

Kyiv National University of Construction  
and Architecture (Ukraine)

Fachhochschule Dortmund (Germany)

Astana IT University (Kazakhstan)

Certificate of the State Registration  
KB № 24827-14767 P dated 20.04.2021

ISSN 2617-0264 (print) ISSN 2664-2697 (online)

DOI: 10.32347/tit2021.41

Published once a year

# TRANSFER OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Founded in December 2017

## Vol 4, No 1 (2021)

### EDITOR-IN-CHIEF

**Mykhailo Sukach** Dr.Tech.Sc., Prof., KNUCA, Kyiv

### DEPUTY EDITOR

**Sergey Bushuyev** Dr.Tech.Sc., Prof., KNUCA, Kyiv

### EDITORIAL BOARD

**Volodymyr Cherniavskiy** Dr. of Architecture, Prof.,  
NAFAA, Kyiv

**Volodymyr Golubets** Dr.Tech.Sc., Prof., Ukrainian  
National Forestry University, Lviv

**Valery Guliaiev** Dr.Tech.Sc., Prof., National Transport  
University, Kyiv

**Viktor Haidaichuk** Dr.Tech.Sc., Prof., KNUCA, Kyiv

**Valerii Jakovenko** Dr.Tech.Sc., Prof., KNUCA, Kyiv

**Mykola Jakovlev** Dr.Tech.Sc., Prof., NAA Institute for  
Modern Art Problems of Ukraine, Kyiv

**Vitaly Kirilyuk** Dr.Phys. and Math.Sc., Lead.Res., NAS  
S. Tymoshenko Institute of Mechanics  
of Ukraine, Kyiv

**Svjatoslav Kravets** Dr.Tech.Sc., Prof., National University  
of Water and Environmental Engineer-  
ing, Rivne

**Petro Kulikov** Dr.Econ.Sc., Prof., KNUCA, Kyiv

**Vadym Kutsevich** Dr. of Architecture, Prof., KNUCA, Kyiv

**Leonid Lobanov** Full member of NASU, Dr.Tech.Sc.,  
Prof., NAS E.O.Paton Institute of Electric  
Welding of Ukraine, Kyiv

**Viktor Malyshev** Dr.Chem.Sc., Prof., University Ukraine,  
Kyiv

**Ihor Ogirko** Dr.Phys. and Math.Sc., Prof., Ukrainian  
Academy of Printing, Lviv

**Roman Rohatynskiy** Dr.Tech.Sc., Prof., Ternopil Ivan  
Puluy National Technical University

**Volodymyr Romanov** Dr.Tech.Sc., Prof., NAS V.Glushkov  
Institute of Cybernetics of Ukraine, Kyiv

**Valerii Samoilenko** Dr.Phys. and Math.Sc., Prof., Taras  
Shevchenko National University of Kyiv

**Oleg Sleptsov** Dr. of Architecture, Prof., KNUCA, Kyiv

**Oleksandr Trofymchuk** Corr.-member of NASU, Dr.Tech.  
Sc., Prof., NAS Institute of Telecommu-  
nications and the Global Information  
Space of Ukraine,

**Kostiantyn Zabolotnyi** Dr.Tech.Sc., Prof., NTU of Ukraine  
Dnipro Polytechnic, Dnipro

**Oleksandr Zbrutskiy** Dr.Tech.Sc., Prof., NTU of Ukraine,  
Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

**Languages of the publications** English, Ukrainian,  
Russian

Original works and authoritative reviews of innovative tech-  
nologies in construction, architecture, other fields of science  
and technology. New solutions and methods for measuring,  
predicting and studying the properties of materials, struc-  
tures, technological processes. Different aspects of design,  
production and operation of industrial, civilian objects, infra-  
structure. Problems of energy, ecology, computer and infor-  
mation technology

### SUBJECT EDITORS

**Tamara Panchenko** (Construction, Architecture)  
Dr. of Architecture, Prof., KNUCA, Kyiv

**Sergey Bilyk** (Engineering, Environmental Science)  
Dr.Tech.Sc., Prof., KNUCA, Kyiv

**Yurii Khlaponin** (Information Technologies) Dr.Tech.Sc.,  
Prof., KNUCA, Kyiv

### INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

**Andrii Biloshchytskyi** Dr.Tech.Sc., Prof., Astana IT  
University, Nur-Sultan (Kazakhstan)

**Nikolaj Goranin** PhD, Ass.Prof., Vilnius Gediminas  
Technical University (Lithuania)

**Miklos Hajdu** PhD, Prof., Budapest University of Tech-  
nology and Economics (Hungary)

**Chuanbao Jia** PhD, Ass.Prof., Shandong University,  
Jinan, Shandong (China)

**Ihor Loukiantchouk** Dr.Phys. and Math.Sc., Prof.,  
University of Picardie (France)

**Miroslaw Skibniewski** PhD, Prof., University  
of Maryland, College Park (USA)

**Hiroshi Tanaka** PhD, Prof., Okayama Prefectural  
University (Japan)

**José Ramón Otegi-Olaso** PhD, Ass.Prof., University  
of the Basque Country (Spain)

**Pavel Urbanovich** Dr.Tech.Sc., Prof., Belarusian State  
Technological University (Belarus)

**Carsten Wolff** Dr.Tech.Sc., Prof., Fachhochschule  
Dortmund (Germany)

**Walery Wysoczanski** PhD, Center for Integral  
Ecology Laudato Si, Warsaw (Poland)

The journal is included in the List of scientific professional  
editions of Ukraine in accordance with the Order of the  
Ministry of Education and Science of Ukraine

Approved by Academic Council of Kyiv National  
University of Construction and Architecture  
24 June 2021, Protocol No 42

# Content

To the conference participants.....	4
Working program.....	5
Preprint articles.....	19

## Section 1. Construction, Architecture

<b>Ірина Руднєва.</b> Підсилення металевих конструкцій зовнішнім армуванням методом наклеювання високоміцних фіброармованих систем: аналітичний підхід.....	19
<b>Ludmila Grigoryeva.</b> Piezoelectric devices for energy harvesting in building structures.....	22
<b>Валерій Товбич, Наталія Куліченко, Микола Сисойлов.</b> Закон нормального розподілу ЗТРК-комплексів у структурі містобудівних утворень.....	25
<b>Микола Осетрін, Тетяна Шилова.</b> Облаштування вулиці – запорука поліпшення безпеки руху... ..	27
<b>Ірина Булах.</b> Формування архітектурного простору закладів охорони здоров'я на основі ландшафтного дизайну.....	29
<b>Ірина Руднєва.</b> Застосування лазерного сканування для моніторингу стану будівель та споруд при реконструкції.....	33
<b>Анатолій Дружинін, Оксана Давиденко.</b> Будівельне дипломне проектування за BIM-технологією.....	37

## Section 2. Engineering, Environmental Science

<b>Sergey Maksimov, Alla Radzievskaya, Liudmyla Nyrkova, Switlana Osadchuk.</b> Corrosion resistance of welded joints made by underwater wet welding.....	41
<b>Михайло Сукач, Анатолій Кравчук.</b> Вдосконалення крано-маніпуляторної техніки для аварійно-рятувальних та відновлювальних робіт.....	47
<b>Юрій Абрашкевич, Олександр Марченко.</b> Навантаження абразивних армованих кругів при зміні технологічних параметрів.....	52
<b>Богдан Пащенко, Олександр Литвиненко.</b> Інструментальний програмний комплекс для імітаційного моделювання процесів мембранного розділення рідких дисперсних систем.....	56
<b>Ігор Косминський.</b> Застосування привантажувачів при виготовленні виробів з використанням сухих сумішей.....	60
<b>Володимир Супонєв, Віталій Ругулін.</b> Формування свердловин для підземних інженерних комунікацій гвинтовим робочим органом.....	63
<b>Julia Świerżewska, Salomea Kaszczewska, Wojtek Młodziejewski.</b> Aspekty medyczo-prawne dotyczące żywienia w kontekście bezpieczeństwa ekologicznego żywności.....	66
<b>Олена Заміховська, Леонід Заміховський, Іван Левицький, Микола Николайчук.</b> Геоінформаційна система моніторингу стану річкових вод.....	68
<b>Вячеслав Приходько.</b> Математичне моделювання екологічної безпеки на основі баз даних колективного дистанційного доступу. На прикладі зсувних ділянок Середнього Придніпров'я.....	72
<b>Олексій Гопонов.</b> Встановлення технічної продуктивності ланцюгового екскаватора з різцями, що працюють в умовах критичноглибинного різання ґрунтів.....	78

<b>Vladislav Bogdanov.</b> About one approach to the problems of impact of fine shells of the S.P.Timoshenko type.....	82
<b>Сергій Бушуєв, Роман Трач.</b> Управління розвитком технологій будівництва на основі знань.....	88
<b>Олександр Белов, Максим Делембовський. Віталій Шкляр.</b> Моделювання кіберзагроз для Інтернет речей.....	92
<b>Віталій Шкляр, Сергій Федін.</b> Аналіз завдань технології краудсорсингу для геоінформаційних систем у сфері управління надзвичайними ситуаціями.....	95
<b>Євгенія Шабала, Анастасія Латанська.</b> Методи цифрового захисту графічних зображень.....	99
<b>Олександр Безверхий, Олександр Куценко.</b> Розробка кросплатформенних додатків.....	102
<b>Андрій Тевяшев, Ігор Шостко, Олег Земляний.</b> Сетевая оптико-электронная система мониторинга воздушного пространства.....	106
<b>Андрій Тевяшев, Ольга Матвієнко, Гліб Нікітенко.</b> Стохастична модель і метод оптимізації режимів роботи групи артезіанських свердловин в системах водопостачання.....	108
<b>Андрій Тевяшев, Ігор Шостко, Олег Земляний.</b> Інтелектуальна відеоаналітика повітряних об'єктів.....	111
<b>Ігор Бех, Сергій Новак.</b> Нелінійне перетворення сигналів у схемі формального нейрона.....	115
<b>Ігор Засуха.</b> Аналіз теоретичних та практичних підходів до управління проектами цифровізації у державному секторі.....	120
Certificates of the Participants.....	125
Acknowledgments.....	126
Contest Winners.....	126
Guidelines for Participants.....	127
Guidelines for Authors.....	130

## TO THE CONFERENCE PARTICIPANTS

The 7<sup>th</sup> International Transfer of Innovative Technologies 2021 Scientific and Practical Conference <https://tit-conference.jimdofree.com> was held at the Kyiv National University of Construction and Architecture on May 19–20. Creative ideas, innovative projects and practical developments in the fields of construction, architecture, solving urgent problems of engineering and facility design, environmental protection, modern trends in information technology, etc. were presented.

National scientists, teachers and students of educational institutions, representatives of industries, well-known specialists from around the world took part in it online. 128 applications were submitted from one and a half hundred participants, including 15 foreign ones from Australia, Poland, Slovakia, the USA, Kazakhstan, Germany, and China.

The competition commission defined the best works in the nominations: Presentation, Innovative project, Publication, it awarded the authors with 2021 Winners Diplomas. The most active participants received Certificates and Acknowledgments for their work, international scientific relations, and organizational support of the Forum.

The Proceedings of the conference contain preprint of the participants' articles and presentations, the best of them are recommended for publication in international scientific journals Transfer of Innovative Technologies <http://tit.knuba.edu.ua>, Underwater technologies: industrial and civil engineering <http://uwtech.knuba.edu.ua>.

It was decided to prepare and arrange the next Forum in 2022, to attract new participants and institutions, further integration into the world scientific space. The Organizing Committee thanks everyone for the provided materials and implementation of innovative technologies!

*Editor in Chief*  
*Mykhailo Sukach*

## УЧАСНИКАМ КОНФЕРЕНЦІЇ

В Київському національному університеті будівництва і архітектури протягом 19–20 травня проходила VII міжнародна науково-практична конференція “Transfer of Innovative Technologies 2021” <https://tit-conference.jimdofree.com>. Представлено креативні ідеї, інноваційні проекти і практичні розробки в галузях будівництва, архітектури, розв’язання нагальних проблем інженерії й проектування об’єктів, захисту навколишнього середовища, сучасні тенденції в інформаційних технологіях та ін.

В режимі відеоконференцзв’язку прийняли участь вітчизняні науковці, викладачі та студенти навчальних закладів, представники виробництв, відомі фахівці країн світу. Було подано 128 заявок від півтори сотні учасників, у тому числі 15 іноземних з Австралії, Польщі, Словаччини, США, Казахстану, Німеччини, Китаю.

Конкурсна комісія визначила кращі роботи в номінаціях: *Презентація, Інноваційний проєкт, Публікація*, відзначила авторів Дипломами переможців 2021 року. Найактивніші учасники отримали Сертифікати і Подяки за проведену роботу, міжнародні наукові зв’язки, організаційну підтримку форуму.

В Збірнику матеріалів конференції опубліковано препринт статті та презентації учасників, кращі з них рекомендовано до публікації в міжнародних наукових журналах *Transfer of Innovative Technologies* <http://tit.knuba.edu.ua>, *Підводні технології: промислова та цивільна інженерія* <http://uwtech.knuba.edu.ua>.

Прийнято рішення щодо підготовки й проведення наступного форуму в 2022 році, залучення нових учасників та установ, подальшої інтеграції у світовий науковий простір. Оргкомітет дякує всім за надані матеріали та впровадження інноваційних технологій у життя!

*Головний редактор*  
*Михайло Сукач*

## WORKING PROGRAM

### ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

<i>Петро КУЛІКОВ</i>	голова, ректор КНУБА
<i>Сергій БУШУЄВ</i>	співголова, генеральний директор Української асоціації управління проектами «УКРНЕТ»
<i>Carsten WOLFF</i>	заступник голови, FH Dortmund (Germany)
<i>Світлана КОМОЦЬКА</i>	секретар

### МІЖНАРОДНА РАДА

<i>Winfried Auzinger</i>	Vienna University of Technology (Austria)
<i>Андрій Білощицький</i>	Astana IT University (Kazakhstan)
<i>Vladislav Bogdanov</i>	Progressive Research Solutions Pty., Ltd, Sidney (Australia)
<i>Goran Bryntse</i>	European Renewable Energy Federation, Borlänge (Sweden)
<i>Nikolaj Goranin</i>	Vilnius Gediminas Technical University (Lithuania)
<i>Chuanbao Jia</i>	Shandong University, Jinan (China)
<i>Ihor Loukiantchouk</i>	University of Picardie, Paris (France)
<i>Viktor Mashkov</i>	University J. Evangelista Purkyne in Usti-nad-Labem (Czech Republic)
<i>José Ramón Otegi-Olaso</i>	University of the Basque Country (Spain)
<i>Miroslav Skibnievski</i>	University of Maryland, College Park (USA)
<i>Hiroshi Tanaka</i>	Okayama Prefectural University (Japan)
<i>Pavel Urbanovich</i>	Belarusian State Technological University (Belarus)
<i>Walery Wysoczanski</i>	Center for Integral Ecology Laudato Si, Warsaw (Poland)

**Фундатор конференції:** *Михайло СУКАЧ*, +380956297417, [msukach@ua.fm](mailto:msukach@ua.fm)  
**Адміністратори:** *Дмитро МІЩУК*, +380971755341, [mischuk.do@knuba.edu.ua](mailto:mischuk.do@knuba.edu.ua)  
*Максим ДЕЛЕМБОВСЬКИЙ*, +380632653724, [delembovskyi.mm@knuba.edu.ua](mailto:delembovskyi.mm@knuba.edu.ua)  
**Інформаційне забезпечення:** *Максим БАЛАКА*, +380679955389, [balaka.mm@knuba.edu.ua](mailto:balaka.mm@knuba.edu.ua)

### МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ

Київський національний університет будівництва і архітектури: Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна, 03037

**Форми участі:** доповідь, препринт стаття, наукометрична стаття

**Конкурсна програма:** за трьома номінаціями

Організаційний внесок: **безкоштовно**

Оплата публікацій: див. Дорожню карту

**Вказівки для учасників:** <https://tit-conference.jimdofree.com>

Заява про участь: до **01.05.2021 р.**

Листування: [tit.edit@ukr.net](mailto:tit.edit@ukr.net)

**Запрошення** до електронної сесії: на e-mail автора

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

<i>Михайло СУКАЧ</i>	голова, професор, КНУБА
<i>Сергій МАКСИМОВ</i>	співголова, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України
<i>Wang JIAYOU</i>	заступник голови, Jiangsu University Science and Technology (China)
<i>Олександр МАРЧЕНКО</i>	вчений секретар

ЧЛЕНИ КОМІТЕТУ

<i>Олександр Безверхий</i> НТУ, Київ	<i>Іван Назаренко</i> Академія будівництва України, Київ
<i>Сергій Білик</i> КНУБА, Київ	<i>Ігор Огірко</i> Українська академія друкарства, Львів
<i>Володимир Блінцов</i> НУК ім. акад. Макарова, Миколаїв	<i>Володимир Онищенко</i> НУ Полтавська полі- техніка ім. Ю.Кондратюка
<i>Віктор Гайдайчук</i> КНУБА, Київ	<i>Ігор Ребезнюк</i> НЛТУУ, Львів
<i>Дмитро Гончаренко</i> ХНУБА, Харків	<i>Роман Рогатинський</i> ТНТУ, Тернопіль
<i>Віктор Грінченко</i> Інститут гідромеханіки НАНУ, Київ	<i>Володимир Романов</i> Інститут кібернетики ім. В.Глушкова НАНУ, Київ
<i>Микола Дьомін</i> КНУБА, Київ	<i>Валерій Самойленко</i> КНУ ім. Тараса Шевче- нка, Київ
<i>Костянтин Заболотний</i> НУ Дніпровська політехніка, Дніпро	<i>Андрій Тевяшев</i> ХНУРЕ, Харків
<i>Леонід Заміховський</i> ІФНТУНГ, Івано- Франківськ	<i>Валерій Товбич</i> КНУБА, Київ
<i>Святослав Кравець</i> НУВГП, Рівне	<i>Олександр Трофимчук</i> Інститут телекомуніка- цій і глобального інформаційного про- сторю НАНУ, Київ
<i>Веніамін Кубенко</i> Ін-т механіки ім. С.П.Тимошенка НАНУ, Київ	<i>Юрій Хлапонін</i> КНУБА, Київ
<i>Олександр Луговський</i> НТУУ КПІ ім. І.Сікорського, Київ	<i>Олексій Шкуратов</i> КНУБА, Київ
<i>Віктор Малишев</i> Університет Україна, Київ	
<i>Володимир Надутий</i> Ін-т геотехнічної меха- ніки ім. М.С.Полякова НАНУ, Дніпро	

МЕТА КОНФЕРЕНЦІЇ

- Інтеграція вітчизняних та закордонних фахівців і наукових шкіл у проведенні досліджень, практичному застосуванні енергоощадних, екологічно безпечних технологій
- Оригінальні роботи та авторитетні огляди з інноваційних технологій у будівництві, архітектурі, інших галузях науки і техніки. Проектування, виробництво та експлуатація промислових, цивільних об'єктів, логістики, інфраструктури
- Консолідація фахівців для вирішення проблем глобального впливу на природне середовище, сприяння трансферу інноваційних технологій, штучного інтелекту та ін. у різні сфери людської діяльності

ТЕМАТИКА

- Секція 1:* Будівництво, Архітектура
- Секція 2:* Інженерія, Екологія
- Секція 3:* Інформаційні технології



РЕГЛАМЕНТ

**19.05.2021**

Реєстрація до електронної сесії. Відкриття. Привітання	9 <sup>00</sup> – 11 <sup>00</sup>
Пленарне засідання (до 20 хв.)	11 <sup>00</sup> – 13 <sup>00</sup>
Перерва	13 <sup>00</sup> – 14 <sup>00</sup>
Презентації (до 10 хв)	14 <sup>00</sup> – 17 <sup>00</sup>

**20.05.2021**

Секційні доповіді (до 10 хв.) Вільний мікрофон (до 5 хв.)	10 <sup>00</sup> – 13 <sup>00</sup>
Перерва	13 <sup>00</sup> – 14 <sup>00</sup>
Конкурсна програма	14 <sup>00</sup> – 16 <sup>00</sup>
Підсумки роботи	16 <sup>00</sup> – 17 <sup>00</sup>

КОНКУРСНА ПРОГРАМА

Розглядаються оригінальні ідеї, нові пропозиції, нестандартні рішення, креативні проекти. Конкурси за номінаціями: *Презентація, Інноваційний проект, Публікація*. Учасники конференції отримують *Сертифікат*, найактивніші – *Подяку*, переможці конкурсів – *Диплом*

ПУБЛІКАЦІЇ

**Робоча програма, Сертифікат** учасника, **Подяка** за активність, **Диплом** переможця конкурсу: на сайтах <https://tit-conference.jimdofree.com>, <http://library.knuba.edu.ua/node/289>

**Препринт стаття** (в авторській редакції, об'ємом до 4 стор.):

- в Збірнику матеріалів конференції

**Наукометрична стаття** (англомовна, рецензована, об'ємом 8 – 12 стор.) в міжнародних наукових журналах:

- *Transfer of Innovative Technologies* <http://tit.knuba.edu.ua>, <http://library.knuba.edu.ua/node/28>

- *Підводні технології: промислова та цивільна інженерія* <http://uwtech.knuba.edu.ua>, <http://library.knuba.edu.ua/node/48>

РЕКВІЗИТИ

- Благодійна організація «Фонд розвитку КНУБА», 03037, Київ, Повітрофлотський проспект 31, тел. +380672202311, +380664600001. ЄДРПОУ 38675230 МФО 320649 ПАТ КБ «Приват Банк», р/р UA563206490000026000052693844. Призначення платежу: добровільне пожертвування для виконання статутних задач (вказати: прізвище платника, назву VII ТІТ 2021). Підтвердження передати в оргкомітет конференції

- для публікацій: карти Приватбанка 4149629313300998 (грн.) та/або 5168742717504645 (\$), IBAN 713052990000026201677732741 (вказати: прізвище платника, назву журналу)

**Робочі мови конференції**

українська, російська, англійська

**Лінгвістич-консультант**

Валерій ГАСТІНЩИКОВ, +380964000510, [knigpalata@bigmir.net](mailto:knigpalata@bigmir.net)

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

Модератор: д.т.н., проф. Михайло Сукач  
19 травня 2021 р., 11<sup>00</sup> – 13<sup>00</sup>, сесія Microsoft Teams

**Петро Куліков** (ректор Київського національного університету будівництва і архітектури)  
ВІТАЛЬНЕ СЛОВО ДО УЧАСНИКІВ VII КОНФЕРЕНЦІЇ «TRANSFER OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES 2021»

**Jozef Zatkó** (President of the European Institute for Continuing Education, Director of the Eastern European Development Agency, Editor-in-Chief of the Journal "Europska VEDA", Nitra, Slovakia)  
ON THE DEVELOPMENT OF INTERNATIONAL COOPERATION AND THE ORGANIZATION OF JOINT CONFERENCES

**Miroslav Skibniewski** (Editor-in-Chief of the International Research Journal "Automation in Construction", Project Management Center of Excellence, University of Maryland, USA)  
HOW TO SUCCESSFULLY PREPARE A TECHNICAL DOCUMENT FOR PUBLICATION IN A PRESTIGIOUS INTERNATIONAL JOURNAL

**Miklos Hajdu** (Budapest University of Technology and Economics, the Chair of the International Advisory Board, Hungary)  
PROGRESSIVE TRENDS IN AUTOMATION OF CONSTRUCTION PRODUCTION

**Михайло Сукач** (фундатор МНПК, КНУБА, Київ)  
ДІАГНОСТИКА ПІДВОДНИХ ТРУБОПРОВОДІВ: ПРОЕКТ КНУБА – ZHEJIANG YUEXIN TESTING TECHNOLOGY CO., LTD

**Hiroshi Tanaka<sup>1</sup>, Sergey Bushuyev<sup>2</sup>** (<sup>1</sup>Okayama Prefectural University, Japan, <sup>2</sup>KNUCA, Kyiv)  
PROJECT DEVELOPMENT AND MARKETING IN THE GLOBAL OIL AND GAS INDUSTRY – A CONSTELLATION OF STAKEHOLDERS CO-CREATING STRATEGIC VALUE FOR THE INDUSTRY

**Vladislav Bogdanov** (Progressive Research Solutions Pty., Ltd, Sidney, Australia)  
ONE APPROACH TO THE PROBLEMS OF IMPACT OF FINE SHELLS OF THE S.P. TIMOSHENKO TYPE ON ELASTIC HALF-SPACE

**Олексій Шкуратов** (проректор з наукової роботи КНУБА, Київ)  
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ

**Walery Wysoczański<sup>1</sup>, Slavian Radev<sup>2</sup>, Igor Ogirko<sup>3</sup>, Mirosław Borkowski<sup>4</sup>** (<sup>1</sup>Centrum Ekologii Integralnej "Laudato Si", Warszawa, <sup>2</sup>Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, <sup>3</sup>Lvivska Akademia Drukarstwa, Lviv, <sup>4</sup>Centrum Ekologii Integralnej "Laudato Si", Gdańsk)  
CYBERNETYCZNO-EKONOMICZNE MODELE MATEMATYCZNE W KONTEKSCIE ZADAŃ EKOLOGII INTEGRALNEJ



**Секція 1. БУДІВНИЦТВО, АРХІТЕКТУРА**

Модератори: д.т.н., проф. Михайло Сукач  
к.т.н., доцент Максим Балака

19 травня 2021 р., 14<sup>00</sup> – 17<sup>00</sup>, сесія Microsoft Teams

**Олександр Новицький<sup>1</sup>, Антон Гасенко<sup>1</sup>, Олександр Семко<sup>1</sup>, Денис Каленіченко<sup>1</sup>, Олександр Крупченко<sup>2</sup>** (<sup>1</sup>Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава; <sup>2</sup>Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», Київ)

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ РЕКОНСТРУКЦІЇ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ ПРОМИСЛОВОЇ БУДІВЛІ ІЗ ЗМІНОЮ ЇЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

**Ірина Вакулик** (Національний університет біоресурсів і природокористування, Київ)  
МУРАЛИ У МІСЬКОМУ ПРОСТОРІ КИЄВА: ЗА І ПРОТИ

**Ярина Пузиренко** (Національний університет біоресурсів і природокористування, Київ)  
ЛАНДШАФТНА АРХІТЕКТУРА ЯК ІНСТРУМЕНТ СТВОРЕННЯ ПОЗИТИВНОГО ІМІДЖУ ЗАБУДОВНИКІВ ТА МІСЦЕВОЇ ВЛАДИ

**Ірина Руднєва** (КНУБА, Київ)  
ПІДСИЛЕННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗОВНІШНІМ АРМУВАННЯМ МЕТОДОМ НАКЛЕЮВАННЯ ВИСОКОМІЦНИХ ФІБРОАРМОВАНИХ СИСТЕМ: АНАЛІТИЧНИЙ ПІДХІД

**Юлія Данченко** (Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків)  
ПОЛІМЕРОБЕТОН В СИСТЕМАХ ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА СПОРУД ВІД КОРОЗІЙНО АГРЕСИВНИХ СЕРЕДОВИЩ

**Дмитрий Родь** (Компанія "Безопасный город", Кривой Рог)  
ПРОГРАММА "БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД"

**Дарина Гулей** ("Київбудком", Київ)  
РЕВІТАЛІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ЗА ДОПОМОГОЮ CLT ПАНЕЛЕЙ

**Ірина Руднєва** (КНУБА, Київ)  
ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ

**Олександр Новицький** (Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава)  
ВИКОРИСТАННЯ ҐРУНТОЦЕМЕНТУ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ CEMENT DEEP MIXING, ДОСВІД ЯПОНІЇ

**Тетяна Шилова, Микола Осетрін** (КНУБА, Київ)  
ОБЛАШТУВАННЯ ВУЛИЦІ – ЗАПОРУКА ПОЛІПШЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ

**Євгеній Тромса** (аспірант КНУБА; ТОВ Архітектурне бюро One to One, Київ)  
ОСОБЛИВОСТІ ПАРАМЕТРИЧНОГО НОРМУВАННЯ В АРХІТЕКТУРІ І МІСТОБУДУВАННІ

**Людмила Григор'єва** (КНУБА, Київ)  
PIEZOELECTRIC DEVICES FOR ENERGY HARVESTING IN BUILDING STRUCTURES

**Ірина Булах** (КНУБА, Київ)

ФОРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРНОГО ПРОСТОРУ ЗАКЛАДІВ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я  
НА ОСНОВІ ЛАНДШАФТНОГО ДИЗАЙНУ

**Михайло Кордюков** (КНУБА, Київ)

ВИКЛИКИ ДЛЯ СУЧАСНОЇ АРХІТЕКТУРИ – ДОСВІД ВИКЛАДАННЯ В КНУБА  
ДИСЦИПЛІНИ «ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ БУДІВЕЛЬ»

**Анатолій Дружинін** (Харківський національний університет будівництва та архітектури,  
Харків)

БУДІВЕЛЬНЕ ДИПЛОМНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ЗА ВІМ-ТЕХНОЛОГІЄЮ

**Наталія Куліченко** (Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро)

ЗАКОН НОРМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ЗТРК-КОМПЛЕКСІВ У СТРУКТУРІ МІСТОБУ-  
ДІВНИХ УТВОРЕНЬ

## Секція 2. ІНЖЕНЕРІЯ, ЕКОЛОГІЯ

Модератори: д.т.н., проф. Михайло Сукач,

к.т.н., доцент Дмитро Міщук

20 травня 2021 р., 10<sup>00</sup> – 13<sup>00</sup>, сесія Microsoft Teams

**Jianxin Wang, Yun Zhou, Taikun Fan** (Jiangsu Provincial Key Laboratory of Advanced Welding

Technology, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang, Jiangsu, China)

EFFECT OF CO ADDITION ON INTERFACE REACTION BETWEEN Sn-Ag-Cu SOLDER  
AND Cu SUBSTRATE

**Walery Wysoczański<sup>1</sup>, Mariusz Bigiel<sup>2</sup>, Igor Ogirko<sup>3</sup>** (<sup>1,2</sup> Centrum Ekologii Integralnej “Laudato Si”, Warszawa, <sup>3</sup>Ukraińska Akademia Drukarstwa, Lviv)

MODELE BESPIECZEŃSTWA WSPÓŁPRACY MIĘDZYNARODOWEJ I ZADANIA  
EKOLOGII INTEGRALNEJ W KONTEKŚCIE ENCYKLIKI „LAUDATO SI”

**Julia Świerżewska<sup>1</sup>, Salomea Kaszczewska<sup>2</sup>, Wojtek Młodziejewski<sup>3</sup>** (<sup>1</sup>Collegium „Masovia”,

Warszawa, <sup>2</sup>Centrum Ekologii Integralnej “Laudato Si”, Warszawa, <sup>3</sup>Centrum Ekologii  
Integralnej “Laudato Si”, Sydney)

ASPEKTY MEDYCZNO-PRAWNE DOTYCZĄCE ŻYWIENIA W KONTEKŚCIE  
BEZPIECZEŃSTWA EKOLOGICZNEGO ŻYWNOŚCI

**Михайло Сукач, Анатолій Кравчук** (КНУБА, Київ)

ВДОСКОНАЛЕННЯ КРАНО-МАНІПУЛЯТОРНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ АВАРІЙНО-  
РЯТУВАЛЬНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ

**Vitaly Kirilyuk** (S.P. Timoshenko Institute of mechanics of NASU, Kyiv)

MATHEMATICAL MODELING OF THE STRESS STATE IN AN ORTOTROPIC ELECTO-  
ELASTIC SPACE WITH AN ARBITRARY ORIENTED SPHEROIDAL CAVITY (UNDER  
INNER PRESSURE)

**В'ячеслав Приходько** (Міжнародна Академія Екології з міжнародного співробітництва та  
розвитку, Київ)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОСНОВІ БАЗ  
ДАНИХ КОЛЕКТИВНОГО ДИСТАНЦІЙНОГО ДОСТУПУ: НА ПРИКЛАДІ ЗСУВНИХ  
ДІЛЯНОК СЕРЕДНЬОГО ПРИДНІПРОВ'Я

**В'ячеслав Приходько** (Міжнародна Академія Екології з міжнародного співробітництва та  
розвитку, Київ)

УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЕКЗОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПЛОТНИХ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

**Роман Бордюг** (аспірант КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Рашківський В.П.)  
ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ADAMS В МОДЕЛЮВАННІ РОБОТИ ЕКСКАВАТОРА З АКТИВНОЮ СИСТЕМОЮ ГАСІННЯ НЕГАТИВНИХ КОЛИВАНЬ

**Sergey Maksimov, Alla Radzievskaya, Liudmyla Nyrkova, Svitlana Osadchuk** (E.O.Paton Electric Welding Institute, Kyiv)  
CORROSION RESISTANCE OF WELDED JOINTS MADE BY UNDERWATER WET WELDING

**Микола Ходневич** (студент КНУБА, Київ, керівник ст. викл. Костенюк О.О.)  
ВРАХУВАННЯ ПРИРОДНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ РОБОЧОГО ОРГАНА З СЕРЕДОВИЩЕМ

**Ігор Косминський** (КНУБА, Київ)  
ЗАСТОСУВАННЯ ПРИВАНТАЖУВАЧІВ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СУХИХ СУМІШЕЙ

**Юрій Абрашкевич, Олександр Марченко**, (КНУБА, Київ)  
НАВАНТАЖЕННЯ АБРАЗИВНИХ АРМОВАНИХ КРУГІВ ПРИ ЗМІНІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

**Максим Лучук** (студент КНУБА, Київ, керівник асист. Тетерятник О.А.)  
ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОРОЗТАШУВАННЯ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНУСНОЇ ФРЕЗИ У ВЕРТИКАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ

**Руслан Довбня** (студент КНУБА, Київ)  
ПІДМІТАЛЬНО-ПРИБИРАЛЬНА ТЕХНІКА В УМОВАХ СУЧАСНОГО МІСТА

**Костянтин Марчук** (аспірант КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Пристайло М.О.)  
ПОТРЕБИ БУЛЬДОЗЕРА РОЗПУШНИКА З ОГЛЯДУ НА ПОТРЕБИ СУЧАСНОГО БУДІВНИЦТВА (НАУКОВИЙ КЕРІВНИК)

**Богдан Пащенко, Олександр Литвиненко** (Національний університет харчових технологій, Київ)  
ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ МЕМБРАННОГО РОЗДІЛЕННЯ РІДКИХ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ

**Євгеній Коротков** (аспірант КНУБА, Київ, керівник к.т.н., проф. Русан І.В.)  
ПРОБЛЕМИ ПОРУШЕННЯ ҐРУНТУ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ БУДІВЕЛЬНО-ТЕХНІЧНИХ РОБІТ

**Максим Бігун** (студент КНУБА, Київ, керівник асист. Комоцька С.Ю.)  
РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ПНЕВМОЦИЛІНДРІВ

**Володимир Надутий, О. Титов, Віталій Сухарев** (Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро)  
ВИКОРИСТАННЯ ДРОБАРІВ З ХВИЛЬОВИМ ПРОФІЛЕМ ВАЛКІВ ЯК ЧИННИК ЗНИЖЕННЯ ЛЕЩАДНОСТІ ШМАТКІВ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА

**Володимир Надутий, Валентина Чолишкіна, В. Курілов** (Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро)  
ВИТЯГ БУДІВЕЛЬНОЇ СИРОВИНИ ЗАДАНОЇ КРУПНОСТІ І ЩІЛЬНОСТІ З ГІРСЬКОЇ МАСИ ВІБРАЦІЙНИМ МЕТОДОМ

**Володимир Рашківський** (КНУБА, Київ)  
АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

**Анна Кім** (студентка КНУБА, Київ)  
КРИТЕРІЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МІНІ ТА МІКРО ЕКСКАВАТОРНОЇ ТЕХНІКИ

**Олена Заміховська, Леонід Заміховський, Іван Левицький, Микола Николайчук** (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ)  
ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАНУ РІЧКОВИХ ВОД

**Тарас Бабенко** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Мачишин Г.М.)  
ЖИВИЛЬНИК ЕЛЕКТРОВІБРАЦІЙНИЙ

**Сергій Введенський** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Рашківський В.П.)  
РОЗРОБКА РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ МІНІЕКСКАВАТОРА

**Алла Кротюк** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Горбатюк Є.В.)  
ЗЕМЛЕРИЙНА МАШИНА БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ З ДИСКОВИМ НАВІСНИМ ОБЛАДНАННЯМ

**Дмитро Лемішко** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Рашківський В.П.)  
РОЗРОБКА РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ БУЛЬДОЗЕРА

**Олександр Мачуський** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., проф. Пелевін Л.Є.)  
ПІДМІТАЛЬНО-ПРИБИРАЛЬНА МАШИНА

**Володимир Супонев, Віталій Рагулін** (Харківський національний автомобільно дорожній університет, Харків)  
ФОРМУВАННЯ СВЕРДЛОВИН ДЛЯ ПІДЗЕМНИХ ІНЖЕНЕРНИХ КОМУНІКАЦІЙ ГВИНТОВИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ

**Артем Погребняк** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Мачишин Г.М.)  
ЕКСКАВАТОР ТРАНШЕЙНИЙ

**Антон Саух** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Рашківський В.П.)  
РОЗРОБКА РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ КУЩОРИЗА

**Андрій Скрит** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент. Мачишин Г.М.)  
МОБІЛЬНА ПОДРІБНЮВАЛЬНА УСТАНОВКА

**Юрій Телюк** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Горбатюк Є.В.)  
ЗЕМЛЕРИЙНА МАШИНА З ДИНАМІЧНИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ

**Микола Бінкіський** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., проф. Русан І.В.)  
РОБОЧЕ ОБЛАДНАННЯ ОДНОКІВШЕВОГО ЕКСКАВАТОРА З ДВОСЕКЦІЙНОЮ ШАРНІРНО СПОЛУЧЕНОЮ СТРІЛОЮ

**Сергій Литвинчук** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Волянчук В.О.)  
ЕКСКАВАТОР ПЛАНУВАЛЬНИК

**Валерій Прокопчук** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Міщук Д.О.)  
РОБОЧЕ ОБЛАДНАННЯ ОДНОКІВШЕВОГО ЕКСКАВАТОРА З БАГАТОЦІЛЬОВИМ  
КОВШЕМ

**Ігор Тригуб** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., проф. Пелевін Л.Є.)  
БЕТОНУКЛАДАЧ КОНВЕЄРНОЇ ЛІНІЇ

**Дмитро Майшев** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Мачишин Г.М.)  
МАШИНА ДЛЯ ПОШАГОВОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ

**Богдан Бондаренко** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Волянчук В.О.)  
ЕКСКАВАТОР ДЛЯ РОЗГОРОДЖУВАЛЬНИХ РОБІТ

**Давид Борийчук** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Пристайло М.О.)  
ЕКСКАВАТОР З ПУЛЬСАТОРОМ

**Олексій Гопонов** (аспірант Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Харків, керівник д.т.н., проф. Супонев В.М.)  
ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ЛАНЦЮГОВОГО ЕКСКАВАТОРА  
З РІЗЦЯМИ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ КРИТИЧНО ГЛИБИННОГО РІЗАННЯ  
ГРУНТІВ

**Ігор Гергель** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Пристайло М.О.)  
ЕКСКАВАТОР РОТОРНИЙ

**Назар Коцюба** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Мачишин Г.М.)  
ЛОГІСТИЧНА ТРАНСПОРТУЮЧА МАШИНА

**Дмитро Хіжун** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Волянчук В.О.)  
БУЛЬДОЗЕР З ВИСТУПАЮЧИМ НОЖЕМ

**Володимир Чуйко** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Пристайло М.О.)  
БУЛЬДОЗЕР З ІМПУЛЬСНИМ РОЗПУШНИКОМ

**Іван Лисий** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., проф. Пелевін Л.Є.)  
ЕКСКАВАТОР ГІДРАВЛІЧНИЙ ГРЕЙФЕРНИЙ

### Секція 3. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Модератори: д.т.н., проф. Михайло Сукач,  
к.т.н., доцент Максим Делембовський  
20 травня 2021 р., 10<sup>00</sup> – 13<sup>00</sup>, сесія Microsoft Teams

**Ігор Бех, Сергій Новак** (Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ)  
НЕЛІНІЙНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ СИГНАЛІВ У СХЕМІ ФОРМАЛЬНОГО НЕЙРОНА

**Ольга Соловей** (КНУБА, Київ)  
DATA PREPROCESSING BEFORE CLUSTERING WITH “OUTLIERS”

**Анастасія Латанська, Євгенія Шабала** (КНУБА, Київ)

МЕТОДИ ЦИФРОВОГО ЗАХИСТУ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

**Олександр Белов<sup>1</sup>, Максим Делембовський<sup>1</sup>, Віталій Шкляр<sup>2</sup>** (<sup>1</sup>КНУБА, Київ,

<sup>2</sup>Національний транспортний університет, Київ,)

МОДЕЛЮВАННЯ КІБЕРЗАГРОЗ ДЛЯ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ

**Віталій Шкляр** (аспірант Національного транспортного університету, Київ, керівник д.т.н., проф. Федін С.С.)

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ РИЗИКУ ТА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

**Руслан Смолянінов** (магістр Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ)

ДОДАТОК ІОМТ, ЗАВДЯКИ ЯКОМУ ЗДІЙСНЮЄТЬСЯ МОНІТОРИНГ ПАЦІЄНТІВ ДЛЯ СИСТЕМИ IOS / ІОМТ APPLICATION THAT MONITORS PATIENTS FOR IOS

**Євген Міщук, Дмитро Міщук** (КНУБА, Київ)

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ОСНОВІ ІОТ

**Віталій Шкляр, Сергій Федін** (Національний транспортний університет, Київ)

АНАЛІЗ ЗАВДАНЬ ТЕХНОЛОГІЇ КРАУДСОРСИНГУ ДЛЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ У СФЕРІ УПРАВЛІННЯ НАДЗВИЧАЙНИМИ СИТУАЦІЯМИ

**Олександр Безверхий, Олександр Куценко** (Національний транспортний університет, Київ)

РОЗРОБКА КРОСПЛАТФОРМЕННИХ ДОДАТКІВ

**Євген Лепеха** (студент Харківського національного університету радіоелектроніки, Харків, керівник к.т.н., с.н.с. Кобзев В.Г.)

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ ДІТЕЙ ШКІЛЬНОГО ВІКУ

**Валерія Даніна** (студентка Харківського національного університету радіоелектроніки, Харків, керівник к.т.н., с.н.с. Кобзев В.Г.)

ПРО ВИКОРИСТАННЯ ОЦІНОК КВАНТИЛІВ У АНАЛІЗІ СИМЕТРИЧНОСТІ ПОХИБОК СТАТИСТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

**Євгенія Федоренко** (студентка Харківського національного університету радіоелектроніки, Харків, керівник к.т.н., с.н.с. Кобзев В.Г.)

ТЕХНОЛОГІЇ ВИЯВЛЕННЯ ТОЧКОВИХ АНОМАЛІЙ У ЧАСОВИХ РЯДАХ

**Сергій Ротаньов** (студент Харківського національного університету радіоелектроніки, Харків, керівник к.т.н., с.н.с. Кобзев В.Г.)

ВЕБ-ЗАСТОСУНОК ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНУ З ІНТЕГРАЦІЄЮ СИСТЕМ АНАЛІТИКИ ТРАФІКА

**Андрій Тевяшев<sup>1</sup>, Ольга Матвієнко<sup>1</sup>, Гліб Нікітенко<sup>2</sup>** (<sup>1</sup>Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, <sup>2</sup>Департамент інформаційних технологій, Комунальне підприємство «Харківводоканал», Харків)

СТОХАСТИЧНА МОДЕЛЬ І МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ ГРУПИ АРТЕЗІАНСЬКИХ СВЕРДЛОВИН В СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ



**Андрій Тевяшев, Ігор Шостко, Олег Земляний** (Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків)  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ВІДЕОАНАЛІТИКА ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

**Володимир Кобзєв, Петро Подпружніков, Нонна Турло, Віктор Турло** (Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків)  
ПРОГРАМНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ІНКЛЮЗИВНОГО НАВЧАННЯ В УНІВЕРСИТЕТІ

**Андрій Тевяшев, Ігор Шостко, Олег Земляний** (Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків)  
СЕТЕВАЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

**Володимир Кобзєв, Ірина Панфьорова, Мохамед Алкілані** (Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків)  
ПРО ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ БАЗ ДАНИХ У СУЧАСНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОГО УРЯДУВАННЯ

**Володимир Кобзєв, Зоя Дудар** (Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків)  
ВИМОГИ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

**Сергій Бугрик** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.ф.-м.н., проф. Безверхий О.І.)  
THE DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR DISPLAYING THE SCHEDULE OF EDUCATIONAL INSTITUTION

**Іван Васечко** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.ф.-м.н., проф. Безверхий О.І.)  
INTELLIGENT SYSTEM FOR THE STUDENT'S INDIVIDUAL PROFESSIONAL DEVELOPMENT

**Олексій Войтенко** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник проф. д.ф.-м.н., с.н.с. Кирилюк В.С.)  
OPTIMIZATION OF BUSINESS PROCESSES BASED ON THE ANALYSIS OF STATISTICAL DATA FROM THE GOOGLE ANALYTICS SERVICE

**Владислав Волковський** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.ф.-м.н., проф. Безверхий О.І.)  
DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION ON THE MOVEMENT OF PASSENGER TRANSPORT IN KYIV

**Владислав Глущенко** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.т.н., проф. Зубрецька Н.А.)  
DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR CONTROLLING PASSENGER TRAFFIC

**Валентин Іщенко** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.ф.-м.н., проф. Гавриленко В.В.)  
INFORMATION TECHNOLOGY FOR PARKING AREAS AUTOMATION

**Олександр Козлов** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.ф.-м.н., проф. Гавриленко В.В.)  
INFORMATION TECHNOLOGIES FOR AUTOMATING THE PROCESSING OF TEMPLATE DOCUMENTS

**Владислав Макаров** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.т.н., проф. Федін С.С.)  
INFORMATION SYSTEM FOR DISTANCE LEARNING OF STUDENTS

**Олег Мельник** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.т.н., проф. Федін С.С.)  
INFORMATIONAL TECHNOLOGY FOR TESTING WEB APPLICATIONS WITH SELENIUM WEBDRIVER LIBRARIES

**Дар'я Метельська** (студентка Національного транспортного університету, Київ, керівник д.т.н., проф. Федін С.С.)  
INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MEDICAL DIAGNOSTICS

**Вадим Негру** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.ф.-м.н., проф. Безверхий О.І.)  
SYSTEM OF THE ELECTRONIC JOURNAL OF GRADES FOR UNIVERSITIES USING A CLIENT-SERVER APPROACH

**Денис Очеретяний** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.т.н., проф. Федін С.С.)  
INFORMATION SYSTEM FOR PREDICTING THE RESULTS OF FOOTBALL MATCHES BASED ON THE USE OF MACHINE LEARNING METHODS

**Олексій Панічев** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.т.н., проф. Баранов Г.Л.)  
INFORMATION TECHNOLOGY FOR AUTOMATION OF TRANSPORT DATA PROCESSING USING WINDOWS FORMS

**Владислав Пікож** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.т.н., проф. Баранов Г.Л.)  
AUTOMATED ANALYSIS SPHERE OF MANAGEMENT TRANSPORT OBJECTS USING A WEB-SITE

**Павло Розюк** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.ф.-м.н., проф. Гавриленко В.В.)  
INFORMATION TECHNOLOGY FOR MONITORING THE WORK OF THE MUNICIPAL BICYCLE RENTAL SERVICE

**Вадим Сорока** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.т.н., проф. Баранов Г.Л.)  
PROTECTION OF INFORMATION SUPPORT OF A TRANSPORT INSTITUTION FROM COMPUTER ATTACKS

**Ярослав Стригун** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.ф.-м.н., с.н.с. Кирилюк В.С.)  
SOFTWARE AND INFORMATION SUPPORT FOR THE EMERGENCY MEDICAL SERVICE

**Микита Стукальський** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.ф.-м.н., проф. Гавриленко В.В.)  
INFORMATION TECHNOLOGY OF VOICE CONTROL OF DEVICES

**Кирило Юматов** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.ф.-м.н., проф. Івохін Є.В.)  
DECISION SUPPORT INFORMATION SYSTEM BASED ON IMAGE AND TEXT RECOGNITION

**Валерія Обезюк** (студентка Національного транспортного університету, Київ, керівник д.ф.-м.н., проф. Гавриленко В.В.)  
TRAINING OF AN AUTONOMOUS NAVIGATION AGENT USING NEURAL NETWORKS

**Курбанмурат Бетханов** (студент Національного транспортного університету, Київ, керівник д.т.н., проф. Баранов Г.Л.)  
OBJECT-ORIENTED ENSURING MULTICRITERIA FOR THE JUSTIFICATION TRANSPORT ACTIVITIES

**Андрій Камінський** (студент КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Міхайленко В.М.)  
РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ КОРИСТУВАЧА

**Віктор Петровський** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Баліна О.І.)  
РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНИТОРИНГУ ДОКУМЕНТООБИГУ КОРПОРАТИВНОЇ КОМПАНІЇ

**Богдан Панчук** (студент, КНУБА Київ, керівник к.т.н., доцент Безклубенко І.С.)  
ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБИГУ В ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

**Максим Яценко** (студент, КНУБА Київ, керівник к.ф.-м.н., доцент Доля О.В.)  
РОЗРОБКА WEB-СЕРВІСУ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ В СИСТЕМУ ЗАСЕЛЕННЯ ДО ГУРТОЖИТКУ

**Дмитро-Орест Пороховник** (студент КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Терентьев О.О.)  
РОЗРОБКА ГЕНЕРАТОРА ШАБЛОНІВ ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ «MICROSOFT VISUAL STUDIO»

**Юлія Лузіна** (студентка КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Цюцюра С.В.)  
РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДСИСТЕМИ АДМІНІСТРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ЛІКАРНЕЮ

**Микола Йовко** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Горда О.В.)  
РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПРОТІКАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ОБ'ЄКТІ ДОСЛІДЖЕННЯ

**Любомир Федін** (студент КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Терентьев О.О.)  
РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ПРОДАЖУ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ

**Владислав Аتماжитов** (студент КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Цюцюра М.І.)  
РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ «ІГРОВА ХРОНІКА»

- Вячеслав Лігер** (студент КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Цюцюра С.В.)  
РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДСИСТЕМИ «СПОРТИВНИЙ ТРЕНЕР»
- Микита Горячий** (студент КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Терентьев О.О.)  
ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДСИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ  
ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ
- Юлія Драга** (студентка КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Цюцюра С.В.)  
ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ КАВ'ЯРНІ
- Владислав Роменський** (студент КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Терентьев О.О.)  
РОЗРОБКА ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ КОНТЕНТУ НАВЧАЛЬ-  
НОЇ ПРОГРАМИ
- Владислав Бабін** (студент КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Хлапонін Ю.І.)  
СИСТЕМА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ ВІД ВИТОКУ ВІБРОАКУСТИЧНИМИ  
КАНАЛАМИ ЗВ'ЯЗКУ
- Дмитро Бех** (студент КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Терентьев О.О.)  
ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ЗАХИСТОМ  
БАНКІВСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ
- Владислав Бойко** (студент КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Хлапонін Ю.І.)  
ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ CRM СИСТЕМИ ІНТЕРНЕТ МАГАЗИНУ
- Ярослав Вережак** (студент КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Делембовський М.М.)  
КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ОХОРОННОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ТА ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕН-  
НЯ ПО ПЕРИМЕТРУ ОБ'ЄКТА
- Олексій Верещинський** (студент КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Хлапонін Ю.І.)  
ВОЛОКОННІ – ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ  
МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТУ
- Ірина Горбачова** (студентка КНУБА, Київ, керівник к.т.н., доцент Шабала Є.Є.)  
ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ЗАХИСТУ WEB-СИСТЕМ ВІД АТАК МІЖСАЙТОВОЇ  
ПІДРОБКИ ЗАПИТІВ
- Ігор Грищенко** (студент КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Хлапонін Ю.І.)  
ЗАХИЩЕНА КОНВЕРГЕНТНА ПЛАТФОРМА КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕЛЕФОНІЇ  
ASTERISK
- Олександр Дашкевич** (студент КНУБА, Київ, керівник д.т.н., проф. Хлапонін Ю.І.)  
СИСТЕМА БЕЗПЕКИ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ КОРИСТУВАЧА НА  
ВЕБ-ДОДАТКАХ
- Ігор Засуха** (аспірант КНУБА, керівник д.т.н., проф. Бушуев С.Д.)  
АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ ПІДХОДІВ ДО УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТИМИ  
ЦИФРОВІЗАЦІЇ У ДЕРЖАВНОМУ СЕКТОРІ

## PREPRINT ARTICLES

## Section 1. Construction, Architecture

## Підсилення металевих конструкцій зовнішнім армуванням методом наклеювання високоміцних фіброармованих систем: аналітичний підхід

*Ірина Руднєва*

Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037  
[irene\\_r@ukr.net](mailto:irene_r@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-9711-042X>

Отримано 12.04.2021, прийнято 19.05.2021  
<https://doi.org/10.32347/tit2141.0101>

### ВСТУП

Будівельна спадщина України включає численні приклади застосування металевих конструкцій, особливо тих, які використовуються в промислових будівлях та у великопрольотних спорудах. Застосування металевих конструкцій в будівництві зумовлене, перш за все, їх механічними властивостями. Вони морозостійкі і витримують температуру до  $-65$  градусів, жорсткі, стійкі, міцні та надійні. Також їх можна використовувати в районах з підвищеною сейсмічною активністю. Але, як і у випадку з іншими типами конструкцій, існує необхідність у відновленні або підсиленні металевих конструкцій внаслідок конструктивних дефектів, зносу несучих елементів, а також з метою збільшення несучої здатності. У певних випадках, підсилення полімерними композитами, армованими волокном (FRP), дає кращий результат, в порівнянні з традиційними методами підсилення з використанням металу (Рис. 1).

