

ISSN 2786-6696 (print)
ISSN 2786-670X (online)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

СУЧАСНЕ БУДІВНИЦТВО ТА АРХІТЕКТУРА

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**Випуск № 7
березень 2024**

ОДЕСА 2024

СУЧАСНЕ БУДІВНИЦТВО ТА АРХІТЕКТУРА
ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ISSN 2786-6696 (print) ISSN 2786-670X (online)

Випуск № 7, березень 2024

Збірник наукових праць видається під назвою “Сучасне будівництво та архітектура” з 2022 р., періодичність – 4 рази на рік.

Попередня назва збірнику – Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, з 2000 р.

Засновник і видавець – Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ №25221-15161ПР від 10 червня 2022 р.

Збірник наукових праць входить до переліку наукових фахових видань України, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт. Наказ МОН України №1643 від 28.12.2019 року (категорія Б).

З 2016 р. збірник наукових праць індексується в міжнародній наукометричній базі Index Copernicus.

У збірнику представлені результати наукових і експериментально-теоретичних досліджень у галузі будівництва та архітектури; будівельних конструкцій; будівельних матеріалів та технологій; гідротехнічного та транспортного будівництва; інженерних мереж та обладнання; основ та фундаментів; технології та організації будівельного виробництва.

Призначений для наукових працівників, спеціалістів проектних установ та виробничих підприємств будівельної галузі, аспірантів та магістрів навчальних закладів.

Головний редактор – Вировой В.М. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Відповідальний редактор – Кровяков С.О. – д-р техн. наук, доц., ОДАБА;

Відповідальний секретар – Антонюк Н.Р. – к-т техн. наук, доц., ОДАБА.

Редакційна колегія:

Азізов Т.Н. – д-р техн. наук, проф., Уманський державний педагогічний університет ім. П. Тичини (за згодою);

Горик О.В. – д-р техн. наук, проф., Полтавська державна аграрна академія (за згодою);

Карпюк В.М. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Клименко Є.В. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Кривенко П.В. – д-р техн. наук, проф., Науково-дослідний інститут в’язаних матеріалів ім. В.Д. Глуховського (за згодою);

Крутій Ю.С. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Ляшенко Т.В. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Плугін А.А. – д-р техн. наук, проф., Український державний університет залізничного транспорту (за згодою);

Саницький М.А. – д-р техн. наук, проф., НУ «Львівська політехніка» (за згодою);

Сур’янінов М.Г. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Шинкевич О.С. – д-р техн. наук, проф., ОДАБА;

Czarnecki Lech – Professor, Instytut Techniki Budowlanej, ITB, Warsaw, Польща (за згодою);

Iskhakov Iakov – Ph.D., Professor, Ariel University, Ariel, Ізраїль (за згодою);

Fischer Hans-Bertram – Dr.-Ing., Bauhaus-Universität, Weimar, Німеччина (за згодою);

Kozina Goran – Professor, University North, Хорватія (за згодою);

Milkovic Marin – Ph.D., University North, Хорватія (за згодою);

Ramanathan Hareesh N – Dr., Professor, TCS Institute of Science and Technology, Arakkunnam, Kochi, Kerala, India;

Ribakov Y.I. – Ph.D., Professor, Ariel University, Ariel, Ізраїль (за згодою);

Slapac Mariana – Dr. Habilitat of Art, Cultural Heritage Institut, Chisinau, Молдова (за згодою).

Технічна редакція:

Зайцева О.Ю. – к.філ.н., доц., ОДАБА, завідувача кафедрою «Іноземних мов»;

Рекомендовано до видання Вченою радою ОДАБА

Протокол № 7 від 29.02.2024 р.

Свідоцтво КВ №25221-15161ПР від 10.06. 2022 р.

Наказ МОН України №1643 від 28.12.2019 р. (категорія Б)

ISSN 2786-6696 (print)
ISSN 2786-670X (online)

© Одеська державна академія
будівництва та архітектури
(ОДАБА), 2024

ISSN 2786-6696 (print)
ISSN 2786-670X (online)

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

ODESSA STATE ACADEMY
OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

***MODERN CONSTRUCTION
AND ARCHITECTURE***

COLLECTION OF SCIENTIFIC WORKS

**Issue № 7
March 2024**

ODESSA 2024

**MODERN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE
COLLECTION OF SCIENTIFIC WORKS
ISSN 2786-6696 (print) ISSN 2786-670X (online)**

Issue № 7, March 2024

Collection of scientific works has been published under name “Modern construction and architecture” since 2022, frequency – 4 times a year.

The previous title of the collection – Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, since 2000.

Founder and publisher – Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture (OSACEA), Odessa. Certificate of state registration KB №25221-15161ПП, 10 June, 2022.

Collection of scientific works enters the list of scientific editions of Ukraine, in which thesis results can be published. Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine № 1643, 28 December, 2019 (category B).

Since 2016 collection of scientific works is indexed into International scientometric base of the Index Copernicus.

Results of scientific and experimental-theoretical researches in the field of construction and architecture; building structures, building materials and techniques; hydrotechnical and transport construction; utility networks and facilities; basement and foundations; technology and organization of building production are presented in the collection.

It is assigned for scientific workers, specialists of design organizations and manufacturing enterprises of construction domain, postgraduates, masters of educational institutions.

Editor-in-chief – Vyrovoy V.N. – D.Sc., Professor, OSACEA;

Executive editor – Kroviakov S.O. – D.Sc., Associate Professor, OSACEA;

Executive Secretary – Antoniuk N.R. – Ph.D., Associate Professor, OSACEA.

Editorial Board:

Azizov T.N. – D.Sc., Professor, Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical;

Goryk O.V. – D.Sc., Professor, Poltava State Agrarian Academy;

Karpiuk V.M. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Klymenko Y.V. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Kryvenko P.V. – D.Sc., Professor, Scientific Research Institute for Binders and Materials named after V.D.Glukhovsky

Krutii Yu.S. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Lyashenko T.V. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Plugun A.A. – D.Sc., Professor, Ukrainian State University of Railway Transport;

Sanytsky M.A. – D.Sc., Professor, Lviv Polytechnic National University;

Surianinov M.G. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Shynkevych O.S. – D.Sc., Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Czarnecki Lech – Professor, Instytut Techniki Budowlanej, ITB, Warsaw;

Iskhakov Iakov – Ph.D., Professor, Ariel University, Ariel, Israel;

Fischer Hans-Bertram – Dr.-Ing., Bauhaus-Universität, Weimar, Germany;

Kozina Goran – Professor, University North, Croatia;

Milkovic Marin – Ph.D., University North, Croatia;

Ramanathan Hareesh N – Dr., Professor, Toc H Institute of Science and Technology, Arakkunnam, Kochi, Kerala, India;

Ribakov Y.I. – Ph.D., Professor, Ariel University, Ariel, Israel;

Slapac Mariana – Dr. Habilitat of Art, Cultural Heritage Institut, Chisinau, Moldova.

Technical editorship:

Zaytceva J.Y. – Ph.D., Associate Professor, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture;

Recommended for publication by the Academic Board of the OSACEA

Protocol № 7, 29 February, 2024.

Certificate KB №25221-15161ПП, 10 June, 2022.

Order of Ministry of Education and Science of Ukraine № 1643, 28 December, 2019 (category B).

**ISSN 2786-6696 (print)
ISSN 2786-670X (online)**

© Odessa State Academy
of Civil Engineering and Architecture
(OSACEA), 2024

ЗМІСТ

АРХІТЕКТУРА

Глущенко А.І. Особливості поєднання можливостей соціальної і цивільної інженерії в містобудуванні	7
Деркач С.І. Вплив сталого розвитку на нову концепцію модернізації житлових будинків	19
Коробко О.О., Піщева Т.І., Піщев О.В., Касім Л. Сучасний стан та проблеми формування інклюзивних просторів в світовій та вітчизняній архітектурі	29
Кучеренко Л.В., Кучеренко О.М., Бабій І.М., Христич О.В. Архітектурно-містобудівні аспекти відновлення міст в Україні	39
Морозова Т.Т. Особливості структури житлової забудови в сучасних українських містах, на прикладі м. Одеса	49
Суханов В.Г., Тюрікова О.М. Сучасний архітектурний процес та актуальні завдання архітектурної діяльності	58
Франків Р.Б. Перспективні напрямки трансформації урбаністичних концепцій в контексті розвитку середовищ імерсивної присутності	66

БУДІВЕЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

Клименко Є.В., Глібоцький Р.В. Моделювання напружено-деформованого стану пошкоджених бетонних балок, підсиленних вуглепластиковим полотном в ПК «ЛІРА-САПР»	73
Неутов С.П., Єсванджия В.Ю. Несуча здатність, деформативність та тріщиностійкість пошкоджених балок з підсиленням фібробетоном	83

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Зібров І.Ф., Радкевич А.В. Дослідження модифікованого в'язучого для виготовлення газобетону	91
Кровяков С.О., Чистяков А.О. Властивості бетонів і фібробетонів основ дорожнього одягу на вторинному щебені з неоднорідним складом	99
Кровяков С.О., Шестакова Л.Є. Довговічність бетонів жорстких дорожніх покриттів, армованих базальтовою фіброю	109

ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ ТА ОБЛАДНАННЯ

Арсирій В.А., Крошка О.В. Термо- і аеромоделі енергетичного обладнання житлових комплексів	118
Вимоги до оформлення статей у збірнику Сучасне будівництво та архітектура	128

CONTENTS

ARCHITECTURE

Hlushchenko A.I. Features of the combination of social opportunities and civil engineering in urban planning...	7
Derkach S.I. The impact of sustainable development on new concept of modernisation of residential buildings	19
Korobko O., Pishcheva T., Pishchev O., Kasim L. Current state and problems of forming inclusive spaces in the world and national architecture	29
Kucherenko L., Kucherenko O., Babii I., Khrystych O. Architectural and urban planning aspects of city renewal in Ukraine.....	39
Morozova T. Structural features of residential buildings in modern Ukrainian cities, based on the example of Odessa city.....	49
Suhanov V., Tyurikova O. Modern architectural process and current tasks of architectural activity.....	58
Frankiv R. Prospective directions of urban concepts transformation in the context of the immersive presence environments development.....	66

BUILDING STRUCTURES

Klymenko Ye.V., Hlibotskyi R.V. Modeling of stress-strain state and strength of damaged concrete beams reinforced with carbon fiber fabric in PC "LIRA-SAPR".....	73
Neutov S.P., Yesvandzhyia V.Yu. Bearing capacity, deformity and crack resistance of damaged beams reinforced with fiber concrete..	83

BUILDING MATERIALS AND TECHNIQUES

Zibrov I.F., Radkevich A.V. Study of modified binder for production of aerated concrete.....	91
Kroviakov S.O., Chystiakov A.O. Properties of concrete and fiber-reinforced concrete for bases of road clothes based on secondary aggregates with heterogeneous composition.....	99
Kroviakov S.O., Shestakova L.E. Durability of rigid pavement concrete reinforced with basalt fiber.....	109

UTILITY NETWORKS AND FACILITIES

Arsirii V.A., Kroshka O.V. Thermal and aeromodels of energy equipment of residential complexes.....	118
Requirements for the articles formation in collection Modern construction and architecture	128

ОСОБЛИВОСТІ ПОЄДНАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СОЦІАЛЬНОЇ І ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ В МІСТОБУДУВАННІ

Глущенко А.І., аспірант,
gluschenko.art@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6186-0387
Київський національний університет будівництва та архітектури
Повітрофлотський пр., 31, м. Київ, 03037, Україна

Анотація. Термін «інженерія» має своє коріння в латинському слові «ingenium», що означає «інтелект» або «талант». Він походить від слова «ingeniare», що перекладається як «заснувати» або «винайти». Саме в цьому латинському виразі міститься початкова ідея про творчість і здатність розв'язувати складні завдання, знаходитись найближче до людини, її комфортного проживання та роботи.

Поняття інженерії, як дисципліни, пов'язано з застосуванням наукових знань і технологій для проектування, містобудування, архітектури, створення та підтримки різних інженерних систем та конструкцій. У своєму сучасному значенні інженерія охоплює широкий спектр галузей, таких як механічна, електрична, комп'ютерна, хімічна, цивільна, аерокосмічна та інші, і має важливе значення для розвитку технологій та інфраструктури населених пунктів, які є необхідними для сучасного суспільства. Саме суспільство потребує розвитку різних видів інженерії, що впливають на його нормальне функціонування та сталий розвиток. У цьому контексті «цивільна інженерія» знаходиться найближче до людини, її комфортного проживання та роботи.

Управління соціальними процесами – це сукупність дій та стратегій, спрямованих на вплив і організацію соціальних явищ, процесів та взаємодій у суспільстві. Це включає управління поведінкою, діяльністю, стосунками та іншими аспектами людського життя, що відбуваються в суспільних умовах.

При цьому управління соціальними процесами («соціальна інженерія») базується на дослідженні, аналізі та розумінні соціологічних, психологічних, економічних, політичних та культурних аспектів суспільства. Його основна мета полягає у досягненні певних соціальних цілей та розв'язанні проблем, у тому числі технічних, що стоять перед суспільством.

Основні аспекти управління соціальними процесами це аналіз та прогнозування: ретельне дослідження та аналіз соціальних процесів допомагає зрозуміти їхні причини, наслідки та тенденції.

Ключові слова: цивільна інженерія, соціальна інженерія, містобудування, сталий розвиток, архітектура, взаємозалежність, суспільство, взаємодія, системність.

Вступ. Актуальність та постановка проблем, її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями: на підставі такого аналізу можна робити прогнози щодо можливих сценаріїв розвитку суспільства; регулювання: розробка та впровадження містобудівної політики, стратегій та програм, спрямованих на досягнення певних соціальних цілей, покращення умов життя та сприяння розвитку суспільства; комунікація: забезпечення взаємодії між різними соціальними групами та суб'єктами, сприяння діалогу та вирішенню конфліктів; моніторинг та оцінка: слідкування за реалізацією соціальних програм та містобудівних проектів, оцінка їх ефективності та внесення необхідних змін для досягнення успіху; соціальне партнерство: співпраця між урядом, громадськими організаціями, системами цивільної інженерії, бізнесом та іншими суб'єктами суспільства з метою спільної роботи та досягнення позитивних результатів. Данна стаття присвячена унікальному поєднанню можливостей соціальної та цивільної інженерії з метою ефективного

використання в містобудівній діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дані питання висвітлювали такі значні вчені як Л.Я. Березін, Фролов П.Д. [9], інтеграцію цих питань із соціальними проблемами та сталим розвитком суспільства представлено у Bullee J.-W. *Experimental Social Engineering* [10] та Fan W., Lwakatare K., Rong R. [12]. Steinmetz Kevin F., Holt Thomas J. [13] – вивчає якість рекомендацій для дослідження політико-соціальної інженерії. Zanchetta Sofia. *Triennale in Ingegneria Civile* [14] – розповідає про якість підготовки соціальної інженерії в Італії.

Мета статті: аналіз можливостей поєднання соціальної і цивільної інженерії та вплив на розвиток містобудування.

Виклад основного матеріалу. Управління соціальними процесами є складним завданням, оскільки воно стикається з багатьма факторами, такими як індивідуальність, культурні відмінності, технічні можливості, змінність соціальних умов та інші. Це вимагає гнучкості, здатності до адаптації та постійного вдосконалення стратегій управління для досягнення позитивних змін у суспільстві. Існуючі поняття «соціальна інженерія» і «цивільна інженерія» використовуються в різних контекстах і мають різні значення, але існує загальний елемент, пов'язаний із застосуванням певних навичок та методів для досягнення конкретних цілей.

Соціальна інженерія. Соціальна інженерія відноситься до практики впливу на людей або групи з метою зміни їхньої поведінки або отримання інформації. Зазвичай це відбувається шляхом маніпулювання міжособистими взаємодіями, зловживанням довіри, використанням психологічних методів або інших технік, які допомагають інженеровано здійснити певну дію або зловмисну дію. Приклади соціальної інженерії можуть включати шахрайство, фішинг, фальшиві представлення або вплив на особистості з метою здобуття конфіденційної інформації або доступу до захищених ресурсів.

Поняття «інженерія» використовується у соціальному контексті для позначення практики або методів, що застосовуються з метою впливу на людей, групи або суспільство в цілому. У соціальному контексті, інженерія зазвичай має на увазі не стільки фізичне створення матеріальних об'єктів, як у традиційній інженерії, але більше фокусується на впливі на людську поведінку, взаємодії та соціальні структури.

Основні аспекти інженерії у соціальному контексті включають:

1. Соціальна інженерія. Це включає методи і підходи, спрямовані на маніпулювання соціальними процесами, вплив на думки, поведінку та переконання людей. Наприклад, соціальні інженери можуть застосовувати психологічні методи, маніпулювати інформацією або використовувати соціальні медіа для впливу на громадську думку.

2. Соціальна інновація. Інженерія в соціальному контексті також охоплює розробку і впровадження нових соціальних рішень та інновацій для вирішення суспільних проблем і покращення якості життя [5]. Це може стосуватися, наприклад, змін в системах охорони здоров'я, освіти, соціального захисту, економічних моделях тощо.

3. Громадська участь. У соціальній інженерії велика увага приділяється включенню громади у процес прийняття рішень та розробку програм та послуг. Інженери можуть співпрацювати з громадами, слухати їхні потреби та враховувати думки та побажання для забезпечення успішності містобудівних та архітектурних проектів.

4. Соціальна трансформація. Інженерія в соціальному контексті може включати створення стратегій і програм для зміни соціальних структур, вирішення соціальних проблем, підтримки рівноправ'я, розбудови мирних відносин тощо.

Загалом, інженерія в соціальному контексті використовує техніки, аналітичні методи та інновації для досягнення позитивних змін у суспільстві, взаємодії між людьми та вирішення соціальних проблем.

Цивільна інженерія. Цивільна інженерія відноситься до галузі інженерії, яка займається проектуванням, будівництвом та утриманням фізичних інфраструктурних систем та споруд, що використовуються громадами, таких як мости, дороги, тунелі, будівлі, водопроводи, каналізація і інші. Цивільні інженери використовують наукові знання та технічні навички для вирішення

інженерних проблем і створення інфраструктури, яка поліпшує якість життя людей. Вона включає в себе різноманітні аспекти, пов'язані з розробкою і підтримкою інженерних систем та конструкцій [1], що забезпечують комфорт, безпеку та життєдіяльність населення.

