

**АРХІТЕКТУРА БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

УДК 539.3

**Гайдайчук В. В., д.т.н., професор**

viktor\_gaydaychuk@bigmir.net, orcid.org / 0000-0003-2059-7433,

**Кошевий О.О., аспірант**

380939339872@yandex.ua, orcid.org / 0000-0002-1903-2905,

*Київський національний університет будівництва і архітектури***ЧИСЕЛЬНЕ РІШЕННЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ  
ПРИ ОБМЕЖЕННІ ВЛАСНИХ ЧАСТОТ КОЛИВАННЯ ПОЛОГОЇ  
ОБОЛОНКИ ЗІ ЗЛАМАМИ**

Анотація: проведені дослідження зміни першої власної частоти коливання пологої оболонки зі зламами за допомогою параметричної оптимізації, для запобігання виникнення резонансу від обладнання, яке має дотик до будівельної конструкції. Цільова функція – маса. Змінні проектування – товщина оболонки. Ліміт – перша власна частота оболонки. Представлені 10 частот і форм коливання до оптимізації і після оптимізації. Показано оптимальний розподіл товщини оболонки та діаграма зменшення маси оболонки після оптимізації.

Ключові слова: оптимізація, оптимальне проектування; оптимізація оболонок; оптимізація власних частот коливання; параметрична оптимізація.

**Вступ.** В будівельній механіці власні частоти і форма коливання для будівельної конструкції - динамічні характеристики, які грають важливу роль при дослідженні напружено-деформованого стану конструкції. Для нормальної експлуатації будівельної конструкції повинні обов'язково враховуватись динамічні впливи. Динамічними впливами називають впливи, у результаті яких маса елементів конструкції, а також пов'язаного з ними обладнання, в процесі переміщень, одержують прискорення, які зумовлюють виникнення сил інерції, що істотно впливають на напружено-деформований стан конструкції [1,2,3]. В задачах оптимального проектування конструкції дослідження власних форм і частот коливань є актуальною проблемою, коли виникає резонанс. Резонанс – це явище, що спостерігається у будівельній конструкції, що знаходиться під дією зовнішнього збурення. Для будівельної конструкції резонанс є небезпечний,

коли зростає амплітуда вимушених коливань в системі збігу частоти зовнішньої сили з однією із власних частот будівельної конструкції [4].

**Мета роботи:** полягає у використанні нової універсальної методики в задачах оптимального проектування, при змінненні власної частоти коливань будівельної конструкції, щоб запобігти резонансу від динамічного впливу обладнання, яке має дотик до конструкції. При цьому отримати оптимальне рішення, по розподіленню товщини оболонки, і саме головне, зробити цей процес автоматизованим.

**Теоретичні відомості.** При оптимізації використовується математичний метод проекції градієнта, який використовує інформацію тільки перших похідних, або градієнту, і полягає в побудові послідовності модифікацій проекту, котрий забезпечує збіжність в точці з мінімальним значенням функції цілі (точці оптимуму), на допустимий підпростір обмежень, і аналізу чутливості проектів до варіацій управління змінними у вирішенні нових задач оптимізації циліндричної оболонки зі зламами змінної товщини. При цьому виконується автоматизований статичний розрахунок на базі метода скінчених елементів будівельної механіки, що представлено в роботах [5,6].

### БЛОК СХЕМА ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИ ОБМЕЖЕННІ ВЛАСНИХ ЧАСТОТ КОЛИВАННЯ

Побудована СЕМ з заданою комбінацією навантаження.

Задаються унікальні властивості для SE типу Plate, де показується крок зменшення або збільшення товщини кожного SE.

Перерахунок конструкції тип: Normal Modes/Eigenvalue.

Задається цільова функція – маса конструкції;

Задаються змінні проектування – товщина SE Plate

Задається ліміт розрахунку – власна частота коливання.