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Особливо важливим є вибір максимально ефективного методу, як з точки зору надійності, так і з точки зору рентабельності, на що впливає тривале припинення експлуатації споруди, зупинка виробничого процесу або неможливість користуватися прилеглою територією для виконання



*a*



*б*

**Рис. 1.** Підсилення металевих конструкцій композитними матеріалами

*a* – підсилення існуючих балок двома пластинами з вуглецевого волокна. Транспортний міст Слаттокса, Англія; *б* – Тікфордський чавунний арокний міст в Великобританії. Смуги з вуглецевого волокна приклеєно до нижньої сторони поздовжніх елементів і в кільцях перемички

робіт з реконструкції. При цьому необхідно зберегти не тільки будівлю в цілому, але і



зовнішній архітектурний вигляд споруди. Отже, важливою є не тільки економічна, конструктивна, але і соціальна складова.

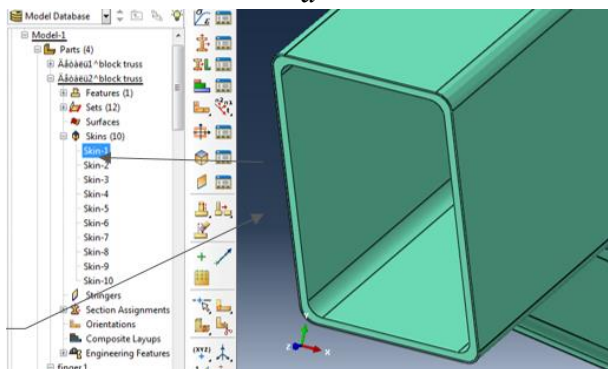
Традиційні методи підсилення, що зараз використовуються для відновлення або збільшення несучої здатності металевих конструкцій, засновані на застосуванні сталевих елементів шляхом їх кріплення болтами або зварювання, які збільшують навантаження на конструкцію і схильні до корозії і втоми.

Цілями підсилення металевих конструкцій композитними матеріалами є:

- збільшення або відновлення межі міцності на розтяг;
- збільшення або відновлення межі міцності на згин;
- підвищення втомної міцності;
- останні дослідження також виявили можливість збільшення або відновлення несучої здатності тонких стиснутих елементів.



*a*



*б*

**Рис. 2.** Підсилення металевих конструкцій композитними матеріалами

*a* – модель блока згинально-жорстких ниток;

*б* – пояс ферми, підсилений зовнішнім армуванням

Альтернативним методом підсилення є застосування високоміцних фіброармованих систем (ФАС) шляхом наклеювання на основну конструкцію. ФАС мають високу міцність, малу вагу, стійкі до корозії, прості у використанні. У певних випадках, підсилення полімерними композитами, армованими волокном (FRP), дає кращий результат, в порівнянні з традиційними методами підсилення з використанням металу.

В даний час одним з найдинамічніших видів великопрольотних конструкцій в архітектурному і конструктивному відношенні є підвісні покрівлі.

Метою дослідження стала оцінка несучої здатності висячих згинально-жорстких ниток, підсиленних зовнішнім армуванням методом наклеювання фіброармованих систем (Рис.2), і надання загальних рекомендацій по виконанню підсилення та збільшення несучої здатності цим типом сучасного матеріалу.

Розрахунки моделі конструкції покриття виконувались в сучасному програмному комплексі ABAQUS/CAE, заснованому на методі скінченних елементів.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Пропонується метод, заснований на сумісності деформацій для визначення НДС підсиленних несучих металевих елементів наскрізного перерізу висячої стержневою оболонки шляхом зовнішнього армування високоміцними фіброармованими системами.

2. Виконаний розрахунок підсиленої висячої металеві конструкції наскрізного перерізу зовнішнім армуванням ФАС на основі вуглецю, в програмному комплексі ABAQUS, показав, що найбільші напруження і деформації з'являються в області, близької до зовнішнього опорного контуру (Рис. 2).

3. Підсилення несучих елементів зовнішнім армуванням на основі вуглецю, призвело до зниження деформацій споруди, а також до можливості збільшення несучої здатності.

4. Після включення в роботу вуглепластика відсоткове зменшення вертикального



прогину склало 26,6% для згинально-жорстких ниток, підсиленних композитним матеріалом з вуглепластика. Величина розтягуючих напружень знизилась приблизно на 14%.

5. Незважаючи на великий обсяг інформації про матеріали в світі, питання надійності альтернативних методів підсилення композитними FRP-матеріалами, саме металевих конструкцій, та забезпечення її надійності залишаються невивченими. Крім того, вимоги до довговічності, пристосованості до виробництва, економічної ефективності, екологічних та соціальних факторів повинні виконуватися у загальному обсязі.

6. В Україні відсутня нормативно-дослідна база, присвячена проблемі підсилення металевих будівельних конструкцій композитними матеріалами, тому є можливість використовувати виключно зарубіжний досвід досліджень і рекомендацій при проектуванні такого роду підсилень.

**Ключові слова:** композитні матеріали; фіброармовані системи; дефекти; пошкодження; реконструкція; підсилення металевих

конструкцій; реконструкція армований волокном полімер FRP.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. I.N. Rudnieva. (2020) Comparative analysis of strengthening of building structures (masonry, metal structures, reinforced concrete) using FRP-materials and traditional methods during reconstruction. *Strength of Materials and Theory of Structures*, 105, 267-291. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2020.105.267-291>
2. М.В. Прядко, І.М. Руднева, Ю.М. Прядко. (2018) *Обстеження та підсилення будівельних конструкцій промислових будівель: Навчальний посібник*, Київ: КНУБА, 332.
3. І. Руднева, Ю. Прядко, М. Прядко, Г. Тонкачєєв (2020). Особливості та перспективи використання технологій підсилення будівельних конструкцій композиційними матеріалами при реконструкції споруд. *Збірник наукових праць Будівельні конструкції. Теорія і практика*, 7, 12-22. DOI:10.32347/2522-4182.7.2020.12-22.

# Piezoelectric devices for energy harvesting in building structures

Ludmila Grigoryeva

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Povitroflotsky avenue 31, Kyiv, Ukraine, 03061  
[grygorieva.lo@knuba.edu.ua](mailto:grygorieva.lo@knuba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0001-7013-0327>

Received 02.05.2021, accepted 19.05.2021  
<https://doi.org/10.32347/tit2141.0102>

## INTRODUCTION

Devices that convert vibration energy into electricity and are capable of its accumulation (energy harvesting) are very promising both in mechanical engineering (damping oscillations with the conversion of excess energy into electricity) and in electronics and the environment (systems for energy storage and replenishment). That systems convert extra motion of engineering devises into electrical energy used for their autonomous operation or for power supply of other devices [1]. Another application is portable electronics, where energy storage devices can power or charge mobile phones or other devices. When energy sources are limited, energy harvesting plays an important role in the environment.

Energy harvesting as a separate direction began to develop in the 1990s. Human, bicycle, water flow, low-frequency oscillations in mechanisms, etc. can be used as sources of mechanical energy for the piezoelectric transducer. Usually, due to steady oscillations, piezoelectric elements produce alternating electric current, showing the greatest efficiency at resonant frequencies. Most piezoelectric power sources produce power of the order of milliwatts, which is small enough for system use but sufficient for portable devices. Piezoelectric systems can convert the movement of the human body, such as the movement of legs and arms, shocks and blood pressure to obtain energy from implanted or portable sensors. Piezoelectric elements are built into running and walking roads, shoes, pavement, etc. One of the priority areas of research is the development of autonomous wireless sensors that receive energy from the measured signal, or use other ways to obtain mechanical energy. Their use becomes relevant in atypical tasks –

measuring oscillations in hard-to-reach places of rotating mechanisms, seismic sensors and so on. Smart roads can play an important role in electricity generation. The incorporation of piezoelectric material into the road can convert the pressure exerted by moving cars into voltage and current.

## STRUCTURE OF ENERGY HARVESTING SYSTEMS

For energy harvesting usually are used sensors and motors of cantilever beam structure, consisting of a membrane lower electrode, film, piezoelectric film and the upper electrode (bimorphs and multilayer elements). PZT thin films are used for force sensors, accelerometers, gyroscope motors, micropumps [2].

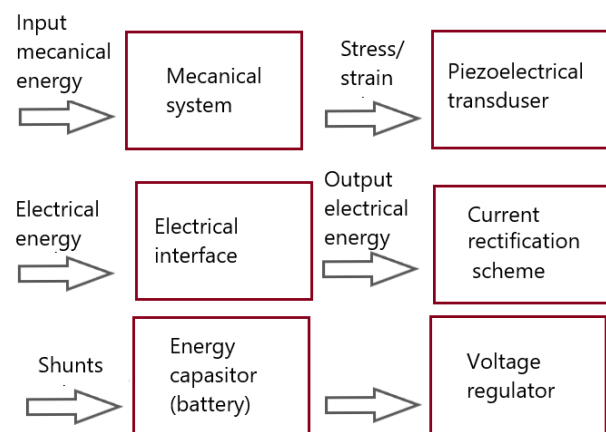


Fig. 1. Structure of energy harvesting devices

The connection between the piezoelectric elements is provided by a shunt chain [3]. In Fig. 1 it is presented as a rectification scheme. In the case of passive damping, due to the piezoelectric effect, part of the mechanical energy of the oscillations of the structure is converted

into electrical and is removed or collected by means of a shunt circuit.

For active damping, actuators oscillating in antiphase with undesired design frequencies are also introduced into the circuit. The mode of operation of the actuators is determined from the data obtained from sensors that read and transmit to the controller the existing electromechanical or acoustic state of the element. Resonant shunt circuits are able to adjust to the frequency to be damped, due to the presence of an inductor and a resistor. The piezoelectric element in the electrical circuit works as a capacitor.

The obtained electricity is stored in a capacitor, supercapacitor or battery (energy storage on Fig. 2). Capacitors are used for possible large voltage spikes. Batteries are used when the device requires a steady flow of energy. Supercapacitors have virtually unlimited charge-discharge cycles, but are much less accessible than capacitors.

piezoelectric element during vibration can get significant deformation. The manufacture of piezoelectric consoles is relatively simple and inexpensive. The main bend frequency of the console is much lower than other modes of vibration of the piezoelectric element. Most developed piezoelectric devices use a unimorph (one layer of piezoelectric material attached to a non-piezoelectric layer) or a bimorph (two layers of piezoelectric material attached to a non-piezoelectric layer). The bimorph structure doubles the energy given off, so it is used more often than the unimorph one. To adjust the resonant frequency of the console, an additional mass is attached to the free end.

Non-resonant energy transducers are usually in the form of a plate or a multilayer piezoelectric element (stacks) [5]. The structure of the transducers in the form of plates enhances the mechanical impact used to improve the output power of energy harvesting.

In stack architecture, piezoelectric materials are used in the mode of longitudinal oscillations, which have a higher conversion factor than the transverse mode. Since the first natural frequency of piezoelectric stacks usually exceeds 1 kHz, while the natural oscillations of the structure usually occur in the range of 10 Hz - 100 Hz, such piezoelectric elements are used out of resonance. Plates and stacks have low vibration sensitivity with low amplitude, but can withstand much higher mechanical loads (especially stacks) than cantilever energy collectors.

Matching elastic or viscoelastic layers are used in the stacks to match the resonant frequencies of the transducer with the oscillating frequencies of the structure [6]. To determine the real oscillations amplitudes of elements at resonant frequencies, energy dissipation is taken into account [7].

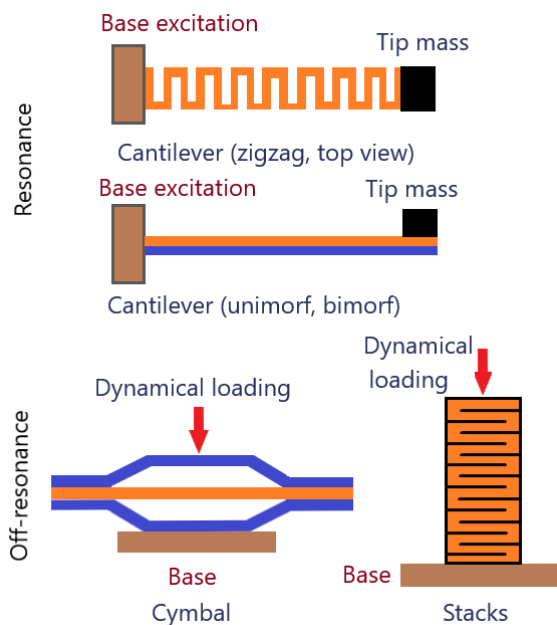


Fig. 2. Piezoelectrical elements for harvesting of energy

TYPICAL PIEZOELEMENTS FOR HARVESTING OF ENERGY

The cantilever rod is one of the most widely used forms of piezoelectric energy harvesters [4], especially for mechanical energy collection from vibrations, because of the piezoelec-

MATHEMATICAL EQUATIONS

Full system of piezoceramic body vibrations includes equation of continuous medium motion  $\sigma_{ij,j} = \rho \ddot{u}_i$ ; quasi-static approximation of Maxwell's equations  $D_{i,i} = 0$ ,  $E_i = -\varphi_{,j}$ ; piezoeffect physical relations in form  $\sigma_{ij} = c_{ijkl}^E \varepsilon_{kl} - e_{kij} E_k$ ,  $D_i = e_{ikl} \varepsilon_{kl} + \varepsilon_{ik}^S E_k$ , or in

equivalent form  
 $\varepsilon_{ij} = s_{ijkl}^E \varepsilon_{kl} + d_{kij} E_k$ ,  $D_i = d_{ikl} \sigma_{kl} + \varepsilon_{ik}^T E_k$ ; and  
 geometric Cauchy relations  
 $\varepsilon_{ij} = (u_{i,j} + u_{j,i}) / 2$ , which are written using  
 the notation accepted in tensor algebra. In this  
 relations  $\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}$  - components of tensors of  
 mechanical stresses and strains;  $u_i, D_i, E_i$  -  
 components of vectors of mechanical dis-  
 placements, electrical induction and electric  
 field strength;  $\varphi$  - electrical potential;  $\rho$  -  
 medium density;  $c_{ijkl}^E (s_{ijkl}^E)$ ,  $e_{kij} (d_{kij})$ ,  
 $\varepsilon_{ik}^S (\varepsilon_{ik}^T)$  - elastic, piezoelectric and dielectric  
 constants for piezoceramic. For elastic induc-  
 tive elements of system there are used the  
 same relations with zero piezoelectrical con-  
 stants. Differential equations are closed with  
 boundary conditions. At mechanical loading  
 on open electrodes appears difference in po-  
 tentials, what can be found from condition  
 $\int_{\Omega_i} \dot{D}_i n_i d\Omega = 0$ . For bodies of simple geometry  
 $\Omega_i$   
 (cantilever beam or round disk) the problem  
 can be reduced to one-dimensional equations,  
 what can be simply solved.

#### CONCLUSIONS AND RECOMMEN- TIONS

Energy harvesting using piezoelectric  
 transducers is a promising and rapidly evolving  
 area in engineering. The application of the  
 proposed technologies allows to convert  
 unnecessary oscillations into electrical energy  
 and accumulate it for further autonomous  
 operation of the device. The geometry of typical  
 piezoelectric elements used in energy collection  
 is quite simple and allows to reduce the problem  
 to one-dimensional equations that can be solved  
 analytically or by simple numerical means.

The reaction of the piezoelectric element on  
 mechanical perturbation in the nonstationary

mode requires multimode analysis. But perturba-  
 tions propagating in elements in other directions  
 can cause undesirable effects at certain frequen-  
 cies.

Therefore, for a clear understanding of the  
 operating conditions of the device, it is necessary  
 to conduct additional analysis with three-  
 dimensional theory using numerical methods,  
 taking into account the influence of the envi-  
 ronment and matching viscoelastic layers.

**Keywords:** energy harvesting, piezoceramic  
 sensor, transduction of energy, accumulating of  
 energy, autonomous devices, resonance and off-  
 resonance modes.

#### REFERENCES

1. Dongna Shen (2009). Piezoelectric energy harvest-  
 ing devices for low frequency vibration applica-  
 tions. Dissertation for the Degree of Doctor of  
 Philosophy. Auburn, Alabama.
2. N. X. Yan, A. A. Basari and N. A. A. Nawir  
 (2018) Piezoelectric ceramic for energy harvest-  
 ing system: a review. ARPN Journal of Engineer-  
 ing and Applied Sciences, 13 (22), 8755-8775.
3. В.П. Матвеевко, Е.П. Клигман, М.А. Юрлов,  
 Н.А. Юрлова (2012). Моделирование и опти-  
 мизация динамических характеристик smart-  
 структур с пьезоматериалами. Физическая ме-  
 зомеханика. 15 (1), 75-85.
4. [https://www.americanpiezo.com/blog/ piezoelec-  
 tric-energy-harvesting](https://www.americanpiezo.com/blog/piezoelectric-energy-harvesting)
5. N. Sezer, M. Koç (2021). A comprehensive review  
 on the state-of-the-art of piezoelectric energy har-  
 vesting. Nano Energy, 80, 105567.
6. Grigoryeva, L.O. (2020) Transient responses in  
 Piezoceramic Multilayer Actuators Taking into  
 Account External Viscoelastic Layers. Опір ма-  
 теріалів і теорія споруд. Strength of Materials  
 and Theory of Structures. 105, 255-266.
7. Григор'єва Л. О., Безверхий О. І. (2020) Резона-  
 нсні коливання п'єзокерамічних циліндрів з  
 врахуванням дисипації енергії. Проблеми об-  
 числювальної механіки та міцності конструк-  
 цій, 31, 44-54.

## Закон нормального розподілу ЗТРК-комплексів у структурі містобудівних утворень

Валерій Товбич<sup>1</sup>, Наталія Куліченко<sup>2</sup>, Микола Сисойлов<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037

<sup>2,3</sup> Придніпровська державна академія будівництва та архітектури вул. Чернишевського 24А, Дніпро, Україна, 49000

<sup>1</sup> [tovbych@gmail.com](mailto:tovbych@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-4794-4944>

<sup>2</sup> [n.kulichenko@ukr.net](mailto:n.kulichenko@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-2080-6488>

<sup>3</sup> [ging138@gmail.com](mailto:ging138@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-1205-0382>

Отримано 10.05.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0103>

### ВСТУП

ЗТРК – це зупиночно-територіальний ресурсний концентратор містобудівного утворення будь-якого рівня ієрархії, зокрема, ЗТРК-системи, яка складається з кількох ЗТРК-комплексів, що утворюються відповідними ЗТРК-одинацями. ЗТРК-одинаця – це є «найнижча» цілісна структурована одинаця, що є основою побудови містобудівного утворення будь-якого рівня ієрархії.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження полягає у розробці основних типів ЗТРК-комплексів.

### РЕЗУЛЬТАТИ ОБГОВОРЕННЯ

ЗТРК-одинаці формують 6 основних N-ланкових типів ЗТРК-комплексів: 0-ланкові, 1-ланкові, 2-ланкові, 3-ланкові, 4-ланкові та 5-ланкові. Кількість N ( $N=0,1,2,\dots,5$ ) «ланок» диктується характером розподілу пішохідно-транспортних потоків у структурі ЗТРК-комплексу, що складається з п'яти ЗТРК-одинаць. Останні – формуються п'ятьма умовними ЗТРК-зонами: одна центральна ЗТРК-зона, що співпадає з центральною ЗТРК-одинацею; дві «найближчі» зони, що формують «найближчі» ЗТРК-одинаці – з найближчого оточення (справа та зліва від центральної ЗТРК-одинаці); та дві «навколишні» зони – з навколишнього оточення, що охоплює і

«центральну», і дві «найближчі» зони з відповідними ЗТРК-одинацями. Характер розподілу пішохідно-транспортних потоків у структурі ЗТРК-одинаці визначається наявністю (чи відсутністю) зупинки чи зупиночного комплексу у структурі зазначеної ЗТРК-одинаці. Якщо, наприклад, у структурі ЗТРК-комплексу всі п'ять ЗТРК-одинаць мають зупинку чи зупиночний комплекс, то формується 5-ланковий ЗТРК-комплекс. У протилежному випадку (жодна із ЗТРК-одинаць не має зупинки чи зупиночного комплексу) – формується 0-ланковий ЗТРК-комплекс.

### ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Як показують дослідження авторів, всього існує рівно 28 тис. різноманітних однолінійних ЗТРК-комплексів, серед яких: 5-ланкових 19 варіантів, 4-ланкових 252 варіанта, 3-ланкових 1490 варіантів, 2-ланкових 3276 варіантів, 1-ланкових 15903 варіанти, 0-ланкових 7060 варіантів. Ці показники встановлюють суть характеру та закону нормального розподілу ЗТРК-комплексів у структурі містобудівних утворень.

**Ключові слова.** ЗТРК-комплекс, ЗТРК-системи, ЗТРК-одинаця, зупиночно-територіальний ресурсний концентратор, зупинка, зупиночний комплекс.

ЛІТЕРАТУРА

1. ГБН В.2.3-218-550:2010. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Зупинки маршрутного транспорту. Загальні вимоги проектування. К.: Видання офіційне.
2. ГБН В.2.3-37641918-550:2018. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Зупинки маршрутного транспорту. Загальні вимоги проектування. К.: Міністерство інфраструктури України.
3. Козак Н. Ф. (2000) Питання оцінки екологічності видимого середовища. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. К.: КДТУБА, 8, 243–246.
4. Сердюк І.І. (1979) Сприйняття архітектурного середовища. Львів: Вища школа, 202.
5. Сысойлов Н.В. (2006). Городская среда как компонент искусственной экологической системы населения. Комплексный розвиток житлового середовища. Спецвыпуск. К.: КИЇВЗНДІЕП, 91-97.
6. Товбич.В.В., Сисойлов М.В. (2007) Архітектура: Мистецтво та наука. Т.1. Становлення та розвиток процесів і явищ в архітектурі. Дніпропетровськ, 1020.
7. Товбич В.В. (2014) Методологічні основи формування і розвитку архітектурної діяльності: Дис... д-ра архітектури: 18.00.01. Київ, 429.
8. Товбич В.В., Куровский Г.К. (2007) Световой режим как инструмент принятия архитектурных и градостроительных решений. Містобудування та територіальне планування. Київ, КНУБА, 28, 311-319.
9. Товбич В.В. (2004) Архітектурний менеджмент. Системний підхід. Стародубовские чтения–2004, Днепропетровск, 27, ч.3. 26-32.
10. Товбич В.В. (2001) Деякі аспекти архітектурної діяльності. Сучасні проблеми архітектури і містобудування, 9, 105-109.
11. Яковлев М.І. (1999) Геометричні принципи художнього формоутворення. Автореф. дис.д-ра техн.наук 05.01.03. К.: КНУБА, 33.



## Облаштування вулиці – запорука поліпшення безпеки руху

Микола Осетрін<sup>1</sup>, Тетяна Шилова<sup>2</sup>

Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітрофлотський просп., 37, Київ, Україна, 03037

<sup>1</sup>[osietrin.mm@knuba.edu.ua](mailto:osietrin.mm@knuba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0001-7015-4679>

<sup>2</sup>[shilova.to@knuba.edu.ua](mailto:shilova.to@knuba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-8214-6964>

Отримано 22.04.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0104>

### ВСТУП

Основне призначення вулично-дорожньої мережі міста – забезпечення швидкого, безперешкодного й, головне, безпечного руху для всіх його учасників. Це може бути досягнене як шляхом раціонального планування вулично-дорожньої мережі міста в цілому на стадії генерального плану, так і впровадженням різних інженерних заходів щодо облаштування окремих вулиць на стадії детального плану території. Звісно, кожна стадія містобудівного проектування має свою специфіку та свої можливості щодо забезпечення міського руху, але всі ці заходи мають розроблятися як єдина програма, починаючи від більш узагальнених в масштабах міста в цілому та деталізуючись для конкретних вулиць.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є аналіз засобів і можливостей забезпечення руху по вулично-дорожній мережі міст на різних стадіях містобудівного проектування та розробка рекомендацій щодо їхнього впровадження.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для того, щоби вулиці були насправді безпечними, на всіх стадіях містобудівного проектування передбачаються програми заходів з різним ступенем деталізації. Так, на стадії генерального плану міста це можуть бути:

- організаційно-регулювальні заходи щодо впорядкування руху на вулично-дорожній мережі міста в цілому, обмежен-

ня швидкостей руху, диференціація магістралей та учасників дорожнього руху;

- інженерно-планувальні засоби: розв'язки в різних рівнях; пішохідні вулиці, зони тощо.

На стадії детального планування території на рівні окремої вулиці можуть бути запроектовані:

- розподілення руху різних учасників дорожнього руху: в часі – за допомогою світлофорної сигналізації; в просторі – влаштуванням різних смуг руху для транспортних засобів, велосипедистів, пішоходів, розв'язки в одному чи різних рівнях;

- регулювання швидкісного режиму (знаками, розміткою, планувальними рішеннями, зокрема, зменшенням ширини смуги руху, облаштуванням засобів заспокоєння дорожнього руху – піднесених пішохідних переходів та перехресть, штучних нерівностей, текстурованих покриттів, шумових смуг, напрямних і розділювальних острівців, звужень проїзної частини, чокерів, шлюзів, шикан, бічних зсувів тощо);

- інженерне обладнання вулиці: велодоріжки, тротуари, зупинки громадського транспорту, огороження (транспортні та пішохідні), освітлення тощо.

Від наявності всіх цих засобів на вулиці залежить ступінь безпеки пересувань по вулиці, який може бути оцінений кількістю ДТП, що фіксуються на певних ділянках вулично-дорожньої мережі міста. Працівник поліції, що розслідує обставини ДТП, повинен на місці події чітко визначити ступінь впливу чинників системи ВАДС (водій-автомобіль-дорога-середовище). Якщо з водієм все просто: оцінити його стан, до-

тримання ним правил дорожньої безпеки, з автомобілем розберуться технічні експерти, з середовищем – зафіксувати погодні умови та стан дорожнього покриття, то з дорогою все складніше. Інспектор поліції має точно знати, яке саме інженерне обладнання та облаштування повинно бути на вулиці відповідної категорії. Він повинен перевірити наявність та стан дорожньої розмітки, світлофорів, розташування дорожніх знаків, наявність огорожень (транспортних та пішохідних), зупинок громадського транспорту, рекламних носіїв, запаркованих автомобілів, пішохідних переходів, велодоріжок, освітлення, водовідведення. Необхідно ще перевірити, наскільки легко користуватися вуличним обладнанням людям з тими чи іншими вадами здоров'я або маломобільним групам населення. Це все важливо тому, що за відсутності або неналежного стану одного з цих елементів можна зняти частину вини з водіїв транспортних засобів та перекласти її на проєктувальників вулиці, що недбайливо поставилися до розробки заходів з підвищення безпеки для всіх учасників дорожнього руху, в тому числі маломобільних. Таким чином, доведеться констатувати, що дорожня ситуація не тільки не створила умови для уникнення аварійності, а й частково нашттовхнула водіїв на скоєння ДТП.

#### ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Вирішення проблеми забезпечення дорожнього руху має здійснюватися на різних стадіях містобудівного проєктування з урахуванням специфіки кожної з них. Програми заходів щодо підвищення безпеки дорожнього руху для всіх його учасників повинні розроблятися комплексно, утворюючи єдину систему, починаючи від більшого

ступеня узагальнення та конкретизуючись для окремих вулиць.

**Ключові слова:** інженерне обладнання та облаштування вулиць, маломобільні групи населення, велодоріжки, засоби заспокоєння дорожнього руху.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН Б 2.2-12:2019. Планування та забудова територій. К.: Мінрегіон України, 77 (чинні з 1.10.2019).
2. ДБН В 2.3-5:2018. Вулиці та дороги населених пунктів. К.: Мінрегіон України, 55 (чинні з 1.09.2018).
3. ДСТУ 4100-2014. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. К.: Мінекономіки України, 106 (чинний від 01.07.2015).
4. ДСТУ 2587:2010. Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні вимоги. Методи контролювання. Правила застосування. К.: Держспоживстандарт України, 56 (чинний від 1.04.2011).
5. ДСТУ Б В.2.3-11-2004. Споруди транспорту. Огородження дорожнє перильного типу. Загальні технічні умови. К.: Держ. Комітет України з буд-ва та арх-ри, 12 (чинний від 02 липня 2004р.).
6. ДСТУ Б В.2.3-12-2004. Споруди транспорту. Огородження дорожнє металеве бар'єрного типу. Загальні технічні умови. К.: Держ. Комітет України з буд-ва та арх-ри, 21 (чинний від 02 липня 2004р.).
7. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. К.: Мінрегіон України. 133 (чинні з 28.02.2019).
8. ДСТУ 4123:2020. Безпека дорожнього руху. Засоби заспокоєння руху. Загальні технічні вимоги. К.: ДП «УкрНДНЦ», 48 (чинний з 01.11.2020).
9. М.М. Осетрін, Т.О. Шилова, П.П. Чередніченко (2011) Інженерне обладнання та облаштування вулиць: навчальний посібник. Ч. 1. К.: КНУБА, 96.
10. М.М. Осетрін, Т.О. Шилова, П.П. Чередніченко (2012) Інженерне обладнання та облаштування вулиць: навчальний посібник. Ч. 2. К.: КНУБА, 96.

## Формування архітектурного простору закладів охорони здоров'я на основі ландшафтного дизайну

Ірина Булах

Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037  
[bulakh.iv@knuba.edu.ua](mailto:bulakh.iv@knuba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-3264-2505>

Отримано 22.04.2021, прийнято 19.05.2021  
<https://doi.org/10.32347/tit2141.0105>

### ВСТУП

Архітектура поступово змінюється разом із розвитком суспільства, його мінливими уявленнями про красу, міцність, користь, а також зростаючою потребою у комфорті, естетиці, ідеальному оточенні. Тривалий час архітектура закладів сфери охорони здоров'я сприймалась і, відповідно, механічно проектувалась виключно як своєрідна технічно необхідна оболонка для забезпечення процесів лікування знеособленої маси населення.

Такий підхід був зумовлений гострою та швидкою потребою у кількісному забезпеченні лікувальними закладами великої кількості населення на значних територіях. Зокрема так відбувалось у минулому сторіччі у пострадянських країнах – повсюдно "клонувались" типові проекти медичних закладів, які велетенськими індустріально-панельними масивами інтегрувались у міське середовище без регіональної, культурної та естетичної ув'язки з "genius loci" та міським контекстом.

Чи маємо ми право засуджувати цей масштабний підхід, який панував у ХХ сторіччі? Ні. У свій час він дозволив вирішити край важливі питання забезпечення медичною допомогою більшості населення Радянського Союзу. Завдяки масовому та економічному індустріальному проектно-будівельному підходу Україна отримала розгалужену містобудівну мережу різноманітних закладів охорони здоров'я, які і сьогодні продовжують виконувати свої функції, приймають жорсткі виклики та випробування світових пандемій та епідемій.

Основна проблема полягає в тому, що з набуттям суверенітету в Україні почалися затяжні політико-олігархічні кланові "між-усобні війни", які на десятиріччя заморозили увагу до вдосконалення, модернізації, оновлення та розвитку архітектури закладів охорони здоров'я. Значна частина українських лікарень опинилася у стані, якій не тільки не відповідає санітарно-гігієнічним та іншим вимогам, але навіть загрожує здоров'ю та життю пацієнтів та персоналу. Але про це не прийнято говорити. Радянський менталітет, прописаний у нашу підсвідомість, вимушує кожного на своєму місці звітувати про порядок, про відповідність, про виконання планів.

Незважаючи на тривале ігнорування проблем і питань відповідності вітчизняної медичної архітектури світовим стандартам, потужна і свого часу найкраща в світі "машина" продовжувала виконувати свої функції, інерційно рухаючись униз зі свого п'єдесталу. Але сьогодні, у 2021 році, ми шаленими темпами наближуємось до підніжжя нової "скелі", яка уособлює усі новітні досягнення в сфері охорони здоров'я і яку провідні країни світу поступово, крок за кроком, долали за допомогою довгострокового державного плану розвитку медицини та з проведенням періодичних реформ у медичній галузі.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження полягає у аналізі передового світового досвіду використання ландшафтного дизайну при формуванні архітектурного простору закладів охорони здоров'я.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Найсучасніші лікувальні комплекси у країнах-лідерах сфери охорони здоров'я містять приклади активного використання елементів ландшафтного дизайну як у зовнішньому, так і у внутрішньому просторі медичних об'єктів. Архітектори навчилися створювати синтетичні проекти, які уявляють собою синтез будівлі медичного призначення та природного оточення, з одночасною активною інтеграцією озеленення як в інтер'єр так і в благоустрій лікарняної території. Якщо говорити про зовнішнє оточення лікарень, то слід відмітити значну увагу закордонних архітекторів до ландшафтного дизайну вже протягом останнього десятиріччя. Яскравим прикладом штучного формування природи на досить незначній ділянці лікарні може слугувати Lady Cilento Children's Hospital запроєктований Conrad Gargett, South Brisbane, Australia [1, 2].

З метою максимального збільшення площі для розміщення елементів "рукотворної природи" архітектори інтегрували насадження та газони на тераси, покрівлю та навіть використали вертикальне озеленення стін лікарні. В результаті, незважаючи на майже повну відсутність власної вільної території, лікарня утворила невеличкий оазис посеред "кам'яних джунглів" ущільненого міського середовища.

Іншими цікавими ілюстраціями ландшафтного та сталого проектного підходу до формування сучасної лікарні можуть слугувати роботи фіналістів міжнародного конкурсу на проект найбільшої лікарні Данії, а саме архітектурних бюро BIG, Herzog & de Meuron, C. F. Møller. Завданням міжнародного конкурсу було створити масштабний лікарняний комплекс Nytt Hospital Nordsjælland загальною площею близько 125000 м<sup>2</sup>. Для будівництва була запропонована мальовнича ділянка, яка колись слугувала в якості мисливських угідь. Отже в якості контексту оточення архітектори отримали горбистий природний ландшафт з найбільшою в країні лісовою ділянкою і безліччю невеликих озер. Безумовно, як визнані професіонали світового рівня, кожна з команд-фіналістів у своїх проектних пропозиціях зробила акцент саме на інтеграції ото-

чуючої природи в арсенал лікувального середовища.

Команда датської майстерні C.F. Møller запропонувала проект у якому досить високі лікарняні корпуси виділяються на тлі навколишнього пейзажу. Підкреслена «функціональність» проектною пропозицією цього варіанту лікарні передбачала концепцію, згідно якої найбільший госпіталь країни повинен розгортатися подібно цілому місту з усіма необхідними функціями та структурами, призначеними для потреб пацієнтів та персоналу. Центром лікарняного комплексу слугує публічний простір з двома круглими в плані внутрішніми дворами [3].

Проектна концепція архітектурної майстерні BIG передбачала створення простору здатного «зцілювати» [4].

Варіант будівлі лікарняного комплексу у плані складається з восьми блоків у вигляді пересічних кілець з внутрішніми дворами. Свій вибір запропонованої форми архітектори пояснили тим, що це дозволить організувати чудовий вид на природне оточення з вікна кожної палати, приміщення будуть забезпечені сонячним світлом, а можливість вийти на прогулянку у громадський сад створить необхідні умови для спілкування людей. Свіже повітря, красиві пейзажі і позитивний настрій, за думкою авторів проекту, є вірними супутниками швидкого та якісного одужання [4].

Herzog & de Meuron запропонували двох і чотириповерхові корпуси лікарні майстерно інтегровані в оточуючий природний ландшафт. Округлі лінії плану будівлі більш схожі на мікроорганізми ніж на традиційну форму лікарні. Конфігурація плану лікарні підкорена спробі максимального забезпечення природним освітленням палатних приміщень. Перетини лікарняних корпусів з озеленими дахами утворили живописні внутрішні двори. Варіант проекту лікарні від Herzog & de Meuron відображає тісний зв'язок лікарняної будівлі з навколишнім ландшафтом, що формує естетично витриманий простір сучасної лікарні-парку [5-7].

Ідею лікарні-парку також можна спостерігати у реалізації NTFGH and JCH лікарняному комплексі в Сінгапурі. Значна увага архітекторів до інтеграції принципів сталого роз-



витку в архітектуру лікарняного комплексу дозволила досягти неймовірних результатів - незважаючи на розміщення масштабної лікарні в ущільненому міському середовищі і при майже повній відсутності вільної від забудови території, лікарня виглядає як парк з різноманітними елементами ландшафтного дизайну. Безумовно, це значно покращило види з вікон лікарняних приміщень, а також утворило атмосферу психологічного спокою, відпочинку та комфорту [8, 9].

Будівля лікарні медичного інституту Г. Хьюза у В'єтнамі (США), яка була розроблена у 2008 р. архітектором Рафаелем Віньолі, найкращим чином відображає ідею проектування лікарні-парку з використанням лікувального ефекту природного оточення, ландшафту місцевості та цілющої сили води. Медичний комплекс Г. Хьюза виконує поліфункціональні завдання, об'єднуючи надсучасну медичну лабораторію обчислювальних та електрофізіологічних обстежень, робототехнічних досліджень, містить конференц-зали, міні готель, просторий громадський простір із зоною реєстрації та відпочинку, приватні кабінети, лікувальні палати та ін. Перебування у лікарні передбачає коротко-, середньо- та довгострокові лікувально-дослідницькі курси та програми, тому в комплексі функціонує готель для перебування на короткостроковому лікуванні, а також корпус для тривалого проживання [10-12].

Іншим прикладом проекту закладу охорони здоров'я останнього десятиріччя, який демонструє увагу архітекторів до інтеграції ландшафтного дизайну в медичні об'єкти і тим самим втілює ідеї та положення сталого розвитку, слугує Hospital Medical Mall розташований у Сеулі [10-12]. Ділянка під будівництво лікарні розташована у містобудівному середовищі з ущільненою забудовою та має досить обмежені розміри. Це підштовхнуло бюро Gresham Smith architects на створення інноваційної концепції, згідно якої шестиповерхова будівля лікарні була "занурена" у підземний простір. Досить смілива ідея, яка зовсім не відповідає усталеним і традиційним архітектурним підходам до проектування закладів охорони здоров'я! Концепція також дозволила розвинути інший нехарактерний прийом - влаштування ланд-

шафтного парку на звільненій від наземного будівництва території лікарні.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Сьогодні в Україні триває низка реформ одна з серед яких повинна принести якісні та ефективні зміни в сфері охорони здоров'я. На наш погляд, одним із ключових питань, яке потребує негайного вирішення це впровадження ідей і принципів сталого розвитку в архітектуру закладів медичної галузі. З цієї позиції в статті проаналізовано вітчизняні реалії стану госпітальних будівель, а також передовий закордонний проектний та концептуальний досвід. Безумовно виявлена величезна прірва, яка утворилась за 30 років бездіяльності та ігнорування потреб модернізації і розвитку. Але, не дивлячись на великий супротив суспільства проти реформаторських змін, Україна повинна пройти цей шлях. Українські заклади охорони здоров'я повинні відповідати світовим стандартам енергозбереження та енергоефективності, наближуватись до нульової потреби у зовнішніх мережевих інженерних систем, максимально використовуючи регіональний потенціал природних властивостей. Слід зазначити, що нам не вдасться перейняти досвід іншої країни шляхом прямого копіювання – завжди існує низка різнобічних особливостей (кліматичних, географічних, побудови рельєфу, гідрологічних та ін.), які у сукупності формують індивідуальні вимоги та можливості. Єдино незмінно можливою потенцією інтеграції принципів сталого розвитку в архітектуру будівель, призначених для охорони здоров'я людей, який доцільно і потрібно впроваджувати для всіх світових країн, полягає в активному синтезі лікувального та природного середовища. Однією з форм втілення цього задуму може слугувати ідея проектування лікарні-парку – тобто медичного закладу, який знаходиться в природному оточенні, а також містить його елементи у своєму внутрішньому просторі. Такий підхід обумовлений тим, що людина - частина природи, її складовий елемент і закономірно стверджувати про гармонійність ефективного та прискореного фізичного та духовного оновлення саме в природному оточенні.

**Ключові слова:** ландшафтний дизайн, заклади охорони здоров'я, лікарня, оздоровчий простір, благоустрій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. 2016 National Landscape Architecture Awards: Award of Excellence for Civic Landscape. Available at: <https://architectureau.com/articles/2016-national-landscape-architecture-awards-award-of-excellence-for-civic-landscape/#>
2. New Lady Cilento Children's Hospital / Lyons + Conrad Gargett. Available at: <https://www.archdaily.com/595827/new-lady-cilento-children-s-hospital-lyons-conrad-gargett>
3. New North Zealand Hospital by C.F. Møller. Available at: <https://design-chronicle.com/new-north-zealand-hospital-by-c-f-moller/>
4. Nyt Hospital Nordsjælland. Design: BIG. Available at: <https://www.e-architect.co.uk/denmark/nyt-hospital-nordsjaelland>
5. Herzog & de Meuron to Design One of Denmark's Largest Hospitals. Available at: <https://www.archdaily.com/495113/herzog-and-de-meuron-to-design-one-of-denmark-s-largest-hospitals>
6. Top names for Nyt Hospital Nordsjælland. Available at: <https://www.worldarchitecturenews.com/article/1513464/top-names-nyt-hospital-nordsjaelland>
7. Press Room. Available at: <https://www.hhmi.org/press-room>
8. Howard Hughes Medical Institute Virginia: Building. Available at: <https://www.e-architect.co.uk/america/howard-hughes-medical-institute>
9. Howard Hughes Medical Institute, Janelia Farm Research Campus. Available at: <https://www.austria-architects.com/es/projects/view/howard-hughes-medical-institute-janelia-farm-research-campus>
10. Seoul National University Hospital Medical Mall, Seoul, South Korea. Available at: <http://architect-1.blogspot.com/2016/01/seoul-national-university-hospital-Mall.html>
11. Growing a Hospital from the Ground Down: Seoul National University Hospital Medical Mall. <https://www.greshamsmith.com/project/seoul-national-university-hospital-medical-mall/>
12. Seoul National University Hospital Medical Mall, Seoul, South Korea. Available at: [http://www.mooyoung.com/eng/board/project/board\\_view.asp?num=1296](http://www.mooyoung.com/eng/board/project/board_view.asp?num=1296)
13. Булах І. В. (2020) Містобудівна мережа закладів первинного рівня медичного обслуговування. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. Київ, 56, 165-173.
14. Булах І. В. (2020) Вітчизняний досвід контекстуального містобудівного розміщення лікарень. Містобудування та територіальне планування. Київ, 72, 13--20.
15. Булах І. В. (2020) Особливості проектування університетської лікарні. Містобудування та територіальне планування. Київ, 73, 21-28.
16. Булах І. В. (2020) Принципи, методи та прийоми просторової організації містобудівної системи закладів охорони здоров'я. Modern engineering research: topical problems, challenges and modernity: collective monograph. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 45-62. DOI: 10.30525/978-9934-588-47-1.3
17. Bulakh I., Kozakova L., Didichenko M., Chala O. (2020) Architectural and urban planning system of health care in Germany and the United Kingdom. Space & Form. Szczecin, 41, 141-148. DOI: 10.21005/pif.2020.41.C-02
18. Булах І. (2020) Розпис як шлях індивідуалізації інтер'єру лікарні. Сучасні проблеми архітектури та містобудування. Київ, 55, 305-313.
19. Булах І. (2019) Розміщення лікарень в історичному міському середовищі найкрупніших та крупних міст. Містобудування та територіальне планування. Київ, 71. 72-80.



## Застосування лазерного сканування для моніторингу стану будівель та споруд при реконструкції

*Ірина Руднєва*

Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037  
[irene\\_r@ukr.net](mailto:irene_r@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-9711-042X>

Отримано 12.04.2021, прийнято 19.05.2021  
<https://doi.org/10.32347/tit2141.0106>

### ВСТУП

Технологія наземного лазерного сканування все ширше використовується в останні 15 років для вирішення завдань не тільки інженерної геодезії, але й при обстеженні будівель і споруд, зокрема для виявлення пошкоджень та деформацій при експлуатації та реконструкції, а також це оперативний контроль будівництва інженерних споруд та моніторинг їх стану при експлуатації, 3D-моделювання складних архітектурних об'єктів. Зростаюча популярність лазерного сканування обумовлена цілим рядом переваг, які дає нова технологія в порівнянні з іншими методами вимірювань. Серед переваг необхідно виділити головні: підвищення швидкості робіт і зменшення трудовитрат. Поява нових більш продуктивних моделей сканерів, вдосконалення можливостей програмного забезпечення дозволяє сподіватися на подальше розширення сфер застосування наземного лазерного сканування.

Тривимірне лазерне сканування випромінює мільйони лазерних променів і, розраховуючи час їх повернення, може безпомилково і точно розрахувати їх тривимірні розташування, щоб зробити багаторазові високошвидкісні сканування, об'єднані в одну систему. Це працює шляхом цифрового запису розмірів і просторового зв'язку об'єктів за допомогою віддзеркалення лазерного випромінювання.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Завдяки можливості отримання даних зі швидкістю мільйон точок в секунду і часу

сканування всього три хвилини, використання технології 3D-лазерів є відмінним методом виявлення фактичних розмірів, пошкоджень та деформацій при експлуатації та реконструкції. Ключові переваги 3D лазерного сканування – це швидкість, точність і узгодженість.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

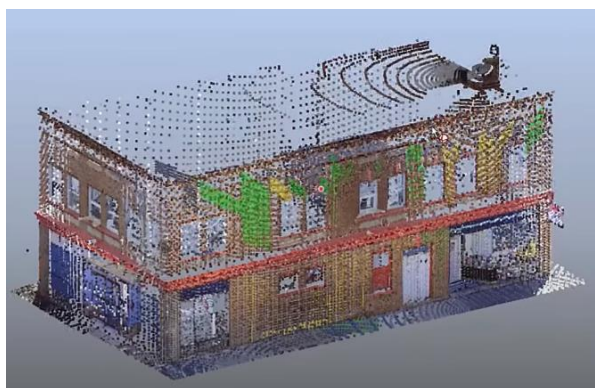
Лазерне сканування працює дуже схоже на традиційні прилади для геодезичної зйомки в тому сенсі, що воно вимірює горизонтальний і вертикальний кут в поєднанні з похилою відстанню, але при цьому дуже швидко обертає лазер через вертикальну і горизонтальну дугу, використовуючи ці лазерні імпульси для вимірювання відстані. В результаті на комп'ютері зберігаються мільйони точок в секунду.

Одним з основних переваг використання лазерного сканера є те, що він значно знижує відповідальність проекту. Ця технологія дозволяє значно знизити кількість невідомих в проекті, тому що незалежно від того, представлено чи щось в результатах САПР або в даних опитування, інженер може фактично взяти хмару точок, подивитися на весь будівельний об'єкт і визначити інші області, що представляють інтерес. Це найбільш цілісний підхід до аналізу даних в середовищі. Якщо потрібна інформація про балки, колони, плити перекриття, стики, схеми болтів, бордюри, жолоби тощо, то всі ці різні речі представлені в одному лазерному скануванні, яке зазвичай отримується за результатами обстеження будівлі або споруди від відповідального інженера, що виконував заміри та візуальний огляд.

При скануванні об'єктів або територій реєструються мільйони точок даних (невидимих для людського ока). В результаті отримується точне зображення відсканованої території або об'єкта. Це точне зображення називається хмарою точок, яка і несе максимум інформації про досліджуваний об'єкт, будь то будинок, інженерна споруда, пам'ятник архітектури тощо (Рис. 1). Ці хмари точок потрапляють в загальну систему відліку, де вони об'єднуються в повну модель. Цей процес називається вирівнюванням або реєстрацією, де десятки сканів можна швидко об'єднати. 3D CAD модель (Рис. 2), створена з хмари точок, може допомогти в розширенні робочих процесів BIM.



*a*



*b*

**Рис. 1.** Лазерне сканування об'єкту будівництва

*a* – будівля, як об'єкт лазерного сканування; *b* – хмара точок, як результат лазерного сканування

За хмарою точок можливо вирішувати наступні задачі:

- Підготовка до будівництва.

- Отримання трьохвимірної 3D-моделі об'єктів (Building Information Modelling (BIM)).

- Отримання креслень, в тому числі креслень перерізів, при обстеженні будівель, як альтернатива обмірним кресленням.

- Виявлення дефектів будівельних конструкцій за допомогою порівняння з проектною моделлю.

- Визначення та оцінка значень деформації за допомогою порівняння з раніше проведеними вимірами.

- Контроль якості при будівництві.

- Отримання топографічних планів методом віртуальної зйомки.

В даний час активно йде перехід від 2D проектування будівель і споруд, реконструкції, реставрації, експлуатації до 3D проектування. Трьохвимірне проектування все ще досить часто залишається маркетинговим інструментом для залучення уваги. Тим не менш, лазерне сканування дозволяє робити всі перетворення в 3-D середовищі. Це виключає численні кроки перетворення від 2D до 3D, економить час і гроші проекту, що викликає розуміння істотних переваг 3D проектування не тільки у проектувальників, але, й у Замовників проектів, і вони готові платити за проекти в 3D.

Обмірні роботи та оформлення 3D моделей і обмірних креслень здійснюється відповідно до вимог ДСТУ Б А.2.4-4:2009 «Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної та робочої документації» [4]. Результати виконаних обмірних робіт виконуються в узгодженій єдиній системі координат і висот, а також в заданому форматі (в більшості випадків, в форматі .DWG).

3D лазерний сканер (рис. 2) – прилад, який, виробляючи до мільйона вимірювань в секунду, являє об'єкти у вигляді набору точок з просторовими координатами. Отриманий масив даних, званий хмарою точок, може бути згодом представлений в тривимірному і двовимірному вигляді, а також використаний для вимірювань, розрахунків, аналізу та моделювання. Хмара точок - первинний результат лазерного сканування.

За принципом дії лазерні сканери поділяють на імпульсні (TOF), фазові і триангуляційні. Імпульсні сканери розраховують відстань як функцію часу проходження лазерного променя до вимірюваного об'єкта і назад. Фазові оперують із зсувом фаз лазерного випромінювання, в триангуляційних 3D сканерах приймач і випромінювач рознесені на певну відстань, яке використовується для вирішення трикутника випромінювач-об'єкт-приймач.



**Рис. 2.** 3D лазерний сканер для тривимірного лазерного сканування будівель та споруд

Лазерні сканувальні системи доцільно використовувати для створення 3D-моделі в Revit або в інших програмних продуктах, а далі формувати 2D-креслення для моніторингу стану будівель й міських територій, та подальшого виявлення дефектів та пошкоджень при експлуатації, реновації та реконструкції.