Основні галузі цивільної інженерії включають:

1. Гідротехнічне будівництво. Розробка і будівництво водосховищ, дамб, каналів, систем водопостачання та каналізації з метою контролю за водними ресурсами та запобігання повеней.

2. Транспортна інфраструктура. Планування та проектування доріг, мостів, залізничних ліній, аеропортів, метро та іншого транспорту для забезпечення ефективності пересування людей та товарів.

3. Структурне інженерство. Містобудування та архітектурне проектування будівель, які витримують навантаження, зокрема хмарочоси, житлові будинки, комерційні споруди тощо.

4. Геотехнічне інженерство. Вивчення ґрунтів та гірських порід для побудови стін підтримки, фундаментів та інших геотехнічних конструкцій.

5. Гідрологія та гідрологічне моделювання. Вивчення водних ресурсів, прогнозування рівнів води та розробка заходів для контролю за річковими течіями.

6. Охорона довкілля. Проектування систем утилізації відходів, поводження зі стічними водами, а також заходи щодо збереження природних ресурсів.

7. Гідрометеорологічні інженерні системи. Розробка та підтримка систем для контролю над погодою та кліматичними умовами, таких як гідрометеорологічні станції, системи прогнозування погоди тощо.

8. Управління проектами і будівельними матеріалами. Планування, організація та контроль за будівництвом, а також розробка та використання нових будівельних матеріалів.

Цивільна інженерія відіграє критичну роль у розвитку суспільства, забезпечуючи необхідну інфраструктуру для розширення економічних, соціальних та культурних можливостей людей.

Загальний елемент між цими поняттями полягає в застосуванні методів, технік та знань для досягнення певної мети. У соціальній інженерії ці методи іноді можуть бути використані для отримання несанкціонованого доступу або впливу на людей з метою здійснення шахрайства або інших злочинних дій, тоді як у цивільній інженерії методи застосовуються для розв'язання інженерних завдань та покращення інфраструктури для громадського блага. Таким чином, в обох випадках інженери використовують свої знання та навички, але з різними цілями та наслідками.

Взагалі, «інженерія» – це галузь знань та практики, що стосується проектування, розробки, будівництва, виробництва, утримання і вдосконалення різних систем, пристроїв, матеріалів, процесів та послуг. Інженери застосовують наукові принципи, математичні методи, технологічні засоби і креативний підхід для вирішення практичних проблем та задач у різних галузях.

Основні характеристики інженерії:

– Проектування. Інженери створюють детальні плани і розробляють концепції для нових систем, технологій або виробів.

– Виробництво. Інженери займаються плануванням і організацією процесів виробництва, а також контролюють якість продукції.

– Використання ресурсів. Інженери оптимізують використання ресурсів, таких як матеріали, енергія і час, з метою забезпечення ефективності та економії.

– Розв'язання проблем. Інженери аналізують проблеми і розробляють інноваційні рішення, щоб вирішити технічні та технологічні виклики.

– Постійне вдосконалення. Інженери працюють над постійним удосконаленням та оптимізацією існуючих систем і процесів.

Взагалі, інженерія є широкою галуззю з багатьма спеціалізаціями, такими як механічна, електрична, цивільна, містобудівна, програмна, хімічна, електронна, інформаційна тощо [4]. Вона має важливе значення для технологічного прогресу та розвитку суспільства, оскільки

інженери впливають на багато аспектів життя, включаючи транспорт, енергетику, зв'язок, охорону здоров'я, науку, комунікацію тощо.

Можливості цивільної і соціальної інженерії можуть поєднатися у деяких аспектах, особливо коли мова йде про розв'язання соціальних проблем через інфраструктурні проекти або громадські ініціативи. Поєднання цих двох підходів може забезпечити більш комплексний і збалансований підхід до розв'язання складних викликів суспільства.

Ось деякі з варіантів, де цивільна і соціальна інженерія можуть взаємодіяти:

1. Створення соціально-орієнтованої інфраструктури: при проектуванні та будівництві інфраструктури (наприклад, доріг, шкіл, лікарень, спортивних майданчиків), можуть бути враховані соціальні аспекти, такі як доступність, вплив на спільноти, екологічна стійкість та зручність для користувачів.

2. Громадське консультування: при розробці великих проектів інженери можуть залучати громадськість, дозволяючи людям висловлювати свої думки та враховувати їх потреби і пропозиції. Це може забезпечити більш впроваджені рішення та більшу підтримку з боку громади.

3. Розвиток соціальних програм: цивільні інженери можуть сприяти розвитку соціальних програм, спрямованих на поліпшення якості життя, таких як водопостачання, каналізація, соціальна інфраструктура та енергоефективність.

4. Застосування технологій для соціальних розв'язань: технологічні інновації, розроблені в рамках цивільної інженерії, можуть бути застосовані для вирішення соціальних проблем, наприклад, забезпечення доступу до збереження енергії, ефективнішого водопостачання та інших.

5. Управління ризиками та кризами [7]: інженери можуть допомагати управляти соціальними ризиками та кризами, такими як природні катастрофи, соціальні конфлікти, екологічні загрози тощо, розробляючи плани евакуації, реабілітації та відновлення.

Загалом, поєднання цивільної і соціальної інженерії може сприяти більш стійкому та ефективному розв'язанню соціальних проблем та покращенню якості життя в громадах. Це можливе завдяки тому, що інженери використовують свої технічні знання та інноваційні підходи, будівельні норми [3], одночасно звертаючись до соціальних потреб та вимог.

При цьому, цивільна інженерія впливає на соціальну сферу в багатьох аспектах, оскільки вона зосереджена на розробці, будівництві та утриманні інфраструктури, яка безпосередньо впливає на життя людей і функціонування суспільства. Ось деякі зі способів, якими цивільна інженерія впливає на соціальну сферу:

Покращення якості життя. Інженерні проекти, такі як водопостачання, каналізація, дороги та мости, допомагають покращити умови проживання людей і створюють більш комфортне та безпечне середовище для життя.

Забезпечення доступу до ресурсів. Цивільна інженерія забезпечує доступ до необхідних ресурсів, таких як чиста вода, електрична енергія та інтернет, що сприяє підвищенню якості життя та розвитку суспільства.

Безпека і захист. Інженери розробляють системи захисту від природних катастроф, таких як греблі, системи затримання повеней, а також створюють інфраструктуру для боротьби зі стихійними лихами.

Зменшення нерівності. Правильне планування інфраструктури може зменшити соціальну нерівність, забезпечуючи доступ до основних послуг усім громадянам, незалежно від їх соціального статусу.

Економічний розвиток. Грамотне планування містобудівних проектів стимулює економічний розвиток, привертає інвестиції, сприяє створенню робочих місць та підтримує підприємництво.

Зелена інфраструктура. Архітектори сприяють розвитку зеленої інфраструктури, такої як парки, сади, екопарки, які сприяють здоров'ю та добробуту мешканців міст.

Управління водними ресурсами. Інженери розробляють системи збереження та управління водними ресурсами, що є важливими для забезпечення життєдіяльності людей і

землеробства.

Покращення систем цивільної інженерії може вплинути на соціальні процеси і суспільство в цілому. Цивільна інженерія забезпечує розробку та впровадження інфраструктури, яка безпосередньо впливає на якість життя людей, соціальний розвиток і динаміку громад [6].

Ось деякі способи, якими покращення систем цивільної інженерії може вплинути на соціальні процеси: 1) забезпечення доступу до основних послуг: покращення інфраструктури, таких як дороги, мости, водопостачання та каналізація, електричні мережі, дозволяє забезпечити доступ до основних послуг для населення. Це сприяє підвищенню якості життя, забезпеченню безпеки та здоров'я громадян; 2) зниження соціальної нерівності: правильне планування інфраструктурних проектів може зменшити соціальну нерівність, забезпечуючи доступ до основних послуг для всіх верств населення, незалежно від їхнього статусу чи місця проживання; 3) розвиток суспільства: розвиток цивільної інфраструктури сприяє економічному росту, повертає інвестиції та стимулює розвиток громад, що в свою чергу позитивно впливає на соціальний розвиток [6]; 4) збереження ресурсів: цивільна інженерія може сприяти розробці енергоефективних технологій та зеленої інфраструктури, що сприяє збереженню ресурсів та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище; 5) сприяння інноваціям: впровадження нових технологій і інновацій в цивільній інженерії може впливати на соціальні процеси, створюючи нові можливості для розвитку суспільства і покращення якості життя; 6) зменшення впливу природних катастроф: інженерні заходи, спрямовані на зменшення ризиків природних катастроф, можуть зберегти життя та майно і забезпечити більшу стійкість громад у випадку небезпеки; 7) громадське консультування: інженери можуть залучати громадськість у процес планування та реалізації проектів, що дозволяє враховувати думки та потреби громади та покращує підтримку проектів з боку населення.