Розрахунок Design Optimization тип: Normal Modes/Eigenvalue

Отримання результатів там побудова графіку цільової функції по циклам оптимізації

Перевірка розрахунку: введення файлу з розширенням .PCN виконання перевірконого розрахунку тип: Normal Modes/Eigenvalue

**Результати числових досліджень.** В ході розв'язання задачі параметричної оптимізації, де обмеженням є перша власна частота коливання, щоб запобігти резонансу, знаходимо оптимум конструкції в ході мінімізації або максимізації цільової функції. Цільова функція є маса циліндричної оболонки зі зламами. Змінними проектування при оптимізації оболонок - товщина кожного скінченного елемента, на які була розбита конструкція.

**Об'єктом дослідження** є прототип Національного цирку України. Будівля має круглу форму в плані діаметром 50,3 метра. Будівля одноповерхова. Верхня відмітка комплексу +15.700 м; відмітка прибудови +4.000 м.



Рис 1.1. Національний цирк України.

Полога циліндрична оболонка зі зламами. Зовнішній діаметр оболонки 42 м, а внутрішній 11 м. Висота оболонки 8.4 м. Задана товщина оболонки 7 мм. Оболонка по осі Z має 5 зламів, по колу 32. Оболонка виконується зі сталі С235. Коефіцієнт Пуассона 0.3. Результати представлені у вигляді напруження в МПа, вага в кілограмах, власні частоти в Гц. Розрахунок виконується методом скінчених елементів.

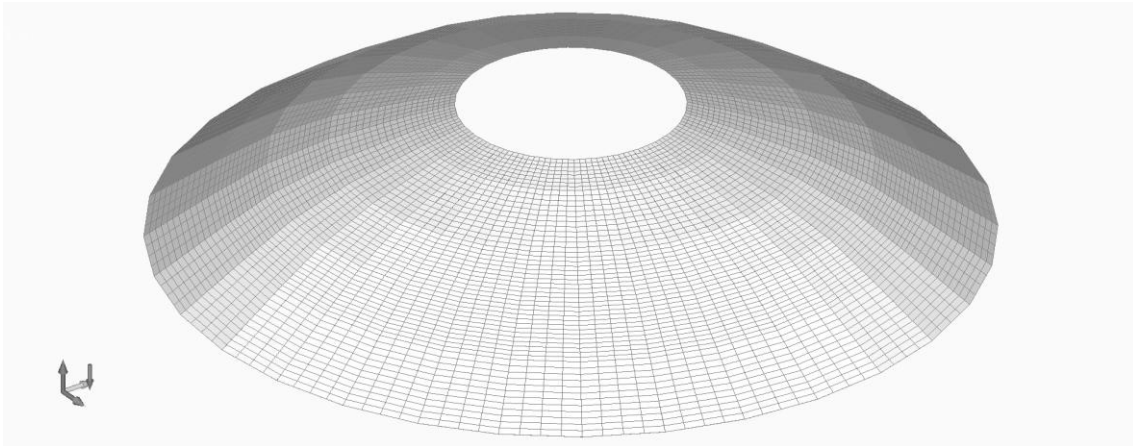


Рис 1.2. Скінченно-елементна модель пологої оболонки зі зламами

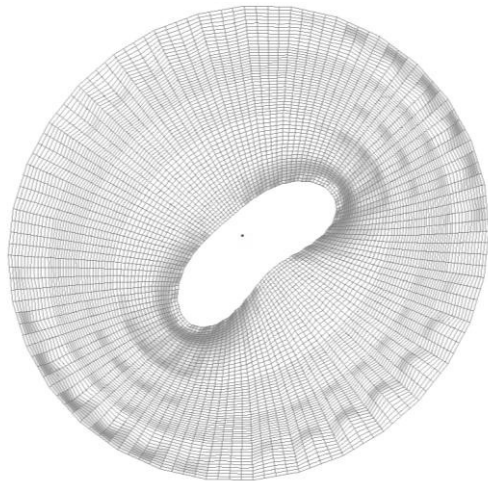


Рис. 2.1. Перша форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.0543014 Гц

