

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту



ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ
ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД І БУДІВЕЛЬ
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ
VIII-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

Тези доповідей

Частина 2



20–22 листопада 2019 р., м. Харків, Україна

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

**Тези доповідей 8-ої міжнародної
науково-технічної конференції**

**«ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ
ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД І БУДІВЕЛЬ
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ»**

Харків 2019

8-а Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 20-22 листопада 2019 р.: Тези доповідей. Ч.2. - Харків: УкрДУЗТ, 2019. - 241 с.

Збірник містить тези доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та будівельної галузі за трьома напрямками: залізниця, автомобільні дороги, промисловий транспорт і геодезичне забезпечення; будівельні конструкції, будівлі та споруди; будівельні матеріали, захист і ремонт конструкцій та споруд.

ЗМІСТ

Секція БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

ESTABLISHMENT OF THE SCOPE OF TESTING OF CIVIL STRUCTURES FOR MULTISTAGE QUALITY CONTROL M.V. Savytskyi, T.J. Shevchenko, O.M. Savytskyi, A.M. Savytskyi.....	13
STABILITY OF LIGHT STEEL THIN-WALLED STRUCTURES FILLED WITH LIGHTWEIGHT CONCRETE V.O. Semko, A.V. Hasenko, N.M. Mahas, O.G. Fenko, V.O. Sirobaba....	15
НОВІ КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ПРИ ПОСИЛЕННІ НЕРОЗРІЗНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК Т.Н. Азізов, Д.В. Кочкар'юв, Т.А. Галінська.....	17
РАСЧЕТ ЖЕСТКОСТИ ПРИ КРУЧЕНИИ ДВУТАВРОВЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С НОРМАЛЬНЫМИ ТРЕЩИНАМИ Т.Н. Азізов, О.М. Орлова, О.В. Нагайчук.....	19
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЕФОРМАТИВНОСТІ ТА ТРИЩИННОСТІЙКОСТІ НЕРОЗРІЗНИХ ДВОПРОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ІЗ КОМБІНОВАНИМ АРМУВАННЯМ О.В. Андрійчук, М.В. Нінічук.....	21
ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНЬ У СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ ТОНКОСТІННИХ ПОКРИТТЯХ У ФОРМІ ГІПЕРБОЛІЧНОГО ПАРАБОЛОЇДА О.В. Андрійчук, С.О. Ужегов.....	23
РОЗРАХУНОК ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ УТОЧНЕНИМИ МЕТОДАМИ Х.З. Байтала, П.І. Бакін, Т.П. Донець, О.А. Фесенко.....	25
НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ КАТЕГОРІЇ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БУДІВЛІ ТА ЗМІНИ ІНТЕНСИВНОСТІ СЕЙСМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ М.С. Барабаш, Н.О. Костира, Б.Ю. Писаревський.....	27
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ПРИЗМ ЩО ЗАЗНАЛИ ДІЇ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР С.Ю. Берестянська, Є.І. Галагура, О.В. Опанасенко, І.В. Биченок А.О. Берестянська,	29
ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК АРМОВАНИХ ВИСОКОМІЩНОЮ АРМАТУРОЮ ТА СТАЛЕВИМ ЗОВНІШНІМ ЛИСТОМ Т.В. Бобало, Я.З. Бліхарський, Н.С. Копійка, М.Е. Волинець.....	31

ЛАБОРАТОРНІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ ДОВАНТАЖУВАЛЬНИХ СИЛ ТЕРТЯ, ЩО ДІЮТЬ ПО БІЧНІЙ ПОВЕРХНІ КОНУСОПОДІБНИХ ПАЛЬ	
О.В. Самородов, А.В. Убийвовк, А.Ю. Купрейчик.....	106
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЦИОНАЛЬНОГО НЕСУЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ СТОЛБЧАТОЙ МОСТОВОЙ ОПОРЫ	
Е.В. Синьковская, А.В. Игнатенко.....	108
СЕЙСМІЧНИЙ ЗАХИСТ ПРИКАР'ЄРНИХ ЗАБУДОВ	
А.А. Скачков, О.А. Паливода, С.О. Жуков, Д.А. Єрмоленко.....	110
РОЗВ'ЯЗОК ЗАДАЧІ ПРО ВІЛЬНІ КОЛИВАННЯ КРУГОВИХ АРОК ЧИСЕЛЬНО-АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	
М.Г. Сур'янінов, Ю.С. Крутій, А.М. Чучмай.....	112
СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АРМОКАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ У ПК «ЛІРА-САПР»	
А.В. Томашевський.....	114
ДБН БЕТОННІ ТА ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ, ЩО ПРИЗНАЧЕНІ ДЛЯ РОБОТИ ЗА УМОВ ВПЛИВУ ПІДВИЩЕНИХ І ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР	
С.Л. Фомін, Ю.В. Бондаренко, С.В. Бутенко, І.А. Плахотнікова.....	116
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДІАГРАМИ ДЕФОРМУВАННЯ БЕТОНУ ПРИ НАГРІВАННІ	
С.Л. Фомін, С.В. Бутенко, К.В. Спіранде, М.В. Якименко.....	118
НАДІЙНІСТЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ПІДСИЛЕНИХ ПРИ РІЗНИХ РІВНЯХ НАВАНТАЖЕННЯ	
Р.Є. Хміль, Р.Ю. Титаренко, Я.З. Бліхарський, Р.В. Вашкевич.....	120
СТАТИСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОЗПОДІЛУ МІЦНОСТІ НОРМАЛЬНИХ ПЕРЕРІЗІВ ЗІГНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ	
О.А. Шкурупій, П.Б. Митрофанов, Ю.О. Давиденко.....	122

**Секція
БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ЗАХИСТ І РЕМОНТ КОНСТРУКЦІЙ
ТА СПОРУД**

BASALT FIBER CONCRETE IS A NEW CONSTRUCTION MATERIAL FOR ROADS AND AIRFIELDS	
К. Krayushkina, Т. Khymeryk, А. Bieliatynskiy.....	124
SHORT-TERM STRENGTH OF ANCHOR SCREWS ON MODIFIED ACRYLIC ADHESIVES	
V.O. Sklyarov, N.M. Zolotova, O.Y. Suprun.....	125

**РОЗВ'ЯЗОК ЗАДАЧІ ПРО ВІЛЬНІ КОЛИВАННЯ КРУГОВИХ АРОК
ЧИСЕЛЬНО-АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ ГРАНИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

**SOLUTION OF THE PROBLEM ON FREE OSCILLATIONS OF CIRCLES
AROK NUMERICALLY BY THE BOUNDARY ELEMENTS METHOD**

*д-р техн. наук М.Г. Сур'янінов, д-р техн. наук Ю.С. Крутій,
канд. техн. наук А.М. Чучмай
Одеська державна академія будівництва та архітектури (м. Одеса)*

*M.G. Surianinov, D.Sc. (Tech.), Yu.S. Krutii, D.Sc. (Tech.),
O.M. Chuchmay, PhD (Tech.)
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (Odessa)*

У технічній літературі досить повно освітлені питання статичної й стійкості арок, а ось щодо коливань арок, досліджень дуже мало [1-2]. І тут досить ефективним є застосування чисельно-аналітичного методу граничних елементів (ЧА МГЕ), основні положення якого викладені в [3-4].

Алгоритм застосування ЧА МГЕ можна розділити на дві складових: "аналітичну" і "чисельну". Перша з них полягає в одержанні аналітичних виражень фундаментальних ортонормованих функцій, функції Гріна й вектору зовнішніх навантажень (який у цьому випадку буде нульовим) для усіх можливих коренів характеристичного рівняння, відповідного до диференціального рівняння завдання. Після певних перетворень основного рівняння ЧА МГЕ [3], одержимо систему алгебраїчних рівнянь, яка вирішується чисельно, а потім можна визначити шукані величини, у цьому випадку – власні частоти й форми коливань.

Шляхом перетворення рівнянь рівноваги отримується диференціальне рівняння задачі відносно функції u :

$$u^{VI} + 2u^{IV} + u^{II} \left(1 - \frac{mR^4 \omega^2}{EI} \right) + \frac{mR^4 \omega^2}{EI} u = 0 \quad (1)$$

Відповідне характеристичне рівняння:

$$k^6 + 2k^4 + \left(1 - \frac{mR^4 \omega^2}{EI} \right) k^2 + \frac{mR^4 \omega^2}{EI} = 0$$

або

$$t^3 + 2t^2 + zt + (1 - z) = 0, \quad (2)$$

де

$$t = k^2; \quad z = 1 - \frac{mR^4 \omega^2}{EI}$$

Розв'язок рівняння (1) буде залежати від коренів характеристичного рівняння (2). Розглянуто всі можливі десять випадків комбінацій цих

коренів. Отримано аналітичні вирази 360 фундаментальних функцій. Побудовано трансцендентне частотне рівняння ЧА МГЕ для арки:

$$|A_*(\omega, \alpha)| = 0. \quad (3)$$

Корені цього рівняння є частотами її власних коливань.

