

зменшення точності рахунку. Характерним також є те, що скорочення відстані між пулупростором та найближчим циліндром більш впливає на точність розрахунку ніж скорочення відстані між циліндрами.

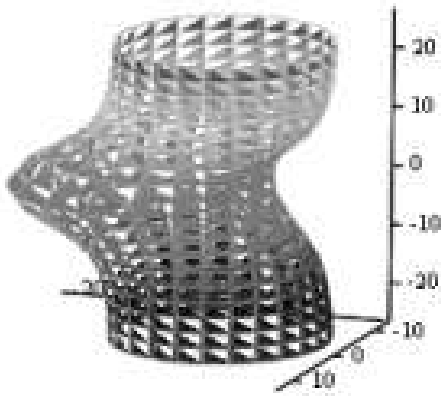


Рис.2 - Граничні умови на циліндрі

У порівнянні з розрахунком, коли межа полупростору задається, як дзеркальна в циліндрових координатах [7], точність розрахунку на віддалених ділянках полупростору значно вища та тривалість розрахунку в декілька разів швидше.

**Висновки**

Запропонований метод для вирішення задачі просторової теорії пружності, коли на межах декількох циліндрових порожнин

і на межі полупростору задані переміщення. Даний метод можна використовувати і при збільшенні числа циліндрових порожнин, в цьому випадку необхідно внести відповідні зміни у систему рівнянь (8).

Проведені дослідження системи дають можливість стверджувати, що її рішення існує і може бути з будь якою ступінню точності знайдено методом редукції.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. – М.: Высшая школа, 1961. – 537с.
2. Лурье А.И. Пространственные задачи теории упругости. –М.:Технико-теоретическая литература, 1955. – 491с.
3. Крылов В.И. и др. Вычислительные методы высшей математики. Т.1. – Минск.: Высшая школа, 1972. – 584с.
4. Ніколаєв О.Г. Узагальнений метод Фур'є в просторових задачах теорії пружності для канонічних многозв'язних тіл: Автореф. дис. д-ра фіз. - мат. наук: 01.02.04. / ДНУ. Дніпропетровськ, 1997. - 36 с.
5. Лебедев Н.Н. Специальные функции и их приложения. - М.: ГИТТЛ, 1953. - 380 с.
6. Ерофеев В.Т. Теоремы сложения: Справочник. - Минск: Наука и техника, 1989. - 256 с.
7. Мірошніков В.Ю. та інші. Визначення НДС в пружньому полупросторі з циліндровими порожнинами: Науковий вісник будівництва.- Вип. 68.- Харків: ХОТВАБУ ХНУБА.- 2012.- С.156-162.

УДК 621.874

**Нестеренко В.В., Шевченко С.І., Анастасенко С.М.**

*Первомайський політехнічний інститут національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова*

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ОБИЧАЙКИ БАРАБАНА**

**1. Постановка проблеми.** В багатьох випадках для забезпечення стійкості стінки канатного барабана застосовують підкріплюючі елементи – кільця або поздовжні ребра жорсткості. Забезпечуючи стійкість конструкції, ці елементи водночас є джерелом концентрації напружень в зоні їх контакту (з'єднання за допомогою зварювання) з циліндричною обичайкою барабана, що

викликає досить високі місцеві напруження згинання. Ці напруження можуть бути вирішальними вже навіть тому, що для чавунних барабанів границя міцності на згинання вдвічі менша за границю міцності на стискання. Крім того, елементи барабанів сприймають циклічні навантаження, і місцеві пікові напруження (особ-

ливо в зоні зварних швів) можуть бути причиною виникнення і розвинення утомних тріщин.

Усе вище вказане пояснює важливість визначення напружено-деформованого стану (НДС) стінки циліндричної оболонки в зоні контакту з підкріплюючими круговими кільцями або ребрами жорсткості при навантаженні оболонки витками канату чи іншими локальними навантаженнями.

**2. Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питання стійкості стінки барабана зберігається в числі важливих незалежно від того, як виконується стінка барабана, – з кільцями жорсткості або без них, та вирішується за рахунок збільшення товщини. У галузі будівництва кранів положення виявляється задовільним, але це може говорити про недоцільне використання матеріалу, про підвищені запаси міцності. В роботах [9, 10, 11] автори наводять методики розрахунку обичайки барабана на стійкість як з урахуванням закладення країв обичайки так і без нього. Також Фідровська Н.М. наводить результати експерименту, що доводять доцільність використання отриманих залежностей для розрахунку стійкості барабанів без підкріплюючих елементів [10]. Експериментальні дослідження барабанів з підкріплюючими кільцями в літературі не описані.