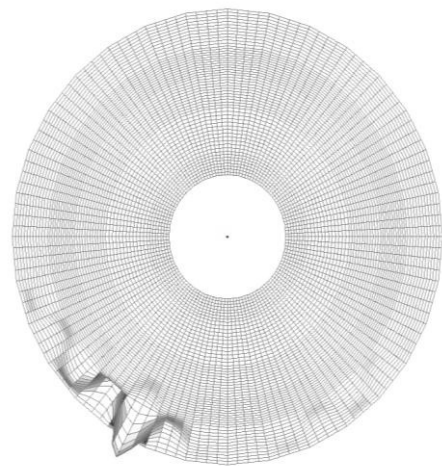


Рис. 2.11. Перша форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.0233588 Гц

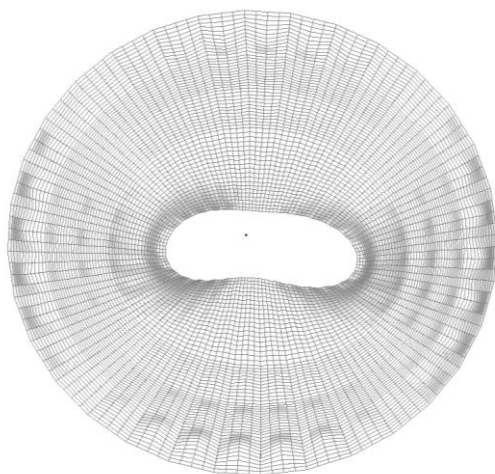


Рис. 2.2. Друга форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.0543015 Гц

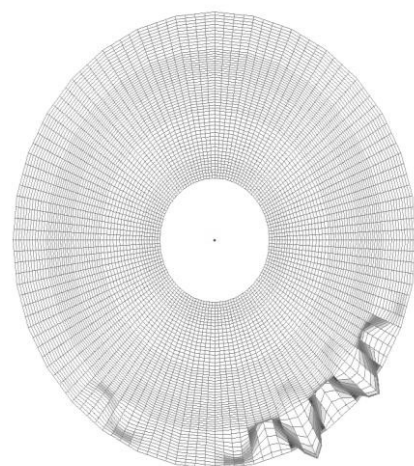


Рис. 2.12. Друга форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.0233995 Гц

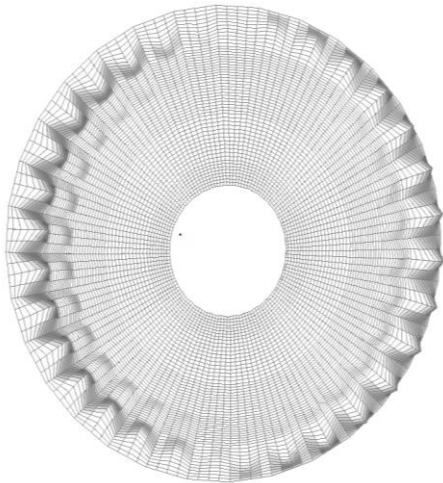


Рис. 2.3. Третя форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.0549527 Гц

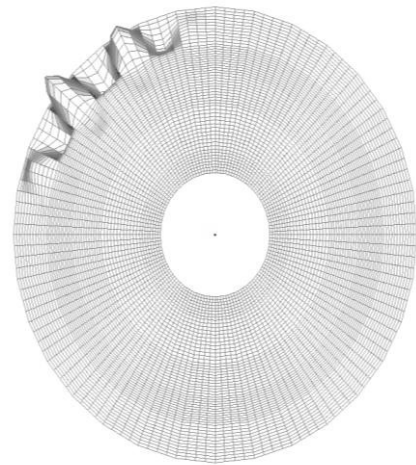


Рис. 2.13. Третя форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.0234017 Гц