Покращення систем цивільної інженерії може мати значний позитивний вплив на соціальні процеси, сприяючи сталому розвитку суспільства і поліпшенню якості життя громадян. Це демонструє, як інженерія може стати потужним інструментом для покращення суспільства в цілому.

Взаємодія систем цивільної і соціальної інженерії в Італії [2], наприклад, як і в будь-якій іншій країні, може мати різні аспекти і форми. Ці дві галузі інженерії можуть взаємодіяти на різних рівнях, спрямовуючи свої зусилля на розв'язання соціальних проблем, покращення якості життя та створення стійких інфраструктурних систем. Ось деякі способи, якими цивільна і соціальна інженерія можуть взаємодіяти в Італії:

– Інфраструктура для громадського блага. Цивільні інженери в Італії можуть розробляти та будувати інфраструктуру для громадського блага, таку як дороги, школи, лікарні, водопостачання та каналізація, що поліпшує життя громадян та сприяє соціальному розвитку.

– Розробка екологічно стійких рішень. Інженери взаємодіють з соціальними інженерами для розробки екологічно стійких проектів, спрямованих на збереження природних ресурсів та зменшення впливу на навколишнє середовище.

– Співпраця з громадами. При розробці проектів містобудівельники взаємодіють з громадами, проводять громадські слухання та консультації, що дозволяє враховувати потреби та побажання місцевих жителів.

– Розвиток інновацій. Архітектори співпрацюють з соціальними експертами для розробки інноваційних рішень для соціальних проблем, таких як забезпечення доступу до освіти, соціального захисту та іншого.

– Кризове управління. Архітектори допомагають управляти соціальними кризами, такими як природні катастрофи або міжнародні події, розробляючи плани дій та координуючи діяльність в разі надзвичайних ситуацій.

– Соціальні програми. Інженери можуть сприяти розвитку інфраструктури для соціальних програм, таких як програми в області охорони здоров'я, освіти або забезпечення

соціального житла.

– Створення стійких громад. Інженери в Італії можуть співпрацювати з соціальними експертами для створення стійких громад, сприяючи розвитку соціального капіталу, підтримки малозабезпечених верств населення та іншого.

Взаємодія цивільної і соціальної інженерії є важливою для сталого розвитку Італії, сприяючи покращенню життя громадян та розвитку суспільства в цілому. Об'єднуючи технічні знання і соціальний контекст, інженери можуть створити ефективні та впроваджені рішення, що впливають на покращення якості життя і добробуту громад.

Італійські системи цивільної інженерії активно використовують інноваційні підходи для розв'язання складних технічних і соціальних викликів. Ось деякі інноваційні підходи, які широко застосовуються в італійській цивільній інженерії:

– Інтегрований підхід до проектування. Італійські інженери часто використовують інтегрований підхід [14], що передбачає розгляд всіх аспектів проекту, включаючи технічні, екологічні, економічні, соціальні і культурні фактори. Це допомагає створювати більш збалансовані та стійкі рішення.

– Застосування екологічно стійких технологій. Італійська цивільна інженерія пропагує використання екологічно стійких технологій та матеріалів для будівництва та інфраструктурних проектів. Це включає використання енергоефективних технологій, зелених будівництв, відновлюваної енергії та інших.

– Цифрові технології та інформаційні системи. Італійські інженери активно впроваджують цифрові технології та інформаційні системи для оптимізації процесів проектування, будівництва та управління інфраструктурою. Це дозволяє збільшити ефективність, знизити витрати та забезпечити кращий контроль за проектами.

– Упровадження «розумних» інфраструктур. Італійські інженери активно працюють над розробкою «розумних» інфраструктур, що включають в себе сенсори, мережі зв'язку та автоматизовані системи управління. Це дозволяє моніторити та керувати інфраструктурою в режимі реального часу, підвищуючи її ефективність та стійкість [14].

– Громадське консультування та співпраця. Італійська цивільна інженерія активно залучає громадськість до процесу прийняття рішень та реалізації проектів. Це допомагає враховувати потреби та побажання місцевих жителів, що підвищує підтримку інфраструктурних проектів у громадах.

– Створення резервуарів для повеней. Італійська інженерія працює над розробкою систем резервуарів та затримання повеней для зменшення ризику повені та збереження водних ресурсів.

– Використання дронів та дистанційних технологій. Для моніторингу та дослідження інфраструктури та територій, італійські інженери все частіше використовують дрони та дистанційні технології.

Ці інноваційні підходи в італійській цивільній інженерії сприяють покращенню якості і стійкості інфраструктури, зниженню негативного впливу на навколишнє середовище, а також розвитку суспільства в цілому.

Як ми бачимо, системи цивільної та соціальної інженерії тісно пов'язані одна з іншою, і мають значний вплив одна на одну. Розвиток цивільної інженерії сприяє багатьом позитивним процесам у суспільстві, і, в свою чергу, соціальні процеси виробляють нові виклики для систем цивільної інженерії.

Оскільки в попередньому запитанні ми вже обговорювали вплив соціальних процесів на цивільну інженерію, давайте розглянемо деякі конкретні приклади:

– Сприяння сталому розвитку: Зростаюча увага до сталого розвитку та екологічної стійкості впливає на підходи до проектування та будівництва інженерних споруд. Проектування енергоефективних будівель, використання екологічно чистих матеріалів, збір дощової води, впровадження альтернативних джерел енергії - це приклади, де соціальний попит на сталість впливає на інженерні рішення.

– Розвиток громадської інфраструктури. Зростаюча потреба у покращенні громадської інфраструктури, такої як школи, лікарні, бібліотеки та інші громадські будівлі, вимагає інженерних рішень, які враховують потреби громади, доступність та безпеку [8].

– Управління транспортною інфраструктурою. Зростаюча кількість автомобілів та затори на дорогах вимагають інженерних рішень для поліпшення транспортної інфраструктури. Впровадження сучасних технологій управління трафіком, будівництво ефективних магістралей та збільшення кількості громадського транспорту – це приклади, де соціальні потреби впливають на транспортні інженерні рішення.

– Адаптація до зміни клімату. Зміни клімату, такі як підвищення рівня моря, екстремальні погодні умови, вимагають розробки інженерних рішень для забезпечення захисту від стихійних лих та пристосування інфраструктури до нових кліматичних умов.

– Створення житлових умов. Зростаюча населеність та зростаючий попит на житло створюють потребу в розробці інженерних рішень для ефективного використання територій, будівництва житлових комплексів та забезпечення комфортних умов проживання.

Це лише декілька прикладів того, як соціальні процеси впливають на цивільну інженерію. У світлі потреб суспільства та викликів, що змінюються та стоять перед нашими суспільствами, розробка інженерних рішень, які враховують соціальні аспекти, стає все більш важливою для забезпечення сталого розвитку і поліпшення якості життя.

Оскільки ми маємо справу із системами, і соціальною і інженерно-цивільною, треба використовувати найбільш ефективну методологію у даному випадку, яка б допомогла нам зрозуміти саму суть процесів, їх взаємопов'язаність і взаємозалежність.

Наприклад, системний підхід є потужним інструментом для вивчення та розвитку цивільної інженерії. Він допомагає розглядати цивільну інженерію як комплексну систему, що включає в себе взаємодію між різними компонентами та елементами. Застосування системного підходу допомагає зрозуміти, які фактори впливають на цивільну інженерію, як вона взаємодіє з навколишнім середовищем та як її можна оптимізувати для досягнення кращих результатів. Ось кілька способів, якими можна використовувати системний підхід у вивченні цивільної інженерії:

– Аналіз системних зв'язків. Вивчення взаємодії різних компонентів цивільної інженерії, таких як будівлі, інфраструктура, екологічні чинники, соціальні потреби тощо. Виявлення зв'язків та залежностей допомагає зрозуміти, які фактори впливають на систему в цілому і як можна оптимізувати роботу цих компонентів.

– Моделювання системи. Розробка математичних моделей, комп'ютерного моделювання та симуляцій цивільної інженерії дозволяє прогнозувати поведінку системи в різних умовах. Моделі допомагають інженерам зрозуміти, які рішення можуть призвести до найкращих результатів і як уникнути потенційних проблем.

– Розгляд системи в контексті середовища. Підходити до цивільної інженерії як до частини більшої системи, яка включає в себе природне середовище, соціальний контекст та економічні чинники. Розуміння впливу зовнішніх факторів допомагає забезпечити сталість та врахувати екологічні та соціальні аспекти у проектах інженерії.

– Управління ризиками. Виявлення та управління ризиками, пов'язаними з проектами цивільної інженерії, є важливим аспектом системного підходу. Розгляд різних можливих сценаріїв та аналіз наслідків допомагає зменшити негативний вплив непередбачених подій.

– Взаємодія зі зацікавленими сторонами. Врахування потреб та очікувань різних зацікавлених сторін, таких як громади, уряди, бізнес-структури, у процесі розробки інженерних рішень допомагає забезпечити соціальну прийнятність та успіх проектів.

Застосування системного підходу допомагає інженерам бачити більшу картину, розуміти взаємозв'язки і вплив зовнішніх чинників на проекти цивільної інженерії. В результаті, це дозволяє розробляти більш комплексні, ефективні та сталі рішення, які відповідають потребам суспільства і сприяють сталому розвитку.