Усе вище вказане пояснює важливість виконання експериментальних досліджень барабанів з підкріплюючими кільцями.

**3. Постановка мети та задач дослідження.** Для проведення експериментальних досліджень було розроблено методику проведення експерименту, розроблено і створено моделі барабанів двох типів з метою порівняння отриманих результатів. Також було розроблено методику обробки результатів експерименту в середовищі Matlab.

**4. Виклад основного матеріалу.** Були розроблені і створені моделі барабанів двох типів: без елементів жорсткості та з двома кільцями жорсткості, встановленими по центру барабана (рис. 1). Спирання обичайки на лобовини шарнірне. Відношення довжини барабана до його діаметру дорівнює 3. Товщина стінки

барабана рівна 2 мм. Навантаження кожного барабана виконувалося одним і трьома витками каната. Експеримент був проведений двічі: при навантаженні барабанів по центру і по одному з кілець жорсткості.

Експериментальна установка (рис. 2) складається з універсальної машини УММ-50 I, моделі барабана 2, тензорезисторів 3, канатів 4, кріплень канатів у траверсах машини 5, апаратури, що реєструє, 6, пульта керування машиною УММ-50. Навантаження кожного барабана виконувалося одним і трьома витками каната. Експеримент було проведено при двох схемах навантаження: при навантаженні барабанів по центру і по одному з кілець жорсткості.

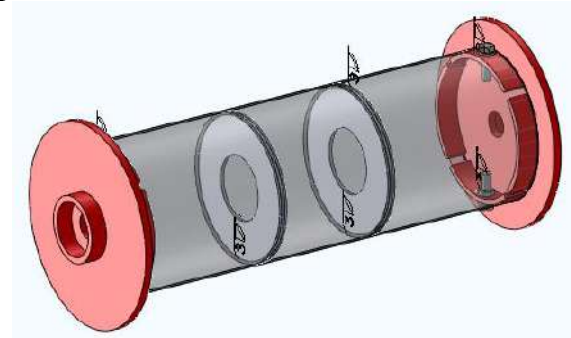


Рис. 1 - Модель барабана з кільцями жорсткості

Деформація обичайки барабанів реєструвалася за допомогою тензорезисторів Кф5п1-3-400-Би-12 ТУ 3.06 України 7710-0001-93, наклеєних на внутрішню поверхню.

Тензорезистори підключалися по мостовій вимірювальній схемі (рис. 3). В плечах мосту активними є два тензорезистора (ортогональне розташування). Пара термокомпенсована, тобто температурна погрішність кабеля виключена. Напруга електричного струму, що виникає у навантажених плечах мосту, дорівнює (рис.4):

$$e_0 = \frac{(1 + \mu)E}{4} K_s \cdot \varepsilon_0 \quad (1)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт Пуассона;  $K_s$  – коефіцієнт тензочутливості резисторів;  $\varepsilon_0$  – відносна деформація тензорезистора;  $E$  – напруга електричного струму, що подається на міст (вхідна);  $e_0$  – напруга електричного струму, що знімається з мосту (вихідна);  $R$

– сталий опір не навантажених тензорезисторів;  $R_{g1}$  – опір тензорезистора, що відповідає деформації поверхні  $\epsilon_0$ ;  $R_{g2}$  – опір тензорезистора обичайки, що відповідає деформації поверхні  $\mu\epsilon_0$ .

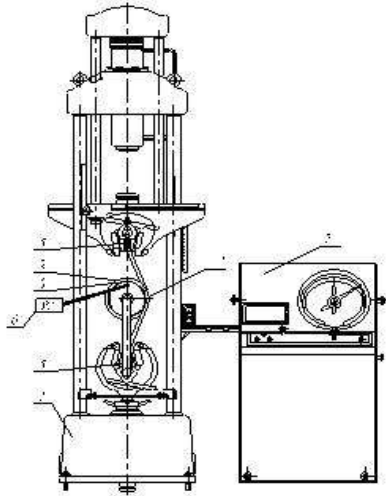


Рис. 2 - Схема експериментальної установки



Рис. 3 - Схема наклеювання датчиків на поверхню барабана

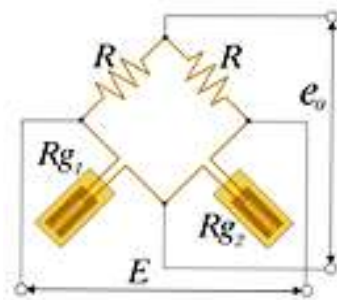


Рис. 4 - Схема знімання сигналу

На барабані без елементів жорсткості тензомости розташовувалися в трьох радіальних перетинах у крайній верхній і бічній точках обичайки. На барабанах з елементами жорсткості тензомости наклеювалися з обох боків елемента жорсткості (рис. 5).