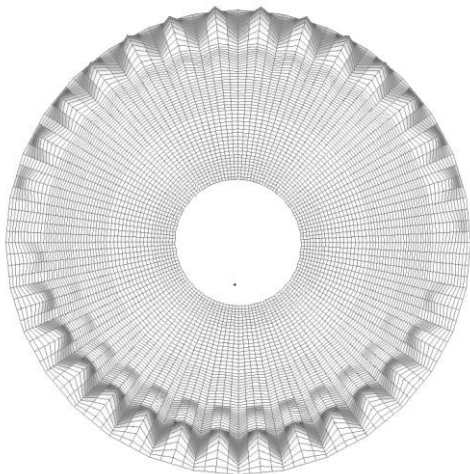


Рис. 2.4. Четверта форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.0549537 Гц

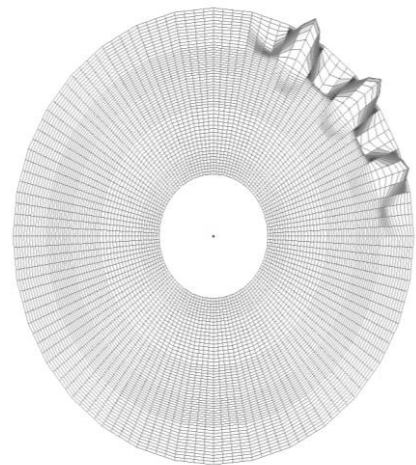


Рис. 2.14. Четверта форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.0237967 Гц

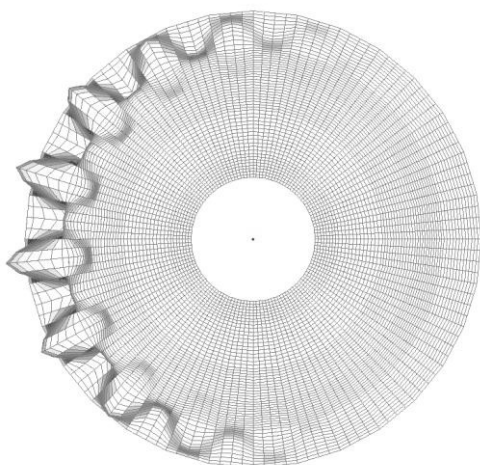


Рис. 2.5. П'ята форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0,0558051 Гц

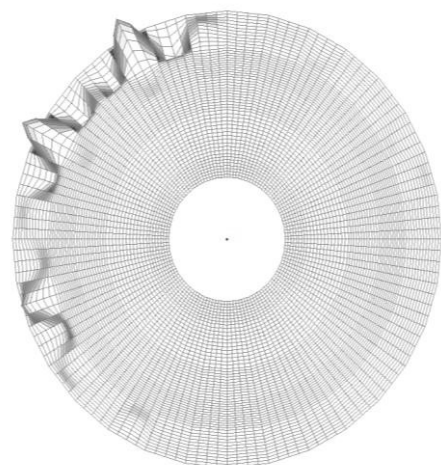


Рис. 2.15. П'ята форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.0246557 Гц

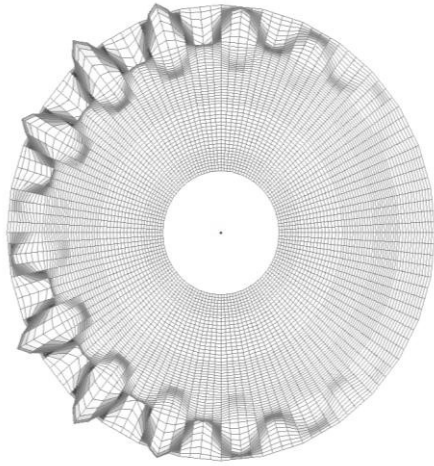


Рис. 2.6. Шоста форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.0563523 Гц

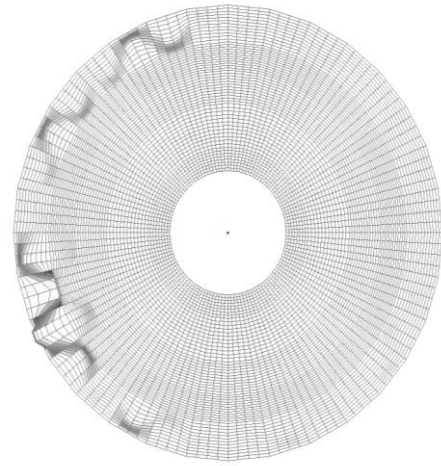


Рис. 2.16. Шоста форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.0246885 Гц