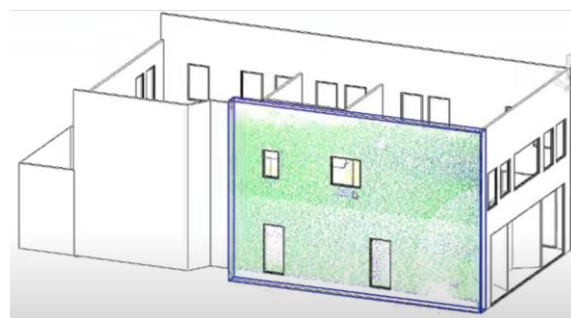
Після лазерного сканування будівельного об'єкту, модель хмар точок відразу не є готовою до аналізу. Дані дослідження складаються з мільйонів точок, які необхідно з'єднати, перетворити в лінії і вирівняти, щоб далі перетворити їх в модель з полігонами, і потім отримати BIM-модель (Рис. 3).

Розглянемо деякі чинники лазерного сканування, перш ніж прийняти рішення про застосування цієї технології:

- Дослідження хмари точок може бути дорогим.
- Це вимагає багато роботи на місцях

- Лазерні сканери, які використовуються для лазерної зйомки, є дорогими приладами.

- Обстежувані дані (чимала будівля вимагає мінімум 250...300 сканувань) можуть бути великими і вимагати багато оперативної пам'яті і місця для зберігання, щоб зберігати і обробляти хмари точок і перетворювати їх в BIM-модель.



*а*



*б*

**Рис. 3.** Створення моделі на основі отриманої хмари точок  
*а* – процес створення моделі на основі отриманої хмари точок ; *б* – створена 3D-модель

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Очевидно, що технологія лазерного сканування не ефективна для невеликих проєктів, з точки зору як трудовитрат, так і матеріальних витрат і часу.

У той же час, для величезних комерційних, інфраструктурних, висотних об'єктів, а також історичних будівель, що мають архітектурну цінність, сканування з перетворенням в BIM є доцільним і ефективним.

Немає жодних сумнівів у тому, що за допомогою лазерних досліджень процес збору необроблених даних стає надзвичайно простим і швидким. Але слід пам'ятати,

що 3D-сканери не можуть фіксувати деталі прихованих об'єктів, а також, що точність і кількість зібраних деталей залежать не тільки від типу сканера. Досвід фахівця з проведення досліджень також грає важливу роль.

На основі аналізу витрат і переваг слід вирішити, чи слід сканувати конкретний проект реконструкції, реновації або модернізації чи ні.

Варто відзначити, що вартість сканування з кожним роком знижується та незабаром лазерні сканери стануть доступними навіть для фахівців, які працюють над невеликими проектами, що принесе ще одну революцію в будівництві. Використання лазерної зйомки стане звичайним явищем, і навіть в невеликому двоповерховому проекті будівництва будівлі можна буде використовувати переваги хмари точок для ВІМ за допомогою проектною документації, виявлення колізій, швидкого відстеження процесу будівництва тощо.

Майбутнє лазерного сканування і перетворення в ВІМ не обмежуватиметься проектною документацією реконструкції, реновації, ремонту, а буде використовуватися в

новому будівництві для сканування встановлених конструкцій і перевірки їх на відповідність проектним моделям, а також під час експлуатації будівель.

**Ключові слова:** тривимірне лазерне сканування, хмари точок, 3D-моделювання, створення поверхонь, ВІМ, реконструкція, моніторинг, стан будівель та споруд.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Łukasz J. Bednarz, Jerzy Jasińko, Marcin Rutkowski, Tomasz P. Nowaka. (2014) Strengthening and long-term monitoring of the structure of an historical church presbytery. *Engineering Structures*, Vol.81. DOI:10.1016/j.engstruct.2014.09.028
2. <https://leica-geosystems.com/ru/products/laser-scanners/laser-scanning-industry-applications>
3. <https://hivevp.com/3d-laser-scanning-for-chemical-plant-applications/>
4. <https://www.e-arc.com/blog/4-use-cases-for-3d-laser-scanning-in-construction/>
5. ДСТУ Б А.2.4-4:2009. Система проектною документації для будівництва. Основні вимоги до проектною та робочою документації.



## Будівельне дипломне проектування за BIM-технологією

Анатолій Дружинін<sup>1</sup>, Оксана Давиденко<sup>2</sup>

Харківський національний університет будівництва та архітектури  
вул. Сумська 40, Харків, Україна, 61002

<sup>1</sup>[davxisi@gmail.com](mailto:davxisi@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-3049-3259>

<sup>2</sup>[oks.oks730@gmail.com](mailto:oks.oks730@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-5217-4411>

Отримано 27.04.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0107>

### ВСТУП

Розвиток будівельної галузі України – як основи економічних перетворень за рахунок впровадження інформаційних технологій (ВІМ), висунув відповідні вимоги до фахівців. Виникла необхідність на державному рівні вирішити проблему потреби і розвитку на ринку праці компетенцій спеціалістів для будівельної галузі в умовах впровадження ВІМ-технологій, створення єдиної інформаційної моделі в будівництві України, яка б об'єднувала архітектурну, конструкторську, інженерну, вартісну, екологічну складові з виходом на прийняття економічно ефективного рішення за життєвий цикл об'єкту і відповідно впровадження інноваційних технологій в навчання і підготовку компетентних фахівців.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета роботи провести дослідження впровадження ВІМ-технологій в навчальний процес і практику дипломного проектування. Висновки і рекомендації дадуть можливість підвищити рівень підготовки спеціалістів за рахунок засвоєння нових методів дослідження і оцінки інноваційних будівельних проектів.

### РЕЗУЛЬТАТИ ОБГОВОРЕННЯ

На базі наукових досліджень кафедри Організації будівельного виробництва (ОБВ), в дисципліну навчального плану магістрів промислове та цивільне будівництво (ПЦБ) – «Економічна ефективність інноваційних рішень», введена тема «Про-

блеми ВІМ...», в кожній із дисциплін кафедри для аспірантів- докторів філософії введені теми, присвячені теоретичним і практичним проблемам ВІМ моделюванню у відповідності до вимог ВІМ. Розроблено заходи по впровадженню фрагментів ВІМ в дипломних проектах магістрів.

На нашу думку, як окрема дисципліна повинна бути введена на 1 або 2 курсі «Програмне забезпечення ВІМ», в першу чергу – візуалізації 3D (Revit, AutoCAD); конструктивної частини (Revit, ЛИРА-САПР, Мономах), управління у часі (Revit, Project) і вартості будівництва (Revit, Лоджик, АВК-15, МСАД). На наступних курсах ВІМ повинна стати органічною частиною конструктивних, технологічних, організаційних, економічних, управлінських дисциплін з виходом на дипломні проекти бакалавра і магістра.

Кафедра ОБВ пропонує в дипломному проекті магістра (ДПМ) розробку з застосуванням фрагментів ВІМ-технології комплекс інноваційних рішень [4]:

- Технічних – вибір будівельних машин для комплексної механізації та автоматизації виробництва, опалубок та засобів малої механізації, тощо.
- Технологічних – вибір технологічної схеми зведення будівлі або споруди, методів виконання робіт, технологічних карт, розміщення будівельної техніки, тощо.
- Організаційно-технологічних – вибір методів організації будівельних робіт у просторі (ділянки, захватки) та часі (режим роботи у часі), потокових методів будівництва, складу бригад робітників, тощо.
- Організаційно-економічних – вибір системи управління і організації праці, ка-

лендарне планування, оптимізація нормативно-довідкової бази на основі комп'ютерних технологій, автоматизованих систем управління будівництвом, тощо.

Формування проектної моделі BIM 3D сьогодні пов'язане з програмними засобами архітектурної частини проекту: Autodesk (Revit), AllPlan Deutschland GmbH., Graphisoft (Archi CAD), Tekla Corporation, Auto CAD та інші; конструктивної частини: ЛИРА-САПР, Мономах, САПФІР; сантехнічної та електро- частини: Magi CAD для Auto CAD. Ці програмні комплекси є автономними продуктами не пов'язаними один з одним, мають різних власників, що значно ускладнює впровадження незалежними розробниками. Пропонується ряд заходів по експорту даних і налагоджуванню зворотного зв'язку між цими програмами.

Ряд діючих в Україні програмних продуктів залишаються відірваними від проектної моделі 3D, це стосується організації і управління будівництвом (4D): Microsoft Project, Primavera P6, Spider Project та інші; кошторисного та договірної ціноутворення (5D): «Будівельні технології. Кошторис» (Computer Logic Group), АВК-15, АС-4, ТК «Інвестор»; ряд нових програм по охороні навколишнього середовища, енергоефективності (6D); утримання і експлуатації будівель (7D) і особливо відсутністю програмного забезпечення для визначення економічного варіанту будівлі за життєвий цикл (8D).

В цих умовах, навіть при підготовці здобувачів для використання програмного продукту на рівні 3D, виникає багато проблем при підготовці і захисті дипломного проекту. Перед здобувачем ставиться завдання на базі наукового дослідження вийти на оцінку ефективності інноваційного заходу з максимальним наближенням на рівні фрагментів 4D–8D та подальшим виходом на нормативну довідкову кошторисну базу (5D) і календарний графік (4D). [1, 2, 3]

Оцінки економічної ефективності інноваційних рішень в будівництві і зокрема в дипломних проектах магістрів при впровадженні фрагментів BIM вимагають вирі-

шення ряду методологічних проблем в ринкових умовах за життєвий цикл проекту.

В Європейських країнах з ринковою економікою в основу оцінки економічної ефективності інвестицій в інновації давно покладено принципи руху реальних грошових потоків: окупності, порівняльності, дисконтування, диференціації прибутковості, варіантності відсоткової ставки з виходом на 3 ведучих критерія: NPV – максимальні чисті дисконтовані грошові надходження за інвестиційний цикл (Т), грн; PP – строк окупності капітальних інвестицій – середній і дисконтований, років; IRR – внутрішня норма рентабельності капітальних інвестицій за інвестиційний цикл (Т).

В Україні багатьма вченими і практиками в економічній і особливо технічній літературі останні 15 років замість цих визначених критеріїв, а іноді одночасно і паралельно з ними (більше 20 публікацій) для оцінки економічної ефективності в інноваційних проектах, варіантів конструктивно-технологічних рішень бродить примара «ціни виробництва» – мінімальних «приведених затрат» на одиницю продукції:  $C + E_n \cdot K$ , іноді з грубими помилками та перекрученнями. Цей критерій було запропоновано в СРСР в 1961 році в «Типової методикі...» в умовах централізованої планової економіки з директивним ціноутворенням, і діяв при стабільних цінах як віртуальний фільтр ( $E_n = 0,15$ ) при варіантному проектуванні до 1991 року, мав грошову форму, а за змістом ніколи не відображався в реальній фінансовій діяльності підприємств. Методика і застосування єдиного нормативного коефіцієнта  $E_n = 0,15$  критичувалася багатьма вченими того часу.

В умовах ринкового ціноутворення ціни постійно змінюються в динаміці під впливом попиту і пропозиції по фазам розвитку, гроші виступають як товар з ціною – обліковою ставкою, кожний інвестиційний проект має свій показник  $E_n$  – рентабельність 1 грн інвестицій, на комерційний ефект впливає дефіцит ресурсів та інфляція. Ці обставини виключають використання моделі  $C + E_n \cdot K$  і обумовлюють необхідність повернутися до критичного аналізу рекомендацій про можливості її викорис-



тання при варіантному проектуванні в літературних джерелах [7]. Як приклади рекомендацій по застосуванню моделі  $C + E_n \cdot K \rightarrow \min$  можна привести підручники та навчальні посібники з економіки і організації будівництва (КНУБА – 2005...2007 років), ряд статей в журналах "Економіка України", "Будівництво України", та в російських виданнях ведучих будівельних вишів. В даному дослідженні в основу оцінки інноваційних рішень покладено **варіантне проектування** – з декількох технічно доцільних конкуруючих варіантів рішення треба вибрати оптимальний варіант, найбільш економічно доцільний в даних конкретних умовах.

Методика варіантного проектування передбачає чотири етапи:

1. Аналіз вихідних даних та умов виробництва з обґрунтуванням варіантів для порівняння.

2. Відбір технічно доцільних конкуруючих варіантів з обґрунтуванням базового варіанта та альтернативних нових прогресивних варіантів з оцінкою переваг та недоліків.

3. Оцінка економічної ефективності варіантів з урахуванням періоду інвестиційного циклу будівництва за критеріями NPV, PP, IRR.

4. Прийняття оптимального варіанта з урахуванням технічної та економічної доцільності його впровадження в конкретних умовах будівництва об'єкта.

Впровадження BIM на базі пакету програм Revit вимагає нових підходів при оцінці варіантів архітектурних і конструктивних рішень вже при створенні моделей 3D і остаточного розрахунку ефективності на етапі 8D, який включає усі програми 3D–7D з виходом на життєвий цикл: проектування, будівництва, експлуатації будівлі. Вирішення цієї проблеми в дипломному проекті вимагає переходу від віртуальної моделі, створеної в Revit, до конкретних технічних, технологічних і організаційних рішень на будівельному майданчику з реальними ресурсами будівельних підприємств при певній прозорій нормативно-довідковій базі.

Наступне дослідження передбачає визначення проблем від вирішення яких залежить ефективно впровадження BIM в практику дипломного проектування.

1. В архітектурно-будівельній частині ДПМ провіншно бути, у відповідності з завданням замовника і творчого пошуку архітектора, на базі шаблонів Revit складено по поверховий план будівлі з розташуванням устаткування або квартир, приміщень, комунікацій з візуалізацією 3D усієї будівлі і специфікаціями прийнятих конструктивних елементів.

2. В конструктивній частині прийняті архітектором рішення повинні бути перевірені розрахунком в Revit на базі програм ЛИРА-САПР, Мономах, САПФІР у відповідності з ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд» підземної та наземної частин будівлі, будівлі в цілому.

3. Вносяться зміни в візуально просторовий проект будівлі 3D, а архітектурна частина доповнена розрахунком енергоефективності у відповідності з ДБН В. 2.6 - 31:2016 «Теплова ізоляція будівлі» з пропозицією сертифікату класу А, В, С, D, Е, F, G.

4. Архітектор і конструктор, приймаючи певні будівельні матеріали і конструкції, по суті визначають вимоги до технології будівництва, зокрема послідовності виконання робіт. Однак для організації будівництва повинні бути розроблені і затверджені в проекті організації будівництва (ПОБ) «Технологічні карти ...» для кожного процесу з графіками організації робіт і вимогами до техніки безпеки і охорони праці.

Виникає проблема розібрати просторову модель 3D на конструктивні елементи у просторі і часі для визначення оптимального варіанту їх реалізації і побудови календарного графіку для усієї будівлі з урахуванням прийнятої технологічної схеми.

Публічними залишаються Ресурсні елементні кошторисні норми (РЕКН), що були видані як нормативна база ДБН Д.1.1-1:2000, а потім ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 і змінювалися не суттєво за останні 20 років. [5] Вони є основою визначення прямих витрат

при ціноутворенні і впливають на майже 50 % вартості об'єкту. Інша доля майже 50 % вартості формується за суб'єктивними нормативами – від трудомісткості будівництва і ризиків. РЕКН при розробці пройшли певне усереднення і до їх складу увійшли ряд супутніх процесів, які виконуються напередодні або паралельно з основними процесами і не впливають на тривалість роботи в календарному графіку.

Ці обставини, на думку більшості дослідників, для впровадження BIM на рівні 4D–8D вимагають удосконалення нормативно-довідкової бази і методики ціноутворення не тільки по роботам, а і конструктивним елементам будівлі.

Сценарний підхід та моделювання прогностичних оцінок економічної ефективності організаційно-технічних заходів та проектів, і при певному зовнішньому оточенні і внутрішньому розвитку проекту в майбутні періоди, дозволяє проробкою декількох варіантів вибрати оптимальний за основними техніко-економічними показниками. Оцінка ризиків зміни цих показників дозволить визначити ефективність і надійність реалізації проекту в сучасних ринкових умовах України.

#### ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

При виконанні ДПМ перед здобувачем ставиться завдання на базі наукового дослідження вийти на оцінку ефективності інноваційного заходу з максимальним наближенням на рівні фрагментів 4D–8D та подальшим виходом на нормативну довідкову

кошторисну базу (5D) і календарний графік (4D). На сьогоднішній день оцінки економічної ефективності інноваційних рішень в будівництві і зокрема в дипломних проектах магістрів при впровадженні фрагментів BIM вимагають вирішення ряду методологічних проблем в ринкових умовах за життєвий цикл проекту.

**Ключові слова:** інформаційні технології, дипломне проектування, оцінка економічної ефективності.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Концепція застосування будівельного інформаційного моделювання в управлінні вартістю життєвого циклу державних об'єктів (2019) (Проект). К.: НАДУ, 25.
2. Поддубни Андре, Афанасьєв Дмитро та інші. (2019) Концепція впровадження BIM – Будівельного Інформаційного Моделювання в Україні. Проект міжнародної технічної допомоги ЄС «Допомога організації влади України в удосконаленні менеджменту циклом інфраструктурного проекту» (НТУУ «КПІ»)
3. Дружинін А.В. (2019) Методичні вказівки до виконання дипломного проекту магістра (по кафедрі організації будівельного виробництва). Харків: ХНУБА, 25.
4. Колектив авторів (2018) Методичні вказівки до виконання дипломного проекту магістра для студентів за освітньо-професійною програмою спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Харків: ХНУБА, 30.
5. Дружинін А. В., Жилиякова Г. С. (2019) Організація кошторисної справи в будівництві. Харків: ХНУБА, 60.

## Section 2. Engineering, Environmental Science

### Corrosion resistance of welded joints made by underwater wet welding

Sergey Maksimov<sup>1</sup>, Alla Radzievskaya<sup>2</sup>, Liudmyla Nyrkova<sup>3</sup>, Switlana Osadchuk<sup>4</sup>

E.O.Paton Electric Welding Institute  
K. Malevicha Str. 11, Kyiv, Ukraine, 03680

<sup>1</sup>[maksimov@paton.kiev.ua](mailto:maksimov@paton.kiev.ua)

Отримано 29.04.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0201>

#### INTRODUCTION

One of the reasons of coming out of order of metal structures, operating in water environment, including sea conditions, is the corrosion. Thus, for example, the corrosion wear of metal of the ship hull underwater part can reach from 0.3 up to 0.5 mm/year. The corrosion of welds is the ever more critical situation. The rate of their fracture exceeds the rate of the base metal corrosion and in some cases it may reach 1-3 mm/year [1, 2]. The great selective corrosion in the form of fissures along the welds (on both sides) was observed in heat-affected zone (HAZ) metal of slot, butt welds and welds for welding-on to the basic workpiece, i.e. up to 1 mm/year, in some cases a through corrosion fracture of the fusion line (formation of blowholes) was observed [1]. In the opinion of the work authors [2] the welds are subjected to fracture due to the occurrence of thermal electromotive force between the parts welded under conditions of high electric conductivity of the sea water (Seebeck effect).

To repair the corroded welded joints of metal structures, operated under the water, a wet underwater welding is used. At the E.O.Paton Electric Welding Institute the specialized flux-cored wires have been developed, which are designed for welding low-carbon and low-alloyed steels, including those of a higher strength. In the latter case the electrode materials of an austenite type are used to provide resistance against cold crack formation in the HAZ [3]. The work was aimed at study of corrosion resistance of welded joints with fer-

rite and austenite deposited metal, made by the underwater wet welding, under the conditions, which simulate the service conditions in sea water.

#### MATERIALS AND METHODS OF INVESTIGATIONS

The procedure of preparation of specimens for investigations was the same as in work [4] and consisted in the following. Butt joints of steel St3 were welded in air. The groove of 8 mm depth was made along one of weld sides along the fusion line. The welding-up of grooves was made under water by flux-cored wires of ferrite and austenite type at the mode:  $I_w = 180...200$  A,  $U_a = 33...34$  V.

Characteristic of studied specimens of welded joints with deposited layers is given in Table 1.

**Table 1**

Characteristic of specimens of welded joints of pipe steel St3 with ferrite and austenite deposited metal

No. of specimen	Type of deposited metal
1	ferrite, made by flux-cored wire PPS-AN2
2	ferrite, made by flux-cored wire PPS-AN2 + 2 % Cu
3	austenite, made by flux-cored wire with Ni sheath

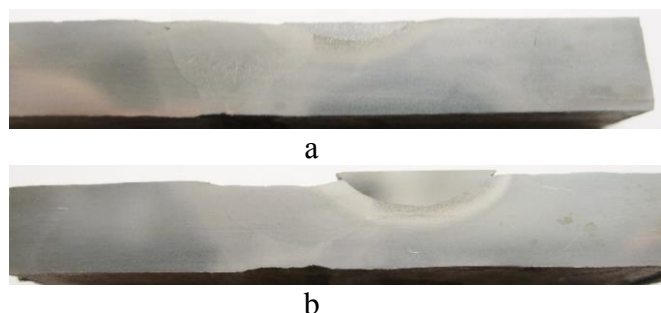
Corrosion tests of specimens of welded joints for a general corrosion were carried out in a running flow of 3% NaCl solution during

250 h by using the method of profilometry in accordance with OST 5.9255, item 2.3 [5], corrosion resistance under conditions of varying wetting was studied in 3% NaCl solution at temperature  $(20 \pm 2)$  °C during 250, 700, 1000 and 2000 h. Specimens were loaded by a four-point scheme up to  $0.8\sigma_Y$  of base metal. After corrosion tests the region in the vicinity of deposited layer was examined by the optical microscopy method. Metallographic sections were prepared by a standard procedure.

#### INVESTIGATION OF RESISTANCE OF WELDED JOINT SPECIMENS OF STEEL ST3 WITH FERRITE AND AUSTENITE DEPOSITED LAYERS IN A RUNNING FLOW

The depth of corrosion fractures of specimens after tests was determined with respect to as-ground surface near edges on the specimen face side, which was isolated before tests by a protective coating.

Investigations were continued 250 h (104 days). After finishing, the specimens were taken out from the solution, corrosion products were removed and the depth of corrosion damages in width and length of a specimen was measured. Appearance of specimens before and after tests is given in Fig. 1.



**Fig. 1.** Appearance of specimens with ferrite (a) and austenite (b) deposited layer after tests in a running flow during 250 h

To make quantitative assessment and analysis of corrosion features of specimens with different type of deposited metal, a mean depth of corrosion damages of different zones was determined with account for of a total number points of measurements by formulae:

$$h_{BM}^{ev} = \frac{\sum h_{BM}}{N_{BM}}, \quad (1.1)$$

$$h_W^{ev} = \frac{\sum h_W}{N_W}, \quad (1.2)$$

$$h_{DL}^{ev} = \frac{\sum h_{DL}}{N_{DL}}, \quad (1.3)$$

where  $\sum h_{BM}$  is the sum of depth of corrosion fractures of base metal, mm;  $\sum h_W$  is the sum of depth of corrosion fractures of weld metal, mm;  $\sum h_{DL}$  is the sum of depth of corrosion fractures of deposited layer metal, mm;  $N_{BM}$  is the number of points of measurements of depth of corrosion fractures of base metal;  $N_W$  is the number of points of measurements of corrosion fractures of weld metal;  $N_{DL}$  is the number of points of measurements of depth of corrosion fractures of deposited layer metal.

In accordance with OST 5.9255, item 2.3 [5], when determining the depth of corrosion fracture by the number of points of measurements, it is recommended to calculate the maximum values of depth and number of pits per one  $\text{cm}^2$  in different zones of welded joint specimens together with a mean depth. As it is seen from Fig.1, a, the corrosion in zones was spread rather uniformly and to make these calculations was not rational, therefore, the corrosion resistance of specimens was evaluated by the characteristics:

- mean depth of corrosion fractures of base metal ( $h_{BM}^{ev}$ ), weld metal ( $h_W^{ev}$ ) and deposited layer metal ( $h_{DL}^{ev}$ ), mm;

- rate of corrosion of base metal ( $P_{BM}$ ), weld metal ( $P_W$ ) and deposited layer metal ( $P_{DL}$ ),  $\text{MM}/\text{ГОД}$ ;

- ratio of rate of corrosion deposited layer metal to rate of corrosion of base metal ( $\frac{P_{DL}}{P_{BM}}$ );

- ratio of rate of corrosion of weld metal to rate of corrosion of base metal ( $\frac{P_W}{P_{BM}}$ ).

Rate of corrosion of base metal, weld metal and deposited layer metal was calculated by formulae:

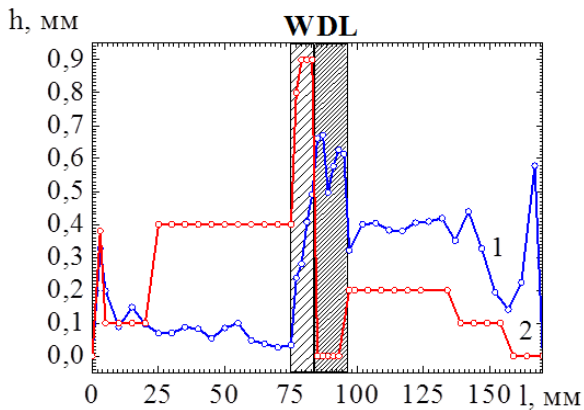
$$P_{BM} = h_{BM}^{ev} \frac{365}{\tau}, \quad (1.4)$$

$$P_W = h_W^{ev} \frac{365}{\tau}, \quad (1.5)$$

$$P_{DL} = h_{DL}^{ev} \frac{365}{\tau}, \quad (1.6)$$

where  $\tau$  is the duration of tests in running solution, days; 365 is the number of days in year.

From the results of measurements of depth of corrosion fractures the profilograms were plotted, which are given in Fig. 2, for more visual representation of corrosion nature along the zones of welded joint with a repair weld.



**Fig. 2.** Profilogram of surface after specimens testing in running flow during 250 h  
1 – ferrite DL, made by wire PPS AN-2 + 2 % Cu;  
2 – austenite DL, made by wire of Ni strip

Results of assessment of corrosion resistance of test specimens are given in Table 2. It follows from the analysis of obtained results that for a specimen with ferrite repair weld the rate of corrosion in the region of W and DL was almost twice higher than that of BM (Table 2, line 1). On the specimen with austenite DL the rate of corrosion of DL is equal to zero, and the highest corrosion fracture was shown in W, as the corrosion rate in this zone is more than three times higher than that of BM (Table 2, line 2). Table 3 presents for reference the ten-point scale of corrosion resistance of metals, according to which the corrosion resistance of specimen different zones was evaluated.

Results of corrosion investigations have a good correlation with data of potentiometry:

the larger difference of potentials between BM and DL and W and DL, the higher is the rate of corrosion of WJ zone.

The conclusion can be made on the basis of the obtained results that in the running flow of sea water the different zones of welded joint with studied ferrite and austenite DL have the following corrosion resistance:

- BM - group IV, “comparatively resistant” (point 7 by GOST 13819, Table 3)

- W - group V, “low-resistant” (point 8 by GOST 13819, Table 3)

- ferrite DL, made by wire PPS AN-2 + 2% Cu - group V, “low-resistant” (point 8 by GOST 13819, Table 3)

- austenite DL, made by wire of Ni strip - group I, “absolutely resistant” (point 1 by GOST 13819, Table 3).

On the basis of analysis of the obtained experimental results it can be stated that W and ferrite DL, deposited by wire PPS AN-2 + 2% Cu will be mainly subjected to fracture in the running flow of sea water

**Table 2**  
Results of assessment of corrosion resistance of welded joint different zones

Characteristic of specimens	Mean depth of corrosion damages of different zones, mm			Corrosion rate in different zones, mm/year			Ratio of corrosion rate in W/DL metal to corrosion rate in	
	$h_{BM}^{ev}$	$h_W$	$h_{DL}^{ev}$	$P_{BM}$	$P_W$	$P_{DL}$	$\frac{P_W}{P_{BM}}$	$\frac{P_{DL}}{P_{BM}}$
with ferrite DL (PPS AN-2 + 2 % Cu)	0.21	0.42	0.53	0.75	1.46	1.86	1.94	2.48
with austenite DL (Ni strip)	0.26	0.88	0	0.90	3.07	0	3.41	0

As the corrosion resistance of different zones of WJ with DL was greatly differed, and in the conditions of WJ loading their further local fracture can occur, the stability of WJ



under conditions of effect of tensile stresses was investigated.

After investigations in the running flow the WJ specimens were subjected to bending with a deposited layer outside up to the formation of the first crack or at 180° angle in cases when the crack was not formed, and then the metallographic examinations were carried out.

**Table 3**

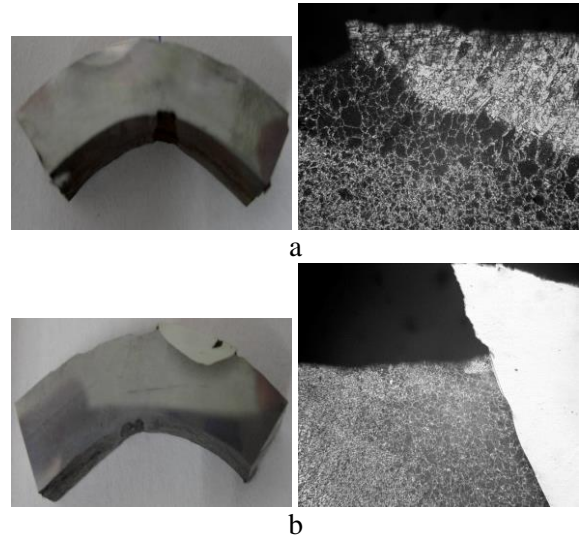
Ten-point scale of corrosion resistance of metals

Group of resistance	Rate of metal corrosion, mm/year	Scale point
1 Absolutely resistant	less than 0,001	1
2 Rather resistant	from 0.001 up to 0.005	2
	from 0.005 up to 0.01	3
3 Resistant	from 0.01 up to 0.05	4
	from 0.05 up to 0.1	5
4 Less resistant	from 0.1 up to 0.5	6
	from 0.5 up to 1.0	7
5 Low-resistant	from 1.0 up to 5.0	8
	from 5.0 up to 10.0	9
6 Not-resistant	more then 10.0	10

The metallographic sections were prepared by the standard procedure, applying diamond pastes of different dispersity. To reveal the microstructure the specimens were etched in NITAL (solution of 4% nitric acid in ethyl alcohol). Metallographic examinations were carried out in microscope NEOPHOT 21 at magnifications  $\times 80$ ,  $\times 100$ ,  $\times 125$ ,  $\times 200$ . Digital image of microstructure of specimens was obtained by means of photo camera Olympus C 5050.

Figure 3 presents appearance of a fragment of a central part of WJ specimens of steel St3 with a ferrite deposited layer, made by wire PPS AN-2 (Fig. 3, a) and austenite DL, made by wire of Ni strip (Fig. 3, b), and microstructure of near-surface layers of DL.

As is seen from the analysis of experimental data, after investigations in the conditions of varying wetting, the cracks were not observed along the fusion line of DL/W in none of specimens of WJ with DL, which proves their resistance under the conditions of effect of tensile stresses.



**Fig. 3.** Appearance of a fragment of a central part of WJ specimens of steel St3 with a ferrite DL and microstructure of near-surface layers, made by wire PPS AN-2 (a) and austenite DL, made by wire of Ni strip (b), after study of resistance against corrosion cracking in a running flow during 250 h and bending up to initiation of the first crack,  $\times 80$

#### INVESTIGATION OF RESISTANCE OF WELDED JOINT SPECIMENS OF STEEL ST3 WITH FERRITE AND AUSTENITE DEPOSITED LAYERS IN THE CONDITIONS OF VARYING WETTING

Tests of resistance of specimens of base metal and welded joints under the conditions of the varying wetting were performed in 3% NaCl solution at temperature  $T = 295$  K and level of load  $0.8 \sigma_y$  of base metal during 250, 700, 1000 and 2000 h.

After 250 h of tests in a running flow the metallographic examinations were carried out. An analysis of experimental data has shown that destruction occurs the BM fracture was occurring uniformly in all the WJ, mainly in W. On DL, made by wires PPS AN-2 and PPS AN-2 + 1% Cu, the deep corrosion pits are seen. Corrosion of DL, made by wire PPS AN-2 + 2% Cu, is more uniform than in two previous cases. DL, made by wire of NI strip, remained without changes. Local corrosion damages in the form of cracks were not observed in none of WJ.

Due to different corrosion resistance of zones of WJ with DL their cracking could be occurred in the conditions of WJ loading,



therefore after the action of the varying wetting during different period of time the effect of compressive and tensile stresses were studied. For this purpose, after tests for varying wetting the specimens were subjected to bending up to initiation of the first crack or at 180° angle, if the cracks were not observed, and then the metallographic examinations were carried out,

For specimens with DL after holding at varying wetting during 700 h the resistance to the effect of compressive stresses was investigated, and for the longer time, i.e. 1000 and 2000 h, the effect of tensile stresses was investigated.

It should be noted that after bending the specimens, which were tested during 700, 1000 and 2000 h the depth of corrosion pits was visually smaller, than on flat specimens, that can be predetermined by the tension of surface layer of metal, which was subjected to the effect of tensile stresses. The same as in the previous case, the more intensive fracture occurred in W than in DL (Fig. 4). This was more pronounced on WJ and DL, made by wire from Ni strip, on the photo of which it is seen that the austenite layer remained without changes (Fig. 4, c) during corrosion tests in the conditions of varying wetting. The local corrosion damages in the form of cracks were not revealed in none of WJ.

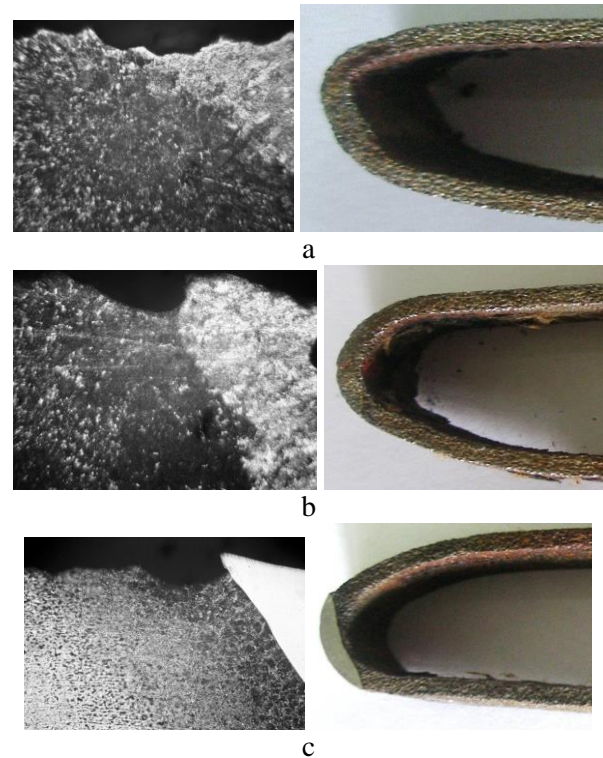
## CONCLUSIONS

In a moving stream of seawater after 250 hours, various WJ zones with the studied ferritic and austenitic DL have the following corrosion resistance:

- base metal - group IV, “relatively stable”, ball 7 according to GOST 13819;
- weld - group V, “low stability”, ball 8 according to GOST 13819;
- ferritic DL made with PPS AN-2 + 2% Cu wire - group V, “low stability”, ball 8 according to GOST 13819;
- austenitic DL, made with Ni tape - group I, “absolutely stable”, score 1 according to GOST 13819.

On the basis of the obtained results, it was established that in a moving stream of seawater, a weld and a ferritic DL made of PPS

AN-2 + 2% Cu will be predominantly destroyed by ulceration.



**Fig. 4.** Appearance of WJ specimen of steel St3 with DL and microstructure of near-surface layers, made by wire PPS AN-2 (a), PPS AN-2 + 2% Cu (b) and wire of Ni strip (c) after investigation of resistance against corrosion cracking in the conditions of varying wetting during 2000 h and bending,  $\times 100$

Under conditions of alternating wetting with a solution of 3% NaCl for 2000 hours, the destruction of welded joints of St3 steel with ferritic and austenitic weld layers developed more intensively along the welds compared with the weld layers and the base metal. Metallographic studies confirmed the absence of local corrosion damage in the form of cracks along the fusion line of the weld with the weld layer on all the welded joints studied.

**Keywords:** underwater welding, welded joints, sea water, corrosion.

## REFERECES

1. Kolomijtsev E.V. (2012) Corrosion resistance of welded joints of ship hull materials. *Avtomatich. Svarka*, 4, 59-64.

2. Sirotiyuk A.M., Dmitrakh I.M. (2014) Assessment of corrosion-mechanical defects of underwater pipeline steels. *Visnyk of admiral Makarov NUK*, 2, 66-72.
3. Maksimov S.Yu., Savich I.M., Zakharov S.M. (2003) Structure and properties of metal, deposited under water by flux-cored wire with Ni sheath. *Avtomatich. Svarka*, 4, 19-22.
4. Gusachenko A.I., Savich I.M., Los E.P. (1987) Corrosion of welds of welded joints of hull steels of 09G2 type and possibility of their underwater sealing welding. *Avtomatich, Svarka*, 11, 58-60.
5. OST 5.9255–76. Metals and coatings for ship building. Methods of express corrosion tests.
6. GOST 9.901.2-89. Standard system of protection from corrosion cracking of specimens in the form of bent bar.

## Вдосконалення крано-маніпуляторної техніки для аварійно-рятувальних та відновлювальних робіт

Михайло Сукач<sup>1</sup>, Анатолій Кравчук<sup>2</sup>

Киевский национальный университет строительства и архитектуры  
Воздухофлотский проспект 31, Киев, Украина, 03037

<sup>1</sup>[msukach@ua.fm](mailto:msukach@ua.fm), <https://orcid.org/0000-0003-0485-4073>

<sup>2</sup>[a.m.kravchuk@ukr.net](mailto:a.m.kravchuk@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-0002-2248>

Отримано 15.04.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0202>

### СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІЇ ДСНС

Для реалізації державної політики в сферах цивільного захисту, захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій та запобігання їх виникненню, ліквідації надзвичайних ситуацій, рятувальної справи, гасіння пожеж, пожежної та техногенної безпеки, діяльності аварійно-рятувальних служб, а також гідрометеорологічної діяльності існує Державна служба України з надзвичайних ситуацій (далі ДСНС України) [1]. Їй підпорядковані 7 аварійно-рятувальних формувань швидкого реагування (центрального підпорядкування), в тому числі авіація; 25 аварійно-рятувальних загонів спеціального призначення та 1182 районних пожежно-рятувальних підрозділи (територіального підпорядкування) [2].

За основними можливостями підрозділи Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту поділяються на:

1) підрозділи, призначені для гасіння пожеж, рятування людей та майна при пожежах, на об'єктах та територіях незалежно від підпорядкування та форми власності, проведення першочергових аварійно-рятувальних робіт, дання первинної медичної допомоги потерпілим.

2) формування (загони, центри), призначені для ліквідації аварій (катастроф) техногенного, природного та військового характеру, наслідків стихійних лих (землетрусів, буревіїв, зсувів ґрунту, обвалів, сільових потоків, повені, снігових заметів, обледеніння, тощо), проведення пошуково-рятувальних, пожежно-рятувальних робіт,

міжнародних рятувальних операцій, здійснення заходів з розмінування територій та заходів цивільної і територіальної оборони, загальнодержавного та регіонального характеру.

У їхньому складі функціонують:

- *пожежно-рятувальні* підрозділи – для гасіння пожеж, рятування людей і майна на об'єктах і територіях незалежно від підпорядкування та форми власності.

- *рятувальні* підрозділи – призначені для розгортання й проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у найкоротші терміни, для розшуку (у тому числі з використанням службових собак) та порятунку людей, які знаходяться у зруйнованих, палаючих будівлях, під завалами, зокрема і відкопування постраждалих із завалених споруд, а також для надання першої медичної допомоги потерпілим;

- *інженерні* – для ведення інженерної розвідки маршрутів та осередків ураження, розчищення завалів, відкопування постраждалих із-під пошкоджених споруд, створення спеціальних проїздів у завалах, обвалу конструкцій, виявлення пошкоджень у комунально-енергетичних та технологічних мережах, підготовки та утримання шляхів, утворення огорожувальних протипожежних смуг;

- *радіаційного та хімічного захисту* – проводять радіаційну та хімічну розвідку, здійснюють дозиметричний та хімічний контроль підрозділів, виконують дегазацію, дезактивацію обмундирування та інших матеріальних засобів, ділянок місцевості, доріг та споруд;

- *піротехнічні* – виявляють та знищують невикористані боєприпаси, у тому числі авіаційні бомби та інші вибухонебезпечні предмети, знешкоджують уражені елементи конструкцій споруд та будинків, а також пробивають проходи в завалах вибуховим методом;

--*водопостачання* – призначені для розвідки джерел води та обладнання пунктів водопостачання;

- *зв'язку* – для встановлення й підтримки надійного зв'язку, який забезпечує комунікацію між підрозділами, керівними органами та різними силами взаємодії;

- *матеріального забезпечення* – мають своєчасно задовольнити нагальні потреби підрозділів спеціальним обладнанням, паливом, продуктами, засобами захисту, речовим, медичним, технічним майном та іншими матеріальними засобами.

Підрозділи ДСНС України мають в своєму розпорядженні значну кількість техніки, яку умовно можна розділити, в залежності від її функціональних можливостей та призначення на пожежно-рятувальні автомобілі, машини для виконання спеціальних робіт в надзвичайних ситуаціях та спеціальні автомобілі. [3] Із самохідної техніки для ліквідації надзвичайних ситуацій найбільшого розповсюдження набула колісна техніка для всіх видів робіт.

## ЗАРУБІЖНІ ВИРОБНИКИ СПЕЦТЕХНІКИ

Існуючі підходи до конструювання «спецтехніки» (європейський та американський) дозволяють створювати пожежно-рятувальну техніку як на звичайному автомобільному шасі (європейський) так і на шасі власної конструкції [4]. Такі виробники як Magirus, Ziegler, Rosenbauer, виробники підіймальних драбин Metz, Bronto Skylif мають повний цикл виробництва – від виробництва шасі. Також майже в кожній європейській країні є власні збиральні підприємства, що спеціалізуються на виготовленні та встановленні «спеціальних пожежних модулів» на автомобільні шасі різних виробників. Зовнішній каркас пожежних модулів власного виробництва, а ком-

плектуючі (помпи, крани, електроніка) – інших спеціалізованих підприємств.

Суттєвою перевагою є об'єднання виробників в транснаціональні корпорації, прикладом якої є Rosenbauer Group (Rosenbauer America та Metz Aerials). Підприємства цієї групи розташовані в США, Австрії, Німеччині, Словенії, Іспанії, Саудівській Аравії, Росії та Сінгапурі. Техніку Rosenbauer Group використовують рятувальні служби понад 150 країн світу.

Корпорація ITURRI Group (Іспанія) [8] має 3 заводи, які знаходяться в Утрері (Севілья, Іспанія), Атибайї (Сан-Паулу, Бразилія) та Вільнсдорфі (Німеччина), виробнича потужність компанії – 600 пожежно-рятувальних та спеціальних автомобілів на рік. Примітною особливістю виробника є виготовлення конструкції кузова за технологією «EcoPolyFire» – з композитних матеріалів із можливістю подальшої переробки, внаслідок чого гарантія на кузовні деталі 25 років. Найбільший ареал розповсюдження – держави Латинської Америки.

Корпорація Oshkosh (США) [9] – провідний виробник пожежних, аварійно-рятувальних, транспортних машин, техніки військового призначення, спеціального підіймального обладнання. Oshkosh Corporation виготовляє, обслуговує та постачає свою продукцію під брендами Oshkosh®, JLG®, Pierce®, McNeilus®, Jerr-Dan®, Frontline™, CON-E-CO®, London® и ІМТ®.

Австрійська Rosenbauer International AG [6] здебільшого відома своїми пожежними автомобілями, хоча на ринку представлена також іншою супутньою продукцією (Рис.1). Один зі спецавтомобілів – «Пантера» виробляється в модифікаціях 4×4, 6×6 та 8×8. В конструкції машини застосовано модульний принцип (система індивідуального кузова – CBS), в якості ходової частини використано шасі армійської вантажівки MAN SX. За бажанням замовника може встановлюватись стріла-маніпулятор HRET (дослівно – розширювана револьверна головка з великим вильотом) Stinger, стріла розробки Rosenbauer, яка має значний виліт та підвищену рухомість.



Усі модулі виготовляються окремо, згідно побажань замовника, а потім встановлюються на шасі та з'єднуються між собою. Професійна система кріплення COMFORT дозволяє швидко демонтувати пожежно-технічне обладнання. Модульність конструкції дозволяє створювати пожежно-рятувальні машини та за потреби машини для виконання спеціальних робіт в надзвичайних ситуаціях. Встановлення крано-маніпуляторної установки на спеціальному шасі поряд з модулями значно розширює сферу використання техніки.



Рис.1. Rosenbauer Panther 6×6, 8×8

**Iveco Magirus AG** [7]. Компанія виробляє пожежно-рятувальні автомобілі та деякі з автомобілів для виконання спеціальних робіт в надзвичайних ситуаціях. Одним з велико-вагових аварійно-рятувальних аеродромних автомобілів є Magirus DRAGON, що виробляється в модифікаціях 4×4, 6×6, 8×8. Кузов має модульну конструкцію та повну масу 30 – 52 т. За бажанням замовника на модульну конструкцію встановлюють стрілу, яка має на кінці сопло та відеокамеру (Рис.2). Модельний ряд середньої вагової категорії представляє серія ІМПАСТ (Рис.3), що також виконана по

модульній технології та виконана в модифікаціях Х4, Х6, Superimpact Х6. Модель Superimpact Х6 має збільшену ширину вісей і посилені компоненти ходової частини. Аварійно-рятувальні транспортні машини будуються з використанням системи надбудов (модулів) «AluFire 3».



Рис.2. Magirus DRAGON



Рис.3. Magirus ІМПАСТ Х4

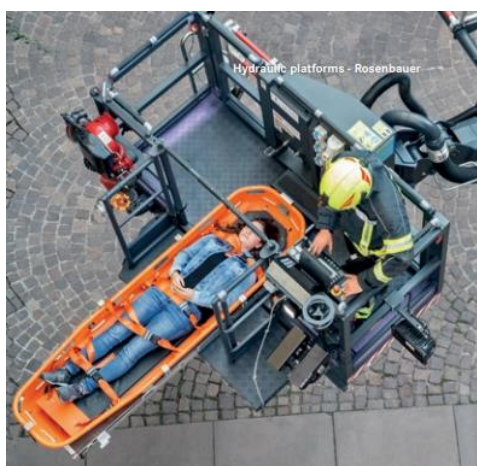
**Гідравлічні підйомні платформи** встановлюються на різні шасі, досягаючи робочої висоти від 32 до 62 м (Рис.4). Пожежні драбини та підйомники відповідають усім вимогам стандартів EN 1777, NFPA 1901.

#### ВІТЧИЗНЯНІ ВИРОБНИКИ ТЕХНІКИ ДЛЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ

Необхідність поєднання в одному автомобілі можливостей класичних пожежних та аварійно-рятувальних автомобілів призвела до вдосконалення конструкції базових шасі, розширення комплексу спецобладнання та встановлення додатково крано-маніпулятора. В кузовній частині розміщені



ємкості для води та пінобак, відсік насосного обладнання, розкладна пожежна драбина, відсіки для зберігання шлангів, інвентаря, переносного генератора тощо [10].



**Рис.4.** Гідравлічна підйомна платформа Bronto Skylift



**Рис.5.** Великоваговий аварійно-рятувальний автомобіль Saurus RSC20 на шасі Scania P400 6×4/4100 CP28, призначений для роботи в зоні техногенних катастроф з КМУ Ferrari 714

**Завод спецтехніки «ТЕХКОМПЛЕКТ»** [12] свою діяльність завод розпочав на по-

чатку 2000-х, обслуговуючи нові автомобілі європейського та вітчизняного виробництва. В подальшому завод був розширений, почалося масове переобладнання автомобілів під встановлення крано-маніпуляторних установок і виготовлення спецнадбудов та спецфургонів для різних типів автомобілів. В 2009–2010 рр. «Техкомплект» запустив власне виробництво вахтових автобусів, кузовів самосвалів, автоцистерн, баків пожежних автомобілів та автоцистерн (Рис.6).



**Рис.6.** Аварійно-ремонтна майстерня з краном-маніпулятором

### ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІКИ

Аварійно-рятувальні автомобілі мають більш жорсткі вимоги до своєї конструкції, ніж аварійно-ремонтні автомобілі: більша потужність двигуна, наявність додаткових люків/вікон для встановлення насосного обладнання та відбору потужності, шасі підвищеної прохідності, більш жорстка рама (для встановлення додаткових резервуарів з водою та піною) та інше [5, 11].

Крано-маніпуляторна техніка повинна давати можливість встановлення замість гака додаткових «ротаторів» – для збільшення ступенів вільності додаткового обладнання-пожежного сопла з відеокамерою; для аварійно-відновлювальних робіт – гідронозиць, кліщових захватів, тросової лебідки. Разом з тим використання «стандартних» крано-маніпуляторних установок, встановлених на аварійно-рятувальні автомобілі, під час проведення протипожежних робіт значно обмежене з причини відсутності або некомплектності того самого «спецобладнання». Цей недолік могла б компенсувати стріла збільшеної рухомості зі встановленими серійно додатковими ротаторами. Але серійно такі стріли не випускаються, а передзамовлення у таких світових виробників як Palfinger, Amco-Veba, Fassі можливе на роки вперед і при замовленні значної партії продукції. Знайти стрілу підвищеної рухомості у вільному продажу неможливо при наявній потреби у її використанні.

#### ЛІТЕРАТУРА

- [https://uk.wikipedia.org/wiki/Державна\\_служба\\_України\\_з\\_надзвичайних\\_ситуацій](https://uk.wikipedia.org/wiki/Державна_служба_України_з_надзвичайних_ситуацій)
- <https://www.dsns.gov.ua/>
- Гащук П.М., Сичевський М.І. (2015). Особливості й труднощі класифікації самохідної техніки для ліквідації надзвичайних ситуацій. Пожежна безпека: збірник наук. праць ЛДУ БЖД, 27, 33-43.
- Гащук П.М., Сичевський М.І. (2016). Загальні світові тенденції в царині проектування й виготовлення мобільної пожежно-рятувальної техніки. Північна Америкаю. Пожежна безпека: збірник наук. праць ЛДУ БЖД, 29, 18-35.
- Михайло Сукач, Анатолій Кравчук (2020). Тенденції збільшення прохідності та безпеки машин (на прикладі бронеавтомобілів армії США). Гірн., буд., дор. та меліорат. машини, Вип.95, 25-40  
<https://doi.org/10.32347/gbdmm2020.95.0202>
- <https://www.rosenbauer.com>
- <https://www.magirusgroup.com/de/en/home>
- <http://www.iturri.com>
- <https://www.oshkoshcorp.com/>
- <http://www.gruzovikpress.ru/article/13785-avariyno-spatelnye-i-pojarnye-avtomobili-saurus-finskoy-kompanii-sammutin-oy-kogda-zvuchit-signal-sos/>
- Пожежні автомобілі для пожежогасіння та проведення рятувальних робіт. Технічні вимоги  
<https://www.dsns.gov.ua/files/2021/2/11/3/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%96%20%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D0%B3%D0%B8%202021.pdf/>
- <https://thk.kiev.ua/about>,  
<https://thk.kiev.ua/product/avarijno-remontnaja-masterskaja-s-platfornoj-i-kmu>

## Навантаження абразивних армованих кругів при зміні технологічних параметрів

Юрій Абрашкевич<sup>1</sup>, Олександр Марченко<sup>2</sup>

Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА)  
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037,

<sup>1</sup>[abrashkevych.iud@knuba.edu.ua](mailto:abrashkevych.iud@knuba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0001-8396-7812>

<sup>2</sup>[marchenko.aa@knuba.edu.ua](mailto:marchenko.aa@knuba.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0003-2136-6071>

Отримано 10.04.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0203>

### ВСТУП

Абразивні армовані круги у поєднанні з використанням ручних та стаціонарних шліфувальних машин масово застосовують при виконанні будівельно-монтажних робіт та відносяться до найбільш розповсюджених із різновидів ручного інструменту. Вітчизняні та закордонні виробники абразивного інструменту пропонують продукцію для виконання відрізних, зачисних та шліфувальних операцій з різними конструктивними та фізико-механічними властивостями для обробки різноманітних матеріалів. Оптимальний вибір технологічних та технічних параметрів роботи машин, у поєднанні з правильним підбором потрібного абразивного робочого інструменту, дозволяє забезпечити зниження трудомісткості та підвищення продуктивності і якості робіт з досягненням необхідного ефекту [1...4].