Розглянуто приклад розрахунку кругової арки (рис. 1) на вільні коливання методом граничних елементів та методом скінченних елементів у програмі ANSYS. Порівняння перших п'яти власних частот, визначених за алгоритмом ЧА МГЕ, з обчисленими в програмі ANSYS надане в табл. 1.

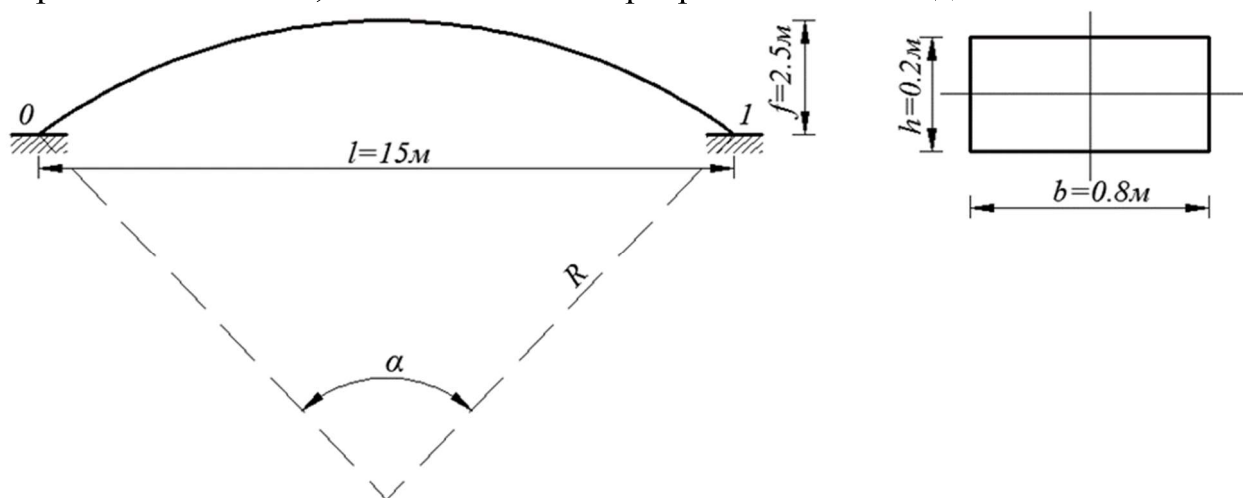


Рис. 1. Приклад розрахунку

Таблиця 1

Порівняння результатів ЧА МГЕ і МСЕ

Номер частоти	МГЕ, с^{-1}	МСЕ, с^{-1}	Розбіжність, %
1	65,625	65,069	0,85
2	106,080	106,618	0,51
3	206,819	208,119	0,62
4	271,575	274,559	1,09
5	341,290	345,714	1,28

Аналіз табл. 1 показує, що спектр власних частот, обчислених методом граничних елементів, трохи нижче (крім першої частоти), чим спектр, обчислений методом скінченних елементів, що свідчить про більшу вірогідність результатів ЧА МГЕ.

[1] Iman Dayyani, Michael I. Friswell, Erick I. Saavedra Flores. A general super element for a curved beam / International Journal of Solids and Structures 51 (2014) 2931–2939.

[2] J.S. Wu, F.T. Lin, H.J. Shaw. Free in-plane vibration analysis of a curved beam (arch) with arbitrary various concentrated elements / Applied Mathematical Modelling 37 (2013) 7588–7610.

[3] Дашенко А.Ф., Коломиєць Л.В., Оробей В.Ф., Сурьянінов Н.Г. Численно-аналитический метод граничных элементов. – Одесса: ВМВ, 2010. – В 2-х томах. – Т.1. – 416 с. – Т.2. – 512 с.

[4] Оробей В.Ф., Сурьянінов Н.Г. / Основные положения численно-аналитического варианта МГЭ. // Труды Санкт-Петербургского политехнического университета. / Инженерно-строительный журнал. // № 4 (22). // СПб, 2011. // С. 33-39.