В той же час, системний підхід до соціальної інженерії – це методологія та підхід, що дозволяє розглядати соціальну інженерію як комплексну систему з взаємодіючими компонентами та взаємозв'язками [11]. Він базується на принципі розуміння соціальних

систем як цілісних утворень, де зміна одного елементу може впливати на інші, а цілісна система може виявляти емерджентні властивості.

Системний підхід до соціальної інженерії включає такі ключові аспекти:

– Розгляд системи у контексті. Врахування соціальної інженерії як частини більшої системи, що включає в себе суспільство, культуру, економіку, політику та інші взаємодіючі чинники. Визначення зв'язків між різними аспектами соціальних систем допомагає зрозуміти їх вплив один на одного.

– Аналіз взаємодій. Вивчення взаємодії між різними акторами та структурами в соціальних системах. Це включає вивчення ролі та взаємодії громадських організацій, урядових установ, бізнесу та громадськості.

– Моделювання та симуляції. Використання математичних моделей та комп'ютерного моделювання для аналізу соціальних систем і прогнозування їх поведінки в різних умовах. Це допомагає оцінити наслідки різних рішень та змін в соціальних системах.

– Управління ризиками. Виявлення та управління ризиками, пов'язаними зі змінами в соціальних системах. Аналіз ризиків допомагає зрозуміти можливі наслідки рішень та сприяє зменшенню негативних наслідків.

– Співпраця та комунікація. Важлива складова системного підходу – співпраця з різними стейкхолдерами та ефективна комунікація з ними. Включення різних зацікавлених сторін у процес розробки інженерних рішень допомагає забезпечити успіх та соціальну прийнятність проектів.

– Постійне вдосконалення. Системний підхід передбачає регулярну оцінку та перегляд інженерних рішень з урахуванням змін в соціальних системах. Це допомагає виявляти нові виклики та можливості для розвитку.

Застосування системного підходу до соціальної інженерії допомагає зрозуміти складність соціальних систем, зробити більш збалансовані та ефективні рішення, спрямовані на поліпшення якості життя та досягнення сталого розвитку суспільства.

Таким чином, системний підхід можна розглядати як універсальну методологію для вирішення технічних і соціальних проблем, оскільки він дозволяє комплексно аналізувати та розуміти складні системи, що включають технічні та соціальні аспекти. Цей підхід забезпечує систематичний підхід до розв'язання проблем та розробки оптимальних рішень.

Ось деякі причини, чому системний підхід є універсальним для вирішення технічних і соціальних проблем:

1. Розгляд комплексних систем. Системний підхід дозволяє досліджувати системи як цілісні утворення, з'ясувати їх структуру, функціонування та взаємодію між їх складовими частинами. Це особливо корисно, коли ми маємо справу зі складними проблемами, що включають технічні, соціальні, економічні та екологічні аспекти.

2. Ідентифікація взаємозв'язків. Системний підхід допомагає виявляти взаємозв'язки та залежності між різними елементами системи. Це дозволяє зрозуміти, які зміни в одній частині системи можуть вплинути на інші частини та загальну продуктивність системи.

3. Оцінка наслідків рішень. Використання системного підходу дозволяє передбачати та оцінювати наслідки прийнятих рішень, які можуть мати як технічний, так і соціальний вплив. Це допомагає уникнути небажаних наслідків і забезпечити кращі результати.

4. Забезпечення сталого розвитку. Системний підхід сприяє забезпеченню сталого розвитку, оскільки дозволяє враховувати соціальні, екологічні та економічні аспекти в процесі розробки інженерних рішень. Врахування інтересів різних зацікавлених сторін допомагає забезпечити прийнятність і підтримку проектів.

5. Фокус на системних перетвореннях. Системний підхід дозволяє розглядати рішення як системні перетворення, спрямовані на досягнення конкретних цілей. Це може включати зміни в технологіях, процесах, структурах та соціальних системах.

Застосування системного підходу до вирішення технічних і соціальних проблем допомагає забезпечити більш ефективні та сталі рішення, які враховують потреби та інтереси різних стейкхолдерів та сприяють досягненню позитивних результатів в довгостроковій перспективі.

Взагалі, взаємозалежність соціальних і технічних процесів проявляється в тому, як вони взаємодіють та впливають один на одного. Соціальні процеси, що стосуються суспільства, культури, економіки та інших людських аспектів, і технічні процеси, пов'язані з розробкою, виробництвом та застосуванням технологій, є взаємозалежними і взаємодіють у складних системах [14]. Ось деякі способи, як їхня взаємозалежність проявляється:

- Технічні інновації впливають на суспільство. Впровадження нових технологій може впливати на різні аспекти суспільства, змінюючи повсякденний спосіб життя, економічні умови, робочі місця та культурні практики.

- Соціальні потреби визначають технічні інновації. Потреби суспільства та громадян визначають напрямок розробки технологій. Технічні інженерні рішення зазвичай створюються з метою вирішення конкретних соціальних проблем і задоволення потреб суспільства.

- Соціальне прийняття технологій. Успіх технічних інновацій часто залежить від їх прийняття суспільством. Соціальні фактори, такі як культурні вподобання, етичні аспекти, економічні вигоди, можуть впливати на те, наскільки успішно технології будуть використовуватися.

- Вплив технологій на соціальні взаємодії. Впровадження технологій може змінювати спосіб спілкування та взаємодії між людьми. Наприклад, соціальні медіа та інтернет змінили спосіб комунікації та зв'язку в суспільстві.

- Вплив соціальних чинників на розробку технологій. Культурні, політичні та економічні аспекти можуть впливати на напрямок та пріоритети розробки технічних рішень. Наприклад, законодавчі вимоги або етичні норми можуть впливати на розробку та застосування технологій.

- Взаємодія між соціальними та технічними системами. Суспільство та технології утворюють великі складні системи, де зміни в одному аспекті можуть мати вплив на всю систему. Розуміння цієї взаємодії допомагає забезпечити ефективність та сталість систем в цілому.

Таким чином, взаємозалежність соціальних і технічних процесів проявляється у багатьох аспектах, де технічні інженерні рішення впливають на суспільство, а соціальні потреби та аспекти визначають напрямок і характер розробки відповідальних технологій [11]. Розуміння цієї взаємодії допомагає забезпечити ефективне та стале розв'язання технічних і соціальних проблем.

Взаємодія і взаємозалежність соціальної і цивільної інженерії є надзвичайно важливими аспектами, які допомагають розуміти, як ці дві галузі взаємодіють та впливають одна на одну.

Висновки:

1. Комплексність проблем і рішень [10]. Проблеми, що вирішуються соціальною і цивільною інженерією, часто є комплексними та багатограними. Суспільні потреби та соціальні вимоги можуть визначати призначення технічних рішень, а технічні можливості впливають на соціальну дійсність.

2. Забезпечення сталого розвитку. Соціальна інженерія спрямована на задоволення соціальних потреб і підвищення якості життя громадян. Цивільна інженерія, у свою чергу, відповідає за розвиток інфраструктури, будівництво та розміщення об'єктів, що забезпечують зручність та комфорт людей. Взаємодія між ними сприяє створенню сталих інфраструктурних рішень.

3. Ефективність рішень. Розгляд соціальних аспектів у процесі цивільної інженерії допомагає забезпечити прийнятність та соціальну вигоду вирішення інженерних проблем. Розуміння потреб спільноти дозволяє розробляти рішення, які краще відповідають потребам громади.

4. Зміна культурного оточення. Цивільна інженерія часто впливає на вигляд і розвиток міст і населених пунктів, що може змінювати культурне оточення і побутові звичаї. Врахування соціокультурних факторів допомагає забезпечити, що інженерні рішення враховують і зберігають унікальну ідентичність спільнот.

5. Забезпечення безпеки. Врахування соціальних аспектів у цивільній інженерії допомагає забезпечити безпеку людей та врахувати потреби різних груп населення, включаючи людей з обмеженими можливостями.

6. Інновації та підвищення якості життя. Взаємодія соціальної і цивільної інженерії сприяє розвитку нових інженерних рішень, спрямованих на поліпшення якості життя, вирішення соціальних проблем та покращення умов громадян [11].

Усі ці висновки підкреслюють те, що соціальна і цивільна інженерія є нерозривно пов'язаними і співпраця між ними допомагає створювати ефективні та сталі інженерні рішення, які враховують потреби суспільства та підтримують сталий розвиток [13]. Розуміння цієї взаємодії є критичним для досягнення позитивних інженерних результатів та забезпечення покращення якості життя людей.

Все це можна поєднати поняттям «*інженерії суспільного розвитку*», яка б сформувала такий собі конгломерат різних форм інженерії, які забезпечують постійний і ефективний сталий розвиток суспільства в цілому.

Таким чином, технології (цивільна інженерія) і суспільство (соціальна інженерія) пов'язані між собою дуже щільно і взаємно впливають одна на одну, сприяючи взаємному розвитку, збільшенню конкурентоспроможності, забезпечуючи майбутнє України.

Література

1. Бельчиков В.М. Деякі тенденції в проектуванні цивільних будівель і споруд останніх років. *Будівництво України*. 2018. № 4. С. 18-22.