Слід зауважити, що робота такими машинами нерідко здійснюється в незручній позі, ціною великих додаткових і необґрунтованих зусиль при високих швидкостях виконуваних операцій. Процес роботи ручними шліфувальними машинами (у тому числі, з абразивними армованими кругами) має ряд особливостей, до них відносяться: нестабільність подачі по величині та направленню; безперервна зміна у межах допустимої потужності приводу інтенсивності процесу роботи; обмеження зусиль, що виникають у місці контакту робочого інструменту (абразивного армованого круга) з робочим середовищем, як потужністю при-

воду, так і індивідуальними фізіологічними даними оператора.

Задача вдосконалення умов праці, підвищення ефективності використання машин для проведення будівельно-монтажних робіт і забезпечення безпечної діяльності оператора вимагає комплексної оцінки виробничого середовища операторів з урахуванням принципів ергономіки. За явної недостачі робочої сили при проведенні будівельно-монтажних та ремонтних робіт такої фактор підвищення продуктивності праці, як максимальне використання робочих ресурсів через створення зручних умов праці та залучення ергономічно обґрунтованого інструменту та режиму його роботи зараз вже не може не враховуватися.

Проведений авторами аналіз [5, 6] взаємодії у системі «оператор – машина – робоче середовище» при роботі кутовими шліфувальними машинами оснащеними відрізними та зачисними абразивними армованими робочими органами показує тісний взаємозв'язок між навантаженням на робочому органі та зусиллями які сприймає оператор машини, через значний вплив режимних параметрів роботи. Визначення навантаження на робочому органі, виходячи з технологічних умов є актуальною задачею, так як у процесі роботи абразивними армованими кругами крутний момент на шпинделі та обертання робочого органа створюється приводом машини, а всі інші функції – поздовжня та поперечна подачі, утримання машини та загальне управління – здійснюються оператором. При роботі з ручними шліфувальними машинами оператор може утримувати її у будь-якому поло-



женні та забезпечувати достатньо точно направлення подачі круга.

### МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження закономірностей та методики розрахунку навантаження абразивних армованих кругів при проведенні відрізних та зачисних операцій ручними кутовими шліфувальними машинами за умов зміни технологічних параметрів роботи.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Згідно [7] прийнято, що для розгляду навантаження відрізного або зачисного абразивного армованого круга (Рис. 1.) обумовлено, що режим його роботи – усталений; стан робочого середовища та його поверхні незмінний; сили, що діють на робочу поверхню, прикладені до площадок робочої поверхні круга, а не до окремих абразивних зерен; вплив стружки, що утворюється в

процесі різання, не враховується; траєкторія руху точки абразивного армованого круга – окружність, внаслідок малої величини співвідношення швидкості подачі до колової швидкості.

Слід зазначити, що при виконанні зачисних операцій схема роботи визначається специфікою об'єкта, що оброблюється. Наприклад, зачистку зварного шва краще проводити боковою поверхнею внаслідок того, що забезпечується максимальна величина довжини дуги контакту. Разом з тим слід також враховувати вплив теплових процесів, тобто співвідношення часу проходження кругом зон нагріву та охолодження. У роботі [8] встановлено, що сприятливий тепловий режим утворюється за умови:

$$\frac{2l}{D} \leq 0,2 \dots 0,3.$$

Аналіз отриманих залежностей показує, що зі збільшенням подачі та заглиблення круга збільшується як нормальна  $P_n$ , так і дотична (тангенціальна)  $P_\tau$  складові сил різання, тобто зі збільшенням продуктивності збільшується як потрібна потужність, так і зусилля оператора. У свою чергу збільшення колової швидкості круга призводить до зменшення величин  $P_n$  і  $P_\tau$ , ефективної потужності та питомого зносу. Основний вплив на величину потужності має швидкість подачі.

Відсутність впливу колової швидкості пояснюється тим, що тангенціальне зусилля на кругу зворотно пропорційне його колової швидкості. Зі збільшенням товщини стружки в процесі різання матеріалу, тобто зі збільшенням швидкості подачі робочого органу, нормальні і тангенціальні зусилля збільшуються. Проте відбувається зниження енергоємності обробки, за рахунок менш інтенсивного збільшення тангенціального зусилля порівняно з величиною збільшення швидкості подачі (що напряму характеризує продуктивність).

При цьому слід відзначити характер зміни величини зносу круга. За невеликих величин подачі круга сили, що діють на нього відносно малі. Разом з тим для ефектної роботи необхідний визначений контактний

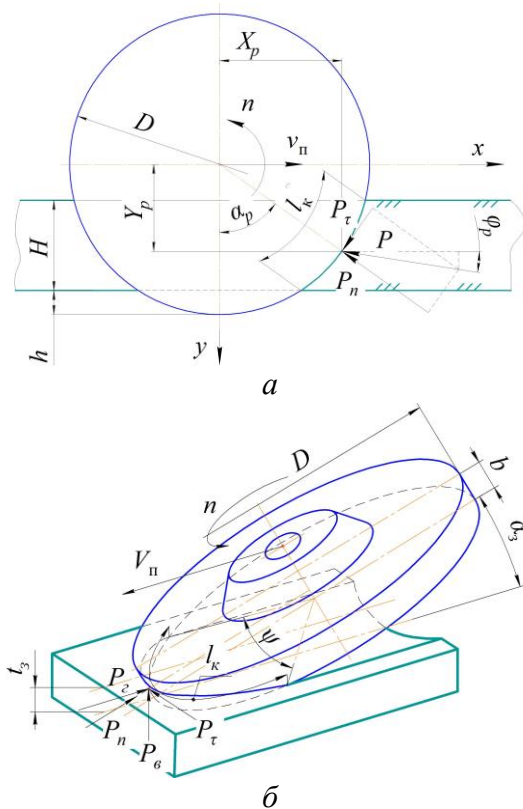


Рис. 1. Схема навантаження абразивного армованого круга  
а – відрізного; б – зачисного

тиск. Якщо цей тиск внаслідок малої швидкості подачі буде недостатнім, то більша частина роботи буде витрачатися на непродуктивне тертя, внаслідок чого збільшується питомий тиск. Зі збільшенням же величини подачі круга питомий знос зменшується до певного моменту, після якого відбувається передчасне руйнування круга. Певній величині подачі відповідає відповідна величина тиску на круг. Проте, при різному заглибленні круга цей тиск сприймається різною площею круга, тобто величина контакту з робочим середовищем змінюється. Чим більше величина заглиблення круга, тим більше площа контакту, та, відповідно, менший питомий тиск. Цим пояснюється, що зі збільшенням заглиблення круга його мінімальний питомий знос має місце при декілька більших величинах подачі.

Найбільший вплив на ефективну потужність приводу, величину зусилля притискання круга та питомий знос має величина заглиблення круга. Збільшення заглиблення з 4 до 8 мм при подачах в діапазоні 3...13 мм/с викликає збільшення ефективної потужності та величини  $P_n$  у 1,6...2,2 рази. При заглибленні до 12 мм це збільшення ще більше: для ефективної потужності до 3,5 раз, для  $P_n$  – до 2,5 раз.

Збільшення величини колової швидкості з 40 до 80 м/с призводить до зменшення ефективної потужності в 1,2 рази, нормальної складової сили різання – в 1,8 рази, та зменшує величину питомого зносу.

Зменшення зусиль на крузі з підвищенням колової швидкості, при інших рівних умовах, пояснюється тим, що кожне зерно круга за один оберт здійснює меншу роботу, так як воно заглиблюється у робоче середовище на величину у стільки раз меншу, у скільки збільшується колова швидкість. За цією ж причиною збільшується питома зносостійкість круга. Це дозволяє зробити висновок, що підвищення колової швидкості круга, яке можливе за рахунок використання абразивних армованих кругів, доцільне як у відношенні до продуктивності, так і загалом економічності операцій у цілому (продуктивність збільшується, а пи-

томий знос зменшується). Збільшення колової швидкості дає можливість зменшити величину необхідного від оператора зусилля при виконанні операцій з ручними та переносними машинами з абразивними армованими кругами.

Експериментальні дослідження, проведені на спеціальному лабораторному стенді кафедри будівельних машин КНУБА, показали, що при фіксованому напрямку подачі основний вплив на роботу ручних машин надають наступні технологічні параметри: режими роботи (заглиблення круга; подача та колова швидкість, а також для режиму роботи зачисним абразивним армованим кругом – величина сили притискання та кут його нахилу круга до площадки обробки) та точність встановлення круга. Досліди підтвердили якісний характер впливу цих параметрів отриманих у ході аналітичних досліджень.

Найбільший вплив на ефективну потужність приводу і відповідно зусилля на рукоятках машини, а також знос круга надає величина його заглиблення (довжина лінії контакту з робочим середовищем). Збільшення заглиблення круга з 4 до 8 мм при подачі у діапазоні  $3...13 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$  викликає збільшення ефективної потужності різання в 1,5...2,2 рази та відповідно пропорційно ростуть зусилля на рукоятках.

Збільшення номінальної колової швидкості круга з 40 до 80 м/с, як у режимі різання так і зачистки, дозволяє за однакової продуктивності зменшити ефективну потужність приводу і відповідно зусилля на рукоятках машини у середньому в 1,2 рази, при цьому зусилля притискання зменшується, також це сприяє зменшенню зносу круга.

При збільшенні подачі круга пропорційно збільшуються як нормальна складова сили різання, так і тангенціальна, тобто зі збільшенням продуктивності збільшується як необхідна потужність, так і зусилля на руки оператора.

При виконанні зачисних операцій великий вплив має величина притискного зусилля та кута нахилу круга до обробної поверхні. Так зі збільшенням зусилля притискання круга до поверхні обробки з 10 до



50 Н зусилля на кругу збільшуються в 1,6 рази, а до 110 Н – в 1,8 рази. При збільшенні кута нахилу круга до обробної поверхні відбувається зниження складових сил різання, що пояснюється зменшенням контактної поверхні зачисного круга з робочим середовищем.

### ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведені дослідження дозволили встановити чисельні значення зусиль на відрізаному та зачисному армованому абразивному кругу, що дозволяє виявити вплив режимів роботи на навантаження робочого органу та в подальшому на реактивні зусилля на руки оператора. Таким чином, результатом роботи є отримання основних залежностей для визначення величини навантаження при роботі відрізних та зачисних абразивних армованих кругів з урахуванням особливостей та умов їх роботи. Виведені співвідношення дозволяють більш детально досліджувати процеси розробки робочих середовищ, механізм зносу інструменту, його міцнісних параметрів та теплофізичних процесів, а також обґрунтовано підійти до вибору та проектування відрізних кругів та їх приводів.

**Ключові слова.** Абразивне різання, навантаження, абразивний армований круг, шліфувальна машина.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Абрашкевич Ю.Д., Пелевін Л.Є., Рашківський В.П. (2016) Обладнання для монтажних робіт: підруч. К, КНУБА, 232.
2. Курносів А.П. (2000) Абразивные инструменты и шлифование. Челябинск, Абразивы Урала, 96.
3. Märt Reinvee, Sander Aia, Mati Pääsuke (2019) Ergonomic benefits of an angle grinder with rotatable main handle in a cutting task. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, Vol.61 (7), 1112-1124.
4. Марченко О. А. (2019) Продуктивність ручних машин під час роботи з абразивними армованими кругами. *Промислове будівництво та інженерні споруди*, Вип.4, 33-37.
5. Абрашкевич Ю. Д., Мачишин Г. М., Марченко О. А. (2019) Силовий аналіз параметрів ручних машин під час роботи з відрізними абразивними армованими кругами. *Промислове будівництво та інженерні споруди*, Вип.2, 38-47.
6. Абрашкевич Ю. Д., Мачишин Г. М., Марченко О. А. (2018) Силовий аналіз ручних кутових шліфувальних машин при роботі з зачисними абразивними кругами. *Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини*, Вип.92, 38-48.
7. Абрашкевич Ю. Д., Мачишин Г. М., Марченко О. А. (2019) Навантаження при різанні абразивним армованим кругом. *Промислове будівництво та інженерні споруди*, Вип.3, 36-40.
8. Маслов Е.Н. (1974) Теория шлифования материалов. М., Машиностроение, 320.

## Інструментальний програмний комплекс для імітаційного моделювання процесів мембранного розділення рідких дисперсних систем

Богдан Пащенко<sup>1</sup>, Олександр Литвиненко<sup>2</sup>

Національний університет харчових технологій МОН України  
Володимирська вул. 68, Київ, Україна, 01601

<sup>1</sup>[Hoykke@gmail.com](mailto:Hoykke@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-9623-9061>  
<sup>2</sup>[litvinen\\_nuft@gmail.com](mailto:litvinen_nuft@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-8975-2265>

Отримано 22.04.2021, прийнято 19.05.2021  
<https://doi.org/10.32347/tit2141.0204>

### ВСТУП

Однією з основних проблем соціально-економічного розвитку сучасного суспільства у XXI є вдосконалення структури харчової промисловості, як однієї з провідних ланок світового господарства. Для досягнення цієї мети потрібно забезпечити вирішення цілого спектру наукових, технічних, економічних та екологічних питань, що потребує комплексного поєднання декількох сучасних технологій. Особливе місце серед них посідають мембранні, що використовуються для розділення дисперсних систем на багатьох харчових підприємствах і дозволяють створювати енергетично- та екологічно раціональні варіанти розділення та концентрування розчинів із застосуванням широкого спектру фільтрувальних елементів на основі неорганічних матеріалів. Важливу роль в їх дослідженні відіграє комп'ютерне моделювання. Сучасний технічний рівень програмного забезпечення дозволяє вирішити цю проблему, але тільки при наявності комплексної методики дослідження на базі інформаційних технологій проектування. Це забезпечить найбільш повне врахування усіх аспектів технологічного процесу.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є створення цифрової (імітаційної) моделі процесу мембранного розділення дисперсних систем (ДС) за допомогою розробленого інструментального програмного комплексу PLAST-POR-M+GiD, що складається з двох підсистем:

1) PLAST-POR-M, яка призначена для проведення обчислювальних експериментів по дослідженню процесів мембранного розділення з врахуванням напружено-деформованого стану мембранних елементів;

2) PLAST-POR-M+GiD, призначена для проведення обчислювальних експериментів по визначенню кількісних параметрів незворотного деформування шару осаду та визначення його коефіцієнту проникності.

Цифрова модель PLAST-POR-M, у свою чергу, складається з наступних основних складових:

1) графічного редактора для створення геометричної моделі пористого каркасу;

2) сіткового генератора для автоматизованого генерування скінченно-елементної моделі пористого каркасу;

3) визначення початкових та граничних умов згідно розрахункової схеми технологічного процесу;

4) обчислювального процесора, що реалізує рівноважні та нерівноважні режими деформування ДС з відповідними розрахунками технологічних параметрів;

5) візуалізації результатів розрахунків у вигляді кольорової карти досліджуваних функцій;

6) засобів моніторингу, що здійснюють взаємодію підсистем;

7) бази даних для зберігання результатів обчислювальних експериментів.

PLAST-POR-M це комплекс із програми для створення кінцево-елементних сіток і пре/постпроцесингу (Pascal з використанням векторної графіки), розрахункової програми, що базується на методі кінцевих елементів – МКЕ (fortran) і оптимізатора

сіток на основі обраної моделі пористого середовища [1]. Взаємодія між цими програмами здійснюється за допомогою командного рядка.

Рівняння (1, 2) описують поведінку суміші в динамічній постановці. Розв'язання цих рівнянь пов'язано із значними математичними труднощами. Завдяки комплексу програм PLAST-POR-M задача автоматизованого опису процесу мембранного розділення ДС чисельно розв'язується в квазістатичній постановці на основі розв'язання рівняння (3) із використанням заданого розподілення тиску  $\Delta P$  в об'ємі ДС та математичної моделі процесу.

$$k = \frac{\Pi(t)Vc_1}{\mu\Delta P}; \quad (1)$$

$$\tau = \frac{V}{Q} = \frac{\pi r^2 l}{\pi r^4 \Delta P / 8\mu l} = \frac{8\mu \cdot l}{\pi r^2 \Delta P}, \quad (2)$$

де  $k$  – коефіцієнту проникності каркасу мембрани,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$ ;  $\tau$  – час до критичного зниження питомої продуктивності, с;  $V$  – об'єм ДС у порі, ( $\text{м}^3$ );  $\Pi$  – пористість каркасу мембрани,  $n$  – число пор, що припадають на одиницю площі фільтрації;  $r$  – радіус часточок осаду, м;  $S$  – площа фільтрації,  $\text{м}^2$ ;  $\Delta P$  – рушійна сила процесу, МПа;  $\mu$  – коефіцієнт в'язкості осаду,  $l$  – довжина пори, м,  $Q$  – питома продуктивність мембранної комірки,  $\text{л}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ ;  $c_1$  – об'ємний вміст фази у ДС.

Інтервал тривалості технологічного процесу дискретизується шляхом розподілу на певну кількість інтервалів  $\Delta t$ . Алгоритми PLAST-POR-M розв'язують задачу по визначенню напружено-деформованого стану ДС під дією рушійної сили процесу. В результаті визначається поле градієнту тиску  $\Delta P$  в об'ємі ДС, а далі визначається поле відносних швидкостей твердої та рідкої фаз.

$$\Delta P = \frac{2k \cdot e}{r} \cdot ik, \quad (3)$$

де  $e_{ik}$  – швидкість деформування у точках шару осаду.

Процес створення матричної сітки пористого тіла з використанням лише цифрової моделі PLAST-POR-M не достатньо зруч-

ний та трудомісткий, що ускладнює процес вирішення завдань за допомогою цього програмного комплексу [2]. Разом з тим серед постійно зростаючого різноманіття різних сучасних CAE систем, комплекс PLAST-POR-M відрізняється якісним оригінальним математичним процесором, хоча і архаїчним у плані ергономіки інтерфейсом. Тому перед авторами постало питання про його модернізацію. Увага була приділена програмному комплексу GiD.

Комплекс GiD є графічним препроцесором з потужним апаратом геометричного моделювання, дискретизації геометричних моделей і широкими можливостями імпорту геометрії та сіток із інших CAE/CAD програм, гнучким графічним постпроцесором, що дозволяє аналізувати результати виконаних обчислень. Однією з особливостей та основною ідеєю GiD, яка обумовлює можливість використання даного пакету для описаних вище цілей є можливість додаткового використання компонентів сторонніх програм. Таким чином зазначений програмний комплекс є універсальним для вирішення поставленого спектру задач.

Для створення цифрової моделі використано мову програмування TCL, що дозволяє скомпілювати роботу алгоритмів програмного пакету PLAST-POR-M із відповідними алгоритмами графічного препроцесору GiD. Таке поєднання дозволило підвищити точність та зручність розробленого програмного комплексу.

Зважаючи на вище зазначене, було прийняте рішення про взаємодоповнення пре/постпроцесору використаного програмного комплексу, залишивши при цьому власну розрахункову програму деформації фільтрувального елемента на базі MCE – цифрову модель PLAST-POR-M (тут і надалі «вирішувач») [3].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Взаємодія між препроцесором GiD і «вирішувачем» здійснювалась шляхом обміну файлами даних. Тому для передачі інформації, про побудовану (або імпортовану) в препроцесорі модель у вхідний

файл «вирішувача», використовується система шаблонів.

Шаблон являє собою файл з розширенням .bas, написаний, відповідно до встановлених алгоритмів, який вказує препроцесору у якому вигляді потрібно записати дані про сітку у файл. Шаблон складається з набору певних символів, які, окрім ключових слів, сприймаються за символом «\*». Такі дані GiD обробляє, як простий текст, і в тому ж вигляді передає у вхідний файл (Рис. 1).

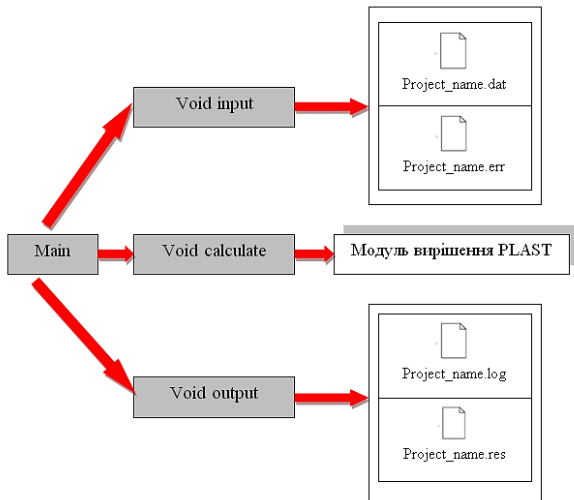


Рис. 1. Схема взаємодії елементів комплексів GiD та PLAST-POR-M

У даному наборі алгоритмів присутні стандартні цикли, умови, елементи та «message-бокси» для повідомлень про помилки, а також програмні процедури, написані мовою TCL.

Для вирішення конкретної задачі ущільнення шару осаду при мембранному розділенні, наявності різних типів (та способів їх опису) матеріалів, граничних умов та врахування структурно-механічних параметрів, були створені текстові файли з відповідними розширеннями для розміщення у відповідному каталозі комп'ютерної системи [4]. Роботу програмної структури комплексу PLAST-POR-M+GiD схематично відображено на Рис. 2.

Поєднання програмних алгоритмів моделі PLAST-POR-M з CAE-комплексом GiD дозволяє вирішити задачу чисельного опису процесу мембранного розділення з ущільненням шару осаду та визначенням

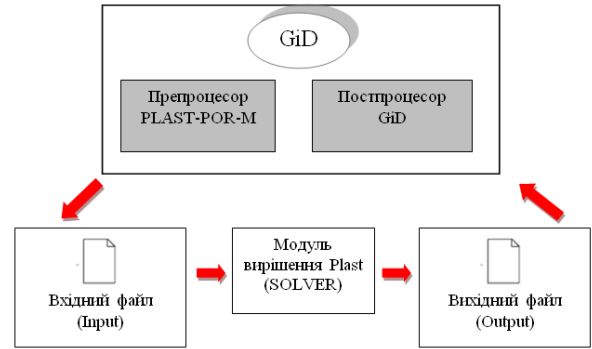


Рис. 2. Структурна схема програмного комплексу PLAST-POR-M+GiD

коефіцієнту проникності. Вона дозволяє, використовувати математичні моделі власної розробки та різного рівня складності реалізовані у вигляді власного «вирішувача». При цьому не потрібно ускладнювати розв'язання поставленої задачі складними та важкими програмними комплексами (наприклад, ANSYS, тощо). Розроблена цифрова модель є зручним засобом для повної візуалізації, прогнозування та отримання чисельних значень параметрів різноманітних технологічних процесів із заданими характеристиками та виконанням потрібних досліднику чи виробництву функцій [5]. Такий механізм дозволяє чисельно описати процес мембранного розділення рідкої ДС в «квазіплоскій» постановці, перетворити отримані дані у вигляд зрозумілий спостерігачеві та готовий до подальшої статистичної обробки.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведена апробація розробленого програмного комплексу та цифрової моделі процесу мембранного розділення ДС на прикладі розділення модельного розчину за допомогою керамічної трубчастої мембрани «Inporog ultra» показала задовільні результати. Апробація проводилась шляхом порівняння отриманих числових значень питомої продуктивності процесу мембранного розділення, часу до повного блокування проходження рідкої ДС крізь пори мембрани, коефіцієнту проникності фільтрувального елемента та шару осаду, а також за статистичним критерієм Фішера. Він

становив 1,21, що задовольняє умову  $F_p < F_{KP}$  ( $F_{KP} = 3,79$  при відповідних дисперсіях вибірок даних), що свідчить про адекватність розробленого комплексу. При цьому ймовірність розрахованого критерію Фішера становила  $\alpha_p = 0,41$ , що відповідає наступній умові адекватності:  $\alpha_p > \alpha$  ( $\alpha = 0,05$ ). Отримані внаслідок апробації числові співвідношення значень імітаційного та фізичного моделювання мають розбіжність менше 9%, що свідчить про високу точність створеної математичної моделі та програмного комплексу на її основі (Табл. 1).

Таблиця 1

Співставлення результатів моделювання

Показники	Імітаційне моделювання		Фізичний експеримент	
Коефіцієнт проникності, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$	2,39	1,65	1,94	1,32
Продуктивність, $\text{л}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$	31,7	24,5	27,6	20,7

Отримані результати та розробки можуть бути використані у проектувальних розрахунках при вдосконаленні апаратурно-технологічних схем очищення стоків харчових виробництв, у технологіях водопідготовки, тощо. Використання інструментального програмного комплексу PLASTPOR-M+GiD дозволить підвищити ефективність роботи відповідного технологічного обладнання харчових підприємств на 10...15%.

**Ключові слова:** комп'ютерне моделювання, програмний комплекс, мембранне розділення дисперсних систем.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Shtefan E., Pashchenko B., Blagenko S., Yastreba S. (2018). Constitutive Equation for Numerical Simulation of Elastic-Viscous-Plastic Disperse Materials Deformation Process. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing: Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 1, 356-363. DOI: 10.1007/978-3-319-93587-4\_37.
2. Пашенко Б.С., Литвиненко О.А., Штефан Є.В. (2019). Інформаційно-аналітична методика для прогнозування і розрахунку конструктивних параметрів мембранних фільтрувальних елементів. *Матеріали ІХ міжнарод. наук.-практ. конф. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем*. Чернігів: ЧНТУ.
3. Пашенко Б.С., Штефан Є.В. (2018). Моделювання ущільнення шару осаду при мембранному розділенні. *Матеріали міжнарод. наук.-практ. конф. «Мембранні процеси та обладнання в харчових технологіях та інженерії»*. Київ: НУХТ.
4. Пашенко Б.С., Штефан Є.В. (2016). Визначення концентрацій фаз при мембранному фільтруванні рідких середовищ. *Наукові праці ОНАХТ*, 80 (1), 94-97.
5. Литвиненко О.А., Штефан Є.В., Пашенко Б.С. (2017). Особливості зношування конструкційних матеріалів у харчових середовищах. *Матеріали ІІ міжнарод. наук.-практ. конф. Системи розроблення та постановлення продукції на виробництво. Індустрія 4.0. Сучасний напрямок автоматизації та обміну даними у виробничих технологіях*. Суми: СумДУ.



## Застосування привантажувачів при виготовленні виробів з використанням сухих сумішей

*Ігор Косминський*

Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03680  
[ihorkosminsky@gmail.com](mailto:ihorkosminsky@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-0234-7166>

Отримано 27.04.2021, прийнято 19.05.2021  
<https://doi.org/10.32347/tit2141.0205>

### ВСТУП

Проаналізовано результати використання привантажувачів при виготовленні різного роду виробів з використанням сухих сумішей.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження полягає в узагальненні отриманих результатів та на їх основі виробленні рекомендацій для призначення раціональної величини привантаження для різних умов віброущільнення з використанням привантажувачів.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Метод «сухого бетонування» полягає в тому, що сухі заповнювачі (щебінь, пісок) перемішуються в певній пропорції з цементом, отримана суха суміш укладається і віброущільнюється в формі, після просочується водою. Спосіб дозволяє збільшити міцність і щільність бетону до 100 МПа і вище при звичайних матеріалах, морозостійкість до 1 000 циклів, знизити проникність і технологічні витрати.[1]

Підбір складу сухої суміші для сухого бетонування має свої особливості. Основним критерієм є максимальна щільність після ущільнення, тому вони істотно відрізняються за гранулометричним складом від складів звичайної суміші. Як правило, велику щільність упаковки мають склади сухих сумішей з більш високим вмістом дрібнодисперсних фракцій.

При сухому бетонуванні збільшення питомої поверхні цементу призводить до зби-

льшення міцності і сприяє зниженню пористості сухої суміші. Так, якщо при звичайному способі бетонування збільшення питомої поверхні цементу з 6 800 до 9 500 см<sup>2</sup>/г призведе до зниження міцності з 58,1 до 38,6 МПа, то при «сухому бетонуванні» міцність збільшується з 62 до 72 МПа. При збільшенні дисперсності на більш низькому рівні (з 4 000 до 6 000-6 500 см<sup>2</sup>/г) зростає щільність ущільнення сухої суміші і лише при питомій поверхні більше 7 200 см<sup>2</sup>/г щільність знижується

Основним способом ущільнення сухої суміші є вібрація. Мінімальну наявність порожнин сипучі матеріали мають при прискореннях вібрації, близьких до прискорення вільного падіння. В разі збільшення прискорення вище раціонального починається розпушення суміші і, як наслідок, різке зниження ущільненості суміші. Частота коливань істотно впливає в області, близькій до резонансних коливань шару порошку. Збільшення частоти коливань призводить до різкого зниження внутрішнього коефіцієнта тертя, тому при збільшенні частоти амплітуду треба зменшувати більшою мірою. Ступінь ущільнення, як правило, мало змінюється з перетворенням параметрів вібрації (частота і амплітуда) при незмінній інтенсивності вібрацій або прискорення. Більш низькі частоти вібрації і відповідно більш високі амплітуди краці, оскільки дозволяють досягти максимального ступеня ущільнення за короткий проміжок часу, і чим менше розміри частинок, які ущільнюються, тим більше інтенсивність віброущільнення. При цьому прискорення вібрації повинні бути в 3...4 рази вище, а частота – більш висока (до 100-

250 Гц). При стандартній вібрації для поліфракційний суміші необхідно використовувати привантажувач, що знижує розшаровуваність сухої суміші і підвищує щільність. Оптимальна величина привантажувача для дрібнозернистих сумішей - 0,01-0,025 МПа, при використанні щебеню 5-20 мм тиск збільшується до 0,02-0,075 МПа.[1]

В роботі [3] зазначається що для виробництва бетонних та залізобетонних виробів може бути застосований спосіб, при якому попередньо ущільнену вібрацією суху суміш цементу і заповнювачів насичують під тиском водою, а потім повторно віброущільнюють. В результаті досягається висока щільність і міцність бетону.

Визначальним технологічним параметром формування виробів із сухої суміші є швидкість водонасичення, від якої залежить продуктивність способу, водонасичення сухої бетонної суміші, що є капілярно-пористим середовищем, можна інтерпретувати відомими закономірностями з теорії фільтрації рідин і газів через пористі середовища. Найбільш типове середовище - глина, для якої запропоновані емпіричні залежності, що відрізняються від лінійного закону Дарсі.

Оскільки ефективні перерізи пір сухої бетонної суміші залежать від ступеня її ущільнення, провели дослідження для оцінки режимів дії вібрації і величини привантаження, а також складу суміші на її фільтраційні властивості. В експериментах [3] використовували портландцемент  $R_{ц} = 35$  МПа,  $P_{ц} = 3100$  кг / м<sup>3</sup>; щебінь гранітний міцністю 80 МПа, розміром 5...20 мм; пісок з питомою поверхнею 5100 м<sup>2</sup> / т.

Сушу суміш в формах розміром 10x10x10 см ущільнювали протягом 60 с вібрацією з частотою 50 Гц і амплітудою 0,5 мм при величині привантаження 0,01 МПа. Як критерій ущільненості слугувала величина об'ємної маси суміші. Методика експерименту полягала у визначенні впливу складових на зміну об'ємної маси бетонної суміші, в першій серії дослідів змінювали витрата цементу і піску таким чином, щоб їх сумарний обсяг залишався

постійним, витрата щебеню при цьому становив 1250 кг. У другій серії змінювали співвідношення між піском і щебнем при  $\rho = \text{const}$ . У третій серії варіювали витрата всіх складових при постійному співвідношенні в сухої бетонної суміші цементу і піску.

Дослідженнями [3] встановлено, що в процесі насичення водою відбувається розпушення спочатку віброущільненням сухої бетонної суміші плівками рідини, що утворюються на поверхні зерен твердої фази. При нагнітанні води під тиском в цементі виникає мережа порових каналів і послаблюється зчеплення цементного каменю з заповнювачем.

Для усунення цих структурних дефектів доцільно повторне віброущільнення після водонасичення сухої бетонної суміші водопоглинання і міцність бетону отримані на зразках-кубах з ребром 10 см, виготовлених за методикою: суху суміш ущільнювали вібрацією з частотою 50 Гц і амплітудою 0,5 мм під привантаженням 0,025 МПа протягом 60 с. Потім її насичували водою під тиском 0,3 МПа без фіксації обсягу суміші в формі притискнутою кришкою і повторно вібрували ще 60 с під таким же вантажем, бо за його відсутності структура бетону може розущільнитися.

Повторне віброущільнення сприяє прояву якісних змін в структурі цементного каменю - водопоглинання знижується більш ніж на 45 %, швидкість ультразвуку збільшується на 15 % і стрибкоподібно зростає водонепроникність бетону.

При повторному вібруванні виникає ефект тиксотропії, що усуває структурні дефекти від фільтрації насичує рідини сприяє дезагрегації цементних флокул, що утворюються при зберіганні в'язучого і ущільненні сухої суміші. І перерозподілу рідкої фази, при цьому віджимається 3...5 % поглиненої води, що викликає додаткове ущільнення цементного каменю і бетону.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Виконаний аналіз у цілому дає можливість стверджувати, що застосування при-

вантажувачів при виробництві залізобетонних виробів з використанням сухих сумішей не викликає сумнівів. Проведений аналіз досліджень застосування привантажувачів при виробництві залізобетонних виробів з використанням сухих сумішей дозволяють зробити наступні висновки:

1. При визначенні величини тиску привантажувача на поверхню виробу, що формується, дослідники керуються у своїх розрахунках на даних експерименту, враховуючи одні чинники та нехтуючи впливом інших, які на їх думку не мають суттєвого впливу на процес формування при застосуванні привантажувача.

2. Тому використання цих величин не можливе для призначення режиму ущільнення для інших реальних випадків.

3. У підсумку не забезпечується раціональний режим вібрування.

4. Це негативно впливає на економічні показники, і не дозволяє використовувати повністю можливості такого виду формування.

**Ключові слова.** привантажувач, суха суміш, бетонна суміш, віброущільнення, водонасичення.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Усов Б. (2009) Відновлено з <http://stroyprofile.com/archive/3431>.
2. Елфимов В.А., Волгушев А.Н., Шестеркина Н.Ф. (1991) Эффективные способы бетонирования в строительстве. Москва, ЦНИИТЭИМС.
3. Іноваційний бетон Відновлено з <http://beton.simfi.rf>.

## Формування свердловин для підземних інженерних комунікацій гвинтовим робочим органом

Володимир Супонев<sup>1</sup>, Віталій Ругулін<sup>2</sup>

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
вул. Ярослава Мудрого 25, Харків, Україна, 61002

<sup>1</sup>[v-suponev@ukr.net](mailto:v-suponev@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-7404-6691>

<sup>2</sup>[ragulinrvn@ukr.net](mailto:ragulinrvn@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0003-2083-4937>

Отримано 07.05.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0206>

### ВСТУП

Запропоновано новий метод створення ґрунтових порожнин для безтраншейного прокладання підземних інженерних комунікацій за допомогою гвинтового робочого органу. Отримані розрахункові залежності та надана оцінка для практичного впровадження.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження полягає у встановленні закономірностей процесу створення горизонтально-спрямованих свердловин в ґрунті гвинтовим робочим органом та створення розрахункової моделі для визначення сил опору його просування залежно від діаметру свердловини та фізико-механічних властивостей ґрунту.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Сучасні машини та установки для формування свердловин дозволяють реалізувати безтраншейні технології практично для усіх випадків будівництва та ремонту трубопроводів. Тим не менш, як показав аналіз технічної літератури, в останній час проводиться активний пошук нових технічних рішень або шляхів удосконалення та підвищення ефективності вже відомих технологій по створенню малогабаритних машин і установок для прокладання та реконструкції підземних комунікацій в умовах щільної забудовлі особливо великих міст. Одним з таких напрямків є оригінальна розробка свердловини гвинтовим робочим органом. Завдяки

тягнутої силі від гвинтової пари «лопата – ґрунт» необхідність в осьовій задавлюючій силі для переміщення робочого органу в ґрунті відпадає. В порівнянні з методом статичного проколу, це дозволяє суттєво підвищити точність проколу ґрунту та збільшити довжину його прольотів. Крім того зменшується радіальна напруженість від ущільнення ґрунту та підвищується темп виконання робіт.

Вивченню процесу загвинчування в ґрунт гвинтових паль та якірних кріплень присвячено багато досліджень [1, 2]. Визначенню їх конструктивних параметрів та силового приводу машин присвячена робота [3]. Детальному дослідженню процесу загвинчування гвинтової палі механізмами, які мають механізм блоку для примусової осьової подачі, наведено в роботі [4]. Досліджень процесу формування горизонтальних свердловин для безтраншейного прокладання підземних комунікацій не виявлено.

Ціллю даної роботи є встановлення причин зриву робочого органу горизонтально-го загвинчування гвинтових проколюючих робочих органів та розробка рекомендацій по їх усунення.

За результатами теоретичного аналізу та попереднього уявлення процесу розробки горизонтальної свердловини робота запропонованого типу гвинтового робочого органу складається з наступних моментів, які підлягають подальшому теоретичному вирішенню: встановленню сил опору проколу ґрунту виступаючою голкою та розширенню лідерної свердловини конусним наконечником головного стержня робочого орга-

ну; визначити вплив параметрів гвинтових лопатей на тягучий процес та отримати рекомендації по їх раціональному визначенню; оцінити технологічні аспекти, такі як початкове заглиблення у масив ґрунту та вірогідні відмови процесу; створити тяговий розрахунок установок та розробити практичні рекомендації до її застосування.

При осьовому опорі за рахунок спірання тильної поверхні лопаті в ґрунт виникає його ущільнення. З ростом напруження ґрунту навколо лопаті виникає ядро ущільнення (Рис.1), яке визначає три можливі сценарію процесу:

- ядро утримується в масиві ґрунту та обертково-поступальний рух робочого органу продовжується;
- ущільнене ядро затримується в ґрунті на місці. А гвинтовий робочий орган продовжує обертатися;
- ущільнене ядро утримується на гвинтовій лопаті та обертається разом з нею, ґрунтова різьба при цьому зривається.

В другому та третьому випадках відбувається зупинка руху.

Момент, який утримує ущільнене ядро в масиві ґрунту можна визначити наступним чином:

$$\sum M_{уд}^{гр} = \sigma_{гр}^{пр} \cdot S_{я}^{бок} \cdot R_{я}^{бок} \quad (1)$$

де  $\sigma_{гр}^{пр}$  – крайнє пружний стан ґрунту в ущільненому ґрунті;  $S_{я}^{бок}$  – бокова поверхня ущільненого ядра;  $R_{я}^{бок}$  – середній радіус сил, що утримують ядро в масиві ґрунту, який може бути прийнятим рівним  $R_{пр} = 0,66 \cdot D_{л}$ .

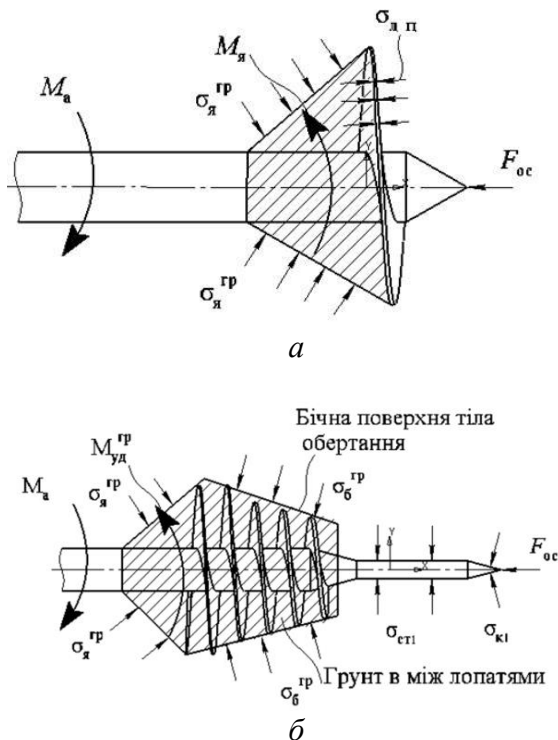
Момент, що утримує ущільнене ядро на гвинтовій лопаті можна представити, як

$$M_{уд}^{л} = \sigma_{гр}^{пр} \frac{\pi \cdot (D_{л}^2 + d_{шт}^2)}{4} \cdot 0,66 \cdot D_{л} \quad (2)$$

Таким чином, знаючи сумарний момент опору загвинчуванню та осьову силу опору переміщення робочого органу можна встановити потужність привода установки в залежності від його параметрів. Максимальна сила зриву ядра ущільнення відповідає максимальному тяговому зусиллю гвинтового робочого органу відповідно до конкретних ґрунтових умов та їх фізико-механічних властивостей.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Отримані результати мають, як теоретичне, так і практичне значення. Отримано теоретичне обґрунтування можливості створення свердловин ґрунті за допомогою гвинтового робочого органу та розроблені розрахункові залежності для встановлення сил опору для його просування. Метод може бути рекомендований для безтраншейного прокладання підземних комунікацій для невеликих діаметрів розподільних інженерних систем. Отримані розрахунки можуть бути покладені в основу створення силового ти порядку установок для утво-



**Рис. 1.** Схема для визначення причин та умов зриву процесу проколу ґрунту гвинтовим робочим органом

*a* – на одnogвинтовому робочому органі;  
*б* – на багатовитковому робочому органі



рення горизонтально-спрямованих свердловин.

**Ключові слова:** безтраншейне прокладання комунікацій, горизонтально-спрямована свердловина, ґрунт, сили опору, прокол ґрунту, силові установки, гвинтовий робочий орган.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Пенчук В.А. (1985). Винтовые сваи и анкера для опор. Киев, Будівельник, 96.
2. Железков В.Н. (2004). Винтовые сваи в энергетической и других отраслях строительства. СПб, Прагма, 128.
3. Пенчук В.А. (2010). Винтовые сваи и анкера для опор: монография. Донецк, Изд-во Ноулидж, 179.
4. Лебедев С.В. (2012). Обоснование оптимальных параметров винтовых анкеров и редуктора привода вращения. Дисс. канд. техн. наук: 05.05.04, Новочеркасск. 206.

## **Aspekty medyczno-prawne dotyczące żywienia w kontekście bezpieczeństwa ekologicznego żywności**

*Julia Świerżewska, Salomea Kaszczewska, Wojtek Młodziejewski*

Collegium „Masovia”, Warszawa–Lviv–Sydney

Отримано 12.05.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0207>

They know better all the features and risks of their business, and therefore they must be responsible for their safety. Implementation of the main elements of the new food safety control system in Ukraine takes place through the implementation of a permanent procedure based on the HACCP principles [1–3]. Now, entrepreneurs must identify potential hazards and risks of the production process and capacities, as well as take all necessary measures to minimize them. Together with greater responsibility the entrepreneurs receive more freedom. For example, the state cannot require the factory to have light walls above 1.8m. The quality is a subjective and personal concept, and safety requirements must prevent the harmful effects of products on the health of the consumer. At the same time, Ukrainians need to know what they are consuming. Therefore, lawmakers are currently working on a draft law on providing information to consumers about food. The new system to which Ukraine passes allows a clear distinction to be drawn between liabilities for causing harm due to the consumption of a dangerous product. According to the concept of the food chain «from the lawn to the table», the quality of the product must be baked at each stage of the commodity circulation, and each businessman is responsible for the safety of the food within its activities: the manufacturer – within the limits of production, the carrier – within the scope of transportation, the store – within storage and sale. Consequently, at each point of the food chain, the entrepreneur knows where the raw material or product came from and where it comes next. If the customer receives a health hazard product, this system helps to identify: who is responsible for causing harm. In this chain, there should be feed for productive animals. The draft law «On Safety and Hygiene

of Forms» has already been developed and registered. If the feed contains harmful substances, they will continue to enter our body through products made from animal meat. Therefore, the feed safety is extremely important for our health. The new system also requires fundamentally new approaches to state control of food safety. The state inspector should not only check the unit of the goods as in Soviet times. The organization of the inspector work is primarily to assess the safety of the conditions of production of the entire product batch at the enterprise. He looks at whether all possible risks are minimized. Only in this way can the safety of all products be guaranteed. For example, breeding pigs, carcass separation and minced meat products contain more potential hazards than tea, coffee and sweets. The frequency of inspections will also depend on the reputation and previous violations of the law by the enterprise. The more such violations, the more often the state inspector will come. At the same time, the violation of the food safety in accordance with the new system provides for high fines, and in exceptional cases, even the closing of power is possible. Thus, the Law on Control stipulates that, in the event of a retail sale of food and life-threatening products, the State Committee for Proprietary Consumer Protection immediately discloses this fact on its website information that allows consumers to identify the relevant product. Thus, entrepreneurs who are grossly violating the law will be able to be advertised. Although some elements of the new system of state food control cause certain concerns among entrepreneurs, there is hardly any alternative to ensuring uniform rules of the game on the market and increasing the competitiveness of domestic enterprises within the framework of a globalized economy

The use of emulsions in the manufacture of beverages is associated with the possibility of reducing the length of the production process while reducing power consumption compared to traditional production methods. This difference is particularly useful in food industry, because of the emulsions are the necessary ingredients that provide flavor, color and aroma of food that greatly simplifies their production technology. Having information about the size of emulsion particles can be controlled their stability and quality. It is known that the emulsion particle diameter depends on the technology of the manufacturing process, the formulation of the emulsion. The key point of the efficiency of the food industry is the introduction of resource-saving and competitive technologies based on the use of high quality components of food and beverages. The paper discusses the main factors controlling flocculation, creaming, coalescence and Ostwald ripening, distinguishing between the differing effects of adsorbing and non adsorbing hydrocolloids. The principle of leverage ratio of water and oil phase of emulsions with different stabilizers is the same. In the obtained parameters also affects the nature of emulsions stabilizer. During storage of beverages prepared from emulsions studied, there was no formation of oil ring or — creaming bottled, indicating the stability of emulsion systems. The use of aromatic emulsions in the manufacture of soft drinks has several benefits, includ-

ing: reduced duration blending, as there is no need to pick up the dye. The use of aromatic emulsions drinks solves the problem of stabilizing the aroma and taste, as in this case acts as an emulsifier adsorbent aroma of providing fine and mild flavor. The process of storing drinks not observed the emergence of oil rings on the surface of the drink, there was no change in color, taste and aroma of the drink. Color Stability ensured using synthetic dyes stable in comparison with natural dyes, direct sunlight during shelf life. Creating a stable emulsion system is a pressing issue in the food industry, so these studies are useful and important for the development of new beverages.

#### REFERENCES

1. Lugovska, O.A. & Sydor V.M. (2016) Use emulsions in production restaurants and food industry. *Food and environment safety: journal of faculty of food engineering*, XV, 312-322.
2. Lugovska, O.A. & Sydor V.M. (2015) Influence of hydrocolloids in oil-in-water emulsions during storage of food. *Food and environment safety*, XIV, 84-88.
3. Lugovska, O.A. & Sydor V.M. (2015) Aromatic emulsion beverage catering and industrial production. *Journal of FOOD and PACKAGING Science, Technique and Technologies*, 7, 19-23.
4. Wysoczańska J. (2014) *Praca magisterska*. Uniwersytet Warszawski Medyczny.

## Геоінформаційна система моніторингу стану річкових вод

Олена Заміховська<sup>1</sup>, Леонід Заміховський<sup>2</sup>, Іван Левицький<sup>3</sup>, Микола Николайчук<sup>4</sup>

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

вул. Карпатська 15, Івано-Франківськ, Україна, 76019

<sup>1</sup>[elenazam@meta.ua](mailto:elenazam@meta.ua), <https://orcid.org/0000-0003-0775-0472>

<sup>2</sup>[leozam@nung.edu.ua](mailto:leozam@nung.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-6374-8580>

<sup>3</sup>[letis@ukr.net](mailto:letis@ukr.net), <sup>4</sup>[nmj\\_2010@ukr.net](mailto:nmj_2010@ukr.net)

Отримано 26.04.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0208>

### ВСТУП

Недостатня і несвоєчасна прогнозованість про рівень розвитку повеней (водопілля), паводків і селевих потоків, а також відсутність сучасного, повноцінного та цілісного захисного комплексу призводять до щорічних збитків у аграрному, промисловому та соціальному секторах економіки, а також людських жертв (30 чол. у 2008 р. в Україні). Найбільш негативно знаковими були паводки 1969, 1974, 1980, 2000, 2008, 2019, 2020 років. При цьому затоплення територій, які мали місце в Івано-Франківській області у 2000–2008 роках завдали об'єктам господарювання та населенню області збитків на загальну суму понад 5,2 млрд. грн.

Не дивлячись на ряд існуючих систем контролю і прогнозування рівня паводкових вод, таких як “ТИСА”, “Прикарпаття”, “АКСОН”, і ін., вони не знайшли широкого практичного застосування через низьку ефективність, значну вартість та не врахування водно-фізичних властивостей ґрунтів. У зв'язку з цим актуальною залишається задача розробки систем моніторингу та прогнозування рівня паводкових вод з метою попередження, або зменшення можливих збитків у аграрному, промисловому та соціальних секторах економіки від їх негативних наслідків.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження полягає у розробці геоінформаційної системи моніторингу стану річкових вод – «ГІС Дністер» на базі

сучасних апаратно-програмних засобів, параметруванні ультразвукового сенсора рівня XPS10 [1] разом зі «smart»-перетворювачем Multiranger 100 [2] та дослідження ехо-профілів ультразвукових сигналів на базі інструментарію «DELPHIN PLUS V1.5» [3].

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Для побудови сучасних інформаційних систем збору, обробки, передавання і зберігання даних все частіше застосовуються «smart»-перетворювачі фізичних величин. В процесі інтеграції таких перетворювачів в інформаційні системи необхідно вирішувати задачі з організації апаратно-програмних засобів для параметрування і діагностики «smart»-перетворювачів, налагодження комунікаційного середовища промислового зв'язку, розробки алгоритмів збору, обробки і передавання даних, дослідження характеристик вимірювальних сигналів, також дослідження інформаційних процесів в таких системах [4, 5].

На виході «smart»-перетворювача Multiranger 100 формується уніфікований струмовий сигнал (4-20 мА), що подається на PLC S7-1200 [6], де оцифровується, нормується і масштабується для подальшого використання в складі геоінформаційної системи моніторингу вод ріки «Дністер».

Аналіз ехо-профілів ультразвукового сенсора рівня XPS10 показав, що достовірність правильного прийому відбитого від поверхні сигналу залежить від багатьох чинників (температури води і повітря, вологості, наявності різного роду електромаг-

нітних завод та будівельних конструкцій).

В системі реалізовано можливість віддаленого зчитування ехо-профілів ультразвукового сенсора рівня XPS10, що надало можливість проаналізувати значну кількість ехо-профілів при різних умовах зовнішнього середовища, а отже підібрати оптимальні параметри і режими роботи для ультразвукового сенсора рівня XPS10 і «smart»-перетворювача Multiranger 100.

Розширено функціональні можливості системи, в тому числі шляхом блокування окремих складових ехо-профілів, що виникають за рахунок конструктивних перешкод при вимірюванні дистанції або рівня на об'єктах контролю.

**Призначення і склад системи моніторингу.** Геоінформаційна система моніторингу призначена для здійснення віддаленого моніторингу основних метеорологічних параметрів річкових вод і навколишнього середовища в контрольованих точках і передачі вимірювальних та візуальних даних для їх подальшої обробки, візуалізації, документування і тривалого зберігання. Розроблена «ГІС Дністер» була змонтована на опорі старого моста через ріку Дністер в м. Галичі (Івано-Франківська область).

Система дозволяє організувати локальні і центральні диспетчерські пункти і функціонує в режимі реального часу.

До складу «ГІС Дністер» входять наступні компоненти:

- серверна робоча станція на базі IBM-PC;
- промислові iRZ-роутери стандарту GSM для безпроводного промислового зв'язку;
- програмований логічний контролер (ПЛК) SIMATIC S7-1200 «Siemens»;
- сигнальні модулі SM для обробки і оцифрування вихідних сигналів з датчиків;
- комунікаційне обладнання (блоки живлення, комутатори, з'єднувачі, кабелі, інш.);
- датчики основних метеорологічних параметрів;
- програмне забезпечення верхнього рівня – SCADA-система (система диспетчерського управління і збору даних).

