

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ім. Івана Пулюя**

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МІЦНОСТІ
ім. Г.С. Писаренка**

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ім. Г.В. Карпенка**

**ВІЙСЬКОВО-ТЕХНІЧНА АКАДЕМІЯ ІМЕНІ Я. ДОМБРОВСЬКОГО
(Польща)**

МАРІБОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (Словенія)

КОШИЦЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (Словаччина)

БІЛОСТОЦЬКИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (Польща)

УНІВЕРСИТЕТ КЛЕРМОН ОВЕРНЬ (Франція)

УКРАЇНСЬКЕ ТОВАРИСТВО З МЕХАНІКИ РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

*присвячена 70 - річчю від дня народження
член-кореспондента НАН України,
проф. Яснія Петра Володимировича*

«МІЦНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ СУЧАСНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ»

Праці конференції

**10-11 листопада 2022 р.
Тернопіль, Україна**

УДК 001+539.4
M70

Голова програмного комітету

Микола МИТНИК (Україна)

Співголова програмного комітету

Павло МАРУЩАК (Україна)

Голова організаційного комітету

Ігор ОКІПНИЙ (Україна)

Науковий секретар

Іван ПІДГУРСЬКИЙ (Україна)

Члени програмного комітету

Зіновій НАЗАРЧУК (Україна)

Жанетта БРЕЗІНОВА (Словаччина)

Томаш ВУХЕРЕП (Словенія)

Володимир ГУЦАЙЛЮК (Польща)

Анатолій ЗІНЬКОВСЬКИЙ (Україна)

Роман КУШНІР (Україна)

Юрій ЛАПУСТА (Франція)

Григорій НИКИФОРЧИН (Україна)

Олегас ПРЕНТКОВСКИС (Литва)

Ольга ЗВІРКО (Україна)

Георгій СУЛИМ (Польща)

Володимир ЯСНІЙ (Україна)

Олег ЯСНІЙ (Україна)

Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій.
M70 Праці Міжнародної науково-технічної конференції, (Тернопіль, 10-11 листопада 2022 р.) – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 265 с.

УДК 001+539.4

ISBN 978-617-7875-43-6

У збірнику висвітлені доповіді Міжнародної науково-технічної конференції "Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій" (Тернопіль, 10-11 листопада 2022 р.). Розглянуто наступні питання: міцність сучасних матеріалів і конструкцій; довговічність сучасних матеріалів і конструкцій; нові та сучасні матеріали та технології; діагностика пошкоджуваності матеріалів і конструкцій.

Відповідальний редактор П.О. Марущак

Всі права захищені. Жодна з доповідей цього видання не може бути повністю чи частково відтворена або розмножена електронним, механічним, фото- чи будь-яким іншим способом без попереднього письмового погодження з програмним комітетом конференції. Всі доповіді відтворено з дозволу їх авторів.

Видавець не несе відповідальності за будь-який збиток, заподіяний особам чи власності внаслідок некоректності наданої в збірнику інформації або при використанні будь-яких методів, виробів чи ідей, які описано в поданих авторами доповідях.

ISBN 978-617-7875-43-6

©Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя, 2022

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
TERNOPIL IVAN PULUJ NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
G.S. PISARENKO INSTITUTE FOR PROBLEMS OF STRENGTH
NAS OF UKRAINE
KARPENKO PHYSICO-MECHANICAL INSTITUTE
NAS OF UKRAINE
MILITARY UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (POLAND)
UNIVERSITY OF MARIBOR (SLOVENIA)
TECHNICAL UNIVERSITY OF KOŠICE (SLOVAKIA)
BIALYSTOK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (POLAND)
UNIVERSITY OF CLERMONT AUVERGNE (FRANCE)
UKRAINIAN SOCIETY OF MATERIAL FRACTURE MECHANICS

INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND TECHNICAL CONFERENCE
dedicated to the 70th anniversary from the day of birth of
Corresponding member of the National Academy of Sciences of Ukraine,
professor Yasniy Petro