Реєстрація і обробка сигналів виконувалася за допомогою комплексу ZetLab (рис.6), який складається з аналого-цифрового перетворювача АЦП ЦАП ZET-220,

двох попередніх підсилювачів з гальванічною розв'язкою ZET 411 і персонального комп'ютера. Для реєстрації зміни сигналів у плечах тензомостів були використані віртуальний вольтметр постійного струму і віртуальний осцилограф. Осцилограми вимірювань у динаміці збережені у файли на ПК (рис. 7).

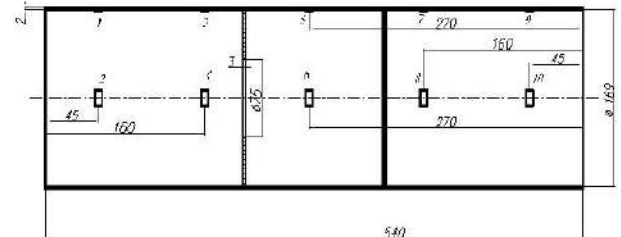


Рис.5 - Схема розташування тензорезисторів на обичайці моделі



Рис.6 - Комплекс ZetLab



Рис. 7 - Фотографія робочого столу ПК при проведенні досліді

Отримані осцилограми за допомогою програми «Конвертор», що входить до складу програмного забезпечення комплексу ZetLab, було конвертовано в текстові файли.

Таблиця 1 - Основні характеристики АЦП ЦАП ZET-220

<b>Аналоговий вхід (АЦП) :</b>	
Кількість входів	16 синфазних / 8 диференціальних
Сумарна частота перетворення по всім включеним каналам	до 500 кГц
Кількість розрядів АЦП	16
Максимальна входна напруга/струм	± 7 В
Вхідний опір	2 кОм
Динамічний діапазон	84 дБ
Максимальна нерівномірність АЧХ в частотному діапазоні 10 Гц...200 кГц	1 дБ
Захист входів при включеному живленні	± 30 В
Захист входів при вимкненому живленні	± 30 В
Між каналне проникнення	72 дБ
Вхідна ємність	20 пФ
<b>Аналоговий вихід (ЦАП)</b>	
Кількість виходів	2 синфазних
Сумарна частота перетворення по всім включеним каналам	до 500 кГц
Максимальна вихідна напруга	± 2,5 В
Кількість розрядів ЦАП	14

При проведенні експерименту було обрано високу частоту дискретизації вихідного сигналу. Тому виникла необхідність в апроксимації здобутих експериментальних даних. В середовищі Matlab було побудовано графіки залежності зміни напруги електричного струму з плином часу (рис. 8). Визначаємо деформацію поверхні обичайки.

$$\varepsilon_0 = \frac{4e_0}{(1 + \mu)E \cdot K_s}, \quad (2)$$

де  $e_0$  – величина сигналу, виміряна за допомогою АЦП ЦАП ZET в певній точці обичайки барабана, мВт;  $K_s=2,2$  – коефіцієнт тензочутливості резисторів;  $\varepsilon_0$  – відносна деформація тензорезистора;  $E=7\text{Вт}$  – напруга електричного струму, що подається на міст (вхідна). Відносна деформація поверхні обичайки барабана

$$\varepsilon_{0\delta} = \frac{\partial l}{l} = \frac{\varepsilon_0}{l_0}, \quad (3)$$

де  $l_0$  – база датчика,  $l_0=5$  мм.

Поздовжнє напруження в обичайці барабана

$$\sigma_x = E \cdot \varepsilon_{0\delta}; \quad (4)$$

колове напруження

$$\sigma_x = E \cdot \mu \varepsilon_{0\delta}, \quad (5)$$

де  $E$  – модуль пружності першого роду,  $E=2,05 \cdot 10^5$  МПа.

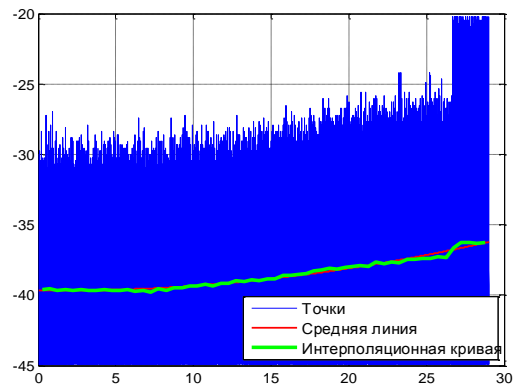


Рис. 8 - Деформації обичайки, отримані при проведенні експеримента

У середовищі Mathcad було створено програму, за допомогою якої обчислено величини відносної деформації та напружень, які виникають в оболонці моделі барабана в точках розташування тензорезисторів. Приклади отриманих графіків зміни відносної деформації та напружень від натягання каната наведено на рис. 9.