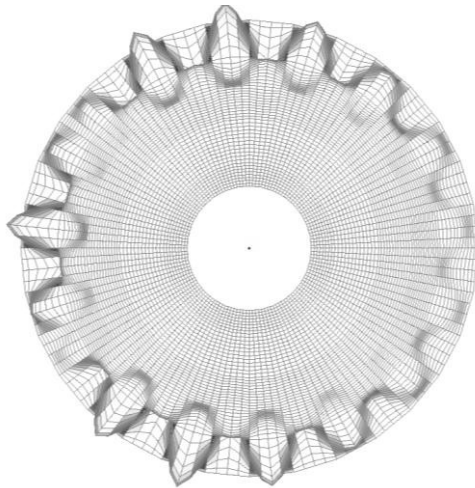


Рис. 2.7. Сьома форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.0568498 Гц

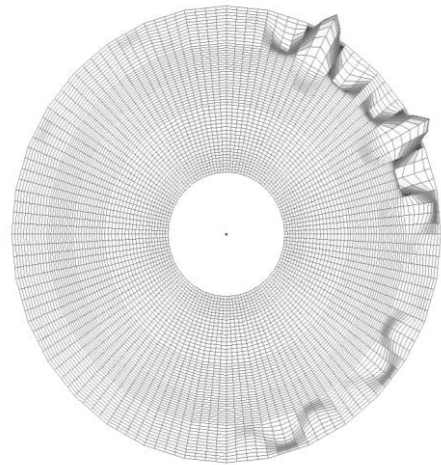


Рис. 2.17. Сьома форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.0247075 Гц

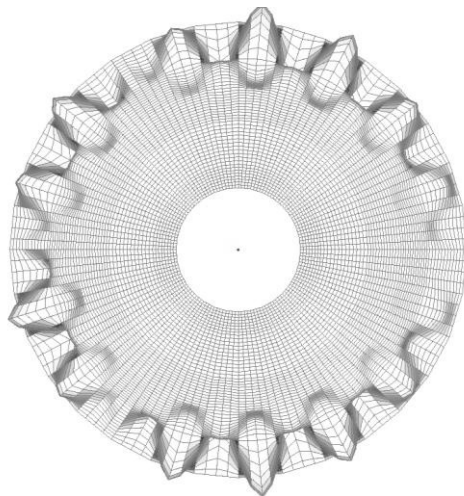


Рис. 2.8. Восьма форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.057302 Гц

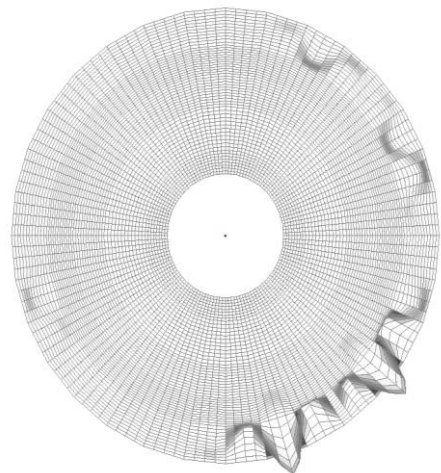


Рис. 2.18. Восьма форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.0247234 Гц

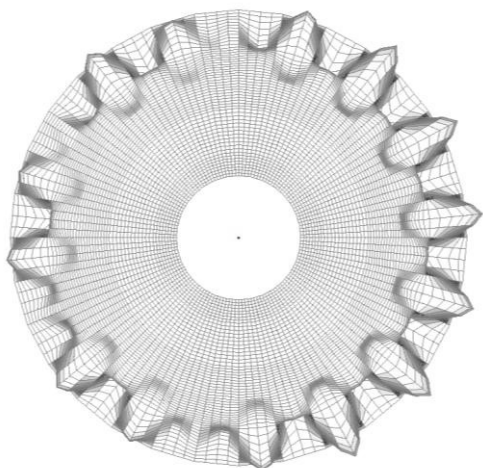


Рис. 2.9. Дев'ята форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.0575873 Гц

