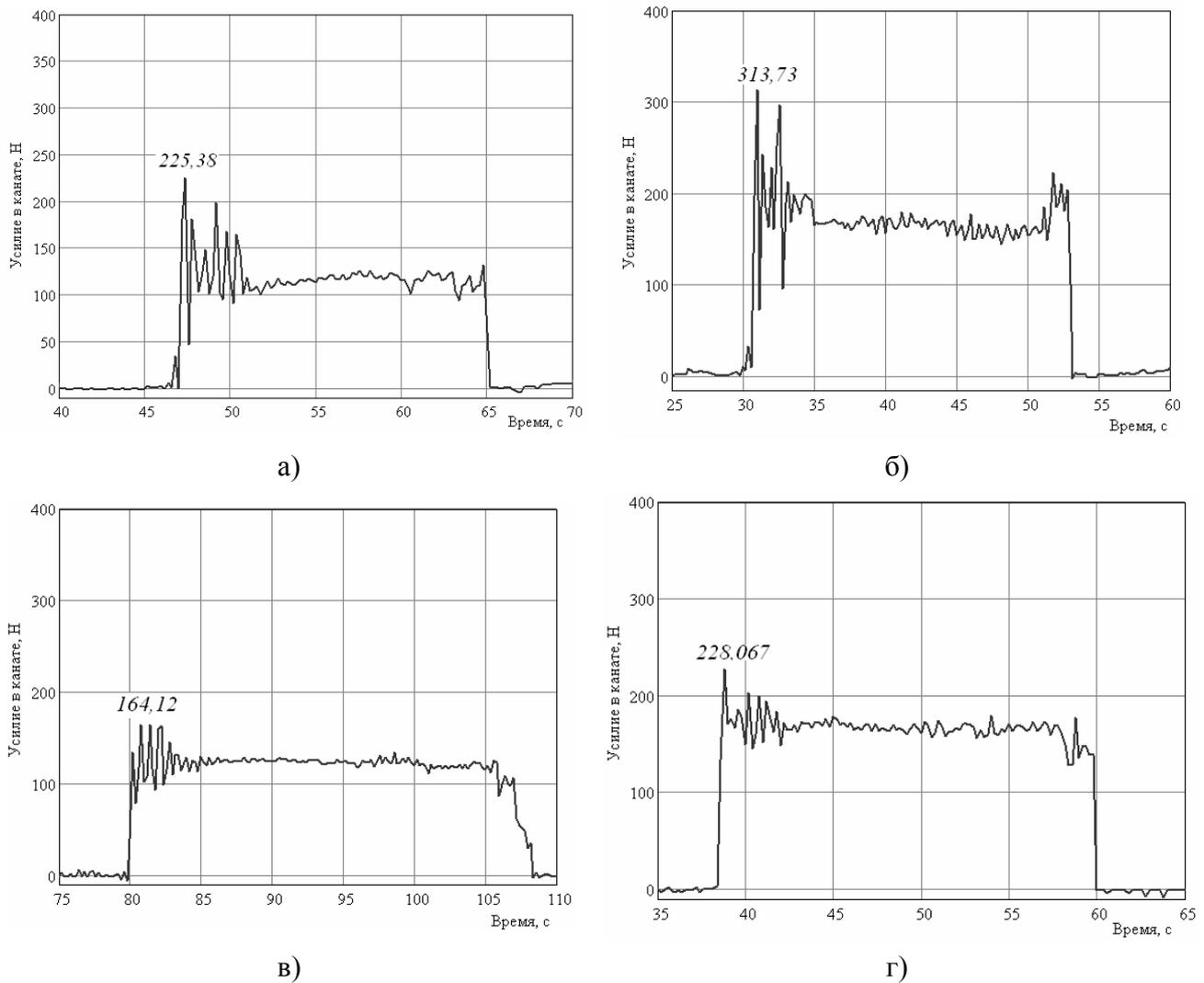
Динаміка та міцність машин

Рис. 4 – Графики изменения усилий в канате от времени в цикле работы подъемной установки: а) порожняя клеть без демпфирующего устройства; б) груженная клеть без демпфирующего устройства; в) порожняя клеть с демпфирующим устройством; г) груженная клеть с демпфирующим устройством