2. Калашнікова Т.М. Зміст просторового аспекту процесів людського розвитку. *Демографія та соціальна економіка*. 2019. № 3 (37). С. 133-148. <https://doi.org/10.15407/dse2019.03.133>.

3. Каталог будівельних норм та нормативних документів національного рівня у галузі будівництва та промисловості будівельних матеріалів України (станом на 1 січня 2018 року). *Будівництво України*. 2018. № 1. С. 34-43.

4. Куліков П.М., Плоский В.О., Гетун Г.В. *Конструкції будівель і споруд*: підручник. Кн. 1, під заг. ред. Г.В. Гетун. Київ: Ліра-К, 2021. 880 с.

5. Манцевич Ю.М. Просторове планування як інструмент футурології. *Економіка та держава*. 2017. № 12. С. 9-13.

6. Мезенцев К., Олійник Я., Мезенцева Н. *Урбаністична Україна: в епіцентрі просторових змін*: монографія. Київ: Видавництво «Фенікс», 2017. 438 с.

7. Мейнелюк О.І. Вплив ризиків на тривалість та вартість будівництва торговельно-розважального центру. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2019. № 3. С. 31-35.

8. Терещук О.І., Сахно Є.Ю., Маргасов Д.В., Корзаченко М.М. *Моніторинг енергоефективності малоповерхових будівель*: монографія. Чернігів: ЧНТУ, 2018. 356 с. URL: <http://ir.stu.cn.ua/handle/123456789/18505>.

9. Фролов П.Д. Громадська думка у соціологічному та соціально – психологічному вимірах. *«Психологічні науки: проблеми і здобутки»*. КиМУ. 2013. Вип. 4. 253 с.

10. Bullee J.-W. *Experimental Social Engineering: Investigation and Prevention* : dissertation to obtain the degree of doctor at the University of Twente. Enschede, The Niderland, 2017. 178 p. URL: <https://research.utwente.nl/en/publications/experimental-social-engineering-investigation-and-prevention>.

11. Buriachok V.L., Korchenko O.H., Buriachok L.V. Social engineering as a method of information and telecommunication systems intelligence. *Ukrainian Information Security Research Journal*. Vol. 14. No. 4(57). 2012. <https://doi.org/10.18372/2410-7840.14.3471>.

12. Fan W., Lwakatere K., Rong R. Social Engineering: I-E based Model of Human Weakness for Attack and Defense Investigations. *International Journal of Computer Network and Information Security*, 1. 1-11. 2017. <https://doi.org/10.5815/ijcnis.2017.01.01>.

13. Steinmetz Kevin F., Holt Thomas J. Falling for Social Engineering: A Qualitative Analysis of Social Engineering Policy Recommendations. *Social Science Computer Review*. Vol. 41. Issue 2. 2022. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/08944393221117501>.

14. Zanchetta Sofia. Triennale in Ingegneria Civile: dove studiare in Italia e sbocchi lavorativi. URL: <https://www.teknoring.com/guide/guide-formazione-professionale/ingegneria-civile-dove-studiare-in-italia/>.

References

- [1] V.M. Belchikov, "Deiaki tendentsii v proektuvanni tsyvilnykh budivel i sporud ostannikh rokov", *Budivnytstvo Ukrainy*, no. 4, pp. 18-22, 2018.
- [2] T.M. Kalashnikova, "Zmist prostorovoho aspektu protsesiv liudskoho rozvytku", *Demohrafiia ta sotsialna ekonomika*, no. 3 (37), pp. 133-148, 2019. <https://doi.org/10.15407/dse2019.03.133>.
- [3] "Kataloh budivelnykh norm ta normatyvnykh dokumentiv natsionalnoho rivnia u haluzi budivnytstva ta promyslovosti budivelnykh materialiv Ukrainy (stanom na 1 sichnia 2018 roku)", *Budivnytstvo Ukrainy*, no 1, pp. 34-43, 2018.
- [4] P.M. Kulikov, V.O. Ploskyi, H.V. Hetun, *Konstruktzii budivel i sporud: pidruchnyk*. Kn. 1, pid zah. red. H.V. Hetun. Kyiv: Lira-K, 2021.
- [5] Yu.M. Mantsevych, "Prostorove planuvannia yak instrument futurolohii", *Ekonomika ta derzhava*, no. 12, pp. 9-13, 2017.
- [6] K. Mezentssev, Ya. Oliinyk, N. Mezentsseva, *Urbanistychna Ukraina: v epitsentri prostorovykh zmin: monohrafiia*. Kyiv: Vydavnytstvo «Feniks», 2017.
- [7] O.I. Meneiliuk, "Vplyv ryzykiv na tryvalist ta vartist budivnytstva torhovelnorozvazhalnoho tsentru", *Promyslove budivnytstvo ta inzhenerni sporudy*, no. 3, pp. 31-35, 2019.
- [8] O.I. Tereshchuk, Ye.Iu. Sakhno, D.V. Marhasov, M.M. Korzachenko, *Monitorynh enerhoefektyvnosti malopoverkhovykh budivel: monohrafiia*. Chernihiv: ChNTU, 2018. [Online]. Available: <http://ir.stu.cn.ua/handle/123456789/18505>. Accessed on: January 19, 2024.
- [9] P.D. Frolov, "Hromadska dumka u sotsiolohichnomu ta sotsialno – psykhologichnomu vymirakh", *«Psykhologichni nauky: problemy i zdobutky»*, KyMU, Vyp. 4, 253 p., 2013.
- [10] J.-W. Bullee, "Experimental Social Engineering: Investigation and Prevention", dissertation to obtain the degree or doctor at the University of Twente. Enschede, The Niderland, 2017. 178 p. [Online]. Available: <https://research.utwente.nl/en/publications/experimental-social-engineering-investigation-and-prevention>. Accessed on: January 19, 2024.
- [11] V.L. Buriachok, O.H. Korchenko, L.V. Buriachok, "Social engineering as a method of information and telecommunication systems intelligence", *Ukrainian Information Security Research Journal*, vol. 14, no. 4(57), 2012. <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/4YB1PLal/>
- [12] W. Fan, K. Lwakatare, R. Rong, "Social Engineering: I-E based Model of Human Weakness for Attack and Defense Investigations", *International Journal of Computer Network and Information Security*, 1, 1-11, 2017. <https://doi.org/10.5815/ijcnis.2017.01.01>.
- [13] F. Steinmetz Kevin, J. Holt Thomas, "Falling for Social Engineering: A Qualitative Analysis of Social Engineering Policy Recommendations", *Social Science Computer Review*, vol. 41, issue 2, 2022. [Online]. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/08944393221117501>. Accessed on: January 19, 2024.
- [14] Zanchetta Sofia, Triennale in Ingegneria Civile: dove studiare in Italia e sbocchi lavorativi. [Online]. Available <https://www.teknoring.com/guide/guide-formazione-professionale/ingegneria-civile-dove-studiare-in-italia/>. Accessed on: January 19, 2024.

FEATURES OF THE COMBINATION OF SOCIAL OPPORTUNITIES AND CIVIL ENGINEERING IN URBAN PLANNING

Hlushchenko A.I., postgraduate student,
gluschenko.art@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6186-0387
Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture
31, Povitroflotsky Ave., Kyiv, 03037, Ukraine

Abstract. A term "engineering" has his root in the Latin word "ingenium", that means an "intellect" or "talent". It originates from a word "ingeniare", that is translated how to "found" or "invent".

Exactly in this Latin expression there is an initial idea about work and ability to decide difficult tasks. There is the nearest to the man, her comfort residence and work.

An engineering concept, as disciplines, is constrained with the use of scientific knowledge and technologies for planning, town-planning, architecture, creation and support of the different engineering systems and constructions.

In the modern value, engineering embraces the wide spectrum of industries, such as mechanical, electric, computer, chemical, civil, aerospace et al, and has an important value for development of technologies and infrastructures of settlements, that are necessary for modern society. Self-society needs development of different types of engineering, that influence on his normal functioning and steady development. In this context the "civil engineering" is the nearest to the man, her comfort residence and work.

A management social process is totality of actions and strategies, sent to influence and organization of the social phenomena, processes and co-operations in society. It includes a management behavior, by activity, relations and other aspects of human life, that take place in public terms.

Thus a management social processes ("social engineering") is based on research, analysis and understanding of sociological, psychological, economic, political and cultural aspects of society. Him a primary purpose consists in the achievement of certain social goals and decision of problems, including technical, that stand before society.

The basic aspects of management social processes it an analysis and prognostication: careful research and analysis of social processes help to understand their reasons, consequences and tendencies.

Keywords: civil engineering, social engineering, urban planning, sustainable development, architecture, interdependence, society, interaction, systematicity.