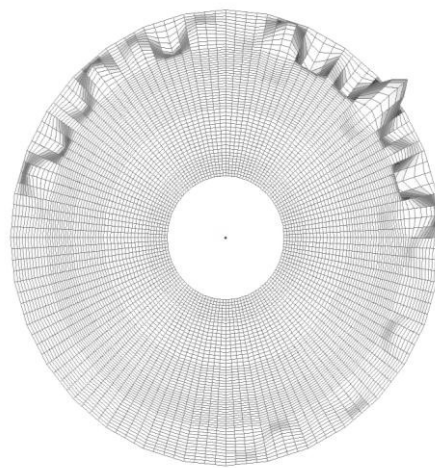


Рис. 2.19. Дев'ята форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.026443 Гц

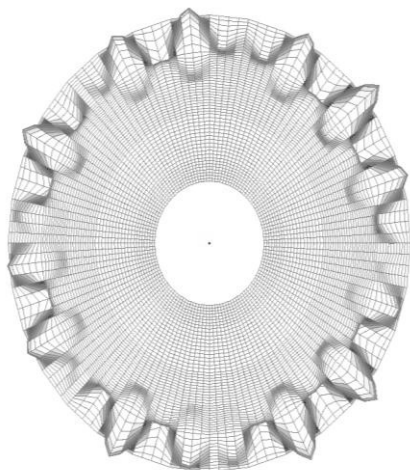


Рис. 2.10. Десята форма коливання до оптимізації. Частота коливання 0.0581535 Гц

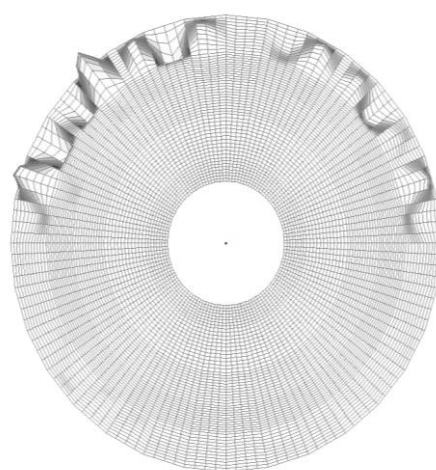


Рис. 2.20. Десята форма коливання після оптимізації. Частота коливання 0.0264598 Гц