Система розроблена як єдиний апаратно-

програмний комплекс з розподіленою архітектурою і оптимізована для роботи з віддаленими об'єктами моніторингу і локальними та центральним диспетчерськими пунктами. Відповідно до технічного завдання, система здатна виконувати будь-які задачі зі збору, первинної обробки, передачі та зберігання контрольованих параметрів.

Апаратна частина комплексу побудована на основі продукції світових виробників в галузі промислової автоматизації і зв'язку. Основні функції контролю і управління реалізовані на апаратно-програмних засобах концерну «Siemens».

Система сумісна з сенсорами і виконавчими механізмами з уніфікованими сигналами вимірювання і управління широкого кола виробників.

Комунікаційна мережа реалізована на основі VPN (Virtual Private Network) мобільного оператора «Kyivstar» стандарту GSM, що забезпечує доступ до технологічного обладнання практично на всій території України і захищеність від несанкціонованого доступу.

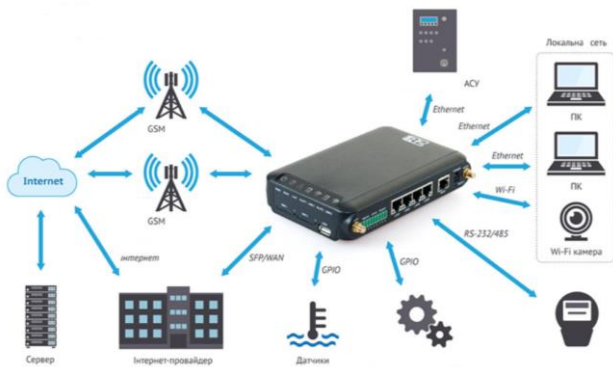
Для контролера і робочої станції розроблено прикладне програмне забезпечення, яке адаптується під конфігурацію обладнання конкретного об'єкту. Діалог диспетчера з системою реалізований у формі мнемосхем (сторінок інтерфейсу) в SCADA-системі (Supervisory Control And Data Acquisition – системі диспетчерського управління і збору даних). Забезпечено функції візуалізації, архівування, попереджувальної сигналізації про вихід контрольованих параметрів за допустимі межі та документування параметрів моніторингу.

В розширеному варіанті системи передбачено можливість контролю додаткових параметрів (мутність води, швидкість течії та ін.), а також керування виконавчими механізмами (електроприводі насоси, електроприводна запірні арматура, підсистеми освітлення, сигналізації та ін.).

Конструктивно основні пристрої системи виконані за модульним принципом і розміщені в монтажному контейнері (крім сенсорів, виконавчих пристроїв і робочої станції диспетчера). Система призначена для безперервного функціонування.



**Функціональна схема автоматизованої системи моніторингу.** На Рис. 1 наведено функціональну схему «ГІС Дністер»



**Рис. 1.** Функціональна схема «ГІС Дністер»

На Рис. 2 наведено монтажний контейнер «ГІС Дністер» з контрольно-вимірювальним, керуючим і комунікаційним обладнанням.



**Рис. 2.** Зовнішній вигляд монтажного контейнера «ГІС Дністер» з контрольно-вимірювальним, керуючим і комунікаційним обладнанням

**Диспетчерський інтерфейс системи.**

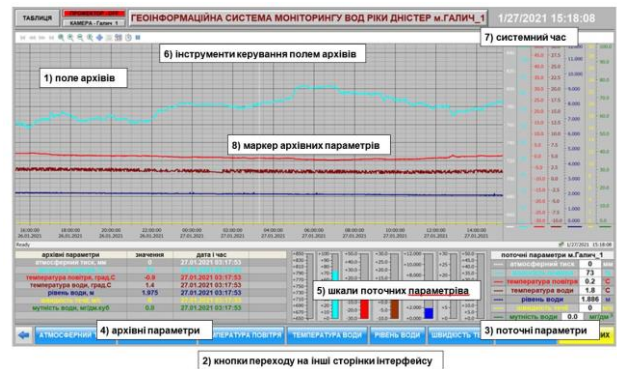
У приміщенні центральної диспетчерської встановлюється робоча станція диспетчера, яка забезпечує моніторинг віддалених об'єктів. При запуску програми на диспетчерському комп'ютері, на екрані монітору виводиться заставка інтерфейсу «ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ВОД РІКИ ДНІСТЕР».

Активація лівої кнопки маніпулятора

«миш» по обраному об'єкту переводить до наступного вікна інтерфейсу обраного об'єкту («АТМОСФЕРНИЙ ТИСК», «ВОЛОГІСТЬ ПОВІТРЯ», «ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ», «ТЕМПЕРАТУРА ВОДИ», «РІВЕНЬ ВОДИ», «ШВИДКІСТЬ ТЕЧІЇ», «МУТНІСТЬ ВОДИТ», «ТАБЛИЦЯ»).

Основна частина головної сторінки інтерфейсу містить такі компоненти (Рис. 3):

- 1) поле архівів у вигляді трендів основних метеорологічних параметрів вод ріки Дністер і навколишнього середовища зі шкалами відповідного кольору і шкалою часу;
- 2) кнопки переходу на інші сторінки інтерфейсу;
- 3) поточні параметри моніторингу;
- 4) архівні параметри моніторингу;
- 5) шкали поточних параметрів;
- 6) інструменти керування полем архівів;
- 7) системний час;
- 8) маркер архівних параметрів (переміщувана вертикальна біла лінія).



**Рис. 3.** Компоненти головної сторінки інтерфейсу «ГІС Дністер»

Інші сторінки інтерфейсу системи моніторингу містять інформацію відповідно до контролюваного параметру:

- вологість повітря (блакитний тренд – від 0 до 100%);
- температура повітря (червоний тренд – від -30 до +50°C);
- температура води (темно червоний тренд – від -10 до +30°C);
- рівень води (синій тренд – від 0 до 12 м).

Вікно табличного архіву призначене для архівування табличних значень з обраним

інтервалом часу. Інтерфейс вікна дозволяє здійснювати перегляд архівів параметрів. Перша колонка відображає номер запису, друга - дату і час запису, всі інші – відповідні архівні параметри. Для перегляду попередніх значень табличних архівів необхідно активувати кнопку «ПАУЗА» і за допомогою інструменту «прокрутки» перейти до необхідної дати і часу.

### ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Розроблений на базі сучасних апаратно-програмних засобів базовий варіант геоінформаційної системи моніторингу стану річкових вод пройшов апробацію на річці Дністер, показав свою працездатність і ефективність та прийнятий для подальшого використання.

Реалізоване в системі дистанційне параметрування та зчитування ехо-профілів ультразвукового сенсора рівня XPS10 розширило функціональні можливості системи та надало можливість проаналізувати і дослідити значну кількість ехо-профілів при різних умовах зовнішнього середовища, в результаті чого були підібрані оптимальні параметри і режими роботи для ультразвукового сенсора рівня XPS10 і «smart»-перетворювача Multiranger 100.

За рахунок модульності та уніфікованості, базова система «ГІС Дністер» може бути розширена чи модернізована і доукомплектована іншими типами сенсорів.

**Ключові слова:** геоінформаційна система, метеорологічні параметри, «smart»-перетворювачі, ехо-профілі, PLC, SCADA.

### ЛІТЕРАТУРА

1. (2013) Ultrasonic Transducers XPS10/15F. Operating Instructions: Siemens (A5E32725813) 08/2013, 28.
2. (2019) Ultrasonic controllers MultiRanger 100/200. Operating Instructions: Siemens (7ML19985FB06, rev 6.2).– 11/2019, 282.
3. (2002) DOLPHIN PLUS. Instrument configuration software. Siemens Milltronics. 9.
4. Заміховський Л.М., Николайчук М.Я. (2018) Апаратно-програмний комплекс для параметрування і вводу в експлуатацію Smart-перетворювачів АСУ ТП. Інтелектуальний продукт вчених, винахідників і раціоналізаторів Прикарпаття. Щорічний каталог найвагоміших винаходів, корисних моделей, промислових зразків і раціоналізаторських пропозицій. Довід. вид. Івано-Франківськ, 30-33.
5. Николайчук М.Я. (2018) Апаратно-програмний комплекс для дистанційного параметрування smart-перетворювачів у складі АСУ ТП. Збірник тез доповідей XIV міжнародної конференції Контроль і управління в складних системах 15-17.10.2018, Вінниця.
6. (2019) S7-1200 Programmable controller. System Manual: Siemens (A5E02486680-AN, V4.4). 11/2019, 1542.

# Математичне моделювання екологічної безпеки на основі баз даних колективного дистанційного доступу: на прикладі зсувних ділянок Середнього Придніпров'я

Вячеслав Приходько

Міжнародна Академія Екології  
бульвар Лепсе 79-Г, оф.57, Київ, Україна, 03126  
[ehs.management.kiyv@gmail.com](mailto:ehs.management.kiyv@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-9311-1863>

Отримано 14.05.2021, прийнято 19.05.2021  
<https://doi.org/10.32347/tit2141.0209>

## ВСТУП

Створено математичну модель для розрахунку основних показників екологічної безпеки на прикладі зсувних ділянок Середньої Наддніпрянщини. Модель з даними режимних спостережень системи екологічного моніторингу, дає можливість оцінити ситуацію за досліджуваній період, визначити основні небезпечні показники і по ним зробити прогноз (у вигляді діагностики математичної моделі на зміну величин параметрів входять даних в модель - калібрування системи рівнянь). Також оцінити екологічні ризики для прийняття зважених управлінських рішень з контролю якості навколишнього середовища.

## МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є:

– розробка методики розрахунку для набуття практичного досвіду по впровадженню теоретичних знань з основних дисциплін і математичних методів, що застосовуються при обробці інженерно-екологічних, інженерно-геологічних, геолого-геохімічних та інших даних, одержуваних на різних стадіях еко-геологічних досліджень;

– вивчення і пошук оптимальних методів математичного моделювання властивостей геологічних об'єктів і зсувних процесів, при вирішенні виробничо-технічних, прикладних та наукових завдань з екологічної безпеки, в різних областях народно-господарського комплексу в залежності від спеціалізації і виробничо управлінських рішень або надзвичайних ситуацій, зі створенням і використанням баз даних колективного дистанційного доступу.

ренням і використанням баз даних колективного дистанційного доступу.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Системний підхід до вирішення завдань з оцінки екологічної безпеки дає можливість своєчасно реагувати на зміни навколишнього середовища.

Сучасні інформаційні технології дають можливість скорочувати час виконуваних дій, збільшують обсяг даних і кількість обчислень, дають можливість аналізу і своєчасного звітування за період. Загалом інфраструктуру математичного моделювання можна представити таким чином (Рис. 1).



Рис.1. Інфраструктура математичного моделювання

Розроблену математичну систему рівнянь, представлено в Табл.2 На прикладі контролю зсувних ділянок з прив'язкою до території Середньої Наддніпрянщини (Київська та Черкаська область). Тут:

1. Отримання якісних статистичних даних системи екологічного моніторингу.
2. Зберігання великих обсягів даних (оцифрована звітна документація, проект-

но-технічна документація, геоінформаційні пакети картографічних документів, фото та відео матеріали, дані лабораторних досліджень і т.д.).

3. Постановка завдань для математичних обчислень (Таблиця 1).

4. Система рівнянь (Таблиця 2 Приклад). Складається під кожну задачу.

5. Хмарний сервіс. З поняттям хмарних обчислень часто пов'язують такі сервіс-надають (Everything as a service) технології, як:

– «Інфраструктура як сервіс» ("Infrastructure as a Service" або "IaaS");

– «Платформа як сервіс» ("Platform as a Service" або "PaaS");

– «Програмне забезпечення як сервіс» ("Software as a Service" або "SaaS").

Під хмарними обчисленнями ми розуміємо програмно-апаратне забезпечення доступне користувачеві через Інтернет або локальну мережу у вигляді сервісу, що дозволяє використовувати зручний інтерфейс для віддаленого доступу до виділених ресурсів (обчислювальних ресурсів, програм і даних).

6 Гібридний доступ до даних (відкриті бази даних для всіх користувачів). Можливе використання Штучного інженерного інтелекту для спрощення виконання робіт.

7 Громадський доступ до даних (не захищених інформаційний ресурс, мережа з локальних фізичних або віртуальних комп'ютерів). На даний момент більшість хмарних інфраструктур розгорнуто на серверах датацентров, використовуючи технології віртуалізації, що фактично дозволяє будь-якому призначеному для користувача додатком використовувати обчислювальні потужності, абсолютно не замислюючись про технологічні аспекти. Тоді можна розуміти «хмара» як єдиний доступ до обчислень з боку користувача.

8 Приватний доступ до даних (захист авторських прав, локальний фізичний або віртуальний комп'ютер, локальні робочі місця можуть з'єднуватися в мережу під тематичні завдання або проекти).

9 Корпоративний доступ до даних (захищений через ключ доступу інформаційний ресурс). Часто використовується юри-

дичними особами будь-якої економічної діяльності.

10 Суперкомп'ютер – локальна або віртуальна (дистанційна) мережа технічних засобів з великим запасом потенціалу для вирішення складних математичних задач, що вимагають величезних обчислень і обробки великого масиву інформації. Наприклад рішення системи рівнянь з 100 рівнянь від 1000 невідомих взаємозалежних параметрів динамічних змінних величин. Завдання – зміна стану навколишнього середовища через зміну клімату, аналіз стану і математичний прогноз різних сценаріїв подій. Небагато людей можуть поставити задачу для суперкомп'ютера.

Хороший програмний комплекс для розрахунків (з методом середніх квадратів) є Matlab, де можна вносити будь-які формули і дані.

У будівельній і інженерно-технічній документації не використовується теорія ймовірності. Так як прямий контакт з безпекою життєдіяльності. Потрібні статичні дані, що змінюються.

Точні розрахункові дані математичної моделі – результат моделювання на зрозумілих математичних рівняннях із застосуванням якісних даних. Якщо ми говоримо про екологічну безпеку, то про дані багаторічних спостережень (супутникових, польових, кадастрових, лабораторних, аналітичних) мінімум за останні 20...50 років. В країні існує спеціалізація відомчих підприємств за видами діяльності. За екологічний моніторинг в Україні відповідає Мінприроди, до складу якої входить Державна геологічна служба, яка має по всій країні представництва компанії, які відповідають за області або кілька областей.

Система екологічного моніторингу складається з декількох видів діяльності: польові роботи, лабораторні роботи, аналітична проектна робота, контроль показників стану навколишнього середовища - он-лайн, математичні розрахунки, лабораторні, архівні статистичні, адміністрування управління екологічною безпекою (згідно з повноваженнями).

За екологічний моніторинг, що включає польові та інженерно-геологічні дослід-



дження з бурінням свердловин в Київській, Житомирській, Чернігівській області відповідає ПДРГП Північукргеологія, яка знаходиться в Бортничах. Все зсуви класифіковані і введені в кадастр. На кожен зсув існує кадастровий номер і набір інженерно-екологічної інформації.

За зберігання екологічної та геологічної інформації відповідають архіви підприємств Геологічної служби. Централізовано зберігає інформацію Державна компанія «Геоінформ» і копія у Комісії по запасах корисних копалин. Також існують міжвідомчі універсальні бази даних в Україні:

– База даних УІАС НС (Універсальна інформаційна аналітична система надзвичайних ситуацій) - все інженерна геологія, гідрогеологія, всі небезпечні екзогенні процеси з прив'язкою до місцевості, система моніторингу Мінприроди і МНС. Результат багаторічних п'ятирічних комплексних програм;

– База даних ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА (інженерно-технічна інформація на понад 10000 виробничих підприємств України з

описом і кресленнями) МНС України. Результат праць міжвідомчої комісії з техногенної безпеки при МНС.

Умови застосування багатовимірних статистичних моделей: матриці коефіцієнтів парної кореляції, коефіцієнти приватної і множинної кореляції. Рівняння множинної регресії. Застосування багатовимірного кореляційного аналізу і рівнянь множинної регресії для перевірки геологічних гіпотез і передбачення властивостей геологічних об'єктів і процесів. Завдання класифікації та розпізнавання образів в геології. Кластерний і факторний аналізи. Лінійні дискримінантні функції. Оцінка інформативності геологічних ознак.


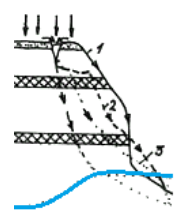
Розроблено завдання для математичних обчислень зсувних процесів (Табл. 1)

Створено математичну модель для аналізу зсувної діяльності (Табл. 2)

Результати розрахунків зведено до звітної таблиці (Табл. 3)

Таблиця 1

Завдання для математичних розрахунків зсуву

Територіальні межі аналізу	Для контролю екологічної безпеки необхідно вирішення питань:		Розріз змін стану зсуву
	Рівняння	Параметри	
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Інженерна екологія</li> <li>2. Інженерна геологія</li> <li>3. Петрологія</li> <li>4. Механіка ґрунтів</li> <li>5. Гідрологія</li> <li>6. Гідрогеологія</li> <li>7. Вища математика</li> <li>8. Геодезія</li> <li>9. Геохімія</li> <li>10. Картографування</li> <li>11. ГІС Mapinfo</li> </ol>	<p>Дані моніторингу Розрізи по зсувам Властивості ґрунту Напружений стан Підпор Крива фільтрації Система рівнянь Прив'язки Хімічні властивості Площі враження Пошарово дані</p>	 <p>Де: 1 – Стадія тріщина сколювання. 2 – Активний зсув. 3 – Тимчасово стабілізований.</p>
Території найбільшого враження зсувами (темно-зелені площі) [1] більше 300	За переліком беруться формули та показники для розрахунку	По кожному параметру може бути кілька показників	Інженерно геологічні розрізи для кожної зсувної ділянки за даними буріння свердловин.



Таблиця 2

Математична модель

Нестійкість екосистеми об'ємна	Математичне моделювання ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА			Стійкість екосистеми об'ємна
Опис	ЗАВДАННЯ для створення системи рівнянь:			Опис
Формула $He_i = H \cdot S = m / \rho$ , $m^3$ $He_i = (\int f(l) dl) / \rho_r$ , межі інтегралу (від ГДК до Сі); Н – висота, м; S – площа розподілу, $m^2$ ; Сі – концентрація речовини, $г/м^3$ ; $\rho_r$ - густина, $г/м^3$ ; l - довжина, м	Значення нестійкості для контролю	Універсальний коефіцієнт стійкості	Значення запасу стійкості	Формула $C_i = H \cdot S = m / \rho$ , $m^3$ , $C_i = (\int f(l) dl) / \rho_r$ , межі інтегралу (від 0 (або Сі) до ГДК); Н-висота, м; S – площа розподілу, $m^2$ ; Сі – концентрація речовини, $г/м^3$ ; $\rho_r$ - густина, $г/м^3$ ; l - довжина, м
Фізична нестійкість	$He_f$	$Kst_f = He_f / C_f \geq 1$	$C_f$	Фізична стійкість
Хімічна нестійкість	$He_h$	$Kst_h = He_h / C_h \geq 1$	$C_h$	Хімічна стійкість
Біологічна нестійкість	$He_b$	$Kst_b = He_b / C_b \geq 1$	$C_b$	Біологічна стійкість
Радіоактивна нестійкість	$He_r$	$Kst_r = He_r / C_r \geq 1$	$C_r$	Радіоактивна стійкість
<b>Комплексна математична модель існування екосистеми (© В'ячеслав Приходько 2001)</b>				
Щільність протікання процесів $\rho_{\Phi i} = \Sigma \rho_{\Phi in} / n$ ; $\rho_{X i} = \Sigma \rho_{X in} / n$ ; $\rho_{B i} = \Sigma \rho_{B in} / n$ ; $\rho_{P i} = \Sigma \rho_{P in} / n$ ; де $\rho_{\Phi in}$ , $\rho_{X in}$ , $\rho_{B in}$ , $\rho_{P in}$ – умови протікання процесів екосистеми (показники стану, таблиця природної градації стійкості).	$\rho_{\Phi B} \cdot X_1 + \rho_{\Phi G} \cdot X_2 + \rho_{\Phi P} \cdot X_3 + \rho_{\Phi B} \cdot X_4 = C_f - He_f$ ; $\rho_{X B} \cdot X_1 + \rho_{X G} \cdot X_2 + \rho_{X P} \cdot X_3 + \rho_{X B} \cdot X_4 = C_h - He_h$ ; $\rho_{B B} \cdot X_1 + \rho_{B G} \cdot X_2 + \rho_{B P} \cdot X_3 + \rho_{B B} \cdot X_4 = C_b - He_b$ ; $\rho_{P B} \cdot X_1 + \rho_{P G} \cdot X_2 + \rho_{P P} \cdot X_3 + \rho_{P B} \cdot X_4 = C_r - He_r$ ; система рівнянь з чотирьма невідомими об'ємами мас екологічної стійкості (чи не) та безпечних (чи ні) для життя людей та живих організмів Безпечний об'єм екосистеми $V = X_1 + X_2 + X_3 + X_4$			$\rho_{\Phi B}$ , $\rho_{\Phi G}$ , $\rho_{\Phi P}$ , $\rho_{\Phi B}$ – середня щільність протікання фізичних процесів (у водних, ґрунтових, повітряних, біологічних масах – відповідно), безрозмірний; $\rho_{X B}$ , $\rho_{X G}$ , $\rho_{X P}$ , $\rho_{X B}$ – хімічних; $\rho_{B B}$ , $\rho_{B G}$ , $\rho_{B P}$ , $\rho_{B B}$ – біологічних; $\rho_{P B}$ , $\rho_{P G}$ , $\rho_{P P}$ , $\rho_{P B}$ – радіоактивних, де і - маси
<b>Прогноз нерівноваги</b>	<b>Результати</b>	<b>Аналіз</b>	<b>Висновки</b>	<b>Прогноз рівноваги</b>
	<b>X1 =</b>	маси придатні (чи ні)		
	<b>X2 =</b>	маси придатні (чи ні)		
	<b>X3 =</b>	маси придатні (чи ні)		
	<b>X4 =</b>	маси придатні (чи ні)		

Таблиця 3

Дослідження механічних складових ґрунтового комплексу зсувних ділянок (більше 2000 зсувів в Київській та Черкаській областях) Середнього Придніпров'я [1]

<p>Механічні властивості порід знаходяться в безпосередній залежності від їхнього складу і водно балансового стану, а методика вивчення деформаційного поведіння ґрунтів у стані природних і порушених структур дозволяє прогнозувати екологічну безпеку зсувів в описаних породах і може бути рекомендована при вивченні порід інших зсувних районах</p>							
<p><b>Коефіцієнт запасу стійкості</b> зсувного тіла за методом Маслова-Берера з врахуванням фільтраційного тиску визначається за таким виразом:</p> $k = \frac{\sum_{i=1}^n P_i [tg\alpha_i - tg(\alpha_i - \varphi_i)]}{\sum_{i=1}^n P_i tg\alpha_i}$ <p>де <math>tg\alpha_i = tg\varphi_i + C_i \cdot L_i / (P_i \cdot \cos\alpha_i)</math></p> <p><math>P_i</math> - вага блоку, т; <math>C_i</math> - питоме зчеплення, т/м<sup>2</sup>;  <math>\alpha_i</math> - кут нахилу площини ковзання, град.; <math>L_i</math> - довжина поверхні ковзання, м;  <math>\varphi_i</math> - кут внутрішнього тертя, град.; <math>k</math> - коефіцієнт стійкості схилу.</p>							
№ п/п	Порода	Нижня границя текучості, Вт	Нижня границя пластичності, Wp	Число пластичності, Ф	tgγ	Кут нахилу схилу γ, °	Зчеплення ґрунту C, кг/см <sup>2</sup>
1	Льос	30,5	17,5	10,5	0,499	26,5	0,295
2	морені суглинки	23,5	12,5	11	0,439	22,55	0,497
3	прісноводні суглинки	32	17	15	0,546	28,58	0,17
4	глини	49,5	26	28,5	0,323	17,92	0,536
5	строкаті глини	58,5	23	35	0,339	19,18	0,647
6	піщано-пилуваті ґрунти	44	20,5	21,5	0,481	25,52	0,336
7	глина пилувата, тіло зсуву	51	22,5	28,5	0,392	21,13	0,391
8	глина високопластична, тіло зсуву	20	51	31,5	0,25	14,13	0,739

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Мінімальний ступінь екологічної небезпеки можна оцінити, розв'язавши транспортну задачу лінійного програмування, або задачу геометричного нелінійного програмування, з вірною постановкою умов задач.

2. Геоінформаційна система ГІС MapInfo, чудово зарекомендувала себе для

збереження геоданих. В неї легко інтегруються файли Excel з даними режимних спостережень на прив'язуються до картографічних основ (тематичних шарів візуалізації інформації)

3. Результати розрахунку вказують на існуючий стан ґрунтових комплексів зсувів. При будівництві на тілі стабілізованого зсуву необхідно проводити додаткові вишукування.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Prikhodko V.V., Nikitash A.P. (2012) Engineering geodynamics of Ukraine and Moldova. In 2t.-Chernivtsi: Bukrek, T.1.
2. Гуськов О.И., Кушнарев П. И. Таранов С.М. (1991) Математические методы в геологии. Сборник задач. М., Недра.
3. Каждан А.Б., Гуськов О.И. (1990) Математические методы в геологии. Учебник для вузов. М., Недра.
4. Шестаков Ю.С. (1988) Математические методы в геологии: учеб. для вузов. Красноярск, КИЦМ.
5. Аронов В.И. (1977) Методы математической обработки геологических данных на ЭВМ. М., Недра.
6. Белов Б.Н. и др. (1973) Математические модели в геологии и геостатистика. М., Наука.
7. Беус А.А. и др. (1965) Руководство по предварительной математической обработке геохимических данных при поисковых работах. М., МГУ.
8. Вистелиус А.С. (1980) Основы математической геологии. Л., Наука.
9. Давид М. (1980) Геостатистические методы при оценке запасов руд. М., Недра.
10. Девид Дж. (1977) Статистика и анализ геологических данных. М., Мир.
11. Дубов Р.И. (1976) Математическая обработка данных в поисковой геохимии. Новосибирск, Наука.
12. Йереског К.Г. и др. (1980) Геологический факторный анализ. Л., Недра.
13. Ким Дж. и др. (1989) Факторный, дискриминантный и кластерный анализы. М., Финансы и статистика.
14. Коган Р.И. и др. (1983) Статистические ранговые критерии в геологии. М., Недра.
15. Наумов Б.Н. и др. (1987) ЭВМ массового применения. М., Наука.
16. Павлинов В.Н., Соколовский А.К. (1990) Структурная геология и геологическое картирование с основами геотектоники, часть 2. М., Недра.
17. Родионов Д.А., Коган Р.И., Голубева В.А. и др. (1987) Справочник по математическим методам в геологии. М., Наука.
18. Смирнов Б.И. (1977) Статистические методы в геологии. Львов.
19. Соловов А.П. (1978) Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М., МГУ.
20. Фигурнов В.Э. (1995) IBM PC для пользователя. М., Финансы и статистика.

## Встановлення технічної продуктивності ланцюгового екскаватора з різцями, що працюють в умовах критично глибинного різання ґрунтів

Олексій Гопонов

Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
вул. Ярослава Мудрого 25, Харків, Україна, 61002  
[alexgap7@ukr.net](mailto:alexgap7@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-7853-3005>

Отримано 14.05.2021, прийнято 19.05.2021  
<https://doi.org/10.32347/tit2141.0210>

### ВСТУП

Запропоновано розрахункову залежність для визначення технічної продуктивності ланцюгового екскаватора з різцями, що працюють в умовах критичноглибинного різання ґрунтів. Надано оцінку для практичного впровадження результатів дослідження.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження полягає у встановленні закономірностей процесу різання ґрунту різцями ланцюгового траншейного екскаватора в умовах критично глибинного різання та створення розрахункової залежності для визначення його технічної продуктивності.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Ефективність роботи ланцюгово-скребкових екскаваторів забезпечується мінімальною енергоємністю робочого процесу та максимальною продуктивністю машини, які в свою чергу залежать від форми різців, їх кількості та розстановки [1, 2].

Відомо, що при збільшенні глибини різання ґрунту ножем до критичної глибини енергоємність робочого процесу зменшується, тому що інтенсивність зростання опору різанню менша, ніж площа поперечного перерізу прорізу [3, 4]. При інтенсивності зростання опір ґрунту різанню ножем збільшується за рахунок пресування ґрунту в бічні стінки прорізу, а площа руйнування зменшується внаслідок

неможливості впливу на процес руйнування ґрунту денної поверхні. В результаті енергоємність робочого процесу підвищується.

Існуючі аналітичні та експериментальні моделі взаємодії багатоскребкових ланцюгових траншейних екскаваторів з ґрунтом не визначають технологічні параметри машини з урахуванням різання ґрунту різцями на рівні критичної глибини [5, 6]. Таким чином, існуючі рекомендації по проектуванню машин не забезпечують мінімальну енергоємність і максимальну продуктивність робочого процесу

Для обґрунтування ефективних режимів роботи багато скребкових екскаваторів та ширини їх крайніх бокових різців попередніми дослідженнями було визначено умови ефективного розвантаження та встановлені параметри залежності зміни шляху переміщення ґрунту по поверхні розвантажувальних скребків від часу розвантаження [7]. З цією ж ціллю були визначені залежності швидкості блокового різання від ширини траншеї [8]. Визначені умови дозволили встановити ширину крайніх бокових різців, що здійснюють асиметричне блокове різання ґрунтів.

Технічна продуктивність ( $\text{м}^3/\text{год}$ ) екскаватора визначається виносною здатністю ґрунту однієї групи різців, що знаходяться в забої ( $z_{\text{гр}}^3 = 1$ )

$$\Pi_{\text{техн}}^1 = 3600 \cdot B h_c \vartheta_p \frac{k_E}{k_p} \Delta_p, \quad (1)$$

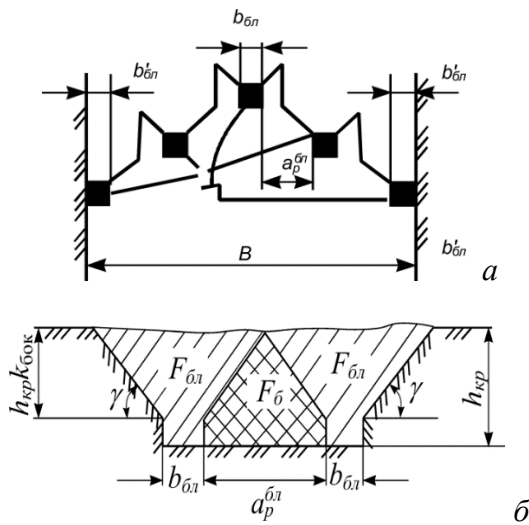
де  $B$  – ширина траншеї, м;  $h_c$  – висота

скребків визначається відповідно методиці [8], м;  $k_n$  – коефіцієнт заповнення міжскребкового ескаваційного простору (для ґрунтів I...IV категорій відповідно 0,9...1,2 та 0,7...0,9) [1, 14];  $\Delta_p$  – коефіцієнт розтрушування ( $\Delta_p=0,97; 0,92; 0,85; 0,75$  відповідно для  $\vartheta_p=0,1; 1,0; 1,5; 2,0$  м/с) [7].

Якщо в забої знаходиться кількість різців, яка дорівнює  $z_{гр}^3$ , то технічна продуктивність буде визначатися залежністю:

$$\Pi_{техн} = \Pi_{техн}^1 \cdot z_{гр}^3 \quad (2)$$

Ширина траншеї  $B$  (4) для схеми різців з блокованим різанням визначена відповідно до схеми їх розстановки (Рис. 3) із умови, що крайні бокові різці шириною  $b'_{бл}$  взаємодіють із вертикальними стінками траншеї.



**Рис. 1.** Схеми для визначення

*a* – розстановки різців та їх розміри;

*б* – відстані між боковими гранями суміжних різців

З наведеного Рис. 1, *a* ширина траншеї для схеми різців з блокованим різанням дорівнює

$$B = 2b'_{бл} + (i_{л}^{бл} - 2)b_{бл} + (i_{л}^{бл} - 1)a_{п}^{бл} \quad (3)$$

де  $b'_{бл}$  – ширина крайніх бокових різців;  $b_{бл}$  – ширина середніх різців, що здійснюють блоковане різання;  $a_{п}^{бл}$  – відстань між

боковими гранями двох суміжних різців;  $i_{л}^{бл}$  – ціле число ліній блокованого різання визначається, наприклад, для напівтвердого суглинку та ширини різця  $b_{бл}=0,02$  м з різними кутами різання  $\alpha_p$ .

На основі простих геометричних визначень відстань між боковими гранями двох суміжних різців відповідно до схеми Рис. 1,б можна визначити по залежності

$$a_{п}^{бл} = 2h_{кр} k_{бок} \text{ctg} \gamma, \quad (4)$$

де  $h_{кр}$  – критична глибина різання різцями [7];  $k_{бок}$  – відношення глибини зони гарантованого сколювання ґрунту до критичної глибини різання ( $k_{бок}=0,9...0,95$ );  $\gamma$  – кут нахилу бічних стінок прорізу до горизонту ( $\gamma$  у поперечному перерізі) [8].

Робоча швидкість (м/с) екскаватора залежить від технічної продуктивності та площі поперечного перерізу траншеї

$$\vartheta_{e1} = \frac{\Pi_{техн}^1}{3600BH} \quad (5)$$

Кут між векторами швидкостей подачі робочого органу  $\vartheta_e$  та різання ґрунту  $\vartheta_p$  визначається за залежністю [7]

$$\beta = \text{arctg} \left( \frac{\vartheta_p \sin \alpha}{\vartheta_p \cos \alpha + \vartheta_e} \right), \quad (6)$$

де  $\alpha$  – кут установлення робочого органу до горизонту ( $\alpha=30...55^\circ$ , переважно  $\alpha=45...55^\circ$ ), град [1, 7].

Час різання ґрунту групою різців визначається через швидкість різання

$$t_p = \frac{H}{\vartheta_p \sin \beta}, \quad (8)$$

де  $H$  – глибина траншеї.

Абсолютні значення критичної глибини для середніх і бокових різців різні. Середні різці багатоскребкових траншейних екскаваторів працюють в умовах симетричного блокованого або напівблокованого різання, а крайні бокові різці – в умовах асиметричного блокованого або напівблокованого різання. У роботі [20] показано, що критична глибина різання як для симетричного, так і



для асиметричного різання прямопропорційна ширині різця. Тому ширина крайніх бокових різців визначена шляхом прирівнювання критичної глибини різання середніх і бокових різців.

$$(a' - n' \alpha_p) b'_p = \frac{a b_{\text{бл. (нбл)}}}{(t \alpha_p)^n k_{\text{бок}}} \quad (9)$$

Звідки

$$b'_p = \frac{a \cdot b_{\text{бл. (нбл)}}}{(t \alpha_p)^n k_{\text{бок}} (a' - n' \alpha_p)} \quad (10)$$

де  $b'_p$ ,  $b_{\text{бл. (нбл)}}$  – відповідно ширина крайніх і середніх різців;  $a'$ ,  $n'$ ,  $a$ ,  $n$  – відповідно коефіцієнти апроксимації для крайніх і середніх різців, що залежать від фізико-механічних властивостей ґрунтів. Значення коефіцієнтів  $a$  і  $n$  приведені в літературі [19, 20], а коефіцієнтів  $a'$  і  $n'$  – в Табл. 1.

Таблиця 1

Чисельні значення коефіцієнтів апроксимації  $a'$ ,  $n'$

Тип різання / Тип ґрунту	Асиметричне блоковане		Напів-блоковане	
	$a'$	$n'$	$a'$	$n'$
Тугопластична глина	4,02	0,046	6,70	0,076
Напівтверда глина	3,98	0,046	6,50	0,075
Напівтвердий суглинок	4,26	0,050	6,69	0,079
Твердий супісок	5,02	0,066	7,26	0,093

Так, наприклад, для напівтвердого суглинка ширина крайніх бокових різців, що здійснюють асиметричне блоковане різання, більша за ширину середніх різців:  $b'_p = 2,05b_{\text{бл}}$  для  $\alpha_p=20^\circ$ ;  $b'_p = 1,74b_{\text{бл}}$  для  $\alpha_p=30^\circ$ ;  $b'_p = 1,63b_{\text{бл}}$  для  $\alpha_p=40^\circ$ ;  $b'_p = 1,63b_{\text{бл}}$  для  $\alpha_p=50^\circ$ ;  $b'_p = 1,74b_{\text{бл}}$  для  $\alpha_p=60^\circ$ .

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Отримані розрахункові залежності для розрахунку технічної продуктивності екскаватора на основі визначення виносної

здатності ґрунту однієї групи різців, які працюють в умовах критичної глибини різання, надали можливість встановити ширину крайніх бічних різців, що здійснюють асиметричне блоковане різання. Так, наприклад, для напівтвердого суглинка вона повинна бути більшою за ширину середніх різців та дорівнювати:  $b'_p = 2,05b_{\text{бл}}$  для  $\alpha_p=20^\circ$ ;  $b'_p = 1,74b_{\text{бл}}$  для  $\alpha_p=30^\circ$ ;  $b'_p = 1,63b_{\text{бл}}$  для  $\alpha_p=40^\circ$ ;  $b'_p = 1,63b_{\text{бл}}$  для  $\alpha_p=50^\circ$ ;  $b'_p = 1,74b_{\text{бл}}$  для  $\alpha_p=60^\circ$ .

**Ключові слова.** Копання траншеї, траншейний екскаватор, скребковий екскаватор, скребок, різець, критична глибина, різання ґрунту.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ESSO et le TCHAD. Mondialisationca / [Electronic Resource]. – Mode of access: <http://www.internationalnews.fr/20-categorie-10189106.html>. – Screen title.
2. Chevron Pipe Line Company / [Electronic Resource]. – Mode of access: [www.chevron-pipeline.com](http://www.chevron-pipeline.com). – Screen title.
3. The Natural Gas Pipeline Company of America / [Electronic Resource]. – Mode of access: <http://www.frankryder.com/assetmap.htm>. – Screen title.
4. Saudi Aramco – where energy is opportunity / [Electronic Resource]. – Mode of access: <http://www.saudiaramco.com/en/home.html>. – Screen title.
5. Мусійко В.Д., А.Б. Коваль (2014) Визначення силового навантаження базового шасі універсальної землерийної машини з в'яльно-поступальною подачею її робочого обладнання на забій. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. Дніпропетровськ: ПГСА, 79, 133-140.
6. Мусійко В.Д., Кравець С.В., Пухтаєвич О.І. (2018) Визначення раціональних режимів роботи інтенсифікатора розвантаження ґрунту з робочого органу землерийних машин безперервної дії. Вісник Національного транспортного ун-ту, 1(40), 241-251.
7. Кравець С.В., Косяк О.В., Гапонов О.О., Янчик Т.О. (2019) Визначення числа ліній різання та висоти ґрунтотранспортуючих

скребків ланцюгово-скребкових траншейних екскаваторів. У кн.: Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. Інтенсифікація робочих процесів будівельних та дорожніх машин. Серія: Підйомно-транспортні, будівельні та дорожні машини і обладнання. Зб. наук. пр. № 107, Дніпро: ДВНЗ «ПДАБА», 66-74.

8. Косяк О.В., Гапонов О.О., Пухтаєвич О.Г. (2018) Передумови створення критичноглибинних режимів роботи багатоскробкових ланцюгових траншейних екскаваторів. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серія: Подъёмно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование, 103, 145-151.

## Section 3. Information Technology

### About one approach to the problems of impact of fine shells of the S.P. Timoshenko type

*Vladislav Bogdanov*

Progressive Research Solutions Pty. Ltd.

Buller Rd 28/2, Artarmon, Sydney, Australia, 2064

[vladislav\\_bogdanov@hotmail.com](mailto:vladislav_bogdanov@hotmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-3424-1801>

Отримано 02.04.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0301>

#### ABSTRACT

The method of the outcoming dynamics problems to solve an infinite system of integral equations Volterra of the second kind and the convergence of this solution are well studied. Such approach has been successfully used for cases of the investigation of problems of the impact a hard bodies and an elastic fine shells of the Kirchhoff–Love type on elastic a half-space and a layer. In this paper an attempt is made to solve the plane and the axisymmetric problems of the impact of an elastic fine cylindrical and spheric shells of the S.P. Timoshenko type on an elastic half-space using the method of the outcoming dynamics problems to solve an infinite system of integral equations Volterra of the second kind. The discretization using the Gregory methods for numerical integration and Adams for solving the Cauchy problem of the reduced infinite system of Volterra equations of the second kind results in a poorly defined system of linear algebraic equations: as the size of reduction increases the determinant of such a system to aim at infinity. This technique does not allow to solve plane and axisymmetric problems of dynamics for fine shells of the S.P. Timoshenko type and elastic bodies. It is shown that this approach is not acceptable for investigated in this paper the plane and the axisymmetric problems. This shows the limitations of this approach and leads to the feasibility of developing other mathematical approaches and models. It

should be noted that to calibrate the computational process of deformation in the elastoplastic formulation at the elastic stage, it is convenient and expedient to use the technique of the outcoming dynamics problems to solve an infinite system of integral equations Volterra of the second kind.

#### INTRODUCTION

The approach [2–6] for solving problems of dynamics, developed [7–9, 11] by V.D. Kumbenko, makes it possible to determine the stress-strain state of elastic half-space and a layer during penetration of absolutely rigid bodies [2, 3, 8, 9, 11] and the stress-strain state of elastic Kirchhoff–Love type fine shells and elastic half-spaces and layers at their collision [4–7]. This led to the feasibility of developing other mathematical approaches and models. In [10, 12–15], a new approach to solving the problems of impact and nonstationary interaction in the elastoplastic mathematical formulation [16–20] was developed. In non-stationary problems, the action of the striker is replaced by a distributed load in the contact area, which changes according to a linear law [21–23]. The contact area remains constant. The developed elastoplastic formulation makes it possible to solve impact problems when the dynamic change in the boundary of the contact area is considered and based on this the movement of the striker as a solid body with a change in the penetration speed is taken into account. Also,

such an elastoplastic formulation makes it possible to consider the hardening of the material in the process of nonstationary and impact interaction.

The solution of problems for elastic shells [24–27], elastic half-space [28–30], elastic layer [31], elastic rod [32, 33] were developed using method of the influence functions [34]. In [24] the process of non-stationary interaction of an elastic cylindrical shell with an elastic half-space at the so-called "supersonic" stage of interaction is studied. It is characterized by an excess of the expansion rate areas of contact interaction speed of propagation tension-compression waves in elastic half-space. The solution was developed using influence functions corresponding concentrated force or kinematic actions for an elastic isotropic half-space which were found and investigated in [34].

In this paper, we investigate the approach [4–7] for solving the axisymmetric problem of the impact of a spherical fine shell of the S.P. Timoshenko type on an elastic half-space.

It is shown that the approach [2–5], after the reduction of the infinite system of Volterra integral equations of the second kind [6 – 8, 11] and discretization using the Gregory methods for numerical integration and Adams for solving the Cauchy problem, a poorly defined system of linear algebraic equations is obtained for which the determinant of the matrix of coefficients increases indefinitely with increasing size of reduction.

### PROBLEM FORMULATION

A thin elastic cylindrical shell comes into collision with the elastic half-space  $z \geq 0$  with its lateral surface along the generatrix of the cylinder at the moment of time  $t=0$ . We associate with the shell, as can be seen in Figure 1, a movable cylindrical coordinate system  $r\theta z'$ :  $\theta$  – the polar angle, which is plotted from the positive direction of the  $oz$  axis, the  $oy$  axis coincides with the cylinder axis. Let us denote by  $u_0(t, \theta)$ ,  $w_0(t, \theta)$ ,  $p(t, \theta)$ ,  $q(t, \theta)$  the tangential and normal displacements of the points of the middle surface of the shell and the radial and tangential components of the distributed external load, which acts on the

shell. We associate a fixed Cartesian coordinate system  $xyz$  with the half-space, so that the  $Oz$  axis is directed deep into the medium, the  $Ox$  axis is directed along the surface of the half-space, and the  $Oy$  axis is parallel to the generatrix of the cylinder. The shell thickness  $h$  is much less than the radius  $R$  of the middle surface of the shell ( $h/R \leq 0,05$ ).

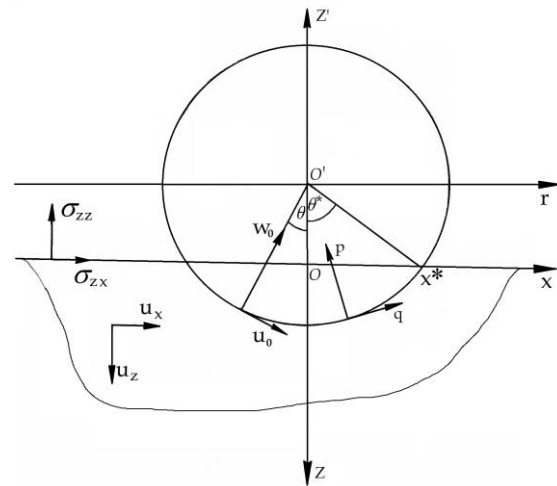


Fig. 1. Scheme of the system cylindrical shell – half space

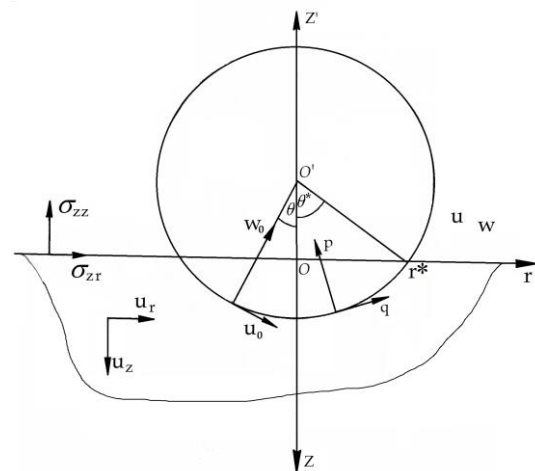


Fig. 2. Scheme of the system spherical shell – half space

In case of axisymmetric problem, a thin elastic spherical shell, moving perpendicular to the surface of the elastic half-space  $z \geq 0$ , reaches this surface at time  $t=0$ . We associate with the shell, as shown in Figure 2, a movable spherical coordinate system  $r'\phi'\theta$ , where  $\phi'$  – is the longitude of the radius vector  $r$ ,  $\theta$  – is the polar angle.

With the half-space we associate a fixed cylindrical coordinate system  $r\phi z$ , the  $Oz$  axis is

directed deep into the medium,  $\varphi$  – is the polar angle. Angle  $\theta$  is plotted from the positive direction of the  $Oz$  axis.

The cylindrical or spheric shell penetrates into the elastic medium at a speed  $v_T(t)$ , ( $0 \leq t \leq T$ ), the initial penetration rate is  $V_0 = v_T(0)$ ,  $T$  – the time during which the shell interacts with the half-space. The shell thickness  $h$  is much less than the radius  $R$  of the middle surface of the shell ( $h/R \leq 0,05$ ).

Let us denote by  $u_0(t, \theta)$ ,  $w_0(t, \theta)$ ,  $p(t, \theta)$ ,  $q(t, \theta)$  the tangential and normal displacements of the points of the middle surface of the shell and the radial and tangential components of the distributed external load, which acts on the shell. With the half-space we associate a fixed cylindrical coordinate system  $r\varphi z$ , the  $Oz$  axis is directed deep into the medium,  $\varphi$  – is the polar angle. Angle  $\theta$  is plotted from the positive direction of the  $Oz$  axis. The physical properties of the half-space material are characterized by elastic constants: volumetric expansion module  $K$ , shear modulus  $\mu$  and density  $\rho$ .

Let's introduce dimensionless variables:

$$t' = \frac{C_0 t}{R}, \quad \left\| \frac{x'}{r'} \right\| = \frac{1}{R} \left\| \frac{x}{r} \right\|, \quad z' = \frac{z}{R}, \quad u'_i = \frac{u_i}{R},$$

$$u'_0 = \frac{u_0}{R}, \quad w'_0 = \frac{w_0}{R}, \quad \sigma'_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{K}, \quad v'_T = \frac{v_T}{C_0}, \quad (1)$$

$$w'_T = \frac{w_T}{R}, \quad p' = \frac{p}{KR} \left\| \frac{1}{1/R} \right\|, \quad q' = \frac{q}{KR} \left\| \frac{1}{1/R} \right\|,$$

$$M' = \frac{M}{\rho R^2} \left\| \frac{1}{1/R} \right\| \cdot \left( i, j = \left\| \frac{x}{r} \right\|, \left\| \frac{y}{\varphi} \right\|, z \right)$$

$$\beta^2 = \frac{C_S^2}{C_0^2} = \frac{\mu}{K}, \quad \alpha^2 = \frac{C_p^2}{C_0^2} = \left( 1 + \frac{4\mu}{3K} \right),$$

$$C_0^2 = \frac{K}{\rho}, \quad b^2 = \frac{\beta^2}{\alpha^2} = \frac{3\mu}{3K + 4\mu}.$$

here  $\mathbf{u} = \left( u_{\left\| \frac{x}{r} \right\|}, u_{\left\| \frac{y}{\varphi} \right\|}, u_z \right)$  – is the vector of movement of points of the environment;

$\sigma_{zz}, \sigma_{\left\| \frac{xz}{r} \right\|}$  – nonzero components of the stress

tensor of the medium;  $M$  – is the shell running mass;  $v_T(t)$ ,  $w_T(t)$  – speed and movement of the shell as a solid. In what follows, we will use only dimensionless quantities, so we omit the dash. The elastic half-space and the spheric shell are in a state of axisymmetric deformation.

Differential equations (of the S.P. Timoshenko type) describing the dynamics of cylindrical (2) and spherical (3) shells and considering the shear and inertia of rotation of the transverse section, due to (1), take the following form [35, pp. 297, 307]:

$$\gamma_0^2 \frac{\partial^2 u_0}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u_0}{\partial \theta^2} + (1 + a_4) \frac{\partial w_0}{\partial \theta} + a_4 \Phi - a_4 u_0 + \beta_3 q,$$

$$\eta_0^2 \frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 w_0}{\partial \theta^2} + \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} - (1 + a_3) \frac{\partial u_0}{\partial \theta} - a_3 w_0 + \beta_4 p, \quad (2)$$

$$\gamma_0^2 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \theta^2} - a_2 \frac{\partial w_0}{\partial \theta} - a_2 \Phi + a_2 u_0,$$

$$\frac{1}{1 - \nu_0} \frac{\partial^2 u_0}{\partial \theta^2} + \frac{\text{ctg} \theta}{1 - \nu_0} \frac{\partial u_0}{\partial \theta} + \frac{2(1 + \nu_0)k_s + 1 - \nu_0}{2(1 - \nu_0^2)k_s} \frac{\partial w_0}{\partial \theta} - \frac{\nu_0 + (1 - \nu_0) \cos^2 \theta}{(1 - \nu_0^2) \sin^2 \theta} u_0 + \frac{\Phi}{2(1 + \nu_0)k_s} = \gamma_0^2 \frac{\partial^2 u_0}{\partial t^2} - q,$$

$$\frac{1}{2(1 + \nu_0)k_s} \frac{\partial^2 w_0}{\partial \theta^2} - \frac{1}{1 - \nu_0} \frac{\partial u_0}{\partial \theta} + \frac{\text{ctg} \theta}{2(1 + \nu_0)k_s} \frac{\partial w_0}{\partial \theta} + \frac{1}{2(1 + \nu_0)k_s} \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} - \frac{\text{ctg} \theta}{1 - \nu_0} u_0 - \frac{2}{1 - \nu_0} w_0 + \frac{\text{ctg} \theta}{2(1 + \nu_0)k_s} \Phi = \gamma_0^2 \frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2} - p, \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial \theta^2} + \text{ctg} \theta \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} - \frac{E_0 h R^2}{2(1 + \nu_0)k_s D} \frac{\partial w_0}{\partial \theta} - \frac{(1 - \nu_0)k_s D (2\nu_0 + (1 - \nu_0) \sin 2\theta) + E_0 h R^2 \sin^2 \theta}{2(1 + \nu_0)k_s D \sin^2 \theta} \Phi = \eta_0^2 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2},$$

where



$$\gamma_0^2 = \left\| \frac{C_0^2/C_{02}^2}{\rho_0 k_1 C_0^2/E_0} \right\|, \quad \eta_0^2 = \left\| \frac{C_0^2/C_{01}^2}{\rho_0 h^3 C_0^2 k_r / 12D} \right\|,$$

$$C_{01}^2 = \frac{E_0}{(1-\nu_0^2)\rho_0}, \quad C_{02}^2 = \frac{b_1^2 E_0}{2(1+\nu_0)},$$

$$a_2 = \frac{6(1-\nu_0)b_1^2 R^2}{h^2}, \quad a_3 = \frac{2}{(1-\nu_0)b_1^2},$$

$$\beta_3 = \frac{(1-\nu_0^2)K^2 R}{E_0 h}, \quad \beta_4 = \frac{2(1+\nu_0)K^2 R}{b_1^2 E_0^2 h},$$

$$b_1^2 = \frac{5}{6}, \quad a_4 = \frac{1}{a_3}, \quad k_1 = 1 + \frac{h^2}{12R^2},$$

$$k_r = 1 + \frac{3h^2}{20R^2}, \quad D = \frac{E_0 h^3}{12(1-\nu_0^2)}, \quad k_s = \frac{5}{6},$$

here  $\Phi$  – angle of rotation of the normal section to the middle surface,  $b_1^2$  – coefficient that considers the distribution of tangential forces in the transverse section of the cylindrical shell,  $k_s$  – shear ratio of the spherical shell,  $D$  – cylindrical stiffness,  $\nu_0, E_0, \rho_0$  – Poisson's ratio, Young's modulus and density of the shell material,  $p$  и  $q$  – respectively, the radial and tangential components of the distributed load acting on the shell,  $R$  – is the shell radius.