Стаття надійшла до редакції 9.02.2024

**THE IMPACT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT ON NEW CONCEPT OF
MODERNISATION OF RESIDENTIAL BUILDINGS**

Derkach S.I., postgraduate,
derkach.sergii@gmail.com, ORCID: 0009-0006-4380-4924
National Academy of Fine Arts and Architecture
20, Voznesens'kyi uzviz, Kyiv, 04053, Ukraine

Abstract. Modernization of multi-apartment buildings is one of the steps towards achieving the goals of Sustainable Development of cities and communities. It is not only energy efficient, but also inclusive and spatial solutions. New concept has been introduced such as "Sustainable modernization" is a harmonious and balanced process that combines coordinated changes in today's and future needs, and "Sustainable modernization of residential buildings" is a complete set of actions for the regeneration of buildings and residential areas, including the regeneration of communal communications and nodes. Because only energy efficiency of buildings is not enough for the achievement of the goals of sustainable cities and communities, considering the fulfillment of all the tasks set. The goal is to make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable. Regeneration today is the modernization of multi-apartment buildings to achieve energy efficiency to conserve and reduce the use of energy resources, which helps reduce utility costs and carbon emissions. But it does not satisfy the task of inclusive and planning decisions as Sustainable Urban Development. Panel mass housing construction heritage makes up a significant part of the country's housing stock in post-Soviet countries. These buildings were built according to standards that do not meet modern requirements and energy inefficient. New concept of regeneration on the basis of sustainable development is proposed as the modernization of residential buildings considering the wishes and needs of co-owners, inclusive and sustainable planning. That is, the architectural and planning decision includes the need for the house and the surrounding area for inclusive and reconstruction taking into account the social needs of the residential quarter.

Keywords: regeneration, modernization, Sustainable modernization, Sustainable Development, Sustainable Urban Development, multi-apartment building, residential building

Introduction. Modernization of residential buildings is an important topic especially regarding sustainable development cities and communities. The goal of Sustainable Urban Development is to make cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable [1, 2]. When it comes to regeneration or modernization, it is usually energy efficiency. Energy efficiency of buildings is not enough for the achievement of the goals of sustainable cities and communities, considering the fulfillment of all the tasks set. It is not only energy efficient, but also inclusive and planning solutions. New concept has been introduced such as "Sustainable modernization" is a harmonious and balanced process that combines coordinated changes in today's and future needs, and "Sustainable modernization of residential buildings" is a complete set of actions for the regeneration of buildings and residential areas, including inclusive and social architectural planning solution and the regeneration of communal communications and nodes. Regeneration today is the modernization of multi-apartment buildings to achieve energy efficiency to conserve and reduce the use of energy resources, which helps reduce utility costs and carbon emissions. But it does not satisfy the task of inclusive and planning decisions as Sustainable Urban Development. New concept of regeneration on the basis of sustainable development is proposed as the modernization of residential buildings considering the wishes and needs of co-owners, inclusive and sustainable planning. That is, the architectural and planning decision includes the need for the house and the surrounding area for inclusive and reconstruction taking into account the social needs of the residential quarter and neighborhoods.

Modernization should be considered a complete set of actions for the regeneration of residential buildings and neighborhoods, taking into account the regeneration of communal nodes, which are on the balance sheet of the state and other organizations and enterprises. In other words, the modernization of the housing stock of sustainable cities is the regeneration of the building stock and urban communications and technical and engineering communication nodes such as boiler houses, transformer substations, the sewage system of the city, taking into account the current needs and with a focus on future generations with the preservation of natural resources and the environment and inclusive.

Considering that the goal of modernization is sustainable inclusive cities and sustainable communities, the task of the countries is the comprehensive achievement and solution of economic, social, legislative and political tasks of Sustainable Development.

This is no longer just an engineering construction decision for multi-apartment building, but the architectural planning of the surrounding area, neighborhoods and the city as a whole. This is no longer an architectural decision from the point of view of appearance and construction norms and energy efficiency, as in the construction of a new residential complex, and as in the case of reconstruction taking into account the possible re-planning and completion of socially significant elements of the house and outbuildings in residential neighborhoods.

This is creating inclusive cities and overcoming social exclusion, including in the development of modernization projects. When it comes to sustainable modernization, it is necessary to engage in explanatory work for co-owners of multi-apartment buildings and take into account their wishes and needs. Analyzing the current situation and focusing on future needs is important not only from the point of view of the operation of the house or residential neighborhoods, but also the current and future needs of inclusive urban planning. Architects and researchers of social issues need to take a direct part in the development of state or other programs, as well as in the planning of projects for each separate group of residential buildings or even a separate residential neighborhood, depending on the design and financial capabilities.

There are very important participation of the builder, developer, condominiums, local government and social authorities' protection for obtaining consent from the co-owners for temporary or permanent eviction, consent to dismantling and receiving compensation in monetary equivalent or for the cost of a new apartment in a new building which will build on the same place or elsewhere. Work on clarification and initiating programs both at the state, local and commercial and at the level of non-governmental organizations is important. That is, the initiation of the modernization programs with the involvement of all stakeholders for the preparation, analysis and planning of the project. So there are no controversial issues at the stage of development and implementation. Achieving the goals of sustainable development is a global socio-political trend.

If previously the concept of sustainable development was adopted by the General Assembly in the 1987 year report of Brundtland Commission [3], then with the adoption of goals until 2030 [2], any issues related to the achievement of these goals and the implementation of tasks must be considered comprehensively. Achievement is not possible if the execution works partially. World is changing and we should follow new trends. Any country can't exist without people. The government, architectures, constructors companies and Organization when talking about modernization and regeneration should to involve in inclusive, planning decision of housing buildings and neighborhoods at first have thinking about social needs and well-being people and about energy efficient, how saving energy resources for world and saving money for people in utility costs, and their safe and comfort future also. Regeneration of multi-apartment building shows how sustainable modernization is a very complex and expensive program. Given that large-scale Social Housing estates are predominantly inhabited by low-income people, financing is more complicated because it is difficult to obtain consent on co-financing from co-owners of old multi-apartment buildings. All current modernization programs are energy efficient only and require co-financing by co-owners. Co-financing is very complicated for low-income citizens especially in Post-Soviet countries because the credit rate is so high. Large-scale Social Housing estates in the European Union are widely, especially how "panel houses" Soviet heritage in Post-Soviet countries such as Lithuania, Estonia, Slovenia etc. Large-scale multi-apartment "panel houses"

building until the 90s of the 20th century constitutes the main part of the housing stock in Post-Soviet countries like Ukraine, Kazakhstan and others. Some of them are old and emergency. The housing stock of Ukraine built before the 90s is more than 85%. Many houses built in the 90s aren't to meet requirements, current building codes and energy efficiency also, not to mention the inclusive of neighborhoods. More than 60% of multi-apartment buildings have reached the end of their service life and didn't regenerate at all. It is inappropriate to carry out only energy modernization in houses with a completed service life and in which no repairs have been made to other communication and engineering parts and components.

Analysis of Recent Research and Publications. N. Aernouts with other researchers in their report note that joint approaches to residential regeneration focused on sustainable development and redesign of public space in social housing have rarely been seen in the past [4]. It refers to the consideration of the modernization project both the involvement of social housing residents in the regeneration of their living environment and the study of local living conditions to promote construction with a mutually beneficial approach to planning solutions.

Joining the efforts of co-owners, condominiums, housing and utility organizations, architects as spatial practitioners, and social organizations around the theme of regeneration are very necessary.

Modernization issues are widely discussed and researched, especially about "panel houses" post-Soviet heritage. The problem of old residential buildings in Slovenia is described in comparison to mass housing after the Second World War and the post-socialist era. It is proposed to introduce an appropriate policy for the regeneration of housing in order to create an attractive living environment and prevent the degradation of these neighborhoods [5]. Possibilities of modernization of mass series Soviet residential building construction of the 1960s in Almaty city were explored. The purpose of the research is to find an opportunity to transform the housing stock through modernization and achieve comfortable living conditions [6]. Energy efficiency issues of old buildings of Soviet heritage in Lithuania are raised. It is noted that many multi-apartment buildings are in a particularly bad heat-technical condition and energy costs for heating are significant. Heat supply infrastructure is morally and physically outdated. Obstacles to modernization are highlighted such as not only legal and technical factors, but also financial and social aspects regarding possibilities of co-owners [7]. The problem of residential housing built in the 1950s in Poland is considered. Low comfort and attractiveness of such buildings and poor technical condition are noted. Considering the modern requirements for housing and the goals of sustainable development, possible directions of modernization are proposed by M. Piekarski with colleagues [8]. The proposal is considered in terms of a technically similar residential development of the 1950s, as a unified concept for modernization projects of a certain group of buildings. The issue of the necessity of housing regeneration for more comfortable and attractive living as well as due to poor technical condition and energy inefficiency is considered by many authors.

Financing issues and possibilities of co-owners are also not ignored [9]. Many countries have inherited a lot of energy-inefficient buildings from the time of the Soviet Union. Analysis of the issues of willingness to co-finance the energy reconstruction of residential buildings on the example of Lithuania showed problems. The results showed that there are organizational and economic barriers and current policies and support schemes do not adequately address them. Insufficient government support and reluctance to take loans, as well as the inability to make collective decisions and lack of cooperation is a major obstacle to the implementation of modernization projects in the field of energy efficiency [10]. The question was raised whether modernization pays off. The research is based on the analysis of German apartment buildings. As it turned out, the significant environmental premium and the costs of the tax on carbon emissions do not adequately compensate for the costs of energy-efficient modernization. A. Groh with other researchers had been highlighted that marginal costs far exceed marginal benefits [11]. In connection with the relatively low level of construction and the insufficient level of reconstruction of the existing one, the question arises of quickly achieving the goals of sustainable development in terms of energy efficiency. But despite all efforts, the rates of regeneration are low. Such a problem is proposed to be solved comprehensively – improving energy efficiency through deep renovation. The discussion

focuses on technical, financial and social aspects and barriers in the context of building renovation [12]. The issue of implementing energy efficiency in multi-apartment buildings in Ukraine is also being considered. Insufficient state support and funding, as well as the financial incapacity of co-owners of the house are noted [13].