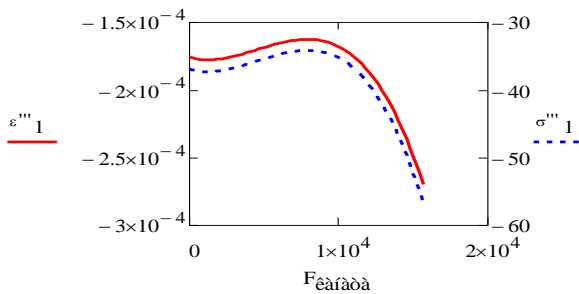


Рис. 9 - Залежність відносної деформації оболонки та напруж $\sigma''_1$  каната, навантаження в точці 1 рис. 5 (ступінь апроксимації 3)

**Висновки**

1. Виготовлено експериментальну установку, яка дозволяла проводити навантаження обичайки барабана витками каната.
2. За допомогою пристрою ZET 210, який призначений для вимірювання параметрів сигналів в широкому частотному діапазоні з частотою дискретизації до 1000 Гц виміряно деформації обичайки канатного барабана.
3. Результати експериментів оброблено в середовищах Matlab та Mathcad.
4. За отриманими результатами побудовано графічні залежності між відносною деформацією оболонки та навантаженням, а також між напруженнями, що виникають в оболонці, та навантаженням.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Фидровская Н.Н. Напряженное состояние оболочки канатных барабанов / Н.Н. Фидровская // Сборник трудов V111 международной научно-технической конференции. – Хургада, Египет – 2009. – с.35–36.
2. Фидровская Н.Н. Оценка несущей способности канатного барабана при различных схемах загрузки / Н.Н. Фидровская, В.П. Водолажский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – №1/2 (19) – с.89–90.
3. Фидровская Н.Н. Определение напряжений в стенке канатного барабана с подкрепляющими кольцами жесткости / Н.Н. Фидровская, В.В.

Нестеренко // Научный вестник строительства. – Харьков.: ХДТУБА – 2005. – №55. – с.245–249.

4. Фидровская Н.Н. Контактные напряжения в зоне взаимодействия каната с барабаном / Н.Н. Фидровская. – Одесса: ОНМУ, сб. науч. тр., 2006. – с.40–43.
5. Фидровська Н.М. Математичне моделювання тиску, що виникає на поверхні циліндру в результаті накручування канату / Н.М. Фидровська // Матеріали наукового семінару «Проблеми та перспективи розвитку підйомно-транспортних, будівельних та дорожніх машин». – Краматорськ, 2007. – с.27-28.
6. Фидровська Н.М. Вісінесиметричний стиск циліндричної оболонки / Н.М. Фидровська. – Харків: Вісник НТУ «ХП», 2008. – №9. – с.145–150.
7. Фидровская Н.Н. Определение напряжений в канатном барабане возле колец жесткости / Н.Н. Фидровская, И.С. Варченко, В.В. Нестеренко. – Харьков: Машинобудування. зб. наук. праць УПА, 2008. – №2, – с.18–21.
8. Фидровська Н.М. Вплив кілець жорсткості на напруження в канатному барабані / Н.Н. Фидровська, В.В. Нестеренко. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – вип.51. – с.329–332.
9. Фидровская Н.Н. Экспериментальное исследование напряжений в стенке канатного барабана / Н.Н. Фидровская. – Одесса: сб. научн. трудов «Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития», 2010. – с.43–50.
10. Фидровская Н.Н. Напряжения в стенке канатного барабана, определяемое экспериментальным методом / Н.Н. Фидровская. – Харьков: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2011. – вип.62. – с.281–286.
11. Родионов Л.А. Разработка методов прочностных расчетов и проектирование барабанов подъемно-транспортных устройств при локальных нагрузениях.: автореф. дис....канд. техн. наук: 05.05.05/ Укр.заочн.политехн.ин-т. – Харьков, 1987. – 17с.
12. Родионов Л.А. К расчету стенки канатного барабана, нагруженного фрикционными витками каната / Л.А. Родионов, Б.С. Ковальский // Подъемно - трансп. оборуд.: Респ. межвед. научн.-техн. сб., 1986, – вып.17, с.13–16.