The motion of an elastic medium is described by scalar potential  $\varphi$  and non-zero component of vector potential  $\psi$ , which satisfy the wave equations [2 – 5]:

$$\Delta\varphi = \frac{\partial^2\varphi}{\alpha^2\partial t^2}, \quad \Delta\psi = \frac{\partial^2\psi}{\beta^2\partial t^2},$$

$$\Delta \equiv \left\| \begin{array}{c} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \\ \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{\partial}{r\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \end{array} \right\|. \quad (4)$$

The integrals were calculated using the method of mechanical quadratures, in particular, the symmetric Gregory quadrature formula for equidistant nodes. The Cauchy problem for the differential equation (52) was solved by the Adams method (closed-type formulas) [2 – 6] of order  $m_1$  with a local truncation error

$O(\Delta t^{m_1+1})$  [7 – 9, 11]. As a result of discretization, we obtain a system of linear algebraic equations (SLAE). Calculations have shown that with an increase in the reduction size  $N$ , the determinant of the SLAE matrix increases indefinitely. The SLAE is poorly defined: as the reduction size  $N$  tends to infinity, the value of the determinant of the SLAE matrix also tends to infinity. This is due to the fact that the kernels  $Q_{11}(n, t)$ ,  $Q_{22}(n, t)$  in (43), (44) have asymptotic  $\exp(O(n))$  in the parameter  $n$ ,  $\tilde{Q}_{11}(n, t)$  and  $\tilde{Q}_{22}(n, t)$  in (46) and (47) have asymptotic  $O\left(\frac{1}{n}\right)\exp(O(n))$  in the parameter  $n$ . Methods of Tikhonov regularization and orthogonal polynomials do not work to neutralize such an exponential singularity. The approach [1 – 5] for solving problems of dynamics, developed by V.D. Kubenko, makes it impossible to study the impact of elastic cylindrical and spheric shells of the S.P. Timoshenko type and elastic bodies on an elastic foundation [7 – 9, 11]. In addition, this approach makes it possible to determine the stress-strain state only on the surface of the medium into which the striker penetrates.

### CONCLUSIONS

As a result of an attempt to solve the plane and the axisymmetric problems of the impact of a cylindrical and a spheric fine shells of the S.P. Timoshenko type on the surface of an elastic half-space, applying the method of V.D. Kubenko, the limitations of this technique were revealed. This technique does not allow solving plane and axisymmetric [1] problems of dynamics for refined shells of the S.P. Timoshenko type and elastic bodies.

To solve [10, 12–15] the problems of impact and nonstationary interaction [16–20], the elastoplastic formulation [21–23] can be used. It should be noted that to calibrate the computational [2] process in the elastoplastic formulation at the elastic stage, it is convenient and expedient to use the technique [2–6] for solving the problems of dynamics, developed by V.D. Kubenko [7–9, 11].

**Keywords:** impact, elastic, elastic-plastic, half-space, axisymmetric problem, fine, spherical shell, S.P. Timoshenko.

REFERENCES

1. Bogdanov V.R. (2021) One approach to the axisymmetric problem of impact of fine shells of the S.P. Timoshenko type on elastic half-space. *Transfer of Innovative Technologies*, 4(1), 68-74.
2. Bogdanov V.R. (2018) Impact a circular cylinder with a flat on an elastic layer. *Transfer of Innovative Technologies*, 1(2), 68-74.
3. Bogdanov V.R. (2017) Impact of a hard cylinder with flat surface on the elastic layer. *Underwater Technologies*, 5, 8-15.
4. Bogdanov V.R., Lewicki H.R., Pryhodko T.B., Radzivil O.Y., Samborska L.R. (2009) The planar problem of the impact shell against elastic layer. *Visnyk NTU, Kyiv*, 18, 281-292. (in Ukrainian)
5. Kubenko V.D., Bogdanov V.R. (1995) Planar problem of the impact of a shell on an elastic half-space. *International Applied Mechanics*, 31 (6), 483-490.
6. Kubenko V.D., Bogdanov V.R. (1995) Axisymmetric impact of a shell on an elastic half-space. *International Applied Mechanics*, 31 (10), 829-835.
7. Kubenko V.D., Popov S.N., Bogdanov V.R. (1995) The impact of elastic cylindrical shell with the surface of elastic half-space. *Dop. NAN Ukrainy*, 7, 40-44. (in Ukrainian)
8. Kubenko V.D., Popov S.N. (1988) Plane problem of the impact of hard blunt body on the surface of an elastic half-space. *Prikl. Mekhanika*, 24 (7), 69-77. (in Russian)
9. Popov S.N. (1989) Vertical impact of the hard circular cylinder lateral surface on the elastic half-space. *Prikl. Mekhanika*, 25 (12), 41-47. (in Russian)
10. Bogdanov V.R., Sulim G.T. (2016) Determination of the material fracture toughness by numerical analysis of 3D elastoplastic dynamic deformation. *Mechanics of Solids*, 51(2), 206-215; DOI 10.3103/S0025654416020084.
11. Bogdanov V.R. (2015) A plane problem of impact of hard cylinder with elastic layer. *Bulletin of University of Kyiv: Mathematics. Mechanics*, 34, 42-47. (in Ukrainian)
12. Bogdanov V.R., Sulym G.T. (2013) Plain deformation of elastoplastic material with profile shaped as a compact specimen (dynamic loading). *Mechanics of Solids*, 48(4), 329–336; DOI 10.3103/S0025654413030096.
13. Bogdanov V.R., Sulym G.T. (2013) A modeling of plastic deformation's growth under impact, based on a numerical solution of the plane stress deformation problem. *Vestnik Moskovskogo Aviatsionnogo Instituta*, 20, Issue 3, 196-201 (in Russian).
14. Bogdanov V.R. (2009) Three dimension problem of plastic deformations and stresses concentration near the top of crack. *Bulletin of University of Kyiv: Series: Physics & Mathematics*, 2, 51-56. (in Ukrainian)
15. Bogdanov V.R., Sulym G.T. (2012) The plane strain state of the material with stationary crack with taking in account the process of unloading. *Mathematical Methods and Physicomechanical Fields*, Lviv, 55 (3), 132-138. (in Ukrainian).
16. Bogdanov V.R., Sulym G.T. (2010) The crack growing in compact specimen by plastic-elastic model of planar stress state. *Bulletin of University of Kyiv: Series: Physics & Mathematics*, 4, 58-62. (in Ukrainian)
17. Bogdanov V.R., Sulym G.T. (2010) The crack cleavage simulation based on the numerical modelling of the plane stress state. *Bulletin of University of Lviv: Series: Physics & Mathematics*, 73, 192-204. (in Ukrainian)
18. Bohdanov V.R., Sulym G.T. (2011) Evaluation of crack resistance based on the numerical modelling of the plane strained state. *Material Science*, 46 (6), 723-732.
19. Bogdanov V.R., Sulym G.T. (2011) The cleavage crack simulation based on the numerical modelling of the plane deformation state. *Scientific collection «Problems of Calculation Mechanics and Constructions Strength»*, Dnepropetrovsk, 15, 33-44. (in Ukrainian)
20. Bogdanov V.R., Sulym G.T. (2010) Destruction toughness determination based on the numerical modelling of the three dimension dynamic problem. *International scientific collection «Strength of Machines and Constructions»*, Kyiv, 43, 158-167. (in Ukrainian)
21. Bogdanov V.R., Sulym G.T. (2012) A three dimension simulation of process of growing crack based on the numerical solution. *Scientific collection «Problems of Calculation Mechanics and Constructions Strength»*, Dnepropetrovsk, 19, 10-19. (in Ukrainian)
22. Bogdanov V.R., Sulym G.T. (2012) The crack cleavage simulation in a compact specimen based on the numerical modelling of the three dimension problem. *Scientific collection «Methods of Solving Applied Problems in Solid Mechanics»*, Dnepropetrovsk, 13, 60-68. (in Ukrainian)

23. Bogdanov V.R. (2011) About three dimension deformation of an elastic-plastic material with the profile of compact shape. *Theoretical and Applied Mechanics*, Donetsk, 3 (59), 51-58. (in Ukrainian)
24. Fedotenkov G.J. (2001) Cylinder shell impact along elastic semi-plane. Moscow Aviation Institute, 100 p. (in Russian).
25. Mihailova E.Y., Tarlakovsky D.V., Vahterova Y.A. (2018) Generalized linear model of the dynamics of thin elastic shells. *Scientific Notes of Kazan University, Series of Physics and Mathematics*, 160(3), 561-577. (in Russian).
26. Lokteva N.A., Serduk D.O., Skopintsev P.D., Fedotenkov G.J. (2020) Non-stationary stress-deformed state of a composite cylindrical shell. *Mechanics of Composite Materials and Structures*, 26(4), 544-559; DOI: 10.33113/mkmmk.ras.2020.26.04.544\_559.08 (in Russian).
27. Vestyak A.V., Igumnov L.A., Tarlakovskii D.V., Fedotenkov G.J. (2016) The influence of non-stationary pressure on a thin spherical shell with an elastic filler. *Computational Continuum Mechanics*. 9(4), 443-452. (in Russian); DOI: 10.7242/1999-6691/2016.9.4.37
28. Afanasyeva O.A. Mikhailova E.Y. Fedotenkov G.J. (2012) Random phase of contact interaction of a spherical shell and elastic half space. *Problems of Computer Mechanics and Strength of Structures*, 20, 19-26. (in Russian)
29. Michailova E.Y., Tarlakovsky D.V., Fedotenkov G.J. (2014) Non-stationary contact of a spherical shell and an elastic half-space. *Works MAI*. 78, 1-26. (in Russian)
30. Igumnov L.A., Okonechnikov A.S., Tarlakovskii D.V., Fedotenkov G.J. (2013) Plane non-steady-state problem of motion of the surface load on an elastic half-space. *Mathematical Methods and Physicomechanical Fields*, Lviv, 56(2), 157-163. (in Russian).
31. Kuznetsova E.L., Tarlakovsky D.V., Fedotenkov G.J., Medvedsky A.L. (2013) Influence of non-stationary distributed load on the surface of the elastic layer. *Works MAI*. 71, 1-21. (in Russian)
32. Fedotenkov G.J., Tarlakovsky D.V., Vahterova Y.A. (2019) Identification of Non-stationary Load Upon Timoshenko Beam. *Lobachevskii. Journal of Mathematics*, 40(4), 439-447.
33. Vahterova Y.A., Fedotenkov G.J. (2020) The inverse problem of recovering an unsteady linear load for an elastic rod of finite length. *Journal of Applied Engineering Science*, 18(4), 687-692, DOI:10.5937/jaes0-28073.
34. Gorshkov A.G., Tarlakovsky D.V. (1985) Dynamic contact problems with moving boundaries. *Nauka, Fizmatlit*, 352 p. (in Russian).
35. Sagomonian A.J. (1985) Stress waves in a continuous medium. Moscow University Publishing House, 416 p. (in Russian).

## Управління розвитком технологій будівництва на основі знань

Сергій Бушувєв<sup>1</sup>, Роман Трач<sup>2</sup>

Київський національний університет будівництва і архітектури,  
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037

<sup>1</sup>[SBushuyev@ukr.net](mailto:SBushuyev@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-7815-8129>

<sup>2</sup>[dica@ukr.net](mailto:dica@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-6654-9870>

Отримано 16.05.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0302>

### ВСТУП

З розвитком технологій будівництва, змінюються і модернізуються вимоги замовників, проекти стають більш трудомісткими і, відповідно, вся проектна документація ускладнюється, при цьому обсяг її неухильно зростає. Проектувальники змушені обробляти все більше і більше інформації, яка випереджає і супроводжує процес роботи над проектом. Потік інформації 79 продовжує надходити і після здачі об'єкта в експлуатацію, так як зведена будівля тісно взаємодіє з навколишнім середовищем та іншими об'єктами, також не варто забувати і про життєзабезпечення споруди, управління внутрішніми процесами. Відповідно, в геометричній прогресії зростає ймовірність виникнення помилок, а зі збільшенням вартості проекту зростає і вартість помилок. У відповідь реакцією на перераховані вище проблеми стала концепція інформаційного моделювання будівель. Інформаційне моделювання як підхід до проектування будівель передбачає, перш за все, збір, зберігання і комплексну обробку в процесі проектування всієї архітектурно-конструкторської, технологічної, економічної та іншої інформації про будівлю з усіма її взаємозв'язками і залежностями, коли будівля і все, що має до неї відношення, розглядаються як єдиний об'єкт.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою дослідження є оцінка застосування BIM технологій та застосування знань в управлінні розвитком інноваційних технологій будівельної галузі.

BIM включає в себе різнопланову інформацію та знання про будівельний об'єкт: геометрія, просторові зв'язки, географічна інформація, кількість і властивості будівельних матеріалів і комплектуючих, специфікації, вогнестійкість, вартість, аналіз зовнішнього освітлення. Хоча переваги BIM не завжди розуміються проектантом, вони можуть стати явними для інших учасників проекту, таких як власники, підрядники, субпідрядники, компанії з управління нерухомістю. У разі змін дизайну інструменти BIM можуть інтегрувати і систематизувати зміни в цілому проект [1]. Більш того, BIM може використовуватися для інтеграції управління об'єктами. Бурхливий розвиток інформаційних технологій вимагає принципово нових підходів в архітектурно-будівельному проектуванні і розробці проектно-кошторисної документації, що полягають у створенні комп'ютерних моделей будівель і споруд, що несуть в собі всі відомості про майбутні об'єкти. Головним принципом BIM є співпраця різних зацікавлених сторін під час окремих фаз життєвого циклу об'єкту, що дозволяє 80 впровадження, отримання та актуалізацію інформації з метою підтримки і відображення ролі кожного користувача [2, 3]. Отже моделювання інформації про будівлю є системою, яка дозволяє цифровий опис багатьох параметрів будівельного об'єкту на етапах проектування, реалізації та використання. Істотним є те, що опис параметрів BIM відбувається параметрично, що є принциповою перевагою і новаторським підходом. Але однією з основних ідей пов'язаних з BIM є можливість визначення і опису не тільки геометричних і матеріаль-



них параметрів об'єкту, а також грошових і часових факторів. Завдяки цьому BIM дозволяє опис об'єкту, що охоплює всі фази, пов'язані з його виникненням і функціонуванням, від початкових концептуальних робіт, через етапи проектування, реалізації, експлуатації, і аж по ліквідацію. На сьогоднішній день не існує загальноприйнятого визначення і єдиних світових стандартів щодо інформаційної моделі об'єкта, але активно з'являються національні стандарти та формуються основні принципи, яким має відповідати цифрова модель будівельного об'єкта:

1. Єдина інформаційна модель є узгодженим банком даних графічної і описової інформації, базою даних проекту, загальною для всіх частин і етапів проекту. Інформація може бути отримана з моделі за потребою.

2. Грунтуючись на єдиній інформаційній моделі об'єкта, формується єдина стратегія управління проектуванням, виробництвом і процесом реалізації будівельного об'єкта.

3. Забезпечується підтримка розподілених груп: люди, інструменти і завдання можуть ефективно і спільно використовувати цю інформацію, що виключає надмірність, повторне введення і втрату даних, помилки при їх передачі та перетворенні.

4. Універсалізація форматів обміну даними між програмними комплексами різного призначення.

Стандартні системи CAD дозволяють створення тривимірних моделей, які називають 3D моделями. Система BIM виходить за ці межі, даючи можливості для моделювання, що визначається як 4D, 5D, 6D та навіть 7D. Технологія BIM від 4D до 7D може бути описана наступним чином:

- 4D – віртуальна модель будівлі з планами побудови і можливістю контролю процесу побудови, одночасно з візуалізацією будівлі в обраному часі;

- 5D – створює можливість виготовлення більш точної кошторисної документації, мінімізації ваги помилки, а також контролю витрат на етапі будівництва;

- 6D – дотримання принципів сталого розвитку в будівельному процесі. Завдяки цій технології вже на фазі проектування

можна оцінити майбутню будівлю з точки зору енергозбереження, використання сонячної енергії;

- 7D – моделювання, що ґрунтується на управлінні інфраструктурою (англ. Facility Management), що полягає на управлінні будівельним об'єктом протягом цілого циклу життя від проектування до ліквідації. Інтеграція багатьох будівельних дисциплін дозволяє аналізувати речі, які донедавна здавалися за межами управління проектом.

Навіть при найнижчому рівні, BIM 3D, актуальні програмне забезпечення має набагато більше можливості ніж стандартні системи CAD, обмежені найчастіше визначенням геометрії і матеріалу елементів, що проектуються. Системи BIM 3D дозволяють параметризаційний опис геометричних і матеріальних ознак, дають можливість щодо використання найновіших доступних технологій пов'язаних з виробництвом і переробкою будівельних елементів. Широке використання BIM-інструментів при моделюванні будівель зі складною концепцією дизайну [4] надають архітекторам значну свободу для творчості. За рахунок використання BIM можна більш точно розрахувати кількість будівельних матеріалів і комплектуючих, необхідних для реалізації проекту [5]. Це може допомогти скоординувати процес закупівель на етапах проектування і будівництва [6].

Модель BIM може використовуватися як джерело інформації для автоматизованих машин при виготовленні готових будівельних комплектуючих [7]. Також істотною перевагою систем BIM 3D є можливість створення фото реалістичних зображень завдяки застосуванню відповідного програмного забезпечення об'єднаного з центральною програмою BIM. Крім того, модель 3D BIM забезпечить більш реалістичну візуалізацію дизайну на всіх етапах реалізації проекту.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Одним із актуальних питань розвитку управління проектами є концепція інтеграції підприємств під час реалізації будівельного проекту. Ефективність реалізації інте-



граційного процесу багато в чому залежить від того, наскільки ефективно здійснюється управління різними формами взаємодії будівельних підприємств. Результати виробничих процесів інтегрованих підприємств не завжди однозначні й в деяких випадках можуть призводити до зниження ефективності діяльності, оскільки підприємствами в повній мірі не використовується потенціал взаємодії, наслідком якого є додаткові ефекти. В умовах, коли взаємодія підприємств в межах інтегрованих структур не приносить бажаних ефектів, зростає потреба в актуалізації методичних підходів, що дозволяють удосконалювати механізм управління інтегрованими структурами.

На основі вивчення та систематизації наукових поглядів іноземних і вітчизняних вчених на проблему взаємодії підприємств виявлена об'єктивна тенденція посилення інтеграційних процесів між підприємствами в зв'язку з компліментарністю ресурсів, прагненням отримати доступ до ноу-хау, проривним технологіям і організаційним нововведенням. Ці процеси зумовлюють пошук нових форм взаємодії між підприємствами в будівництві.

Проаналізовано специфіку, переваги та недоліки основних методів реалізації проєктів у будівництві. Отримано висновок, що метод інтегрованої реалізації (англ. Integrated Project Delivery, IPD) є наступним етапом еволюції в організації процесу будівництва та об'єднує в собі деякі особливості традиційних методів.

Основна причина, яка стимулює запровадження методу інтегрованої реалізації проєкту в будівництві, полягає в тому, що при використанні традиційних методів реалізації відсутність сталого зв'язку між учасниками проєкту часто призводить до утворення інформаційних розривів та недостатній комунікації на різних етапах реалізації проєкту.

На підставі аналізу наукової літератури виділено основні принципи та переваги методу інтегрованої реалізації проєкту в будівництві: рання участь зацікавлених сторін; загальний ризик і винагороди; комплексний договір; спільні прийняття рішень і контроль; відмова від взаємних пре-

тензій між ключовими учасниками; спільно розроблені та затверджені цілі проєкту.

Досліджено гіпотезу та криві МакЛіммі, які представляють собою графічне відображення традиційного та інтегрованого методів реалізації проєкту в будівництві та витрати на реалізацію проєкту. На нашу думку, в цілому концепція МакЛіммі є вірною, але даний графік має дещо спрощений вигляд та не зовсім точно відображає витрати на різних етапах будівельного процесу. Отже, виникає задача щодо перевірки даної гіпотези.

Сформована модель і вирішено раніше поставлене завдання перевірки концепції ранньої участі зацікавлених сторін (графік Мак Ліммі). В рамках даної моделі проведено порівняння ефективності застосування традиційних методів реалізації будівельного проєкту та методу інтегрованої реалізації за критерієм сукупні витрати на внесення змін до проєкту. Для порівняння ефективності застосування різних методів були використані методи математичного моделювання та інтегрального числення (метод Сімпсона). В результаті розрахунків отримано, що використання інтегрованої моделі дозволяє зменшити сукупні витрати на внесення змін до проєкту на 33,3 %.

Інтегроване співробітництво повинно бути підтримане відповідною інформаційною технологією, що дозволяє безперешкодний доступ до інформації. В будівельній галузі підтримкою для інтегрованої реалізації є ідея використання інформаційного моделювання (англ. Building Information Modeling, BIM).

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проведено порівняльний аналіз традиційних методів та методу інтегрованої реалізації в залежності від етапів будівельного проєкту. Встановлено, що застосування ідеї ранньої участі зацікавлених сторін і більш високого рівня координації й співпраці, створюють можливість виявлення помилок та нестиківок на початкових етапах реалізації проєкту, що в свою чергу дозволяє мінімізувати витрати на його переробку.

Запропоновано оцінювати ефект від інтеграції учасників реалізації будівельного проекту з позиції отриманого сукупного результату, втіленням якого є синергетичний ефект. При реалізації проектів у будівництві із застосуванням мережевої організаційної структури, найбільш цікавим та одночасно найбільш складним є дослідження питання оцінки інформаційної синергії або іншими словами синергії, що утворюється внаслідок оптимізації управління інформаційно-комунікаційними зв'язками

**Ключові слова.** ВІМ технології, знання, управління будівництвом, моделі та методи,

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Круг Георг, Кене Марія (1999). Трансфер знань на підприємстві: основні фази і впливаючі фактори. Проблеми теорії і практики управління, 4, 74-78.
2. Eveland W.P.J., Marton K., and Seo M. (2004) Moving beyond “just the facts”: the influence of online news and the content and structure of public affairs knowledge. *Communication Research*, 31, 82-108.
3. Leach D.J., Wall T.D., & Jackson P.R. (2003) The effect of empowerment on job knowledge: An empirical test involving operators of complex technology. *Journal of Occupational & Organizational Psychology*, 76, 27-52.
4. Polanyi M., Prosch H. (1975) *Meaning*. University of Chicago Press.
5. Orlikowski W.J. (2002) Knowing in practice: enacting a collective capability in distributed organizing. *Organization Science*, 13, 249-273.
6. McInemey C. (2002) Knowledge management and the dynamic nature of knowledge. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 53(12), 1009-1018.
7. Мильнер Б.З. (2005) Теория организаций: учебник. М.: ИНФРА-М, 720, 35.
8. Cross R. (1998) Managing for knowledge: managing for growth. *Knowledge Management*, 1(3), 9-13.

## Моделювання кіберзагроз для Інтернет речей

Олександр Белов<sup>1</sup>, Максим Делембовський<sup>2</sup>, Віталій Шкляр<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037

<sup>1</sup>[sanya100110@gmail.com](mailto:sanya100110@gmail.com),

<sup>2</sup>[maksdel2@gmail.com](mailto:maksdel2@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-6543-0701>

<sup>3</sup> Національний транспортний університет

вул. М. Омеляновича-Павленка 1, Київ, Україна, 01010

<sup>3</sup>[parabellum199316@gmail.com](mailto:parabellum199316@gmail.com)

Отримано 29.04.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0303>

### ВСТУП

Сучасний світ неможливо вже уявити без інформаційних технологій. В основі таких технологій лежить використання комп'ютерної техніки та засобів комунікацій. Як і в реальному світі, так і у віртуальному трапляються злочини, що отримали назву «кіберзлочини». Таким чином, об'єкти енергетичного забезпечення, транспортні системи, фінансові і банківські структури, військові відомства та правоохоронні органи, торговельні, медичні й наукові установи є потенційними жертвами комп'ютерної злочинності, зокрема кібертероризму.

Камери спостереження, датчики руху, біочіпи, розумні побутові прилади – всі ці речі спрощують наші повсякденні справи та роблять наше сучасне життя більш зручнішим. Із ростом кількості пристроїв, підключених до мережі, зростає і кількість кіберзагроз. Наприклад, розумний холодильник став частиною бот-мережі і почав розсилати спам, а розумна кавоварка виявилася причиною атаки на індустріальні мережі з подальшим зараженням комп'ютерів.

Інтернет речей, котрі в свою чергу мають простоту і складність реалізації, також володіють деякими проблемами, пов'язаними з інформаційною безпекою. Часом розробники, навмисно або ненавмисно, залишають недокументований канал, який не просто збирає інформацію про застосування пристрою, але і дозволяє проникати в особистий простір кінцевого користувача.

У разі вчинення витоку персональних даних, метою шахраїв зазвичай є особисті дані: імена, поштові адреси, адреси електронної пошти, дані кредитних карт або інформація про акаунт. Це дозволяє здійснювати замовлення товарів в Інтернеті під чужим іменем та оплачувати їх, використовуючи чужу дебетову картку або списання коштів з певного рахунку. З тією ж метою може використовуватися фішинг, котрий включає в себе використання фіктивних веб-сайтів, електронної пошти чи текстових повідомлень для доступу до персональних даних.

### МЕТА

Метою дослідження являється оцінювання ризиків кіберзагроз, які поширюються через Інтернет речей.

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

Інтернет речей (Internet of Things – IoT) – одна з найвідоміших концепцій у науці прогнозування майбутнього, футурології, що складається із взаємопов'язаних фізичних пристроїв, які мають вбудовані датчики, а також програмне забезпечення, що дозволяє здійснювати передачу та обмін даними між фізичним світом і комп'ютерними системами через стандартні протоколи зв'язку. Ці мережеві протоколи представляють собою набори правил та дозволяють здійснювати зв'язок і обмін даними між двома або більше підключених до мережі пристроїв [1].

Сьогодні поняття «Інтернет речей» включає в себе відразу кілька явищ. Це і самі пристрої, які підключені до глобальної мережі і взаємодіють між собою. Це і спосіб підключення «M2M» – тобто машина-до-машина, без участі людини. Також це і великі об'єми даних, які тепер генерують ці пристрої [2].

Моделювання кіберзагроз для Інтернет речей можна поділити на два етапи. Перший етап показує технології порушення роботи пристроїв інтернет речей. Другий етап відображає моделювання існуючих вразливих місць і методів доступу до контролю пристроїв.

Основною концепцією Інтернету речей є взаємодія фізичних об'єктів та пристроїв. Пристрої мають вбудовані датчики і програмне забезпечення, що дає змогу здійснювати обмін даними між пристроєм та комп'ютерною системою за допомогою стандартних протоколів зв'язку. Найпримітивніша система Інтернету речей складається з пристрою, що включає в себе апаратну частину, програмне забезпечення, технологію передачі даних між пристроєм і системою, та саму систему, яка отримує дані.

Вразливість пристроїв Інтернет речей поділяється на два типи:

- апаратне ураження;
- взаємодія пристроїв через технології передачі даних.

На апаратному рівні дуже часто використовується радіочастотна ідентифікація «RFID-мітки». Ці мітки встановлюються на такі пристрої як перепустки, ключі, аудіо- та відеоконтроль, системи електронних платежів тощо. Особливістю та вразливістю цієї технології є:

- безконтактне спрацювання та передача інформації;
- зчитування та запис інформації за допомогою отримання сигналів;
- спрацювання без джерела енергії;
- легкість у використанні та встановленні;
- велика ймовірність пошкодження;
- впровадження інформації на пристрій без попередньої перевірки;
- можливість впровадження нового пристрою у мережу з певними частотами;

– отримання даних про місцезнаходження за сигналом міток [3].

Технологія NFC, яка в свою чергу принесла дуже зручний спосіб розрахування картками і телефонами, має ті самі вразливості, що й RFID-мітки. NFC – це безконтактна технологія обміну інформацією на відстані не більше 10 см. Попри зручність даної технології, існує велика можливість отримати вірус на пристрій і втратити персональну інформацію, паролі чи сам доступ.

QR – це технологія штрих-кодів, їх ще називають фізичними гіперпосиланнями, тобто підпис, за котрим можна легко отримати контакти, перейти на сайт в інтернет магазині чи завантажити вірус на пристрій через посилання. Попри зручність, без спеціального програмного забезпечення, людина ніяким чином не може визначити правдивість даної "картинки-адреси", яка також може бути і набором певних команд для зміни налаштувань скануемого пристрою.

Самою найрозповсюдженішим способом отримання доступу через механізми передачі даних є втручання у бездротову мережу. Всі бездротові мережі в будь-якому випадку з'єднуються з дротовою мережею. Відповідно, при проникненні у дротову мережу, ураження розповсюджується по всім пристроям. Ураження може проходити через програмно-апаратні методи захисту локальних мереж:

- мережеві екрани;
- криптографічний захист;
- антивірусні програми;
- біометричні технології ідентифікації та аутентифікації;
- віртуальні захищені канали.

Для технологій бездротової передачі даних особливо важливу роль в побудові Інтернету речей відіграють такі характеристики, як:

- ефективність
- відмовостійкість;
- адаптивність;
- самоорганізація.

Типи атак які виконуються у бездротовому інтерфейсі IEEE 802.11:

- імперсонація та Identity Theft;
- мережевий сніффінг;
- IP- та MAC-spoofing;

- паролльні атаки;
- атаки типу "Man-in-the-Middle";
- переадресація портів;
- віруси і додатки типу "троянський кінь";
- відмова в обслуговуванні (Denial of Service – DoS);
- атаки на рівні додатків;
- атаки з деаутентифікацією [4...6].

Системи захисту потрібно комбінувати між собою для більшої ефективності, бо стандарт IEEE 802.11 надає вкрай слабкі засоби забезпечення безпеки, які схильні до численних мережевих атак.

Найефективнішими методами захисту від атак на Інтернет речей будуть:

- планова перевірка апаратного функціоналу пристроїв;
- перевірка та використання систем захисту і антивірусів;
- шифрування даних найсучаснішими стандартами і технологіями;
- резервне копіювання.

Варто зазначити, що будь-який пристрій Інтернет речей не може бути повністю захищений від будь-яких вразливостей. Деякими характеристиками завжди потрібно було жертвувати для того, щоб система відповідала іншим вимогам. Як приклад, деякі пристрої володіють простотою у використанні та мобільністю. Для отримання таких параметрів нехтують захистом.

## ВИСНОВКИ

Наразі, більшість компаній розробляють пристрої Інтернет речей, але не в кожній із них є стандарти та правила застосування технологій цих пристроїв. Звідси випливає, що відсутність певних протоколів стандартів безпеки збільшує ймовірність зараження пристроїв кожного дня, які

зіштовхуються багато користувачів. Більшість Інтернет речей слугують дуже великою зручністю, але при цьому жертвують безпекою інформації. Стрімкий ріст пристроїв Інтернет речей показує таку тенденцію, що в майбутньому все більше цих технологій набиратимуть популярність у всіх сферах людської життєдіяльності. На даний час постає питання запобігання отримання несанкціонованого доступу до таких приладів.

**Ключові слова:** Інтернет речі, кібератака, стандарт протокол, захист пристроїв, інформаційна безпека.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Futurum [Електронний ресурс]: «Інтернет Речей: концепція IoT». – Режим доступу: <https://futurum.today/internet-rechei-kontseptsii-aiot-shcho-chekaty-vid-maibutnoho/> (дата звернення: 19.04.2021).
2. AppTractor [Електронний ресурс]: «Інтернет вещей». – Режим доступу: <https://apptractor.ru/internet-veshhey> (дата звернення: 19.04.2021).
3. Bill Glover, Himanshu Bhatt (2006) RFID essentials. O'Reilly Media, Inc., ISBN 0-596-00944- 5, 88-89.
4. UMD Department of Computer Science [Електронний ресурс]: «An Initial Security Analysis of the IEEE 802.1x Standard». – Режим доступу: <http://www.cs.umd.edu/~waa/1x.pdf> (дата звернення: 19.04.2021).
5. IEEE SA [Електронний ресурс]: «Official IEEE 802.11 Working Group Project Timelines». – Режим доступу: [http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/802.11\\_Timelines.htm](http://grouper.ieee.org/groups/802/11/Reports/802.11_Timelines.htm) (дата звернення: 19.04.2021).
6. Cisco [Електронний ресурс]: «Cisco Wireless LAN Security Web site». – Режим доступу: <http://www.cisco.com/go/aironet/security> (дата звернення: 19.04.2021).



## Аналіз завдань технології краудсорсингу для геоінформаційних систем у сфері управління надзвичайними ситуаціями

*Віталій Шкляр<sup>1</sup>, Сергій Федін<sup>2</sup>*

Національний транспортний університет  
вул. М. Омеляновича-Павленка 1, Київ, Україна, 01010

<sup>1</sup>[parabellum199316@gmail.com](mailto:parabellum199316@gmail.com)

<sup>2</sup>[sergey.fedin1975@gmail.com](mailto:sergey.fedin1975@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-9732-632X>

Отримано 16.05.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0304>

В останні десятиріччя зберігаються тенденції зростання кількості надзвичайних ситуацій (НС) і масштабів їх наслідків. Це змушує людство шукати нові шляхи підвищення ефективності захисту населення та територій від НС, передбачати майбутні загрози, ризики і небезпеки, розвивати методи їх прогнозу та попередження [1]. НС завжди супроводжуються як матеріальними так і людськими втратами, тому дуже важливими є швидке і правильне прийняття рішень по ліквідації їх наслідків. Одним з основних напрямків підвищення оперативності, обґрунтованості та якості прийняття управлінських рішень щодо попередження та ліквідації НС є створення інформаційних систем підтримки прийняття рішень на основі широкої та всебічної автоматизації процесів управління ресурсами, які призначені для попередження та ліквідації НС.

Особливостями процесу прийняття рішень в умовах НС є неповнота і недостовірність представлення інформації та малий резерв часу для прийняття рішення, а особливістю функціонування інформаційних систем з підтримки прийняття рішень в умовах НС є необхідність забезпечення адекватного та ефективного моделювання процесів розвитку різних класів НС. Застосування моделювання при управлінні складними об'єктами різної фізичної природи, що функціонують, як правило, в умовах невизначеності, дозволяє істотно підвищити ефективність управління за рахунок того, що забезпечується можливість аналізу зміни властивостей об'єкта при виборі керуючих впливів.

З огляду на вищезазначене, інформаційні системи підтримки прийняття рішень можуть бути доповнені системами оперативного збору інформації про стан навколишнього середовища в зонах НС. Сьогодні управління процесом набуття, інтеграції та аналізу великих і гетерогенних даних, які отримуються із різноманітних джерел, здійснюється на основі нової парадигми обчислень, що отримала назву краудсорсингу, а одним з варіантів отримання інформації про стан навколишнього середовища в зонах НС є краудсорсингові системи [2]. Такі системи зможуть оперативно надавати найновішу інформацію про стан середовища в зоні НС, на базі якої системи підтримки прийняття рішень зможуть забезпечувати необхідні управлінські рішення для попередження, зменшення або ліквідації негативних наслідків. Таким чином, актуальною задачею підтримки прийняття управлінських рішень щодо підвищення оперативності та обґрунтованості заходів попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій є створення інформаційних краудсорсингових систем збору інформації про стан навколишнього середовища в зонах НС.

Поряд з цим важливим завданням для всіх аспектів управління надзвичайними ситуаціями є своєчасне застосування гетерогенних даних та різних інструментів, до яких належать: готовність до НС, реагування, відновлення та пом'якшення наслідків. Карти та інші форми геопросторових даних є важливими на перших етапах пошуку, рятування та планування евакуації та найкраще забезпечують раннє інформування про наслідки надзвичайної ситуації. Техно-

логії краудсорсингу передбачають системне використання мобільних пристроїв для формування спільної сенсорної мережі та обміну знань, які отримані за допомогою їх сенсорів. До краудсорсингу належать дані від користувачів соціальних мереж, які можуть бути проаналізовані, оброблені та використані у багатьох сферах, таких як моніторинг навколишнього середовища, міське планування, управління НС, а також охорона здоров'я та безпека життєдіяльності.

Аналіз принципів краудсорсингу показує, що інформація, в якій зацікавлена велика кількість людей, буде точнішою, ніж інформація, що цікавить лише обмежену кількість осіб, з чого випливає, що інформація про незначні події у віддалених районах буде менш точною, ніж інформація про важливі події в районах, які знаходяться у густонаселених областях [3–5]. Компанії (Яндекс, Google, Uber та ін.), що створюють навігаційні бази даних чи on-line сервіси для транспортних засобів (Яндекс-Карти, Open Street Maps, Wikimapia та ін.), вже розробили складні та повністю автоматизовані методи та механізми для виявлення потенційно небезпечних ситуацій. Формалізація таких методів є актуальною та перспективною темою для досліджень, оскільки це дасть змогу створити інструменти перевірки помилок розпізнавання небезпечних ситуацій та аналізу надійності даних. Використовуючи дані евристики та застосовуючи евристичні методи, специфічні для конкретної області, можна значно підвищити надійність просторової інформації, яку було отримано в результаті краудсорсингу. Цей спосіб підтвердження надійності інформації відрізняється від традиційних, які використовують процедури контролю та гарантують аналогічну надійність інформації.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що головними завданнями використання краудсорсингу для створення геоінформаційних систем (ГІС) та їх застосування в сфері управління НС є:

- визначення типів географічної інформації та вибір факторів, що впливають на якість краудсорсингової інформації, для її кількісної оцінки та поліпшення;

- розроблення методів для синтезу та аналізу краудсорсингових даних і встановлення їх зв'язку з іншими даними, включаючи апріорні дані та знання.

У результаті попередніх досліджень встановлено, що застосування краудсорсингових технологій дозволяє обробляти великі масиви різноманітної інформації про показники НС, яка отримана з найрізноманітніших джерел/каналів комунікації (соціальні медіа, електронна пошта, телефонний зв'язок, SMS, RSS-стрічки, ЗМІ, дані геолокації, данні датчиків БПЛА, датчиків систем моніторингу навколишнього середовища і т.п.) [6]. Поєднання систем підтримки прийняття рішень з краудсорсинговими технологіями оперативного збору інформації про стан навколишнього середовища надають змогу суттєво підвищити точність і доцільність управлінських рішень, які спрямовані на попередження та ліквідацію наслідків НС.

До складу краудсорсингової системи моніторингу НС (КСМНС) в місті належать такі підсистеми:

- центр збору і обробки інформації від свідків НС у вигляді медіа-контенту та SMS-повідомлень;

- безпроводні сенсорні мережі об'єктового моніторингу потенційно-небезпечних об'єктів;

- мобільні сенсори у вигляді роботів, дронів і сенсорів транспортних і рятувальних засобів;

- центр обробки даних.

КСМНС працює з різними типами інформації з різноманітних джерел, а саме: SMS-повідомлення; MMS-повідомлення; фото, відео й аудіо дані з Інтернет-мережі. Забезпечення роботи КСМНС можливе за рахунок застосування трьох серверів: для роботи з медіа-контентом; для роботи з додатками мобільного зв'язку; для управління верифікацією, валідацією й управлінням отриманою інформацією (Рис. 1).

При цьому технологія екологічного моніторингу та оцінювання ризиків у зоні спостереження об'єктів підвищеної небезпеки із застосуванням інтелектуальної сенсорної техніки є сукупністю технічних рішень побудови безпроводних сенсорних

мереж (наприклад, на основі стандартів IEEE802.15.4/ZigBee) з використанням моніторингово-сигнальних датчиків.

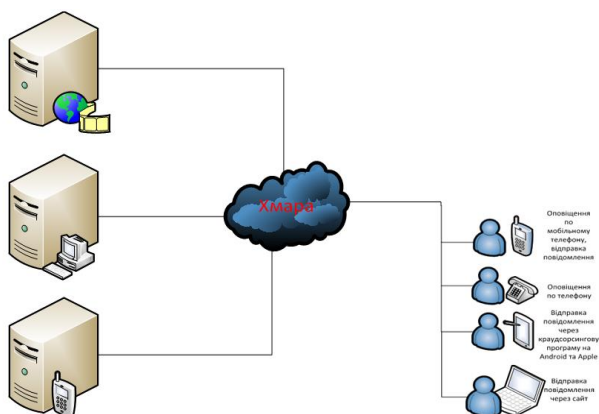


Рис. 1. Архітектура КМНС

Слід відмітити, що основною відмінністю ГІС від інших інформаційно-аналітичних систем з точки зору специфіки оброблюваних і аналізованих даних є використання просторових даних. Тому сучасна ГІС надає можливість користувачу здійснювати заходи з надання електронних карт оперативному складу органу управління, здійснювати навігацію за електронними картами та виконувати інші процедури і розрахунки з геодезичними даними.

Проведений аналіз показує, що сьогодні світова інфраструктура масової веб-картографії знаходиться на початковому етапі свого формування та має децентралізовану, багатопарову архітектуру, яка поєднує як глобальні (Google Maps, Open Street Map, Bing Maps), так і локальні (Sudan Satellite Sentinel Project, CERA, Яндекс Карти) сервіси широкого та власне кризового (Development Seeds, Citivox, Tomnod) призначення, що можуть бути пропрієтарними і некомерційними, дослідницькі центри (програма «Crisis Mapping and Early Warning» в рамках Гарвардської Гуманітарної Ініціативи), різноманітні on-line-спільноти, блоги, форуми (Green Map System, блог Патріка Мейєра і багато інших). При цьому вже з'явилися мережні організації, що відіграють роль глобальних координаційних центрів і дискусійних майданчиків, в сегменті кризової веб-картографії такою, наприклад, є Crisis

Mappers (повна назва – The International Network of Crisis Mappers), що на сьогодні об'єднує достатньо багато організацій, веб-картографів різних країн світу.

Проте технологічною проблемою розвитку сучасної веб-картографії є те, що сьогодні відсутні надійні відпрацьовані технології верифікації краудсорсингових даних. Це дає незначний відсоток помилок і неточностей, але досі невідомо про випадки навмисного стороннього викривлення даних чи цілеспрямованої масштабної дезінформації в рамках означених проектів.

Однією з основних проблем інституційного розвитку сучасної веб-картографії (включаючи кризову) є дефіцит системного, взаємовигідного і достатньо легітимізованого співробітництва між волонтерським, некомерційним її сектором і урядовими та іншими офіційними структурами відповідного профілю. Водночас реалізуються численні спільні проекти, відкриті веб-картографічні ресурси open source широко використовуються міжнародними, урядовими та приватними структурами (Open Street Map), поряд з державними чи пропрієтарними професійними центрами геоінформаційного аналізу виникають альтернативні некомерційні on-line-сервіси, що серед інших послуг пропонують вільне ПЗ (GRASS, gvSIG, GDAL, Mapserver, Open Layers, GIS-Lab.info). Такі тенденції свідчать про обопільну зацікавленість і дозволяють стверджувати, що подальший взаємовигідний симбіоз глобальної веб-картографії та офіційних структур, її подальша інституалізація, швидке зростання та структурне укрупнення стане другим етапом і найімовірнішим сценарієм її розвитку.

Вищесказане стосується у першу чергу кризової картографії, оскільки сфера її застосування є найбільш критичною та актуальною як для урядів, так і для громадськості. Сьогодні кризовий сегмент світової веб-картографії є найрозвинутішим і акумулює в собі найсучасніші технологічні рішення. На даний момент у світі йде інтенсивна робота над елементами нової моделі цивільного захисту, де акцент робиться на ранньому попередженні НС та миттєвому

реагуванні на них на основі перманентного багатоканального моніторингу і картографічної візуалізації даних on-line, а також планування, координації дій з реагування та мінімізації наслідків НС [7].

Враховуючи проведений аналіз, можна виділити основні перспективні напрями розвитку краудсорсингових систем та підвищення ефективності застосування ГІС у сфері управління НС:

– запровадження у середньостроковій перспективі національних картографічних веб-платформ, які призначені для моніторингу НС з можливістю редагування їхнього контенту Інтернет-користувачами в режимі реального часу;

– використання картографічних веб-платформ при подоланні наслідків НС (природних чи техногенних) та завчасне формування орієнтовного списку тих on-line-спільнот, які займаються даною тематикою та чиї можливості можуть бути використані принаймні на рівні інформаційних ресурсів під час НС.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Геловани В.А., Башлыков А.А., Бритков В.Б., Вязилов Е.Д. (2001) Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях. М.: Эдиториал УРСС, 304.
2. Тегин В.А., Усманов Б.Ф. (2012) Краудсорсинг в генерации инновационных идей. Мир транспорта, 6, 118-123.
3. Джефф Хау (2012) Краудсорсинг. Коллективный разум как инструмент развития бизнеса: пер. с английского. М.: Альпина Паблишер, 288.
4. Сурмин Ю.П., Туленков Н.В. (2004) Теория социальных технологий. К.: МАУП, 608.
5. Патрушев В.И. (2008) Основы общей теории социальных технологий. М.: ИКАР, 320.
6. Шкляр В.О. (2017) Застосування краудсорсингових систем для підтримки прийняття рішень в умовах ризику та невизначеності виникнення надзвичайних ситуацій. Проблеми інфокомунікацій : Матеріали першої всеукраїнської науково-технічної конференції. – Полтава: ПолтНТУ; Київ: НТУ; Харків: НТУ«ХП»; Київ: Полтава: ВКСС ВІТІ, 67-68.
7. Забезпечення інституційних основ підтримки прийняття рішень щодо попередження, реагування та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [електрон. ресурс]. URL: <http://komekolog.rada.gov.ua/print/73297.html> (дата звернення 15.05.2021).

## Методи цифрового захисту графічних зображень

Євгенія Шабала<sup>1</sup>, Анастасія Латанська<sup>2</sup>

Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА)

Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037

<sup>1</sup>[wild\\_miledi@ukr.net](mailto:wild_miledi@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-0428-9273>

<sup>2</sup>[zmei.kira.lanska@gmail.com](mailto:zmei.kira.lanska@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-3719-1229>

Отримано 28.04.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0305>

### ВСТУП

Швидкий розвиток, широке поширення інформаційних і комунікаційних технологій в наш час, легкість передачі і поширення інформації в комп'ютерних мережах тягнуть за собою необхідність захисту файлів що публікуються у відкритому доступі або переданих по мережі документів. Забезпечення надійної передачі і зберігання інформації передбачає два аспекти: по-перше, запобігання несанкціонованого доступу до даних і, по-друге, забезпечення надійної передачі даних незважаючи на перешкоди.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для запобігання несанкціонованого вторинного використання даних, їх модифікації та порушення авторського права, а також незаконного поширення цих даних, використовуються різні технічні пристосування, в залежності від типу переданих даних (наприклад, можливість читання документа при одночасній забороні редагування). Одним з видів такого захисту зокрема, для мультимедійних файлів є впровадження водяних знаків (watermark injection). Водяні знаки однозначно ідентифікують власника мультимедійного файлу, при цьому вони забезпечують можливість підтвердження авторства в будь-який момент використання медіафайлу.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Водяні знаки можуть бути впроваджені в будь-який мультимедійний документ (оригінал, звук, відео і т. д.) і при необхідності

підтвердити відповідність медіафайлу оригіналу.

Основні вимоги, що пред'являються до водяних знаків: надійність і стійкість до спотворень, непомітності, робастності до обробки сигналів (robust - здатність системи до відновлення після впливу на неї зовнішніх/внутрішніх спотворень, в тому числі умисних). ЦВЗ мають невеликий обсяг, але для виконання зазначених вище вимог, при їх встановленні використовуються більш складні методи, ніж для вбудовування звичайних заголовків або повідомлень.

Зазвичай цифрові водяні знаки невидимі (методи LSB і Patchwork). Однак ЦВЗ можуть бути видимими на зображенні або відео. Зазвичай це інформація являє собою текст або логотип, який ідентифікує автора (методи мікшування і нанесення тексту).

Метод мікшування передбачає нанесення одного зображення на інше в певному співвідношенні. Цей алгоритм найбільш близький до класичних водяних знаків, тому що являє собою накладення двох зображень, одне з яких свідчить про справжність зображення. Як зображення може бути, наприклад, логотип фірми або сайту - власника зображення.

Так званий, життєвий цикл ЦВЗ може бути описаний таким чином. Спочатку в сигнал-джерело S в довіреному середовищі впроваджуються водяні знаки за допомогою функції E. В результаті виходить сигнал SE. Наступний етап - поширення SE через мережу або будь-яким іншим способом. Під час поширення на сигнал може бути здійснена атака. У отриманого сигналу SEA водяні знаки можуть бути потенційно знищені або змінені. На наступному



етапі функція виявлення D намагається виявити водяні знаки  $w$ , а функція R витягнути з сигналу впровадження повідомлення. Цей процес потенційно може здійснювати зломисник. Схема життєвого циклу ЦВЗ показана на Рис. 1.

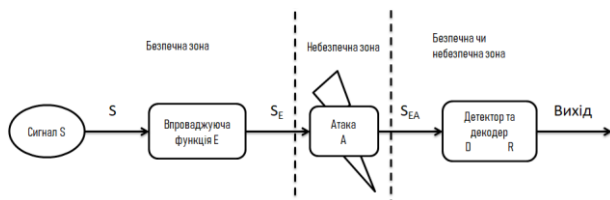


Рис. 1. Життєвий цикл ЦВЗ

Алгоритм методу міксування полягає в наступному. Спочатку розраховується розташування водяного знаку на контейнері. Після цього відбувається розрахунок коефіцієнтів стиснення ЦВЗ по відношенню до контейнера, і після цього по піксельно наноситься водяний знак.

Водяний знак, нанесений методом міксування, завжди видно неозброєним оком і не може бути вилучений з зображення, якщо в наявності немає файлу з ЦВЗ.

Метод нанесення тексту відноситься до найбільш часто використаних. В заданій точці на поверхню зображення наноситься текст різного ступеня прозорості, з різними атрибутами. Більшість зображень, які розповсюджуються через інтернет, мають такий водяний знак,

найчастіше це адреса сайту або ім'я автора. Неможливість видалення даного ЦВЗ підтверджується тими ж викладками, що і для методу міксування.

Водяні знаки, нанесені цими методами, є надійними: видалити їх можна, тільки знищивши саме зображення.

При впровадженні ЦВЗ використовується співвідношення:

$$\tilde{n}_R = \text{mix}((c_0 \cdot a \cdot T + c_1 \cdot a \cdot (1 - T)), (c_0 \cdot R \cdot T + c_1 \cdot R \cdot (1 - T)), (c_0 \cdot G \cdot T + c_1 \cdot G \cdot (1 - T)), (c_0 \cdot B \cdot T + c_1 \cdot B \cdot (1 - T))),$$

де  $\tilde{n}_R$  - результуюче значення пікселя,  $\tilde{n}_0$  - початкове значення пікселя вихідного зображення,  $\tilde{n}_1$  - значення відповідного пікселя ЦВЗ, T - коефіцієнт прозорості.