STRENGTH AND DURABILITY OF MODERN MATERIALS AND CONSTRUCTIONS

Proceedings of the Conference

November 10-11, 2022

**Ternopil
2022**

**UDC 001+539.4
M70**

Chairman of the Program Committee

Mykola MYTNYK (Ukraine)

Co-Chairmen of the Program Committee

Pavlo MARUSCHAK (Ukraine)

Chairman of the Organizing Committee

Ihor OKIPNYI (Ukraine)

Scientific secretary

Ivan PIDGURSKYI (Ukraine)

Members of the Program Committee

Zinoviy NAZARCHUK (Ukraine)

Janette BREZINOVÁ (Slovakia)

Tomaž VUHERER (Slovenia)

Volodymyr HUTSAYLYUK (Poland)

Anatoliy ZINKOVSKYI (Ukraine)

Roman KUSHNIR (Ukraine)

Yuri LAPUSTA (France)

Hryhorii NYKYFORCHYN (Ukraine)

Olegas PRENTKOVSKIS (Lithuania)

Olha ZVIRKO (Ukraine)

Heorhiy SULYM (Poland)

Volodymyr IASNII (Ukraine)

Oleh Yasniy (Ukraine)

M70 Strength and durability of modern materials and construction. Proceeding of the International Conference “Strength and durability of modern materials and construction” (Ternopil, November 10-11, 2022).– Ternopil: PE Palianytsia V. A., 2022 – 265 p.

UDC 001+539.4

ISBN 978-617-7875-43-6

The book comprises the papers presented at the International Conference “Strength and durability of modern materials and construction” (Ternopil, November 10-11, 2022). Which consider the following problems: strength of modern materials and structures; durability of modern materials and structures; new and modern materials and technologies; diagnosis of damage for materials and structures.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in retrieval system, or transmitted in any means, electronic, mechanical, photo-copying or otherwise, without the prior written permission of the Conference Program Committee. The papers are reproduced by permission of individual authors.

No responsibility is assumed by the publisher for any injury and/or damage to persons or property as a matter of products liability, negligence or otherwise, or from any use or operation of any methods, products, instructions or ideas contained in the material herein.

Edited by P. Maruschak

ISBN 978-617-7875-43-6

©Ternopil Ivan Puluj National
Technical University, 2022

УДК 621.869.88:656.211.7

С. Панченко¹, д.т.н., проф., Г. Ватуля², д.т.н., проф., А. Ловська³, д.т.н., доц.,
Є. Краснокутський²

¹Український державний університет залізничного транспорту, Україна

²АТ “Укрзалізниця”, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ КОНТЕЙНЕРА ТИПУ ХОПЕР ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ МОРЕМ

S. Panchenko¹, Dr., Prof., G. Vatulia¹, Dr., Prof., A. Lovska¹, Dr., Assoc. Prof.,
Ye. Krasnokutskyi²

¹Ukrainian State University of Railway Transport, Ukraine

²Joint-Stock Company Ukrainian railway, Ukraine

DETERMINATION OF THE LOADING ON A HOPPER CONTAINER TRANSPORTED BY SEA

Abstract. The efficiency of freight transportation can be improved by the use of hopper containers. If required they can be equipped with lift-off roofs, which makes it possible to transport the freight requiring protection from weather. The possibility to transport these containers by sea was studied through. The research conducted will promote the designing of containers with better technical and operational characteristics that will improve the efficiency of container transportation.

Утримання конкурентоспроможності залізничного транспорту зумовлює необхідність впровадження в експлуатацію комбінованих транспортних систем. Відомо, що однією з найбільш перспективних та поширених серед таких є контейнерні перевезення. Разом з цим для підвищення ефективності контейнерних перевезень важливим є створення перспективних конструкцій контейнерів, призначених для перевезень широкої номенклатури вантажів. При проектуванні таких контейнерів необхідним є урахування навантажень, які можуть діяти на них не тільки при перевезеннях залізничним, автомобільним, авіаційним або морським транспортом, а і у складі комбінованих поїздів на залізничних поромках. Такий вид комбінованих перевезень дістав розвиток при введенні в експлуатацію транспортного коридору новий “Шовковий шлях”, який сполучив Україну з Китаєм та забезпечив можливість слідування поїздів комбінованого транспорту морем на залізничних поромках. Тому питання створення нових конструкцій контейнерів з покращеними технічними та експлуатаційними показниками, а також визначення їх навантаженості при перевезеннях на залізничних поромках у складі поїздів комбінованого транспорту потребують дослідження.