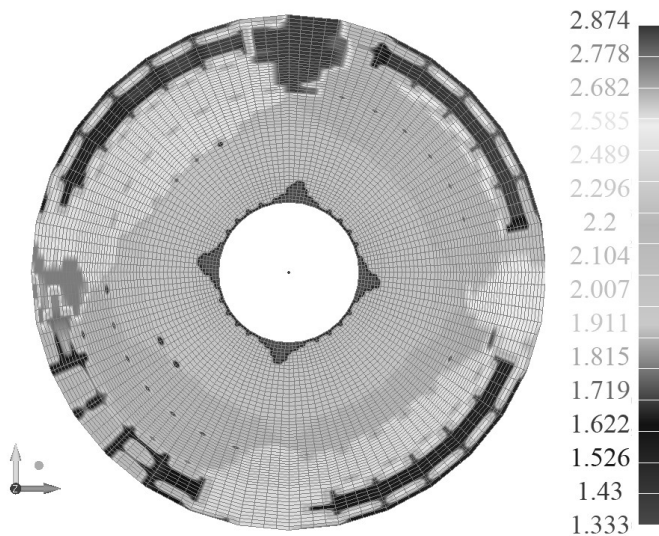


Рис 3.1. Розподілення товщини оболонки після оптимізації в мм

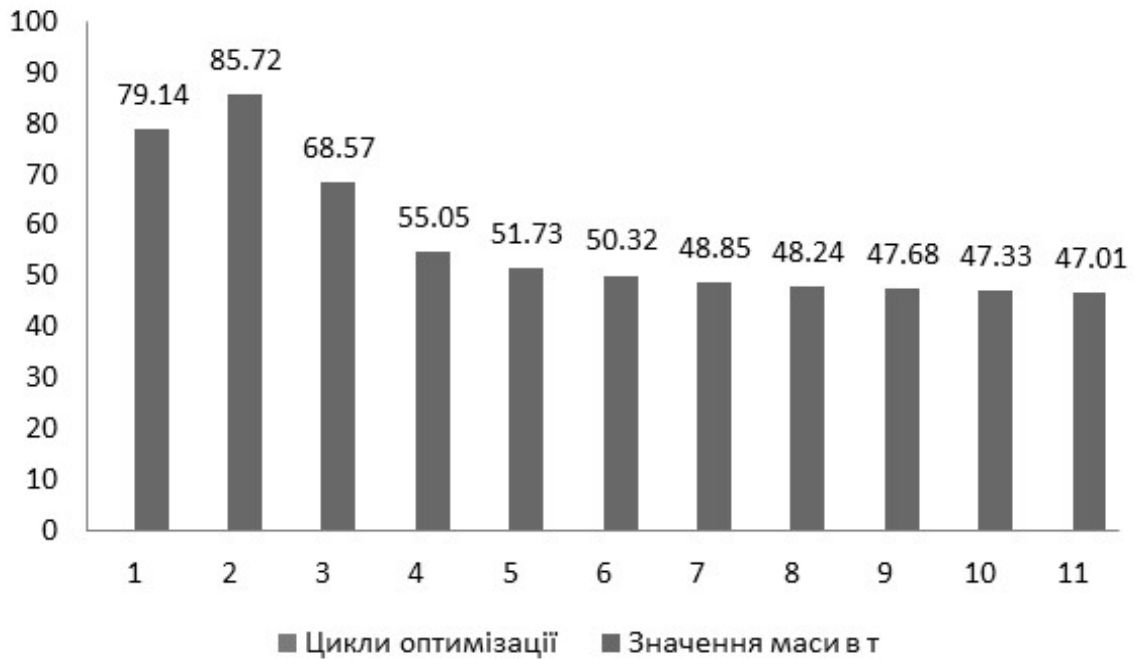


Рис 3.2. Діаграма зменшення маси оболонки по циклам оптимізації

**Загальні висновки:** В даній роботі представлено дослідження власних частот і форм коливання сталевієї пологої оболонки зі злами. Для запобігання виникненню резонансу в оболонці від технологічного обладнання, яке має дотик до будівельної конструкції, виконувалась зміна першої власної частоти коливання оболонки за допомогою параметричної оптимізації на базі програмно-розрахункового комплексу Femap Nastran. **Цільова функція** – маса. **Змінні проектування** – товщина оболонки. **Ліміт** – перша власна частота коливання оболонки. Була побудована скінченно-елементна модель з розмірами скінченних елементів 0,5x0,5 м Показано на рис. (2.1-2.20) 10 частот і форм коливань до оптимізації і після оптимізації. Чисельне дослідження показало зміна першої власної частоти коливання оболонки від 0.0543014 Гц до 0.0233588 Гц при цьому зменшена відносна вага оболонки на 40.6% рис. 3.2, до оптимізації а товщина оболонки 7 мм, після оптимізації товщина оболонки становить від 3 до 1 мм. рис. 3.1. Для того, щоб в конструкції не виникав резонанс, достатньо змінити товщину даної оболонки на 4 мм. Це можна зробити, як в більшу, так і в меншу сторону в залежності від комбінації навантажень на оболонку, щоб результат був якісний при будь-якому навантаженні. Результати дослідження показують універсальність даної методики в даному прикладі і дають можливість зробити оптимізацію при обмеженні власних частот коливання сталевієї пологої оболонки зі злами **автоматизованою**.