Припустимо, що є зображення з впровадженим водяним знаком. Тоді для отримання початкового зображення необхідно вирішити систему з 4 рівнянь:

$$\begin{aligned} \tilde{n}_R \cdot a &= c_0 \cdot a \cdot T + c_1 \cdot a \cdot (1 - T); \\ \tilde{n}_R \cdot R &= c_0 \cdot R \cdot T + c_1 \cdot R \cdot (1 - T); \\ \tilde{n}_R \cdot G &= c_0 \cdot G \cdot T + c_1 \cdot G \cdot (1 - T); \\ \tilde{n}_R \cdot B &= c_0 \cdot B \cdot T + c_1 \cdot B \cdot (1 - T), \end{aligned}$$

що можливо, тільки маючи в наявності файлу із зображенням ЦВЗ, що може зробити тільки автор зображення.

Метод LSB заснований на тому факті, що при оцифрування зображення або звуку завжди присутня похибка дискретизації, рівна найменшому значущому розряду числа, що визначає величину колірної складової елемента зображення або амплітуди звукового сигналу. Тому заміна найменш значущих бітів прихованим повідомленням в більшості випадків не викликає значної трансформації сигналу і не виявляється візуально чи аудально. Займаючи два біта з восьми на кожен канал, ми будемо мати можливість заховати три байта корисної інформації на кожні чотири пікселя зображення, що відповідає 25% обсягу картинки. Таким чином, маючи файл зображення розміром 200 Кбайт, ми можемо приховати в ньому до 50 Кбайт довільних даних так, що неозброєним оком ці зміни не будуть помітні.

В якості водяного знаку метод LSB використовується наступним чином. Власник файлу впроваджує водяний знак шляхом запису в нього інформації з певного файлу. Якщо виникла необхідність підтвердити авторство, власник отримує інформацію з контейнера і доводить тотожність витягнутого і пред'явленого файлів, що однозначно говорить про авторство.

В якості водяного знаку метод LSB використовується наступним чином. Власник файлу впроваджує водяний знак шляхом запису в нього інформації з певного файлу. Якщо виникла необхідність підтвердити авторство, власник отримує інформацію з контейнера і доводить тотожність витягну-

того і пред'явленого файлів, що однозначно говорить про авторство.

Даний ЦВЗ є крихким: навіть перетворення в стислий формат знищує його повністю. Метод Patchwork заснований на внесенні змін в дві ділянки зображення: на ділянці А яскравість зображення незначно збільшується, а на ділянці В - зменшується.

Наявність подібного відхилення від очікуваного значення свідчить про наявність вбудованої в зображення мітки. Таким чином, власник може довести свої інтелектуальні права на зображення, пред'явивши секретний ключ, який використовувався для вбудовування мітки в зображення.

Даний водяний знак є напівкрихким: при внесенні змін до зображення з великою часткою ймовірності його можна буде ідентифікувати.

#### ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Отже, одним із способів захисту авторського права на мультимедійну інформацію є застосування цифрових водяних знаків. Існують дві групи водяних знаків, впроваджуваних в зображення - це видимі (мікшування і нанесення тексту) і невидимі (LSB і Patchwork). Видимі водяні знаки являють собою певне викривлення зображення з метою інформувати користувача про автора або власника зображення. Невидимі водяні знаки служать для тих же цілей, але вони не видно неозброєним оком.

**Ключові слова:** цифровий водяний знак, інформаційний захист, мікшування, метод LSB, метод Patchwork.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Вовк О.О., Астраханцев А.А., Дорожан А.В. (2012) Исследование стойкости методов скрытия информации в неподвижных изображениях. Системы обработки информации (научно-технический журнал). Харьков, 2 (54), 104-109.
2. Вовк О.О. (2011) Дослідження стійкості цифрових водяних знаків у відеофайлах і зображеннях. Наук. кер. А.А. Астраханцев. 15-й Международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». Х.: ХНУРЭ, 4, 157-158.
3. Вовк О.О. (2011) Дослідження та порівняльна характеристика методів вбудовування інформації для прихованої передачі у мережах зв'язку. Наук. кер. А.А. Астраханцев. Інфокомунікації – сучасність та майбутнє: матеріали першої міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених. Одеса, ОНАЗ, 1, 105-108.
4. Вовк О.О. (2012) Дослідження та порівняльна характеристика методів вбудовування інформації для прихованої передачі у мережах зв'язку. Наук. кер. А.А. Астраханцев. Підсумкова науково-практична конференція Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт (галузь знань «Інформаційна безпека»). – Львів, ЛП.
5. Дорожан А.В., Астраханцев А.А., Вовк О.О. (2012) Исследование характеристик методов скрытия на основе НЗБ на фоне аддитивного шума. Вісник національного технічного університету «ХПІ», Харків, 18, 37-40.
6. Вовк О.О., Астраханцев А.А. (2014) Розроблення методики оцінювання важливості характеристик стеганографічних алгоритмів. Вісник національного університету «Львівська політехніка» «Інформаційні системи та мережі», Львів, 805, 52-60.

## Розробка кроссплатформених додатків

Олександр Безверхий<sup>1</sup>, Олександр Куценко<sup>2</sup>

Національний транспортний університет  
вул. Михайла Омеляновича-Павленка 1, Київ, 01010  
<sup>1</sup>[o\\_bezver@ukr.net](mailto:o_bezver@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0002-0834-6335>  
<sup>2</sup>[alexkutsenko95@gmail.com](mailto:alexkutsenko95@gmail.com)

Отримано 25.04.2021, прийнято 19.05.2021  
<https://doi.org/10.32347/tit2141.0307>

### ВСТУП

Робота присвячена дослідженню кроссплатформеної розробки додатків, елементів архітектури, інструментів, мов програмування та фреймворків. Під час роботи були розглянуті існуючі засоби розробки, детально досліджено один фреймворк який наразі є єдиним на сьогодні в своєму роді. Розроблені рекомендації що до створення додатків.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Сьогодні технології вже мають багато платформ, бібліотек та фреймворків. Open-source відкриває для програмування безмежні можливості. Розробка додатків та сайтів стає дуже простою і привабливою не тільки для розробників але і для звичайних користувачів. Однак постає проблема в кроссплатформеності та в універсальності коду. А саме використання одного й того ж коду для всіх платформ (web, ios, android). Кожна з платформ використовує власні мови, бібліотеки і навіть не завжди вони стандартизовані і ідеально працюють. Тому для вирішення цієї проблеми було створено фреймворк та платформу на мові програмування Javascript під назвою Expo. Цей фреймворк дозволяє створювати універсальні додатки для всіх платформ одночасно. Він компілює Javascript код в код який необхідний для кожної з платформ. Фундаментально це заощаджує дуже багато ресурсів на розробку продукту. З точки зору бізнесу це дуже вигідно. Javascript є однією з найпопулярніших мов, тому знайти розробників буде не важко. Швидкість цього додат-

ку буде високою через використання бібліотеки React для відображення даних. Також є підтримка SSR що є необхідним для пошукової оптимізації додатка та покращення продуктивності. Цю технології вже використовують Twitter, Glovo, Uber Eats проте вона є ще досить новою та її екосистема не така досконала як наприклад в React, тому саме ви можете докласти зусиль на її розвиток.

### ОГЛЯД ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЄ EXPO

Javascript – динамічна, об'єктно-орієнтовна, прототипна мова програмування. Може працювати як на стороні сервера (express js , koa js) так і на стороні клієнта . JavaScript класифікують як прототипну (підмножина об'єктно-орієнтованої), скриптову мову програмування з динамічною типізацією. Окрім прототипної, JavaScript також частково підтримує інші парадигми програмування ( імперативну та частково функціональну) і деякі відповідні архітектурні властивості, зокрема: динамічна та слабка типізація, автоматичне керування пам'яттю, прототипне наслідування, функції як об'єкти першого класу. Мова JavaScript використовується для:

- написання сценаріїв веб-сторінок для надання їм інтерактивності створення односторінкових та прогесивних веб-застосунків (React, AngularJS, Vue.js);
- програмування на боці сервера (Node.js(Express.js ) );
- стаціонарних застосунків (Electron, NW.js);

- мобільних застосунків (React Native, Cordova);
- сценаріїв в прикладних програмах (наприклад, в програмах зі складу Adobe Creative Suite чи Apache JMeter);
- всередині PDF-документів тощо.

Незважаючи на схожість назв, мови Java та JavaScript є абсолютно різними, що мають відмінну семантику, хоча й мають схожі риси в стандартних бібліотеках та правилах іменування. Синтаксис обох мов отриманий «у спадок» від мови C, але семантика та дизайн JavaScript є результатом впливу мов Self та Scheme. React – відкрита JavaScript-бібліотека для створення інтерфейсів користувача, яка покликана вирішувати проблеми часткового оновлення вмісту веб-сторінки, з якими стикаються в розробці одно сторінкових застосунків. Розробляється Facebook, Instagram і спільнотою індивідуальних розробників. React дозволяє розробникам створювати великі веб-застосунки, які використовують дані, котрі змінюються з часом, без перезавантаження сторінки. Його мета полягає в тому, щоб бути швидким, простим, масштабованим. React обробляє тільки користувацький інтерфейс у застосунках. Це відповідає виду в шаблоні модель-вид-контролер (MVC), і може бути використане у поєднанні з іншими JavaScript бібліотеками або в великих фреймворках MVC, таких як AngularJS. Він також може бути використаний з React на основі надбудов, щоб піклуватися про частини без користувацького інтерфейсу побудови веб-застосунків. В даний час React використовують Khan Academy, Netflix, Yahoo, Airbnb, Sony, Atlassian та інші. React підтримує віртуальну реальність у браузері. Віртуальна реальність (англ., Virtual reality) – різновид реальності в формі тотожності матеріального й ідеального, що створюється та існує завдяки іншій реальності. В вужчому розумінні — ілюзія дійсності, створювана за допомогою комп'ютерних систем, які забезпечують зорові, звукові та інші відчуття. React-native-web – "React Native for Web" дозволяє запускати компоненти та API React Native в Інтернеті за допомогою React DOM.

Якісні веб-інтерфейси: спрощує створення швидких адаптивних веб-інтерфейсів у JavaScript. Він забезпечує взаємодію рідної якості, підтримку декількох режимів введення (дотик, миша, клавіатура), оптимізовані стилі з префіксом постачальника, вбудовану підтримку макета RTL, вбудовану доступність та інтеграцію з React Dev Tools.

Пишіть один раз, робіть де завгодно: взаємодіє з існуючими компонентами React DOM і сумісний з більшістю API React Native. Ви можете розробляти нові компоненти для власної та веб-мережі, не переписуючи існуючий код. React Native for Web може також відображати HTML та критичний CSS на сервері за допомогою Node.js. SSR (Server-Side Rendering) генерує повний HTML для сторінки на сервері у відповідь на запит (перехід по посиланню). Це дозволяє уникнути додаткових запитів даних, наповнення шаблонів на стороні клієнта, оскільки вони обробляються до того, як браузер отримує відповідь. Загалом, SSR створює швидкі FP (First Paint) та FCP (First Content Paint). Запуск логіки сторінок і рендеринг на сервері дають можливість уникнути надсилання клієнту великої кількості JavaScript, що допомагає досягти швидкого TTI (Time To Interactive). Це має сенс, оскільки при SSR ви просто надсилаєте текст і посилання браузеру користувача. Такий підхід добре працює для широкого спектра пристроїв і якості мереж, а також дає можливість для цікавої оптимізації браузера, як, наприклад, потоковий аналіз документів. Зі SSR користувачам навряд чи доведеться чекати на обробку пов'язаного CPU bound JavaScript перш ніж вони зможуть використовувати ваш сайт. Навіть коли не можна уникнути сторонніх JS, використання SSR для зменшення JS-навантаження може дати вам більше "бюджету" для інших процесів. Однак, існує один основний недолік такого підходу: генерування сторінок на сервері вимагає часу, що часто може призвести до повільнішого TTFB (Time to First Byte).



## ПОРІВНЯННЯ З ТРАДИЦІЙНИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ

Android (вимов. Андроїд) — операційна система і платформа для мобільних телефонів та планшетних комп'ютерів, створена компанією Google на базі ядра Linux. Підтримується альянсом Open Handset Alliance (ОНА). Хоча Android базується на ядрі Linux, він стоїть дещо осторонь Linux-спільноти та Linux-інфраструктури. Базовим елементом цієї операційної системи є реалізація Dalvik віртуальної машини Java, і все програмне забезпечення і застосування спираються на цю реалізацію Java. У 84 % смартфонів, проданих у 3-му кварталі 2014 року, була встановлена операційна система Android[9]. У березні 2017 року ОС Android стала найпопулярнішою ОС, з якої виходили в інтернет. Так, 37,93 % користувачів заходили в інтернет із Android'a, а з Windows – 37,91 % користувачів. В Азії показники ще вищі – 52,2 % і 29,2 % відповідно.

### Переваги

Деякі користувачі відзначають, що Android проявляє себе краще одного зі своїх конкурентів, Apple iOS, в ряді особливостей, таких як веб-серфінг, інтеграція з сервісами Google і інших. Також Android, на відміну від iOS, є відкритою платформою, що дозволяє реалізувати на ній більше функцій. Незважаючи на початкову заборону на установку програм з «неперевіраних джерел» (наприклад, з карти пам'яті), це обмеження відключається штатними засобами в налаштуваннях пристрою, що дозволяє встановлювати програми на телефони та планшети без інтернет-підключення (наприклад, користувачам, які не мають Wi-Fi-точки доступу і не бажають витратити гроші на мобільний інтернет, який зазвичай коштує дорого), а також дозволяє будь-кому безкоштовно писати програми для Android і тестувати на своєму пристрої. Android доступний для різних апаратних платформ, таких як ARM, MIPS, x86. Існують альтернативні Google Play магазини додатків: Amazon Appstore, Opera Mobile Store, GetUpps!, F-Droid. У

версії 4.3 з'явилась підтримка багатокористувацького режиму.

### Критика

Платформа базується на Java (спеціальна реалізація Dalvik), тому переваги і можливості операційної системи Linux на цій платформі практично не використовуються. Наприклад, не використовується жоден з популярних графічних тулкітів і бібліотек (наприклад Qt або GTK), що робить малоймовірною появу значної кількості застосунків, портованих з повноцінного десктопного варіанту Linux на цю платформу через відсутність поза вибором X-сервера і поширених графічних бібліотек. З'явилась інформація про те, що Google на свій розсуд видалятиме застосунки на телефонах користувачів, якщо порушуються умови їх використання. Конкуренти Android виступили з критикою платформи, звинувачуючи її в надмірній фрагментації, що створює перешкоди розробникам. Google спростувала всі звинувачення, заявивши, що ніяких подібних проблем немає. Щоб користувачі телефонів мали доступ до Google Play та інших сервісів від Google, виробники цих телефонів мають укласти контракт з Google на використання відповідного пропрієтарного програмного забезпечення.

**Kotlin** (Котлін) – статично типізована мова програмування, що працює поверх JVM і розробляється компанією JetBrains. Також компілюється в JavaScript. Мову названо на честь острова Котлін у Фінській затоці, на якому розміщена частина Кронштадту. Автори ставили перед собою ціль створити лаконічнішу та типобезпечнішу мову, ніж Java, і простішу, ніж Scala. Наслідками спрощення, порівняно з Scala стали також швидша компіляція та краща підтримка IDE. Мова розробляється з 2010 року, публічно представлена в липні 2011. Сирцевий код було відкрито в лютому 2012. В лютому було випущено milestone 1, який містив плагін для IDEA. У червні – milestone 2 з підтримкою Android. У грудні 2012 року вийшов milestone 4 та забезпечив підтримку Java 7. Станом на листопад 2015 року основні можливості мови стабілізува-



ні, готується реліз версії 1.0. В грудні 2015 року з'явився реліз-кандидат версії 1.0, а 15 лютого 2016 року відбувся реліз версії 1.0. З 17 травня 2017 року входить в список офіційно підтримуваних мов для розробки застосунків для платформи Android. Із 7 травня 2019 року є рекомендованою мовою для розробки Android застосунків

**Swift** – багатопарадигмова компільована мова програмування, розроблена компанією Apple для того, щоб співіснувати з Objective C і бути стійкішою до помилкового коду. Swift була представлена на конференції розробників WWDC 2014. Мова побудована з LLVM компілятором, включеного у Xcode 6 beta. Безкоштовний посібник мови програмування Swift доступний для завантаження у магазині iBooks. Компілятор Swift побудований з використанням технологій вільного проекту LLVM. Swift успадковує найкращі елементи мов C і Objective-C, тому синтаксис звичний для знайомих з ними розробників, але водночас відрізняється використанням засобів автоматичного розподілу пам'яті і контролю переповнення змінних і масивів, що значно збільшує надійність і безпеку коду. При цьому Swift-програми компілюються у машинний код, що дозволяє забезпечити високу швидкодію. За заявою Apple, код Swift виконується в 1.3 рази швидше коду на Objective-C. Замість збирача сміття Objective-C в Swift використовуються засоби підрахунку посилань на об'єкти, а також надані у LLVM оптимізації, такі як автовекторизація. Мова також пропонує безліч сучасних методів програмування, таких як замикання, узагальнене програмування, лямбда-вирази, кортежі і словникові типи, швидкі операції над колекціями, елементи функційного програмування. Основним застосуванням Swift є розробка користувацьких застосунків для macOS, iOS, tvOS,

watchOS з використанням тулкіта Cocoa і Cocoa Touch. При цьому Swift надає об'єктну модель, сумісну з Objective-C. Сирцевий код мовою Swift може змішуватися з кодом на C і Objective-C в одному проекті. Swift щільно інтегровано до власницького середовища розробки Xcode, проте може бути викликано з терміналу, що уможливорює її використання на операційних системах, відмінних від macOS, наприклад, на Linux. Окремо варто відзначити, що Swift від компанії Apple не варто плутати з досить давно розроблюваною скриптовою мовою Swift, націленою на багатонитеве програмування і поставленого під вільною ліцензією Apache.

### ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В роботі, було детально досліджено інноваційний на сьогодні інструмент для розробки додатку для всіх платформ та його ключові елементи. Проаналізувавши всі платформи було встановлено, що на сьогодні нативні додатки мають перевагу у продуктивності, проте швидкість розробки і універсальність коду має Expo. Автори вважають що у майбутньому продуктивність цих додатків буде однаковою та процес створення додатків буде швидший. Досліджені всі переваги Expo. Встановлено, що для створення додатку для всіх платформ необхідно знати лише мову програмування Javascript в той час для розробки додатків без Expo необхідно знати як мінімум 3 мови (Kotlin/Java, Swift, Javascript). Та витратити мінімум у 3 рази більше часу та в 3 рази більше репозитаріїв для зберігання коду. Підсумовуючи можна сказати що Expo вперше дає нам можливість створювати додатки на всіх платформах і не витрачати на це багато часу.

## Сетевая оптико-электронная система мониторинга воздушного пространства

Андрій Тевяшев<sup>1</sup>, Ігор Шостко<sup>2</sup>, Олег Земляний<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Харківський національний університет радіоелектроніки  
просп. Науки 14, Харків, Україна, 61166

<sup>1</sup>[tad45ua@gmail.com](mailto:tad45ua@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-2846-7089>

<sup>2</sup>[ihor.shostko@nure.ua](mailto:ihor.shostko@nure.ua), <https://orcid.org/0000-0002-5612-3080>

<sup>3</sup>[zolvas@ukr.net](mailto:zolvas@ukr.net)

Отримано 14.05.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0307>

### НАЗНАЧЕНИЕ

Система предназначена для кругового или секторного мониторинга воздушного пространства и позволяет в автоматическом режиме решать широкий круг задач обнаружения, распознавания, идентификации всех наблюдаемых высокоманевренных воздушных объектов и высокоточного сопровождения выбранных воздушных объектов (ВО): самолетов, вертолетов, БПЛА, ракет, дронов, квадрокоптеров, артиллерийских снарядов, мин и т. п. с отображением и записью их точных координат и визуального изображения.

### СТРУКТУРА СИСТЕМЫ

Структура системы основана на архитектуре высоконадежной, живучей, пространственно распределенной, эшелонированной системы взаимосвязанной сенсорной инфокоммуникационной сети малогабаритных оптико-электронных станций (ОЭС).

### ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СТАНЦИИ

Малогабаритные оптико-электронные станции построены по модульному принципу, что обеспечивает их высокую надежность, ремонтпригодность и высокую эффективность формирования их требуемых тактико-технических характеристик с учетом новейших достижений в области опто-

электроники и интеллектуальной видеоаналитики.

### ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СОСТАВ ОЭС

*Модуль 1. Опорно-поворотное устройство с системой горизонтирования.*

Двухосное устройство направляет и удерживает оптическую ось оптико-электронного оборудования в направлении объекта измерения. Оборудован двигателями постоянного тока и энкодерами высокого разрешения. Обеспечивает высокую точность удержания и сопровождения цели.

Технические характеристики:

- угловой диапазон наблюдения за воздушными объектами:
- по азимуту, угл. град.: 360;
- по углу места, угл. град.: от 0 до 80;
- максимальная скорость:
- угловая скорость по азимуту: 100 град/с;
- угловая скорость по углу места: 100 град/с;
- средняя квадратическая погрешность измерения угловых координат воздушных объектов в пределах 3 угловых секунд;
- средняя квадратическая погрешность горизонтирования ОПУ не более 10 угловых секунд.

*Модуль 2. Оптико-электронное оборудование.*

Модуль 2 оснащен видеокамерой, тепловизором и дальномером. Вариант внешнего вида опорно-поворотного

устройства с опико-электронным оборудованием приведен на Рис. 1.



**Рис. 1.** Вариант внешнего вида опорно-поворотного устройства с опико-электронным модулем

Технические характеристики:

- модульная, интегрированная с объективом телевизионная камера (с разрешением 1920 x 1080; диапазон угла обзора 63.7 ° -2.3 ° (30x оптический зум), частота обновления 50 Гц;)

- модульный тепловизор (с разрешением 640 x 480 (640 x 512), частота обновления изображения 50 Гц, диапазон длины волны 8-12 мкм);

- лазерный дальномер. Диапазон измерений дальности до 30000 метров. Максимальная частота измерений до 25Гц. При температуре окружающего воздуха до 40 С дальномер не требует дополнительного охлаждения. Средняя квадратическая погрешность измерения дальности: по диффузной цели – 0,8 м; по угловому отражателю – 0,3 м.

*Модуль 3. Модуль цифровой обработки видеоизображений (МЦОИ).*

МЦОИ выполняется на основе персонального компьютера, отладочной платы и реализует технологию серверной видеоаналитики в реальном времени.

*Модуль 4. Питание. Блоки питания на 5 В, 12В, 24 В, 48 В.*

*Модуль 5. Сенсорной связи.*

Все ОЭС после их развертывания объединены в единую беспроводную сенсорную инфокоммуникационную сеть.

### МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СОСТАВ ОЭС

Среднеквадратичные погрешности (СКП) определения оценок параметров траекторий точек сопровождения на поверхности высоко динамичных ЛО в глобальной системе координат (ГСК) (X, Y, Z, V<sub>x</sub>, V<sub>y</sub>, V<sub>z</sub>):

а) для БПЛА, дронов:

- по координатам X, Y, Z  $\sigma \leq 0,3$  м;

- по составляющим вектора скорости

$\sigma V_x, \sigma V_y, \sigma V_z \leq 1,5$  см/с;

б) для истребителей, штурмовиков,

вертолетов, крылатых ракет:

- по координатам X, Y, Z  $\sigma \leq 3,5$  м;

- по составляющим вектора скорости

$\sigma V_x, \sigma V_y, \sigma V_z \leq 1,7$  см/с;

в) для крупнофюзеляжных самолетов:

- по координатам X, Y, Z  $\sigma \leq 3,0$  м;

- по составляющим вектора скорости

$\sigma V_x, \sigma V_y, \sigma V_z \leq 1,7$  см/с.

Метрологические характеристики погрешностей сопровождения:

а) для БПЛА, дронов:

- по координатам точек

сопровождения  $\sigma \leq 0,3$  м;

- по составляющим вектора скорости

$\sigma V_x, \sigma V_y, \sigma V_z \leq 1,7$  см/с;

б) для крупнофюзеляжных самолетов:

- по координатам точек

сопровождения  $\sigma \leq 3,3$  м;

- по составляющим вектора скорости

$\sigma V_x, \sigma V_y, \sigma V_z \leq 1,7$  см/с;

в) для истребителей, штурмовиков,

вертолетов, крылатых ракет:

- по координатам точек

сопровождения  $\sigma \leq 3,3$  м;

- по составляющим вектора скорости

$\sigma V_x, \sigma V_y, \sigma V_z \leq 1,7$  см/с.

Метрологические характеристики горизонтирования платформы ОЭСН:

- абсолютная линейная погрешность горизонтирования платформы в двух плоскостях  $\delta g_x \leq \pm 10''$ .

## Стохастична модель і метод оптимізації режимів роботи групи артезіанських свердловин в системах водопостачання

Андрій Тевяшев<sup>1</sup>, Ольга Матвієнко<sup>2</sup>, Гліб Нікітенко<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Харківський національний університет радіоелектроніки  
просп. Науки 14, Харків, Україна, 61166

<sup>3</sup>Департамент інформаційних технологій Комунальне підприємство «Харківводоканал»  
вул. Шевченка, 2, Харків, Україна, 61013

<sup>1</sup>[tad45ua@gmail.com](mailto:tad45ua@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-2846-7089>

<sup>2</sup>[olga\\_mat@ukr.net](mailto:olga_mat@ukr.net), <https://orcid.org/0000-0001-7492-7616>

<sup>3</sup>[gvnikitenko@gmail.com](mailto:gvnikitenko@gmail.com)

Отримано 14.04.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0308>

### ВСТУП

Водопостачання великих міст здійснюється, як правило, з відкритих водойм - озер, водосховищ, великих річок, тобто з джерел, що мають значні запаси води. У цьому випадку схема водопостачання включає: насосні станції першого підйому, які забирають воду безпосередньо з водойми; систему водопідготовки (очищення); насосні станції другого і третього підйому, що здійснюють перекачування чистої води на значні відстані і подають її в населені пункти [1].

Якщо населений пункт знаходиться в місцевості, де немає великих відкритих джерел води, або географічне положення населеного пункту дозволяє використовувати підземні води, в такому випадку як джерело водопостачання використовуються артезіанські свердловини. Зазвичай з артезіанських свердловин забезпечуються водою невеликі населені пункти. Артезіанські свердловини широко використовуються для водопостачання сіл, промислового водопостачання, для іригації (систем поливу), в гірській промисловості, для зниження рівня ґрунтових вод. Перевагою використання артезіанських свердловин для постачання населення питною водою є те, що вода видобувається з великих глибин і очищається за допомогою природних фільтрів [2]. Таким чином витрати на водопідготовку істотно знижуються. Недоліком використання артезіанських свердловин є зазвичай неви-

сока продуктивність свердловини, сильна залежність обсягів води в свердловині від кліматичних і погодних умов, виснаженість свердловини в результаті великих будівництв або видобутку природних копалин, наприклад сланцевого газу [3].

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дана робота присвячена розробці стохастичної моделі та методу оптимізації режимів роботи групи артезіанських свердловин.

### ВОДОЗАБІРНІ СВЕРДЛОВИНИ

Окремі водозабірні свердловини широко використовуються в індивідуальних господарствах. Для забезпечення водою населених пунктів продуктивність окремих свердловин стає недостатньою, тому в системах водопостачання використовують групи (кущі) просторово розподілених свердловин, об'єднаних між собою ділянками трубопроводів (загальним колектором), що подає воду в резервуар чистої води (РЧВ). Група свердловин спільно з РЧВ називається водозабірним вузлом (ВЗВ) системи водопостачання (СВ). Далі з РЧВ насосними станціями (НС) другого підйому вода подається споживачам в населені пункти. Режим роботи насосного агрегату (НА), тобто положення робочої точки в кожен момент часу в кожній свердловині залежить від фактичних значень багатьох внутрішніх і

зовнішніх факторів: динамічного рівня води в свердловині; фактичних характеристик НА; положення регулюючих органів (оборотів приводу, ступеня відкриття регулюючої засувки); гідравлічних опорів ділянок трубопроводів ВЗВ; рівня води в РЧВ; кількості і режимів роботи НА в інших свердловинах ВЗВ [4].

На Рис. 1 показано схему водозабірної свердловини.

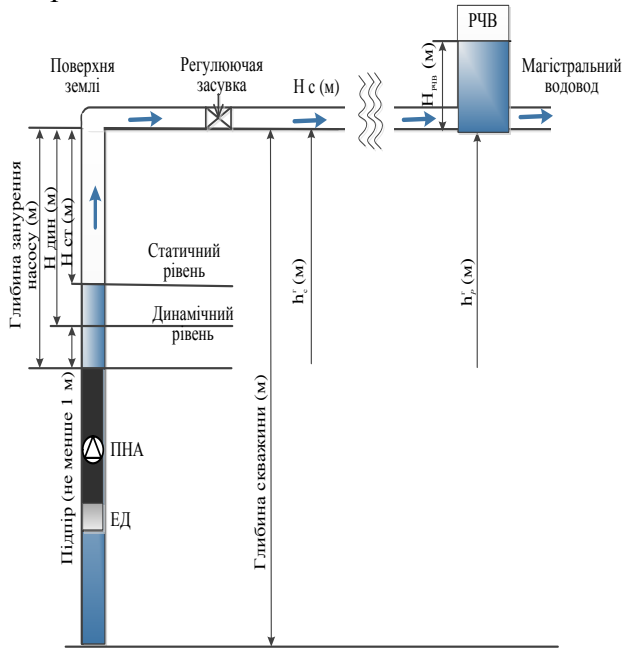


Рис. 1. Схема установки ПНА у водозабірну свердловину

Тут позначено: РЧВ – резервуар чистої води, ПНА – поглиблений насосний агрегат, ЦН – відцентровий насос, ПЕД – поглиблений електричний двигун;  $l_{ПНА}$  – довжина ПНА, РЗ – регулююча засувка; геодезичні позначки, відповідно: гирла (поверхні землі) водозабірної свердловини –  $h_c^r$ ; ЦН –  $h_{ЦН}^r$ ; РЧВ –  $h_p^r$ ; глибини свердловини –  $h_{скв}$ ; глибина заурення (монтажу) ПНА –  $h_{ПНА}$ ; напори: на виході (гирло) водозабірної свердловини –  $H_c$ ; напір, що розвивається ЦН –  $H_{ЦН}$ ; рівні води: в РЧВ –  $H_{РЧВ}$ ; статичний рівень в свердловині (при нульовому відборі води) –  $H_{ст}$ ; динамічний рівень в свердловині (при номінальному відборі води) –  $H_{дин}$ ; рівень підпору ЦН –  $H_{ЦН}^п$ .

### ДЕТЕРМІНОВАНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВОДОЗАБІРНОЇ СВЕРДЛОВИНИ

При побудові детермінованої математичної моделі водозабірної свердловини передбачається, що всі параметри водозабірної свердловини апріорно відомі. Це дозволяє визначити модель роботи водозабірної свердловини у вигляді взаємозалежної системи алгебраїчних рівнянь виду:

– Геодезична відмітка ЦН:

$$h_{ЦН}^r = h_c^r - h_{ПНА}^r - 0,5l_{ПНА}. \quad (1)$$

– Величина підпору ЦН:

$$H_{ЦН}^п = h_{ЦН}^r - H_{дин}. \quad (2)$$

– Напір, створюваний ЦН:

$$H_{ЦН}(Q) = a_0 + a_1Q + a_2Q^2. \quad (3)$$

– Витрати потужності ЦН:

$$N_{ЦН}(Q) = c_0 + c_1Q + c_2Q^2. \quad (4)$$

– Коефіцієнт корисної дії ЦН:

$$\eta_{ЦН}(Q) = d_0 + d_1Q + d_2Q^2. \quad (5)$$

де  $Q$  – витрати води через ЦН,  $a_0, a_1, a_2, c_0, c_1, c_2, d_0, d_1, d_2$  – чисельні значення параметрів ЦН. Втрата напору  $H$  на ділянці трубопроводу  $H = H(Q)$  визначається виразом

$$H(Q) = \text{sgn}(Q) \cdot \phi \cdot |Q|^\chi, \quad (6)$$

де  $Q$  – витрати води по ділянці трубопроводу [ $\text{м}^3 / \text{с}$ ];  $\text{sgn}(Q)$  – знак  $Q$ ;  $\phi > 0$  – гідравлічний опір ділянки трубопроводу;  $\chi > 1$  – коефіцієнт нелінійності.

Витрата напору  $H$  на РЗ має вигляд:



$$H_3 = \frac{C}{E_3^2} \operatorname{sgn}(Q) \cdot |Q|, \quad (7)$$

де  $C$  – еквівалентний гідравлічний опір РЗ в положенні «відкрито»;  $E_3 (0,1]$  – ступінь відкриття РЗ, причому 1 в положенні «відкрито»; 0 в положенні «закрито».

Якщо відомо значення витрати води через ЦН, то значення напору на виході (гирлі) свердловини визначається виразом

$$H_c = H_{цн}^n + H_{цн} - H - H_3. \quad (8)$$

Також мають місце співвідношення:

$$H_{цн}^n \geq 1 м, \quad (9)$$

$$H_{ст} \leq H_{дн} \leq h_{пна}. \quad (10)$$

При математичному моделюванні і оптимізації режимів роботи ВЗУ ми використовували стохастичну модель квазістаціонарних режимів роботи ВЗУ [5].

**Ключові слова:** артезіанська свердловина, система водопостачання, оптимізація, стохастична модель.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Замятин Н.В., Иванов Е.О. (2011). Автоматизация расчета производительности напорных артезианских скважин в среде Simulink. Управление, вычислительная техника и информатика. Доклады ТУСУРа, 2(24), часть 3, 154-158.
2. Замятин Н.В., Иванов Е.О. (2015). Нечеткая советующая система контроля артезианских скважин. Управление, вычислительная техника и информатика. Доклады ТУСУРа, №4(38), 178-181.
3. Маругин А.П., Садовников М.Е. (2001). Система диспетчерского контроля и управления насосами артезианских скважин. Известия Уральского государственного горного университета, 12, 101-104.
4. Полищук С.И., Кутрань И.С. (2011). Экономия электроэнергии в системах артезианского водоснабжения. Энергосберегающие технологии, 5(87), 79-82.
5. Ван Цзиньлон, Золотухин А.Б., Чжоу Цяофэн, Ибрагимов Ж.Ж., Чжан Ниншенг (2018). Оптимизация работы высокотехнологичных скважин. Neftegaz.RU, 6, 39-45.

## Інтелектуальна відеоаналітика повітряних об'єктів у реальному часі

Андрій Тевяшев<sup>1</sup>, Ігор Шостко<sup>2</sup>, Олег Земляний<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Харківський національний університет радіоелектроніки  
просп. Науки 14, Харків, Україна, 61166

<sup>1</sup>[tad45ua@gmail.com](mailto:tad45ua@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-2846-7089>

<sup>2</sup>[ihor.shostko@nure.ua](mailto:ihor.shostko@nure.ua), <https://orcid.org/0000-0002-5612-3080>

<sup>3</sup>[zolvas@ukr.net](mailto:zolvas@ukr.net)

Отримано 16.05.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0309>

### НАЗНАЧЕНИЕ

Інтелектуальна відеоаналітика – технологія, що об'єднує безліч точних аналітичних та наближених чисельних методів автоматизованого аналізу послідовності зображень, що надходять з відеокамер в режимі реального часу або з архівних записів. Відеоаналітика реалізується у вигляді програмного забезпечення (ПЗ) для роботи з відеоконтентом. В основі ПЗ лежить широкий спектр математичних моделей і методів, що дозволяють вести відеомоніторинг і виробляти інтелектуальний аналіз даних без прямої участі людини.

В даний час в системах відеоспостереження відомі численні приклади успішно вирішуваних задач за допомогою відеоаналітики:

- розпізнавання людей і транспорту з метою підрахунку їх кількості;
- розпізнавання номерів (на транспорті, на грошових купюрах, документах, тощо);
- детектування подій (переміщення, рух, перетин допустимих ліній і границь, перебування в зонах, перекидання предметів через огорожу, тощо);
- виявлення небезпечних ситуацій (скупчення людей, залишені предмети, загорання та задимлення, тощо);
- розпізнавання небезпечних предметів, ідентифікація людських обличчя і пошук їх в базах даних;
- аналіз даних без прямої участі людини.

Широке використання IP-камери дозволяє адекватно відображати реальний світ в

паралельний – цифровий світ, в якому можуть встановлюватися жорсткі умови (закони) перебування і поведінки різних суб'єктів цього світу. Відеоаналітика, без втручання окремих суб'єктів, дозволяє найбільш ефективно контролювати виконання цих умов різними суб'єктами і, на першому етапі, видавати екстрені повідомлення в разі їх порушення. На наступних етапах відеоаналітика забезпечує підтримку прийняття рішень про заходи та засоби, які повинні бути застосовані до суб'єктів, що порушили умови перебування і поведінки, аж до їх виконання. У системах моніторингу повітряного простору використовуються відеокамери з функціями повороту, нахилу і масштабування – PTZ камери, що отримали назву завдяки здатності повертатися вліво і вправо, нахилитися вгору і вниз, масштабувати і перетворювати зображення. Поворотні камери виконують ці дії завдяки унікальному поєднанню функцій управління панорамуванням, нахилом і об'єктивом з наближенням. Загальна здатність камери PTZ по наближенню зображення складається зі значення цифрового і оптичного зумів. Цифровий зум використовує електроніку для збільшення і зменшення зображення, в той час як оптичний зум використовує рух лінз. Загальне значення можливості наближення відеокамери можна розрахувати, помноживши значення цифрового та оптичного зумів.

Відеоаналітика повітряних об'єктів (ПО) автоматизує безліч функцій моніторингу повітряного простору, основними з яких є:

- виявлення (детектування) усіх ПО, що знаходяться в контрольованій зоні повітряного простору;
- стеження за обраними ПО;
- розпізнавання типу ПО;
- прогнозування траєкторій руху ПО;
- детектування подій, пов'язаних з поведінкою (траєкторією руху) ПО.

Всі функції виконуються багаторазово, забезпечуючи безперервне уточнення гіпотез про кількість, розташування, тип ПО і його наміри в контрольованій зоні повітряного простору. Під розпізнаванням ПО розуміється широкий спектр завдань – від бінарної класифікації ПО типу ціль/шум до ідентифікації або верифікації ПО за характерними ознаками.

Використання відеоаналітики ПО в системах моніторингу повітряного простору дає можливість в автоматичному режимі, без участі людини, в процесі відеоспостереження вирішувати завдання, які зазвичай під силу тільки людині. Дана технологія використовується як для забезпечення безпеки об'єктів, що охороняються, так і для пресічення перебування ПО в контрольованій зоні повітряного простору.

Відеоаналітика ПО застосовується для отримання об'єктивної оцінки ефективності моніторингу повітряного простору, бо здатна виробляти безперервний і автоматизований збір та аналіз відеоданих, що не залежить від людського фактору, і формувати звіти за запитом користувача в будь-який момент часу.

### **Базові функції відеоаналітики ПО [1–7]:**

**1. Отримання відеоданих, формування і представлення зображень** від відеокамер у видимому та інфрачервоному діапазонах частот.

**2. Фільтрація і поліпшення зображень** забезпечує пригнічення безліч неважких або небажаних об'єктів на зображенні як на рівні окремого пікселя (елементу зображення), так і його локального околу шляхом зміни значень інтенсивності (півтонових рівнів) пікселів. Для підвищення ймовірності виявлення ПО на зображенні використовуються методи придушення шуму

(denoising), усунення розмитості (deblurring), згладжування, підвищення контрастності і посилення країв. Крім того, є ряд додаткових функцій: поліпшення передачі кольору, просвітлення темних фрагментів і т.п.

**3. Виявлення ПО (object detection).** Виявлення ПО проводиться за допомогою відеодетектора руху. Відеоаналітика дозволяє локалізувати (виділити) і проаналізувати відразу безліч ПО. Якщо рух не є достатньою ознакою для локалізації ПЗ в кадрі, наприклад, якщо завис вертоліт або квадрокоптер, то виявлення може проводитися за допомогою шаблонів.

**4. Виявлення особливих (кутових) точок, країв і кордонів ПО.** Відеоаналітика в своєму розпорядженні достатньо великим набором методів виявлення точок високого контрасту, які утворюють межі як конкретного ПО, так і різних об'єктів. До них відносяться метод диференціальних масок, масок Собеля, Превігт, Робертса, Гаусівська фільтрація і ЛОГ-фільтрація для виявлення країв, детектор країв Кенні (Canny), детектори кутів Моравець, Харріса і Стефана, MSER's і FAST. Результатом роботи детекторів є безліч особливих точок, для яких будується математичний опис у формі дескриптора.

**Вхідними даними дескриптора** є зображення і набір особливих точок, виділених на заданому зображенні. **Виходом дескриптора є безліч векторів ознак для вихідного набору особливих точок.** Ознаки (описи) будуються на підставі інформації про інтенсивність, кольорі і текстурі особливої точки

Розроблено безліч дескрипторів SIFT, SUR, GLOH, DAISY, BRIEF. Для виявлення контурів рухомих об'єктів можна використовувати величину просторово-часового градієнта (spatiotemporal gradient magnitude).

**5. Формування (вибір) точки супроводу ПО.** Задача супроводу об'єкта може бути зведена до супроводу обраних точок на його поверхні. Репрезентація об'єкта у вигляді групи точок дозволяє суттєво зменшити обсяг обчислень, а також використовувати локальні методи супроводу окре-

мих точок. В цілому, вибір характерних точок залежить від методу супроводу. Для стійкого супроводу по обраним точкам зазвичай необхідно виконання умови суттєвої неоднорідності зображення в околі точки. Такій умові відповідають кути. Використання кутових точок є необхідним для більшості методів супроводу.

**6. Класифікація ПО (object classification).** Класифікатор ПО здатний розподілити об'єкти на класи: літаки, вертольоти, крилаті ракети, дрони, квадрокоптери і т.д. Класифікація ПО є необхідною умовою для вирішення завдання високоточного супроводу ПО, тому що можливі траєкторії руху ПО в значній мірі визначаються класом ПО. Траєкторії руху вертольотів і квадрокоптерів можуть містити ділянки повного зависання (зупинки) або довільної зміни напрямку руху. Траєкторії руху інших класів ПО в тривимірному просторі є досить гладкі криві.

**7. Ідентифікація ПО (object identification).** Ідентифікація ПО дозволяє ідентифікувати тип ПО всередині виділеного класу. У класі літаки можна ідентифікувати: пасажирський літак: Boeing 737, Boeing 777, Airbus A320 і т. Д., вантажний цивільний літак типу Ан-225 і Ан-124 Boeing C-17 Globemaster III ..., військовий F-35A наземний винищувач і т. д.

**8. Супровід (стеження) ПО (object tracking).** Завдання супровід ПО ОЕС полягає в тому, що для кожного моменту часу спостереження необхідно забезпечити найбільш точне суміщення оптичної осі камери відеоспостереження ОЕС з вибраним пунктом супроводу на зображенні ПО (кутова, центр ваги, чебишевська, найбільш вразлива і т.п.). Для вирішення цього завдання використовуються трекари, які реалізують алгоритм супроводу ПЗ. В даний час відеоаналітика має безліч трекерів типу: Median flow, ORB, Boosting, MIL, KCF, TLD, Medianflow, MOSSE і інші. Проблему створення універсального трекера для всіх типів ПО в даний час практично не можна вирішити через різноманіття типів ПО, стану повітряного простору, в якому вони знаходяться, і траєкторій їх руху.

**9. Оцінювання параметрів траєкторії руху ПО.** Використання мережі електронних станцій дозволяє реалізувати дві стратегії спостереження за ПО: відкрите спостереження шляхом вимірювання азимута, кута місця і похилій дальності та приховане спостереження, при якому вимірюється тільки азимут і кут місця, а вимір похилої дальності лазерним далекоміром не проводиться, тобто ПЗ не опромінюється. У цьому випадку для визначення координат ПО необхідно, як мінімум, дві ОЕС.

**10. Прогнозування траєкторії руху ПО.** Прогнозування траєкторій руху ПО здійснюється у вигляді умовних математичних сподівань координат ПО з заданим попередженням за умови, що всі попередні значення координат ПО відомі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Shostko I., Tevyashev A., Kulia, Y., Koliadin A. (2020). Optical-electronic system of automatic detection and high-precise tracking of aerial objects in real-time. The Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems, CMIS, 784-803.
2. Andrey Tevyashev, Igor Shostko, Mihail Neofitnyi, Anton Koliadin (2019). Laser Opto-Electronic Airspace Monitoring System in The Visible and Infrared Ranges. IEEE 5th International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments, APUAVD 2019, Proceedings, 170-173. DOI: 10.1109 / APUAVD47061.2019.8943887.
3. A.D. Tevyashev, I.S. Shostko, M.V. Neofitnyi, S.V. Kolomiyets, I.Yu. Kyrychenko, Yu.D. Prymachov. Mathematical model and method of optimal placement of optical-electronic systems for trajectory measurements of air objects at test (2019). Odessa Astronomical Publications. Vol.32, 171-175. <https://doi.org/10.18524/1810-4215.2019.32.182231>.
4. Shostko I., Tevyashev A., Neofitnyi M., Kulia Y. Information-measuring system of polygon based on wireless sensor infocommunication network (2021). Chapter in the book Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, 48, Publisher, Springer Nature, 649-674.
5. Shostko I., Tevyashev A., Neofitnyi M., Ageyev D., Gulak S. (2018). Information and Measurement System Based on Wireless Sensory Infocommunication Network for Polygon Testing

of Guided and Unguided Rockets and Missiles. International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018, Proceedings, 705-710.

6. И.С. Шостко, А.Д. Тевяшев, М.В. Неофитный, Ю.Э. Куля, А.В. Колядин. Методы позиционирования узлов беспроводной сенсорной сети (2019). Проблемы телекоммуникаций, No.1 (24), 68-89.
7. Панасюк Т.П. (2016). Обработка радиолокационной информации. Москва, Радио и связь, 84.



# Нелінійне перетворення сигналів у схемі формального нейрона

Ігор Бех<sup>1</sup>, Сергій Новак<sup>2</sup>

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
просп. Глушкова 4-г, Київ, Україна, 03022  
<sup>1</sup>[sun@univ.kiev.ua](mailto:sun@univ.kiev.ua), <sup>2</sup>[novak.s.a.24@gmail.com](mailto:novak.s.a.24@gmail.com)

Отримано 20.03.2021, прийнято 19.05.2021  
<https://doi.org/10.32347/tit2141.03010>

## ВСТУП

Інтерес в проведенні досліджень штучних нейронних мереж (ШНМ) обумовлений тим, що спосіб обробки інформації людським мозком сильно відрізняється від методів, які зазвичай використовуються цифровими комп'ютерами. Мозок володіє здатністю організувати свої структурні компоненти, які називаються нейронами, так, щоб вони могли виконувати конкретні задачі (наприклад, розпізнавання образів, обробку сигналів органів чуття, моторні функції) в кілька разів швидше, ніж це можуть виконувати найшвидші сучасні комп'ютери [1].

На кафедрі радіотехніки та радіоелектронних систем факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем Київського національного університету імені Тараса Шевченка організовано наукову групу, яка займається побудовою та дослідженням аналогових моделей ШНМ на операційних підсилювачах.

При побудові штучної нейронної мережі використовують модель формального нейрона [1], до складу якої входить нелінійний елемент, що забезпечує так звану «функцію активації», згідно з якою обчислюється вихідний сигнал. Від вибору конкретної функції активації залежить як точність роботи

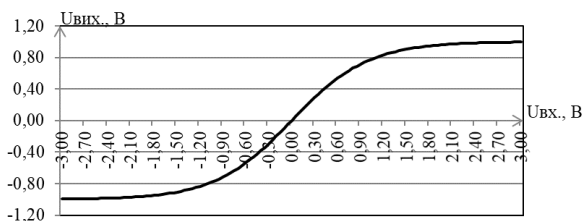


Рис. 1. Графік функції гіперболічного тангенса

моделі формального нейрона, так і складність практичної реалізації штучної нейронної мережі. В наших роботах [2-9], у якості функції активації обрано сигмоїдальну функцію, а саме, гіперболічний тангенс (Рис. 1).

В роботах [2-4] аналогове обчислення гіперболічного тангенса реалізовано за допомогою схеми з використанням двох зустрічно увімкнених діодів. Моделювання роботи схеми в програмному пакеті "NI Multisim" показало задовільну якість обчислення [2, 3]. З метою підвищення точності аналогових обчислень було прийнято рішення дослідити більш складні схеми [8], де нелінійність забезпечується диференціальним каскадом на біполярних транзисторах (Рис. 2).

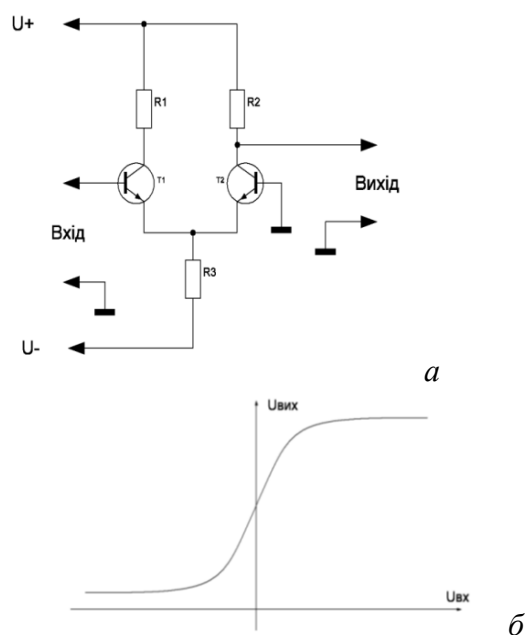


Рис. 2. Функціональна схема диференціального каскаду на біполярних транзисторах (а) і графік його передавальної характеристики (б)

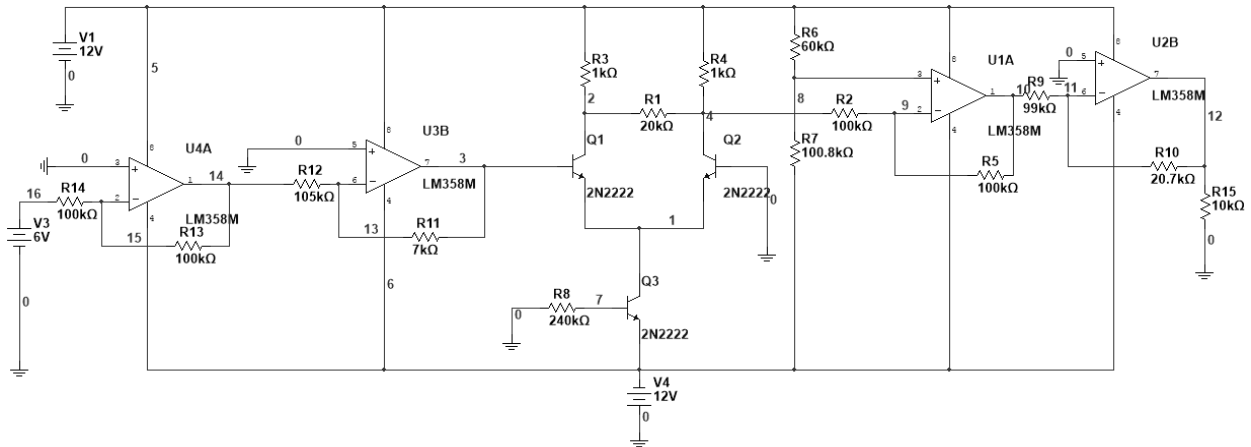


Рис. 3. Принципова схема нелінійного елемента формального нейрона [8]

Як відомо, передавальна характеристика звичайного диференціального підсилювача (Рис. 2, а) на дискретних транзисторах має вигляд подібний до вигляду потрібної нам функції [10]. Але графік передавальної характеристики знаходиться повністю вище нуля (Рис. 2, б). Це зумовлено тим, що сигнал знімається з колектору відносно нульового потенціалу. При цьому на колекторі напруга може бути тільки позитивною і при нулі на вході дорівнює половині напруги живлення.

В роботі [8] було проведено комп'ютерне моделювання роботи схеми, наведеної на Рис.3. Варіація опору резистора  $R_2$  дозволила отримати значення відносної похибки аналогового обчислення гіперболічного тангенса від вхідного сигналу на рівні 10%, проте передавальна характеристика схеми втратила симетричність, як це видно із Рис. 4.