Для підвищення ефективності контейнерних перевезень вантажів запропоновано конструкцію контейнера типу хопер (рис. 1). Особливістю контейнера є те, що його торцеві стіни розміщені під кутом 30° по відношенню до вертикальної осі. Це дозволяє здійснювати його розвантаження самотечією з використанням гравітаційних властивостей вантажу. Розвантаження контейнера здійснюється через люки. За необхідності перевезень вантажів, які потребують захисту від атмосферного впливу контейнер оснащується зйомним дахом.

Для можливості перевезень контейнера морем проведено дослідження його навантаженості. При цьому до уваги прийнято випадок перевезення контейнера на залізничному поромі у складі комбінованого поїзда.

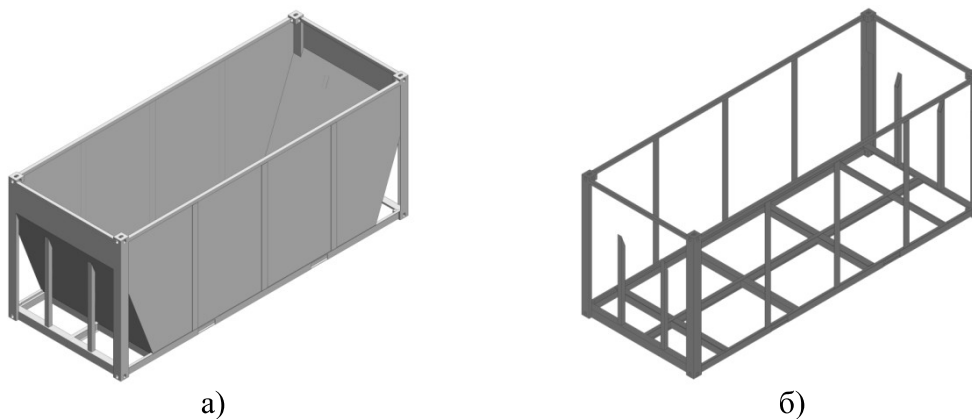


Рис. 1. Контейнер типу хопер
а) загальний вигляд; б) каркас

Для визначення напружень, які діють в несучій конструкції контейнера проведено його розрахунок за методом скінчених елементів, який реалізовано в програмному комплексі SolidWorks Simulation. У якості розрахункового критерію застосовано критерій Мізеса. Величину динамічного навантаження, яке діє на контейнер та насипний вантаж, розміщений у ньому визначено за методикою, наведеною у роботах [1, 2]. При цьому, для випадку відсутності переміщень контейнера відносно рами вагона-платформи, величина прискорення, яке діє на нього склала $0,25g$. При проведенні розрахунків враховано, що кут крену дорівнює $12,2^\circ$. Максимальні еквівалентні напруження в контейнері зафіксовані в його нижньому обв'язуванні та склали $294,2$ МПа, що нижче за допустимі [3, 4].

Також в рамках дослідження проведено визначення стійкості рівноваги контейнера з урахуванням типової схеми взаємодії з вагоном-платформною при перевезенні морем. Стійкість контейнера з урахуванням типової схеми взаємодії з вагоном-платформною забезпечується при кутах крену до 26° .

Проведені дослідження сприятимуть створенню контейнерів з покращеними технічними та експлуатаційними характеристиками, а також підвищенню ефективності функціонування транспортної галузі.

Література.