Таблица 2 – Экспериментальные динамические параметры одноконцевого подъемной установки

Параметр	Без применения демпфирующего устройства		С применением демпфирующего устройства	
	порожняя клеть	груженная клеть	порожняя клеть	груженная клеть
Максимальное динамическое усилие в канате, Н	225,38	313,73	164,12	228,067
Стационарное усилие в канате, Н	115,95	161,85	123,3	167,07
Коэф. динамичности каната экспериментальный	1,938	1,94	1,33	1,365
Теоретический коэф. динамичности каната при коэффициенте диссипации	1,95	1,957	1,301	1,375

Немаловажним являвся процес возврата показаний всех сигналов в точку отсчета, принятую при настройке аппаратуры. По этим показаниям можно было судить об остаточных напряжения в исследуемом объекте и погрешностях измерений.

Выводы

Таким образом, экспериментальные исследования динамических процессов колебательного характера в канате одноконцевой подъемной установки показали уменьшение максимальных динамических нагрузок, оценку которых провели по коэффициенту динамичности каната. Коэффициент динамичности каната с учетом только диссипативных сил каната находится в пределах 1,94, применение демпфирующего устройства уменьшает коэффициент динамичности в среднем до 1,345 в зависимости от веса концевой груза.

Список использованных источников:

1. Макаров Р. А. Тензометрия в машиностроении / Р. А. Макаров, А. Б. Ренский, Г. Х. Боркунский, М. И. Этингф. – М. : Машиностроение, 1975. – 288 с.
2. Немец И. Практическое применение тензорезисторов / И. Немец : Пер. с чешск. А. Г. Мазепы. – М. : Энергия, 1970. – 144 с.
3. Дайчик М. Л. Методы и средства натурной тензометрии / М. Л. Дайчик, Н. И. Пригоровский, Г. Х. Хуршудов. – М. : Машиностроение, 1989. – 240 с.
4. Клоков Н. П. Тензодатчики экспериментальных исследований / Н. П. Клоков. – М. : Машиностроение, 1972. – 144 с.
5. Шушкевич В. А. Основы электротензометрии / А. В. Шушкевич. – Минск : Вышэйш. школа, 1975. – 352 с.
6. Гухман А. А. Введение в теорию подобия / А. А. Гухман. – М. : Высшая школа, 1973. – 234 с.
7. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике / Л. И. Седов. – М. : Наука, 1972. – 440 с.
8. Паспорт, инструкция по эксплуатации Zet210 // Электронные технологии и метрические системы. – М., 2008 – 24 с.

References

1. Makarov, R, Renskiy, A, Borkunskiy, G & Etingof, M 1975, *Tenzometriya v mashinostroyenii*, Mashinostroyeniye, Moskva.
2. Nemets, I 1970, *Prakticheskoye primeneniye tenzorezistorov*, Energiya, Moskva.
3. Daychik, M, Prigorovskiy, N & Khurshudov, G 1989, *Metody i sredstva naturnoy tenzometrii*, Mashinostroyeniye, Moskva.
4. Klokov, N 1972, *Tenzodatchiki eksperimentalnykh issledovaniy*, Mashinostroyeniye, Moskva.
5. Shushkevich, V 1975, *Osnovy elektrotenzometrii*, Vysheysh. shkola, Minsk.
6. Gukhman, A 1973, *Vvedeniye v teoriyu podobiya*, Vysshaya shkola, Moskva.
7. Sedov, L 1972, *Metody podobiya i razmernosti v mekhanike*, Nauka, Moskva.
8. 2008, 'Pasport, instruksiya po ekspluatatsii Zet210', *Elektronnyye tekhnologii i metricheskiye sistemy*, Moskva.

Стаття надійшла до редакції 16 червня 2016 р.