Дана робота містить результати подальшого вдосконалення схеми нелінійного еле-

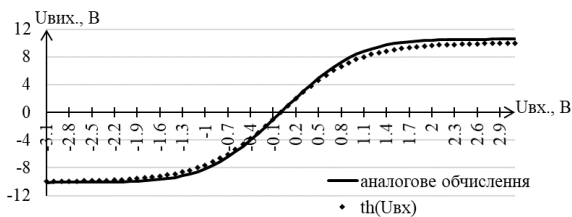


Рис. 4. Передавальна характеристика схеми нелінійного елемента формального нейрона [8]

мента формального нейрона з метою зниження похибки аналогових обчислень.

### МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Результати, наведені в даній роботі, отримані при комп'ютерному моделюванні роботи схем у програмному пакеті NI Multisim 12.0 та при дослідженні заздалегідь виготовлених макетних плат, для побудови яких були використанні доступні компоненти:

- операційні підсилювачі LM358P з мінімальним дрейфом нуля та максимальною робочою частотою;
- транзистори 2N2222A з коефіцієнтом передачі струму  $h_{21E} = 80$  та граничною частотою  $f_{h21E} = 250$  МГц;
- резистори з допустимим відхиленням  $\pm 1\%$ .

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Перший етап роботи полягав у дослідженні макету диференціального каскаду

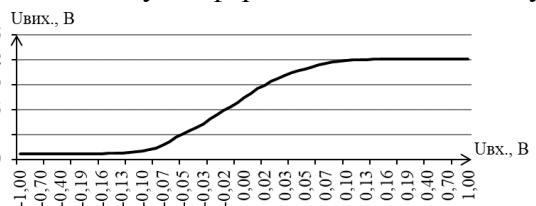


Рис. 5. Прохідна характеристика диференціального каскаду

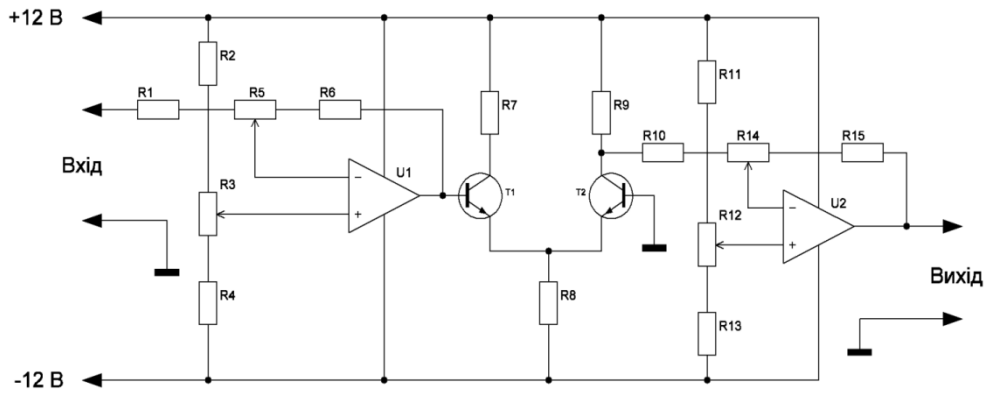


Рис. 6. Функціональна схема нелінійного елемента формального нейрона

(Рис. 2, а). Була виміряна його прохідна характеристика, графік якої наведено на Рис. 5.

Видно, що графік характеристики якісно відповідає функції гіперболічного тангенса у певному масштабі, проте він несиметричний відносно осі абсцис, зсунутий «вгору».

Для наближення отриманої прохідної характеристики до гіперболічного тангенса у схему було додано два каскади на операційних підсилювачах U1 та U2, як це показано на Рис. 6:

- для встановлення кута нахилу графіка передавальної характеристики в околі початку координат слугує каскад на операційному підсилювачі U1, підключений до входу диференціального каскаду; його коефіцієнт підсилення і буде регулювати дану величину; наявність схеми зовнішньої компенсації нуля дозволяє встановлювати положення графіка по-горизонталі;
- для зміщення графіка вниз і забезпечення

симетричного діапазону напруг відносно початку координат до виходу диференціального каскаду підключений каскад на операційному підсилювачі U2 зі схемою зовнішньої компенсації нуля; його ж можна використати і для встановлення правильної області значень  $U_{\text{вих}}$ , просто розрахувавши необхідний коефіцієнт підсилення.

У даній схемі присутні 4 підстроювальних резистори R3, R5, R12, R14. Вони дають можливість регулювати параметри схеми у певних межах, що дозволяє варіювати передавальну характеристику схеми.

Коефіцієнт передачі каскаду на U1 визначається наближено з отриманої прохідної характеристики диференціального каскаду (Рис. 5) та має знаходитись у межах  $K \sim 0,045 \dots 0,16$ . Резистор R3 потрібен для зсування графіка по горизонталі. Необхідно забезпечити можливість зміни напруги на неінвертуючому вході U1 в невеликих межах.

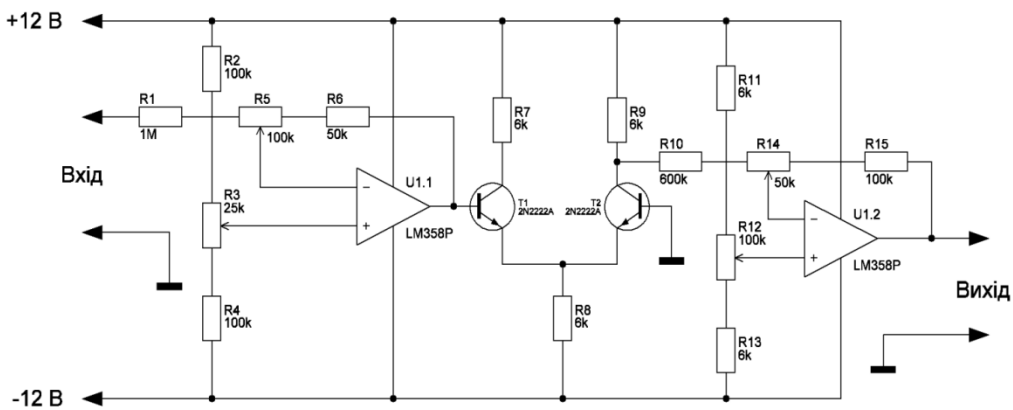
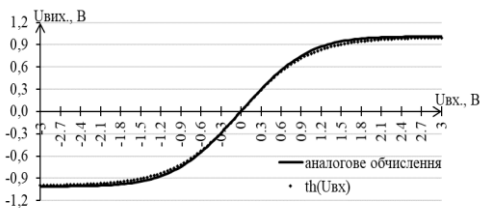


Рис. 7. Принципова схема нелінійного елемента формального нейрона

. Резистори R10, R14, R15 задають коефіцієнт передачі каскаду на U2. З графіку прохідної характеристики диференціального каскаду (Рис. 5) видно, що вихідна напруга змінюється в межах від нуля до 12 вольт. Функція гіперболічного тангенса має область значень від -1 В до 1 В, тобто 2 В, отже необхідно встановити коефіцієнт передачі  $K \sim 0,167$ . Для регулювання коефіцієнта передачі U2 слугує резистор R14. Резистор R12 та резистори R11, R13 призначені для встановлення рівня нуля на виході.

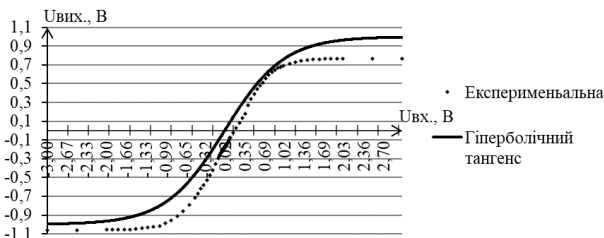
Принципова схема нелінійного елемента формального нейрона з усіма номіналами елементів зображена на Рис. 7.

На другому етапі досліджень було проведено комп'ютерне моделювання роботи схеми, наведеної на Рис. 7. Графік передавальної характеристики схеми зображено на Рис. 8, при цьому відносна похибка аналогового обчислення гіперболічного тангенса склала 7,5% поблизу нуля вхідного сигналу.



**Рис. 8.** Передавальна характеристика схеми нелінійного елемента формального нейрона

Третім етапом роботи стало дослідження макету схеми, наведеної на Рис. 7. Графік отриманої прохідної характеристики зображено на Рис. 9.

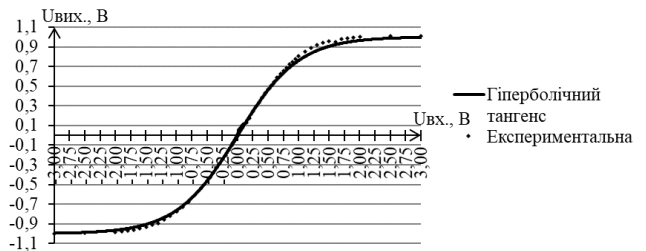


**Рис. 9.** Прохідна характеристика макету схеми нелінійного елемента формального нейрона

Порівняння отриманої залежності з графіком гіперболічного тангенса, розрахованим аналітично, свідчить про працездат-

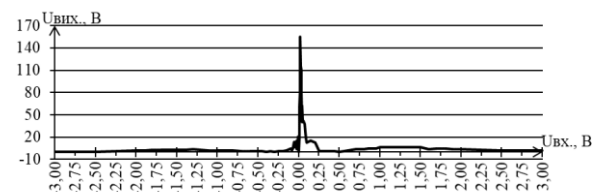
ність макету схеми, але також і про необхідність його подальшого налагодження.

Після проведення додаткових регулювань резисторами R3, R5, R12, R14 прохідну характеристику схеми було виміряно знову (Рис. 10). Отримана залежність знаходиться у гарній відповідності з графіком гіперболічного тангенса, розрахованим аналітично.



**Рис. 10.** Прохідна характеристика макету схеми нелінійного елемента формального нейрона після додаткових регулювань

Для оцінки відповідності передавальної характеристики макету схеми гіперболічному тангенсу було отримано залежність відносної похибки аналогового обчислення від вхідного сигналу, яку зображено на Рис. 11.



**Рис. 11.** Залежність відносної похибки аналогового обчислення макетом схеми нелінійного елемента формального нейрона гіперболічного тангенса від вхідного сигналу

Наведений на Рис. 11 графік має різкий стрибок до 160% близько нуля вхідного сигналу, на решті ж проміжку похибка не перевищує 10%, що якісно відповідає результатам комп'ютерного моделювання, де максимум похибки також спостерігався поблизу нуля вхідного сигналу. Причиною різкого зростання похибки в околі початку координат, на нашу думку, є аналогова природа вхідного сигналу та компонентів схеми: при малих вхідних напругах шуми, притаманні аналоговим сигналам та компонентам, стають сумірними із корисним сиг-

налом, тому він зазнає істотних спотворень. Крім того, диференціальний каскад виготовлено із окремих транзисторів, що унеможливує ідеальне співпадіння їхніх параметрів та характеристик.

На даному етапі високий рівень похибки не дозволяє використовувати запропоновану схему у складі моделі формального нейрона. Необхідна подальше вдосконалення схеми для підвищення точності обчислень і стабілізації передавальної характеристики.

## ВИСНОВКИ

На підставі отриманих в роботі результатів можна зробити такі висновки.

1. Схеми на основі диференціального каскаду можуть бути використані у якості нелінійного елемента формального нейрона. Для підвищення точності обчислень і стабілізації передавальної характеристики необхідне подальше вдосконалення.

2. Причиною різкого зростання похибки обчислення гіперболічного тангенсу в околі початку координат як при моделюванні, так і при макетуванні, є аналогова природа вхідного сигналу та компонентів схеми: при малих вхідних напругах шуми, притаманні аналоговим сигналам та компонентам, стають сумірними із корисним сигналом і значною мірою його спотворюють.

3. Диференціальний каскад у макеті схеми виготовлено із окремих транзисторів, що унеможливує ідеальне співпадіння їхніх параметрів та характеристик, що також сприяє збільшенню рівня похибки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Хайкин С. (2006). Нейронные сети. М., издат. дом Вильямс, 1104.

2. Bekh I.I. (2015) Approximation of mathematical functions based on the simulation of neural networks with the help of the analog calculating machines (ACM). XI International Conference Intellectual Systems For Decision Making And Problems Of Computational Intelligence (ISDMCI'2015), 2015, Zaliznyj Port, Ukraine, 231-232.

3. Andrusenko V., Bekh I.I., Novak S.O. (2015). Simulation of Neural Networks by the Analog Calculating Machine (ACM) (in the task of approximation of mathematical functions). Вісник

Київського ун-ту, сер. Радіофізика і електроніка, 1(21), 10-13.

4. Andrusenko V., Bekh I.I., Novak S.O. (2014). Analog calculating machine (ACM) for simulation of neural networks (task approximation of mathematical functions). XIV international young scientists' conference on applied physics, Kiev, Ukraine, 213-214.

5. Бех І.І., Новак С.О., Хлапонін Ю.І. (2016). Апроксимація нелінійної функціональної залежності на основі алгоритму зворотного розповсюдження помилки. Наук.-техн. конф. Інформаційна безпека України, Київ, 52-54.

6. Бех І.І., Новак С.О., Хлапонін Ю.І. (2016). Побудова апроксимаційної функції на основі алгоритму зворотного розповсюдження помилки як методу навчання штучних нейронних мереж. Вісник інженерної академії України, 1, 198-201.

7. Бех І.І., Новак С.О., Хлапонін Ю.І. (2016). Моделювання штучних нейронних мереж (ШНМ) засобами аналогової електроніки. XII Міжнародна наукова конференція Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2016), Залізний Порт, Україна, 254-255.

8. Bekh I.I., Grinevich O.V., Novak S.O. (2017). Computer simulation of a formal neuron based on analogue electronics devices. XIII international conference Electronics and applied physics, Kiev, Ukraine, 209-210.

9. Бех І.І., Новак С.О. (2017). Адаптація та понад розширення в антенних решітках. Науково-технічна конференція Інформаційна безпека України, Київ, 21-25.

10. Левитський С.М. (2007). Основи радіоелектроніки: підруч. Київ, Видавничо-поліграф. центр Київський університет, 455.

11. Гавлицкий А.И. (2009). Особенности схемотехники сверхнизковольтных прецизионных аналоговых перемножителей напряжения. Изв. ЮФУ, Технич. науки, 5(94), 101-108.

12. Горбань А.Н. (1998). Обобщенная аппроксимационная теорема и вычислительные возможности нейронных сетей. Сибирский журнал вычислительной математики, Т.1, 1, 12-24.



## Концепція цифровізації та дослідження в області gert-мереж управління проектів і програм державного сектора

Ігор Засуха<sup>1</sup>

Київський національний університет будівництва і архітектури,  
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03037

<sup>1</sup>[igor.zasuha31@gmail.com](mailto:igor.zasuha31@gmail.com), [orcid.org/0000-0000-0000-0000](https://orcid.org/0000-0000-0000-0000)

Отримано 16.05.2021, прийнято 19.05.2021

<https://doi.org/10.32347/tit2141.0311>

### ВСТУП

Сучасний світовий простір вже давно вийшов за рамки побудови інформаційного суспільства, адже цифрові технології поглинають усе більше сфер суспільного життя, докорінно змінюючи форми та методи їх реалізації. Тому більшість країн світу орієнтується на розвиток саме у напрямку побудови «цифрової економіки», використовуючи усі можливі конкурентні переваги від її впровадження. Україна намагається бути у тренді, розвиваючи інформаційні технології у різних напрямках як управління в державному секторі, так і суспільного життя. Деякі досягнення були здійснені, проте системності та синергетичного ефекту на розвиток країни так і не було досягнуто, незважаючи на значний потенціал вітчизняних ІТ-фахівців, які входять у п'ятірку найкращих ІТ-аутсорсерів світу. На мою думку, саме використання цифровізації у сферу управління у державному секторі може стати значним поштовхом цифрових трансформацій для розвитку конкурентоспроможної економіки України. Тому потребують -аналіз теоретичних та практичних підходів детального вивчення особливостей цифровізації у державному секторі України під час її цифрової трансформації та розробка пропозицій щодо напрямів їх імплементації, що й стало темою мого дослідження.

### МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета – дослідження концепції цифровізації та GERT-мереж в управлінні проектами у державному секторі в Україні під час її цифрової трансформації.

Життєвий цикл тестування терміна «Діджиталізація» або «цифровізація» (від англ. Digital, цифровий) вже можна вносити в словники як омоніми, через велику кількість значень. Але головне, що це поняття вже потрапило в адженду засідань правлінь компаній і державний сектор управління. Якщо пояснювати цей термін «по-простому», то цифровізація - це те, що потрібно, щоб зробити виробництво більш гнучкими, пристосованим до реалій сучасного дня і конкурентоспроможним в народжується «цифровому світі».

Отже, «цифровізація» України – це питання розвитку внутрішнього ринку споживання продукції та послуг сфери ІКТ. Немає ринку – немає «цифровізації», немає «цифровізації» – немає ефективної та конкурентоздатної економіки.

Згідно з ключовою стратегією України щодо «цифровізації» має стати робота з внутрішнім ринком, а ключовими ініціативами – формування у споживачів (бізнес, держава, громадяни) мотивацій та потреб у «цифрових технологіях».

Розвиток цифрової економіки України полягає у створенні ринкових стимулів, мотивацій, попиту та формуванні потреб щодо використання цифрових технологій, продуктів та послуг серед українських секторів промисловості, сфер життєдіяльності, бізнесу та суспільства для їх ефективності, конкурентоздатності та національного розвитку, зростання обсягів виробництва високотехнологічної продукції та благополуччя населення.

Ця концепція передбачає здійснення заходів щодо впровадження відповідних стимулів для цифровізації економіки, суспіль-

ної та соціальної сфер, усвідомлення наявних викликів та інструментів розвитку цифрових інфраструктур, набуття громадянами цифрових компетенцій, а також визначає критичні сфери та проекти цифровізації, стимулювання внутрішнього ринку виробництва, використання та споживання цифрових технологій.

Цифровізація – насичення фізичного світу електронно-цифровими пристройки, засобами, системами та налагодження електронно-комунікаційного обмане між ними, що фактично уможлиблює інтегральну взаємодію віртуального та фізичного, тобто створює кіберфізичний простір.

Основна мета цифровізації полягає у досягненні цифрової трансформації існуючих та створенні нових галузей економіки, а також трансформації сфер життєдіяльності у нові більш ефективні та сучасні. Такий приріст є можливим лише тоді, коли ідеї, дії, ініціативи та програми, ягу стосуються цифровізації, будуть інтегровані, зокрема, в національні, регіональні, галузеві стратегії і програми розвитку.

Цифровізація є визнаним механізмом економічного зростання завдяки здатності технологій позитивно впливати на ефективність, результативність, вартість та якість економічної, громадської та особистої діяльності.

Цифрові технології – це є одночасно величезний ринок та індустрія, а також платформа ефективності і конкурентоспроможності всіх інших ринків та індустрій.

Головною метою Концепції є реалізація прискореного сценарію цифрового розвитку, як найбільш релевантного для України з точки зору викликів, потреб та можливостей.

На думку автора – ініціативи розробки теоретичних та практичних методів до управління проектами цифровізації у державному секторі дозволять використовувати напрямки які існують, і розробляти наступні для вироблення методик управління проектами.

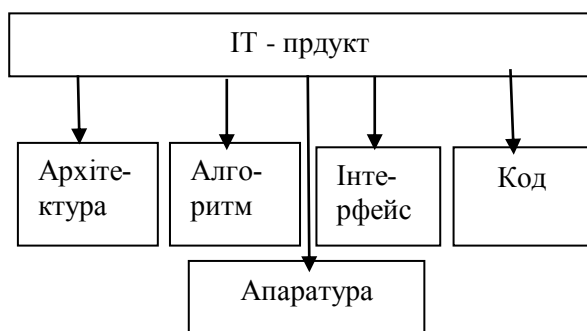
## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У результаті проведених мною досліджень концепції цифровізації та досліджень в області GERT-мереж управлінням проектами і програмами державного сектора, пропоную методику системного аналізу і формалізації для управління проектами, як у державному секторі так і у других областях суспільства для досягнення результату і управлінням проектно-орієнтованою середою.

При методах системного аналізу і формалізації опису структур і об'єктів, процесів функціонування проектів і програм діджиталізації в сфері управління державним сектором, явищ необхідно пройти (у вказаному порядку) такі етапи системного аналізу:

- 1-Виявлення проблеми (завдання).
  - 2-Оцінка актуальності проблеми.
  - 3-Формулювання цілей, їх пріоритетів і проблем дослідження.
  - 4-Визначення і уточнення ресурсів дослідження.
  - 5-Виділення системи (з навколишнього середовища) за допомогою ресурсів.
  - 6-Опис підсистем (розтин їх структури), їх цілісності (зв'язків), елементів (розтин структури системи), аналіз взаємозв'язків підсистем.
  - 7 - Побудова (опис, формалізація) структури системи.
  - 8 - Встановлення (опис, формалізація) функція системи і її підсистем.
  - 9 - Узгодження цілей системи з цілями підсистем.
  - 10 - Аналіз (випробування) цілісності системи.
  - 11 - Аналіз і оцінка емерджентності системи.
  - 12 - Випробування, верифікація системи (системної моделі), її функціонування.
  - 13 - Аналіз зворотних зв'язків в результаті випробувань системи.
  - 14 - Уточнення, коректування результатів попередніх пунктів.
- Продукти в сфері інформаційних технологій (далі – ІТ) в загальному випадку містять кілька компонентів, правова охорона яких реалізується різними способами.

Частина таких рішень може виявитися як «бізнес-методів» (covered-business-methods), однак практика таких рішень нестабільна. Проте, в будь-якій юрисдикції в якості винаходів можуть визнаватися алгоритми стиснення або шифрування інформації для зберігання на носії або для передачі в каналі зв'язку, алгоритми багатфакторної авторизації, алгоритми балансування навантаження серверів, алгоритми розпізнавання зображень.



**Рис. 1.** Структура продукту в сфері ІТ

В даний час пропонується кілька моделей життєвого циклу BPM (Business Process Management - управління бізнес-процесами), що розрізняються в деталях, але подібні, по суті, і висхідні до циклу PDCA (Plan-Do-Check-Act, тобто Планування-Виконання-Контроль-Поліпшення) Шухарта-Демінга.

До складу цього циклу входять такі фази: Моделювання процесу, імітаційне моделювання та аналіз, Впровадження та документування, Розгортання і виконання, Моніторинг, Оптимізація і перепроєктування.

Однак автоматизовані рішення по інтеграції фаз життєвого циклу управління бізнес-процесами в єдину систему збору та обробки даних і оперативного управління з метою підвищення ефективності функціонування системи в даний час недостатньо розроблені.

На шляху вирішення даної наукової задачі існує ряд проблем. Фаза моделювання життєвого циклу управління бізнес-процесами, в ході якої створюється високорівнева модель, що складається із завдань, які повинні виконуватися, і потрібних для

цього ресурсів викликає такі проблеми у аналітиків:

- неточність і суб'єктивність при побудові структури моделі системи;
- складності при зборі і оцінці значень показників бізнес-процесів в ситуації, коли аналітики у своєму розпорядженні дані з систем обліку (в тому числі автоматизованих), що не орієнтованих на процесне управління проєктів.

Фаза імітаційного моделювання та аналізу, змістом якої є побудова прогнозу стану бізнес-системи на основі історії накопичених метрик (вимірних параметрів), ставить бізнес-аналітиків перед необхідністю вирішувати цілий ряд серйозних проблем. До їх числа відносяться:

- висока трудомісткість прогнозу параметрів системи за допомогою існуючих засобів імітаційного моделювання;
- обчислювальна складність імітаційного експерименту, експоненціально зростає з ростом числа розвилок в ході процесу.

Відповіддю на проблему суб'єктивності створених моделей стала поява технології Process mining (аналіз процесів, аналітична обробка процесів) і відповідного програмного забезпечення – ProM. Process mining ставить новий клас задач з дослідження систем, зокрема по автоматизованій ідентифікації структури системи. Основна ідея аналізу процесів полягає в тому, щоб виявити, відстежити і зробити поліпшення реальних (а не передбачуваних) процесів шляхом вилучення знань, доступних в сучасних автоматизованих системах управління (АСУ), з журналів подій (event log). Однак, в інформаційних системах (АСУ, АСУВ, АСУТІ), в яких не визначена явна модель бізнес-процесу, облікові дані не структуровані в розрізі бізнес-процесів, що ускладнює можливість будувати журнали подій з інформаційних систем для використання технології Process mining, і ускладнює подальший аналіз систем.

Для вирішення проблеми трудомісткості і обчислювальної складності імітаційного експерименту при моделюванні і оптимізації технічних систем замість «багатопрхідної моделі» (застосовується, наприклад, в системах AnyLogic і ARIS Simulation) все

більшого поширення набувають альтернативні стохастичні мережі, зокрема математичний апарат GERT-мереж (GERT – graphical evaluation and review technique). GERT-мережі дозволяють побудувати прогноз стану системи і провести дослідження показників її функціонування в аналітичному вигляді, не вимагаючи багатьох тисяч (а то і мільйонів) прогонів імітаційної моделі для отримання прийнятної точності прогнозу. Головна ідея GERT-мереж полягає в тому, що дискретноподієва модель представляється у вигляді орієнтованого графостохастичної мережі, що складається з ребер і вузлів. Ребро характеризується законом розподілу випадкової величини (або декількох величин), які є значущими для дослідження - наприклад, вартості або часу виконання операції, а також ймовірністю переходу з попереднього вузла в наступний. Вузол визначає логіку розгалуження процесу, порядок виконання ребер (одночасно, по одному, в довільній комбінації). Використання операцій над виробляють функціями законів розподілу величин на ребрах і набору правил приведення до еквівалентного ребру дозволяє вивести функцію, що характеризує закон розподілу необхідної величини для завершального вузла (вузлів) мережі. Саме цей закон вичерпно замінює собою результати дослідження вихідної величини методом «багатопрхідного імітаційного моделювання».

Дослідженнями в області GERT-мереж займалися Pritsker, Phillips, Garcia-Diaz, Neumann.

Математичний апарат GERT-мереж є одним з інструментів дослідження різних класів систем. Однак, як не дивно, моделювання бізнес-процесів на основі GERT-мереж є мало розробленою темою. Але ж дискретноподієві моделі являють собою відмінний об'єкт для статистичного дослідження за допомогою стохастичних мереж, формалізований опис бізнес-процесів у вигляді GERT-мережі дозволить провести дослідження, пов'язані з прогнозом стану системи.

Аналіз робіт по застосуванню GERT-мереж виявив ряд істотних проблем, що

виникають на шляху вирішення даної задачі:

- застосування GERT-мереж для моделювання організаційно-технологічних систем є мало розробленою темою – пошук в міжнародних базах публікацій виявив буквально одиничні роботи на цю тему, причому і виявлені статті носять скоріше характер постановочних, ніж надають робоче рішення даної задачі;

- при моделюванні організаційно-технологічних систем досить часто потрібно використовувати вузол («перехрестя» в термінології IDEF3), відповідний логічній функції "АБО", а тим часом завдання моделювання такого вузла GERT-мережі є не тільки не вирішеною, але і не поставлена в жодній з вивчених робіт, включаючи найбільш передові в даній області розробки групи ван дер Аалсті (ейндховенського університету);

- існуючі методи розрахунку GERT-мереж, засновані на використанні топологічного рівняння Мейсона, мають високу трудомісткість;

- не проводилася оцінка прогностичної здатності GERT-мереж ні для одного з класів систем.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Таким чином, необхідно вирішувати проблему точності та об'єктивності побудови структури моделі системи за рахунок використання технології аналізу процесів (Process mining), оцінки параметрів ресурсної ефективності бізнес-процесів за рахунок реалізації системи оперативного обліку, орієнтованої на бізнес-процеси, а проблему високої трудомісткості прогнозу параметрів системи пропонується вирішувати за рахунок використання апарату GERT-мереж.

Для цього необхідно розробити ПО яке реалізовує методіку, засновану на поєднанні технології Process mining, методів господарського обліку (інвестиційного аналізу, контролінгу), з модифікаціями під вигоди обліку в розрізі бізнес-процесів, а також прогнозу стану системи на основі GERT-мереж.

Дана методика дозволить інтегрувати методи, моделі та алгоритми в єдину систему збору та обробки даних і оперативно-го управління для автоматизації побудови прогнозу стану системи з метою підвищення якості та ефективності функціонування організаційно-технологічних систем.

**Ключові слова:** цифровізація, цифрові трансформації, фаза імітаційного моделювання, стохастичні мережі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації (2018). Кабінет Міністрів України, Розпорядження від 17 січня 2018 р. № 67-р. Київ.
2. Батоврин В.К., Гуляев Ю.В., Олейников А.Я. (2009). Обеспечение интероперабельности – основная тенденция в развитии открытых систем. Информационные технологии и вычислительные системы, Вып.5, 7-15.
3. Михайлов И.С. (2003). Математическое и программное обеспечение структурной и семантической интероперабельности информационных систем на основе метамоделей: дисс. к.т.н., НИУ,МЭИ [Электр. ресурс], Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/issledovanie-i-razrabotka-metoda-obespecheniya-strukturnoi-interoperabelnosti-informatsionny> (дата обращения 15.12.2020).
4. Новицкий А.В. (2009). Обзор некоторых направлений интеграции гетерогенных ресурсов в электронных библиотеках. Труды 11й Всерос. науч. конф. Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции. RCDL, Петрозаводск, Россия, 350-356.
5. Rajabifard Abbas Critical issues in global geographic information management with a detailed focused on Data Integration and Interoperability of Systems and Data (2010). Scoping Paper for the 2nd Preparatory Meeting of the Proposed UN Committee on Global Geographic Information Management New York, USA 10-11 Мая 2010, 1-14.
6. Ke-Qing He, Jian Wang, Peng Liang (2010). Semantic Interoperability Aggregation in Service Requirements Refinement. Journal of Computer Science and Technology, JCST, T.25, No.6, 1103-1117.
7. Бушуев С.Д., Бушуева Н.С., Бабаев И.А., Яковенко В.Б., Гриша Е.В., Дзюба С.В., Войтенко А.С. (2010). Креативные технологии управления проектами и программами: монография. Киев, Саммит-Книга, 768.
8. Semerhanov I.A., Vargin G.V., Muromtsev D.I. (2012). Integration of computer systems with the use of ontology. 12th Conference of Open Innovations Association FRUCT. Oulu, Finland, 5-9.11.2012.



# CERTIFICATES OF THE PARTICIPANTS





## ACKNOWLEDGMENTS

Подяками VII міжнародної конференції *Transfer of Innovative Technologies 2021* нагороджені: за активну участь в роботі конференції – Людмила Григор'єва (доцент, КНУБА), Євген Тромса (аспірант, керівник проф. Товбич В.В.), Максим Бігун (студент, керівник асист. Комоцька С.Ю.); за міжнародні наукові зв'язки – Jozef Zatko (Nitra, Slovakia), Miroslaw Skibniewski (Maryland, USA), Miklos Hajdu (Budapest, Hungary); за організаційну підтримку – Петро Куліков (КНУБА, Київ), Володимир Карпич (ОМДА, Одеса).



## CONTEST WINNERS

Лауреати конкурсу 2021 року в номінаціях *Презентація*, *Інноваційний проєкт*, *Публікація* – Ірина Руднева (КНУБА, Київ), Антон Гасенко (Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка), Vladislav Bogdanov (Progressive Research Solutions Pty, Sidney, Australia).



## GUIDELINES FOR PARTICIPANTS

VII International Scientific and Practical Conference  
Transfer of Innovative Technologies 2021

### Правила участі

19-20 травня 2021 р.

Київ–Дортмунд–Нур-Султан–Цзянсу

*Мета конференції* – інтеграція вітчизняних та закордонних фахівців і наукових шкіл у проведенні досліджень, практичному застосуванні енергоощадних, екологічно безпечних технологій. Оригінальні твори та авторитетні огляди з інноваційних технологій у будівництві, архітектурі, інших галузях науки і техніки. Проектування, виробництво та експлуатація промислових, цивільних об'єктів, логістики, інфраструктури. Консолідація фахівців для вирішення проблем антропогенного впливу на природне середовище, сприяння трансферу інноваційних технологій, штучного інтелекту та ін. у різні сфери людської діяльності

#### Тематика:

Секція 1: Будівництво, Архітектура  
Секція 2: Інженерія, Екологія  
Секція 3: Інформаційні технології

#### Місце та умови проведення:

- КНУБА, Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна, 03037
- форми участі: доповідь (презентація), препринт стаття (в авторській редакції), наукометрична стаття (англомовна, рецензована)
- робочі мови: українська, російська, англійська

**Конкурсна програма** за трьома номінаціями: *Презентація, Інноваційний проект, Публікація*. Учасники конференції отримують *Сертифікат*, найактивніші – *Подяку*, переможці конкурсів – *Диплом*. Розглядаються оригінальні ідеї, нові пропозиції, нестандартні рішення, креативні проекти

Організаційний внесок: **безкоштовно**

Оплата публікацій: див. Дорожню карту

**Вказівки для учасників:** <https://tit-conference.jimdofree.com>

Заява про участь: **до 01 травня 2021 р.**

**Запрошення** до електронної сесії: на e-mail автора

#### Публікації

**Робоча програма, Сертифікат** учасника, **Подяка** за активність, **Диплом** переможця конкурсу: на сайтах <https://tit-conference.jimdofree.com>, <http://library.knuba.edu.ua/node/289>

**Препринт стаття** (в авторській редакції, об'ємом до 4 стор., у тому числі рисунки, таблиці, література): у Збірнику матеріалів конференції (online)

**Наукометрична стаття** (англомовна, рецензована, об'ємом 8 – 12 стор.): в міжнародних наукових журналах

- *Transfer of Innovative Technologies* <http://tit.knuba.edu.ua>

- *Підводні технології: промислова та цивільна інженерія* <http://uwtech.knuba.edu.ua>

## Препринт стаття

Структура	Форматування
<p><i>Препринт стаття</i> – в авторській редакції, нерецензована, засвідчує пріоритет результатів досліджень. Містить:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ заголовок: назву, П.І.Б. автора(ів), місце й адресу роботи, e-mail, ORCID автора(ів)</li> <li>✓ структурні частини статті: <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>вступ</b> (Introduction)</li> <li>- <b>мета і методи дослідження</b> (Purpose and Methods of research)</li> <li>- <b>результати та обговорення</b> (Results and Explanations)</li> <li>- <b>висновки та рекомендації</b> (Conclusions and Recommendations)</li> <li>- <b>ключові слова</b> (Keywords): 5 – 8 слів</li> <li>- <b>література</b> (References) – за стандартом APA</li> </ul> </li> <li>✓ мова: українська, російська, англійська</li> <li>✓ об'єм: до 4 стор. (у т.ч. рисунки, таблиці, література)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- аркуш А4</li> <li>- верхнє та нижнє поля 2,5 см</li> <li>- лівє та правє поля 2,0 см</li> <li>- 2 колонки (8-1-8 см)</li> <li>- гарнітура Times NR</li> <li>- абзацний відступ 0,5 см</li> <li>- міжрядковий інтервал 1</li> <li>- розмір основного тексту 12</li> <li>- формули в Math Type 12</li> <li>- назви рисунків і таблиць 11</li> <li>- література 11</li> </ul>

## Зразок оформлення

**Оптимізація собівартості застосування машин  
для будівництва промислових об'єктів**

*Микола Хоменко<sup>1</sup>, Іван Литвиненко<sup>2</sup>*

Інститут гідротехніки і меліорації НААН України  
вул. Васильківська 37, Київ, Україна, 03022

<sup>1</sup>[author1@gmail.com](mailto:author1@gmail.com), [orcid.org/0000-0000-0000-0001](https://orcid.org/0000-0000-0000-0001)

<sup>2</sup>[author2@ukr.net](mailto:author2@ukr.net), [orcid.org/0000-0000-0000-0002](https://orcid.org/0000-0000-0000-0002)

## ВСТУП

Створено автоматизовану систему керування виробничими процесами для оптимізації собівартості застосування машин під час будівництва промислових, сільськогосподарських та інших об'єктів.....

## МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження полягає у розробці методики розрахунку техніко-економічних показників та її програмного забезпечення щодо чотирьох основних етапів: проектного, кошторисного, планово-розрахункового та виробничого.....

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Розроблено систему для визначення раціональної структури та складу технологічних комплексів машин, яка дозволяє оперативно втручатися у процес керування безпосередньо у виробничому підрозділі, виконувати поточні розрахунки норм витрати матеріалів, вартості експлуатації машин і механізмів, річного аван-

таження, графіків виконання робіт, постачання матеріалів і устаткування на об'єкти, калькуляцій трудових витрат, заробітної плати та інше.....

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Застосовуючи в якості вхідних даних понад вісімдесят показників технологічних карт, автоматизована система забезпечує більш високий рівень інженерно-економічного забезпечення виробництва, активно впливає на технологічний процес та формування комплексів машин і механізмів.....

**Ключові слова.** Швидкість вітру, випадковий процес, фактор пориву, характеристична інтенсивність, частотні характеристики.

## ЛІТЕРАТУРА

- 1.
- 2.
- 3.



**Заява про участь**  
VII міжнародна науково-практична конференція  
**Трансфер інноваційних технологій 2021**

Персональна карта <a href="https://tit-conference.jimdofree.com">https://tit-conference.jimdofree.com</a>		Конференція	Оргвнесок
Прізвище Ім'я По батькові Вчене звання Науковий ступінь Посада Місце роботи Поштовий індекс Поштова адреса Моб. телефон E-mail Viber, WhatsApp ORCID Scopus Author ID Researcher ID		Доповідь (презентація)	Безкоштовно
		Конкурс за номінаціями	
		Сертифікат, Подяка, Диплом	
		Секція № Тема:	
		Публікація	Оплата
		Препринт стаття (в авторській редакції)	
		Наукометрична стаття (англомовна, рецензована)	

**Дорожня карта**  
учасника VII міжнародної науково-практичної конференції  
**Transfer of Innovative Technologies 2021**

19-20 травня 2021 р.

Київ–Дортмунд–Нур-Султан–Цзянсу

Публікація Процедура	Конференція <a href="https://tit-conference.jimdofree.com">https://tit-conference.jimdofree.com</a>			Міжнародні наукові журнали	
Реєстрація	Заява про участь (електронна сесія)			Наукометрична стаття (англ., реценз., 8-12 стор.)	
Дистанційна участь	Безкоштовно	Робоча програма (теми) <b>Доповідь</b> (5-10 хв.)		Публікація (300 грн.)	Сертифікат учасника  <b>Препринт стаття</b> (в авторській редакції, до 4 стор.)
Конкурс за номінаціями		- Презентація - Інноваційний проект - Публікація	Подяка  Диплом		
Реквізити	Благодійна організація «Фонд розвитку КНУБА». 03037, Київ, Повітрофлотський проспект 31, +380672202311, +380664600001. ЄДРПОУ 38675230 МФО 320649 ПАТ КБ «ПриватБанк», р/р UA563206490000026000052693844. Призначення платежу: добровільне пожертвування для виконання статутних задач (вказати: прізвище платника, назву VII TIT 2021). Підтвердження передати в оргкомітет конференції			Карти Приватбанка - 4149629313300998 (грн.), - 5168742717504645 (\$), IBAN 713052990000026201677732741 (вказати: прізвище платника, назву журналу)	
Індексація в базах	Google Academy <a href="http://scholar.google.com.ua">http://scholar.google.com.ua</a> , CrossRef <a href="https://www.crossref.org">https://www.crossref.org</a> , Index Copernicus <a href="http://www.journals.indexcopernicus.com">www.journals.indexcopernicus.com</a> , Ulrichs Web <a href="http://ulrichsweb.serialssolutions.com">http://ulrichsweb.serialssolutions.com</a> , Web ИРБИС <a href="http://irbis-nbuv.gov.ua">http://irbis-nbuv.gov.ua</a>				



## GUIDELINES FOR AUTHORS

### Publication requirements

For publication in the *Transfer of Innovative Technologies* journal are accepted original materials of the research and discussion character (mostly individual, in English, the number of authors not more than three) in volume of 8 – 12 pages (A4), including tables, drawings and a list of literature. The articles are subject to blind double review (including the involvement of independent experts) and [DOI digital identification](#). The authors submit to the publisher the copyright to texts and written permissions to reproduce drawings and tables from previously unpublished or copyrighted materials. The editorial board follows the ethical standards of scientific publication.

To the article attached ([tit.edit@ukr.net](mailto:tit.edit@ukr.net)) **Application** for publication (7 files in the *Documents* archive):

- 1) information **about the article** – *Form 1*
- 2) information **about the authors** (status: *h*-index, last name, first name, patronymic, degree, academic rank, place of work, address, post; contacts: photo of the author (.jpg), mobile phone, e-mail, ORCID identifiers and Scopus Author ID) – *Form 2*
- 3) two external **reviews** – *Form 3*
- 4) expert **conclusion** – *Form 4*
- 5) **agreement** on the free use of copyright – *Form 5*
- 6) certified **translation** of the article into English
- 7) **recommendation** for printing (extract from the protocol of the institution where the author works)

### Requirements to the article

#### Terms:

- sheet parameters: A4 format, upper and lower fields 2,5 cm, left and right 2 cm; font Times New Roman; footers 1,3 cm, paragraph indentation 0,5 cm; the size of the main text 12, annotations and literature 11, line spacing 1
- the article (.doc) is formatted in two columns of 8 cm with a gap of 1 cm; set up automatic word transfer
- the names of the tables and signatures under the drawings (size 11) are placed on the left of the graphic object; in Cyrillic texts – duplicate in English (line below)
- in the list of references – not less than 20 references (mainly on scientific articles and monographs); after the surname the year of publication is indicated (APA standard)
- the list of literature is duplicated in English; if you use <http://translit.net> (except for the name of the source, which is translated verbatim), the parentheses indicate the language of the original, for example (in Ukrainian), (in Russian), (in Poland)
- referring to the Internet resource, the full name and the source data of the publication should be indicated
- at the end of the English-language articles the annotation is given in Russian; in other articles – in English

#### Structuring:

- source data (font Arial): title of the work (n/a, font 14), author's first and last name (italics, font 12), place of work, postal address, e-mail, ORCID (font 10); if there are several authors – they are marked with digital footnotes; 5 empty lines is left between the upper field of the page, the source data and the main text of the article
- structural subdivisions of the article:
  - ANNOTATION (not less than 1800 characters – 0,5 pp. font 11)
  - KEYWORDS (5 – 8 words)
  - INTRODUCTION
  - PURPOSE AND METHODS
  - RESULTS AND EXPLANATIONS
  - CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS
  - ACKNOWLEDGMENTS (if necessary)
  - REFERENCES
- title of the article – informative and short; the annotation structure is similar to the structure of the article, without the use of shortenings and abbreviations, all explanations are given in the text; link – no more than 5 sources in one place
- tables and figures are placed after the first mention of them, large (full width of the sheet) – from the top or bottom of the page (without breaking the two columns of the text simultaneously)
- Illustrations – in .jpg, .tif format with the resolution of at least 300 dpi

#### Design:

- write straight: numbers, Greek letters, Cyrillic alphabet, trigonometric functions (tan, sin, etc.), fixed expressions (max, const, etc.), chemical elements; italics – English formula symbols, Roman numerals, exploration numbers
- between formulas, drawings, tables and text leave 1 empty line
- formulas (size 12-9-7-16-12) are typed in MathType and centered; numbering – to the right of the column; tables and figures – do not exceed the area printed sheet
- shortened words "Table", "Fig." are written with capital letter (in the text – light, in the name – n/a); The text in the drawing field is minimized, explanations are given in the signatures under the drawings
- as punctuation marks only a point and a comma are used (standard ARA); the number of pages (range) is indicated without their designation
- examples of article design and archive of journals – see <http://tit.knuba.edu.ua>, <http://library.knuba.edu.ua/node/28>

**Publication statement**  
articles in an international scientific journal

(journal name)

Form 1

**INFORMATION ABOUT THE ARTICLE**

Language of the article	Author(s) (name, surname – <i>in the language of the article</i> )  (subject area) / (number of pages)	Documents (+/-)							Article Title	Order	
		About the article (F.1)	About the authors (F.2)	Two reviews (F.3)	Exp. conclusion (F.4)	Agreement (F.5)	Approved Translation	Recommendation		Reviewers (name, surname, scientific degree, academic status – <i>in the language of the article</i> )	Payment
1	2	3	4	5	6	7	Rev. 1:	Rev. 2:			

Form 2

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**  
(*in the language of the article*)

Status			Contacts	
<i>h</i> -index (Scopus)	Full Name scientific degree, academic status	Place of work, position, address, index	The author's photo (.jpg, 300 dpi)	Cell-phone e-mail ORCID Scopus Author ID

\* – indicate availability by sign

Form 3

REVIEW  
(two, external)

Must contain:

- 1) *Title of the article, Surname of the author(s)*
- 2) *Evaluation of the work* (originality, correspondence with the title and text of the article, methods and purpose of work, terminology, style of presentation, grammar)
- 3) Information about *the Quality of the article* (content, translation in English) and the lack of *Plagiarism*
- 4) *Remarks and Adjustments* (or indication of the necessity to transfer the article to another reviewer)
- 5) *Recommendation* (for publication, further elaboration, re-review, refusal to publish)
- 6) Information about the *Reviewer* (name, surname, degree, academic rank, place of work in the language of the article)
- 7) *Date, Signature* (approved)

Form 4

(Sample)

APPROVED

(position, scientific degree,  
academic status)

Full Name

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_

EXPERT CONCLUSION No \_\_\_\_

on the possibility of publishing materials  
in the press and other sources of information

Kiev National University of Construction and Architecture Expert Commission, having reviewed the materials

---

(name, surname of the author(s))

---

(Article Title)

---

which consists of \_\_\_\_ pages, notes that they do not have any information that would be a subject to publication ban in accordance with "The Expanded list of information containing the state secret in the Ministry of Education and Science of Ukraine – 2001"

Conclusion: these materials are allowed to be published openly

The Head of the Expert Group

Full Name

AGREEMENT No \_\_\_\_\_

on free use of copyright in the  
*Transfer of Innovative Technologies* periodical Edition

Kyiv

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_

The Editorial Board of the *Transfer of Innovative Technologies* journal, the founder of which is the Kyiv National University of Construction and Architecture, having the legal address: KNUCA, Povitroflotsky avenue 31, Kyiv, Ukraine, 03037, in the person of the chief editor, doctor of technical sciences, professor M. Sukach, on the one hand (hereinafter – Editorial), and the owner(s) of the property rights and copyright in the person of

\_\_\_\_\_  
(Full Name) (scientific degree, academic status)..... (ORCID)

\_\_\_\_\_  
(Full Name) (scientific degree, academic status)..... (ORCID)

\_\_\_\_\_  
(Full Name) (scientific degree, academic status)..... (ORCID)

on the other hand (hereinafter – the Author(s)), who altogether referred to as the Parties, guided by the Civil Code, the Law of Ukraine "On Copyright and Related Rights", other legislative and regulatory acts of Ukraine, entered into this Agreement as follows.

§ 1

1.1. The author (s) declare that they are valid writers of the Scientific Work / Article titled as

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(original language)

which is the result of their joint creative work and that they have the exclusive copyright in relation to the above mentioned work.

1.2. The author (s) declare that the Work/Article does not violate the copyrights of any third party, does not contain any borrowings (plagiarism), and there are no other circumstances that may cause the Editorial Board to be liable to any third party as a the result of the use or publication of the Work/Article.

1.3. The author (s) declare that they have the right to dispose of the materials contained in the Work/Article, including texts, photographs, maps, plans, etc., and that the use of these materials in the Work/Article does not violate the rights of the third party.

1.4. The author (s) confirm that they are familiar with the article design requirements. The text of the Work/Article has been prepared in accordance with the editorial requirements regarding the publication in the *Transfer of Innovative Technologies* periodical.

1.5. The author (s) declare that the Work/Article has not been previously published in full or in part (or under the same or another name) and that it has not been transmitted for publication to any other periodical publication in accordance with the Law of Ukraine "On Copyright and Related Rights".

§ 2

2.1. The author (s) provide the Editorial with free and no restrictions on the territory, time and number of copies full copyright of the Work/Article for the purpose of its publication in the *Transfer of Innovative Technologies* periodical in printed and electronic form, with the following terms of use:

- a) storage on any media devices;
- b) reproduction of the Work/Article, its parts or fragments by any known methods, copying Work/Article or parts and fragments thereof by any technique, including printing, risography, magnetic recording and digitization;
- c) saving on a computer and placing in private and public computer networks (including the Internet) and distribution over the networks;
- d) dissemination of the original and / or copies of the Work/Article, its separate parts or fragments, distribution and transfer to the use of the original or copies thereof.

2.2. The author(s) agree that the editorial work and duplication of the periodical publication shall be made with the voluntary contributions of the Publishers.

§ 3

3.1. The author(s) and the Editorial Board agree that the Editor will also be entitled to:

- a) make the necessary design of the Work/Article on the results of the editorial work;
- b) determine independently the number of publications, the printing of additional copies and the circulation of the Work / Article, the number of copies of individual editions and additional copies;
- c) the publication of the Work/Article in other editions related to the activities of the Editor than those specified in paragraph 2.1.

§ 4

4.1. The author (s) and Editorial hereby state that free use of the copyright under this agreement is free of charge.

4.2. Any changes to this Agreement must be made in hard copies.

4.3. Questions not regulated by the provisions of this Agreement shall be subject to the rules of the Civil Code and the Law of Ukraine "On Copyright and Related Rights".

4.4. Any disputes that may arise during the execution and during the term of this Agreement will be resolved within the territorial jurisdiction of the place where the Editorial is located.

The Agreement is made in 2 (two) identical copies – one to each of the Parties.

AUTHOR(S):

EDITORIAL BOARD:

1. \_\_\_\_\_  
(Signature) (Full Name)

2. \_\_\_\_\_  
(Signature) (Full Name)

3. \_\_\_\_\_  
(Signature) (Full Name)

International scientific journal  
*Transfer of Innovative Technologies*

Povitroflotsky avenue 31,  
Kyiv, Ukraine, 03680  
[tit.edit@ukr.net](mailto:tit.edit@ukr.net)

\_\_\_\_\_ M. Sukach



Scientific Edition

# TRANSFER OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Vol.4, No.1 (2021)

According to the VII International scientific and practical conference  
Transfer of Innovative Technologies 2021

## Articles is published in the author's wording

- ▶ Design, style and contents of the magazine are subject to copyright and are protected by law
- ▶ The authors of the publications are responsible for the content and validity of the data given there
- ▶ The editorial staff reserves the right to edit and reduce the materials submitted
- ▶ Proceedings of the conference are published online and are registered by DOI as an object of intellectual property
- ▶ Reprints of material placed in the journal are allowed only with the written consent of the editorial board

## The journal is indexed in world databases

Google Academy	<a href="http://scholar.google.com.ua">http://scholar.google.com.ua</a>	CrossRef	<a href="https://www.crossref.org">https://www.crossref.org</a>
Index Copernicus	<a href="http://www.journals.indexcopernicus.com">www.journals.indexcopernicus.com</a>	Ulrichs Web	<a href="http://ulrichsweb.serialssolutions.com">http://ulrichsweb.serialssolutions.com</a>
Web ИРБИС	<a href="http://irbis-nbuv.gov.ua">http://irbis-nbuv.gov.ua</a>		

The original layout is made in the editorial office of the journal  
Transfer of Innovative Technologies

Responsible for the issue	Dmytro Mischuk
Linguistic consultant	Valery Gastinshchikov
Computer layout	Lev Sukach
Editing and proofing	Alexandra Danilina
Layout and cover	Tatyana Roschenko

### Journal Editorial Staff

КНУБА, Повитрофлотський Авіаційний провулок 31,  
Львівська обл., м. Львів, Україна, 03037  
+38 044 2454217, +38 095 6297417  
[www.tit.knuba.edu.ua](http://www.tit.knuba.edu.ua), [tit.edit@ukr.net](mailto:tit.edit@ukr.net)

### Publisher and manufacturer

Lesia Publishing House  
Certificate No 892, ДК series from 08.04.2002  
Kyiv, mailbox 115  
phone/fax +38 050 4697485, +38 068 3408332  
[lesia3000@ukr.net](mailto:lesia3000@ukr.net)

Signed for printing on June 10, 2021. Format 60×84 1/8  
Paper offset. Printing offset. Times New Roman  
Cond. print. sheets 13,95. Circulation 100 copies