1. Lovska A. O. Computer simulation of wagon body bearing structure dynamics during transportation by train ferry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. Vol. 3 (7 (75)). P. 9 – 14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.43749>
2. Ловська Альона. Дослідження динамічної навантаженості вагона-платформи з контейнерами при перевезенні на залізничному поромі. *Залізничний транспорт України* 2017. № 2. С. 16 – 20.
3. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). ДСТУ 7598:2014. [Чинний від 2015-07-01]. Київ, 2015.
4. Вантажні контейнери. Контейнери універсальні (інтермодальні) для повітряних і наземних перевезень. Технічні умови і методи випробувань. ДСТУ ISO 8323:2015 (ISO 8323:1985, IDT). [Чинний від 2016-01-01]. Київ, 2016.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. МІЦНІСТЬ СУЧАСНИХ МАТЕРІАЛІВ І КОНСТРУКЦІЙ	
<i>О. Повстяной, Р. Полінкевич, Н. Редько,</i> ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ПОРИСТИХ ПРОНИКНИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	7
<i>Й. Лучко, О. Кузін, В. Копилов, М. Кузін</i> РОЗРОБКА ПІДХОДІВ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЙ ЗМІЦНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ КОНЦЕНТРАТОРАМИ НАПРУЖЕНЬ МЕТОДАМИ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ	10
<i>В. Ковальчук, Й. Лучко</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ, ЩО ДІЮТЬ НА МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ МОСТІВ	13
<i>М. Шульженко, А. Ольховський</i> ОЦІНКА ЗМІНИ ВІБРОМІЦНОСТІ ЛОПАТОК ПОТУЖНОЇ ПАРОВОЇ ТУРБИНИ ПІСЛЯ ЇХНЬОГО РЕМОНТУ	16
<i>В. Ковбашин, І. Бочар</i> СКЛАД СУМІШІ ДЛЯ СИЛІЦЮВАННЯ ТА БОРУВАННЯ ВИРОБІВ ІЗ КАРБІДУ КРЕМНІЮ ТА ДИСИЛІЦИДУ МОЛІБДЕНУ	18
<i>І. Ярема, Р. Лещук, А. Гупка, В. Буховець</i> СТРУКТУРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПІДХІД В КЕРУВАННІ ПОВЕРХНЕВОЮ МІЦНІСТЮ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ТЕРТІ	21
<i>С. Панченко, Г. Ватуля, А. Ловська, Є. Краснокутський</i> ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНОСТІ КОНТЕЙНЕРА ТИПУ ХОПЕР ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ МОРЕМ	24
<i>Г. Ватуля, А. Ловська, А. Рибін, М. Павлюченков, Д. Петренко</i> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО- ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ХРЕБТОВОЇ БАЛКИ НАПІВВАГОНА З НАПОВНЮВАЧЕМ	26
<i>В. Дегтярев</i> ВПЛИВ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЯХ НА ГРАНИЧНІ НАПРУЖЕННЯ ЦИКЛУ	28
<i>М. Слободян, І. Кузь, І. Звізло</i> НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ЗА ЗГИНУ КРУГЛОЇ ПЛАСТИНИ З ТРИЩИНАМИ З УРАХУВАННЯМ СМУГОВОГО КОНТАКТУ ЇХНІХ БЕРЕГІВ	30
<i>С. Прищепко</i> МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРОСТОРОВОГО КАРКАСУ ВИСОТНОЇ БУДІВЛІ	32

Наукове видання
Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка
НАН України
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка
НАН України
Військово-технічна академія імені Я. Домбровського (Польща)
Маріборський університет (Словенія)
Кошицький технічний університет (Словаччина)
Білостоцький технологічний університет (Польща)
Університет Клермон Овернь (Франція)
Українське товариство з механіки руйнування матеріалів

МІЦНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ СУЧАСНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА КОНСТРУКЦІЙ

Праці конференції

Відповідальний редактор *Павло Марущак*

Комп'ютерне макетування *Іван Підгурський*

Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій.
M70 Праці Міжнародної науково-технічної конференції, (Тернопіль, 10-11 листопада 2022 р.) – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. – 265 с.

ISBN 978-617-7875-43-6

Підписано до друку 08.11.2022. Формат 60×90, 1/16.
Друк лазерний. Папір офсетний. Гарнітура TimesNewRoman.
Умовно-друк. арк. 15,8. Наклад – 300 прим.
Замовлення № 08112022

Друк ФОП Паляниця В. А.
Свідоцтво ДК №4870 від 20.03.2015 р.
м. Тернопіль, вул. Б. Хмельницького, 9а, оф.38.
тел. (0352) 528–777.