## Список використаної літератури

1. Чигарев А.В., Покульницький А.Р. Анализ собственных частот и форм колебаний свободно опертой упругой цилиндрической оболочки // Сериальные издания Белорусского национального технического университета. – Минск, 2015. - С. 141-146.
2. Бочкарёв С. А., Лекомцев С. В., Матвеев В. П. Численное моделирование пространственных колебаний цилиндрических оболочек, частично заполненные жидкостью // Вычислительные технологии. Том 18, №2. – Пермь, 2013. – С. 12-24.
3. Шевченко В. П., Власнов О. И., Каиров В. А. Экспериментальное исследование собственных колебаний конструктивно неоднородных цилиндрических оболочек // Вісник НТУ “КПІ”, Серія машинобудування №2 (68). – Київ, 2013. - С. 122-127 .
4. Карпов А.С. Расчет собственных частот и форм колебаний опорных и пролетных конструкций автомобильных эстакад // Интернет-журнал “НАУКОВЕДЕНИЕ”, Выпуск 5 (24). – Москва, 2014. – С. 1-14.
5. Гайдайчук В. В., Кошевий О. О., Кошева О. В. Параметрична оптимізація колон при різній геометричній формі поперечного перерізу // Містобудування та територіальне планування, випуск 66. – К.: КНУБА, 2018. - С. 78-90.
6. Гайдайчук В.В., Кошевий О.О., Кошевий О.П. Оптимальне проектування і розрахунок на міцність оболонок і пластин при дії комбінованих навантажень в програмному комплексі Femap Nastran // Сучасні проблеми архітектури, випуск №50. – К.: КНУБА, 2018. – С. 314-324.

## Аннотация

Д.т.н., профессор Гайдайчук В. В.; аспирант Кошевой О. О., Киевский национальный университет строительства и архитектуры.

**Численное решение задач оптимального проектирования при ограничении собственных частот колебания пологой оболочки с изломами.**

Проведены исследование изменения первой собственной частоты колебания пологой оболочки с изломами при помощи параметрической оптимизации, во избежание образования резонанса от оборудования, которое имеет соприкосновения со строительной конструкцией. Целевая функция – масса. Переменные проектирование – толщина оболочки. Лимит – первая собственная частота оболочки. Представленные 10 частоты форм колебания до оптимизации и после оптимизации. Показано оптимальное распределение толщины оболочки и диаграмма уменьшения массы оболочки после оптимизации.

Ключевые слова: оптимизация; оптимальное проектирование; оптимизация собственных частот колебания; параметрическая оптимизация.

#### Annotation

Doctor of technical sciences, professor Gaydaychuk V.V.; postgraduate Kosheviy O.O., Kyiv National University of Construction and Architecture

#### **Numerical solution of problems in optimal design while limiting the natural frequency of the vibrations Of a shallow shell with breaks.**

The article describes the research of changes in the first natural frequency of the oscillation of the flat shell with fractures using parametric optimization, to prevent the occurrence of resonance from the equipment that has a touch to the building structure. The objective function is the mass. Design variables – thickness of the shell. Limit is the first natural frequency of the shell. Ten frequencies and forms of oscillation before and after optimization are presented. The optimal distribution of the shell thickness and the weight reduction diagram of the shell after optimization are shown.

Key words: optimization, optimal design; optimization of shells; optimization of natural oscillation frequencies; parametric optimization.

УДК 725.832:725.126

*доктор архітектури Жовква О. І.,*

*glavarch@ukr.net, orcid.org / 0000-0002-0086-6774*

*Департамент містобудування та архітектури КМДА, м. Київ*

### **КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ КУЛЬТУРНИХ ЦЕНТРІВ**

Анотація: розглядається питання формування культурних центрів для різних країн та релігій в сучасних умовах, виявлено особливості їх планувальних та архітектурних рішень на прикладі авторських пропозицій для участі в конкурсі на будівництво Православного центру в Парижі, запропоновано перспективні напрямки формування архітектури сучасних центрів.

Ключові слова: культурний центр, діловий центр, релігійний центр, планувальні рішення.