The problems of energy efficiency modernization and the need to regenerate buildings due to unsatisfactory conditions are considered and obstacles and barriers are discussed. The need for a comprehensive approach and deep regeneration is also noted.

Topics of sustainable modernization of multi-apartment buildings such as ways to reach the goals of sustainable development including inclusiveness and regeneration housing stock and sustainable urbanization of comfortable living today and in future don't usually be considered such as government programs. All government programs concentrated energy efficient as usual.

Objective and Tasks. The objective of research is to identify impact sustainable development on modernization of multi-apartment residential buildings. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development [1] has made adjustments to views and perceptions on urban development. In this connection, the task became the development of a new approach for the modernization of residential buildings. New approaches require new concepts. Modernizations of multi-apartment residential buildings needs to take into account the goals and objectives of sustainable development. The task is to identify gaps in the existing approach to the modernization of residential buildings and find ways to solve them.

Materials and methods. The research is built on empirical methods such as descriptive and observation based on the theoretical method quantitative and qualitative analysis data and legislation. Using the method of quantitative and qualitative analysis the issue of regeneration of large-scale social housing in some cities of the European Union is analyzed as examples of France, Belgium and Italy. The analysis used report Socholab [4] at the request of the European Union and other available information. Socholab report with retrospective analysis of existing projects in the suburbs Paris, municipalities and communes; action research ongoing experience in Milan and Brussels gave an introduction about regeneration large-scale social housing estates in Europe. Policy objectives given in Programming Manual (2021-2027) Interreg Europe co-funded European Union [14]. Using the method of generalization and qualitative analysis, the situation in the modernization of old residential buildings in European countries with the post-Soviet heritage of "panel houses" was determined. The emphasis is on describing programs, the legislative and financing way in Lithuania example [15-20]. Programs and plans, legislation and government and bank are given information about modernization. Using the method of quantitative and qualitative analysis of existing modernization programs in Post-Soviet countries, using the example of Kazakhstan [21] and Ukraine, current trends in the regeneration of the housing stock were determined [22, 23]. Modernization programs introduce information about regeneration structure. Quantitative and qualitative analysis of the Ukrainian legislation provided an opportunity to determine future prospects. Using the method of generalization and analysis of statistical data on the housing stock of Ukraine, current and future opportunities for the modernization of the multi-apartment buildings, as well as possible obstacles in the implementation of projects are identified. Using the method of observation and anonymous survey by condominium representatives and co-owners of multi-apartment buildings, problems associated with sustainable modernization in Ukraine were identified. Descriptive and explanatory method, based on the obtained analyzed data, the current situation was determined, which was compared with the tasks of urban development, as well as the achievement of the goals of sustainable development until 2030. A quantitative and qualitative analysis of the involvement of all stakeholders such as Organizations, Founds, construction companies and others identified possible ways and incentives for sustainable modernization using the example of Ukraine. A comparative analysis led to the conclusion that it is necessary to change approaches and emphasis in implementing the tasks of sustainable cities.

Results. Agglomeration has great political significance. There is a desire and foundation aimed at creating an alternative point of view on neighborhoods and directing the actions of local authorities to promote local regenerative changes in the housing stock. Large-scale social housing

estates are characterized by important socio-spatial problems. These emphasize the need for extremely innovative and integrated programs through the territorial determinations of planning and interconnection of the city with districts and neighborhoods. The Soholab project is based to develop an integrated approach to the regeneration of social housing in Europe [4].

Housing stock analysis of multi-apartment buildings which were built before the 1990s, especially in countries with a Soviet heritage, such as "panel houses" determined the real situation and their needs. All buildings more or less, depending on countries' construction standards, do not meet the building regulations. These include: energy efficiency and general condition of house. Housing stock has completed service life in most cases. Better situations with buildings which were partially renovated or regenerated parts of buildings such as roof, walls, electricity, plumbing system, canalization communications and others.

The example of the countries of the European Union demonstrates the fact that the situation is not so deplorable as the houses are periodically repaired and meet operational requirements. Modernization requires a new approach such as to involve co-owners into process for understanding their and their houses' needs. Creating new programs that will include inclusive planning solutions is preferable. Innovation programs means projects which include whole buildings and residential neighborhoods' needs. Modernization today is considered as energy efficient. Regeneration and repair of parts of the building is as a separate periodic process. This process allows repair of old elements of the buildings and makes the house suitable for operation. Without a new planning solution it is difficult to make regeneration of the building which responds to modern construction standards considering changes in current building regulations because majority houses were built until the 1990s. This also does not include spatial re-planning and inclusiveness of buildings and neighborhoods.

The housing stock of post-Soviet countries is distinguished by the fact that planned periodic repair works are rarely carried out. The situation is that almost all houses need regeneration and repair of nodes and engineering parts. That is, it is impractical to improve the heating system and to insulate the walls and roof without repairing these elements.

Energy efficient modernization is only suitable for buildings that meet operational requirements and don't have a completed service life. When it comes to sustainable development, it is advisable to create programs that will comprehensively cover all problematic aspects: energy efficiency, regeneration of all worn-out nodes, and inclusive re-planning. This applies to both of the buildings and residential neighborhoods.

The strategy of all modernization programs is aimed at reducing primary energy consumption and carbon emissions. The comparative characteristics of the modernization program considering average statistical analysis are presented in Table 1.

Table 1 – Comparative characteristics of modernization programs (statistical average)

Countries	Initiator	Cover	Financing	Co-financing
EU	Government Organization Nongovernmental Organization	up to 70%	funds	co-owners*
Post-Soviet		up to 70%	funds	co-owners*

*– Self-financing or bank credit financing

Cost of work and materials does not differ significantly. Average monthly incomes are much lower in post-Soviet countries. Average credit rate in many post-Soviet countries is much higher than in EU countries. Therefore co-financing by co-owners in post-Soviet countries is a controversial issue. A survey in Ukraine showed a significant percentage of reluctance to participate in modernization projects precisely because of the financial burden.

Sometimes it is possible to find additional financing for low-income families or postponement of payments for the post-modernization period, when savings on utility services are already significantly noticeable.

Modernization Fund covers up to 70% priority investments including modernization of energy networks [24].

The Energy Modernization Program and "Green Country" were initiated with the participation of the President of Ukraine. Accordingly, changes were made to the legislation and a decarbonization and energy-efficient modernization fund was created as a permanent source of financing for many energy efficiency projects and programs in various sectors of the economy [25]. Changes in legislation can provide a basis for 100% financing of energy efficiency modernization.

The initiators of modernization projects in Ukraine are condominiums, as representatives of co-owners. Therefore, responsible for all issues of coordination and dispute resolution are condominiums. Any regeneration or modernization project requires the consent of co-owners. Without such agreement in participation and co-financing, the modernization project, including the achievement of the goals of sustainable development of cities and communities, is impossible. The dispute resolution causes the reluctance of condominiums to participate in regeneration.

The dispute resolution, including between condominiums and co-owners, is a separate topic for discussion. This is especially relevant for Ukraine because alternative dispute resolution is not widespread in Ukraine compared to the countries of the European Union. Modernization is only co-owners' expression of will, not an obligation, therefore solving such issues in court is impractical and in general is not their competence.

In order to achieve the goals of sustainable development of cities and communities, it is necessary to consider rehabilitation of residential buildings and residential neighborhoods. Rehabilitation such as regeneration multi-apartment building, re-organization and planning solutions which include inclusive cities is very important for achieving the goals of sustainable development. Therefore, when we talk about sustainable urbanization, we must talk about sustainable modernization.

Sustainable modernization is the new concept. Because full modernization which covers all construction elements and inclusive solutions it does not apply at this moment.

Rehabilitation is a set of measures to economic, technical and social factors of a residential building with the aim of regenerating engineering condition or achieving modern standards of new construction in relation to individual structural elements, as well as extending the life of the building.

Inclusiveness is very important for sustainable cities. Especially the cities of the post-Soviet countries and their residential neighborhoods are not equipped for people with disabilities. Planning solutions of "Panel houses" and similar ones mostly do not have suitable conditions for mothers with children and disabled people. Access to parks, driveways, underpasses is difficult for people with disabilities and even for pensioners and mothers with baby carriages – too high steps make passage impossible. Pharmacies should be inclusive, but they are usually located in violation of today's building regulations, for example. They need a re-planning solution regarding new construction regulation and sustainable modernization. Inclusive urban reconstruction is a new opportunity to make the country accessible to all its inhabitants. Inclusiveness is the access of all categories of citizens to spaces of the city. It is part of the achievement of goals of sustainable urbanization.

The innovative concept is the integration of both modernization and regeneration including inclusiveness planning solutions for multi-apartment building and residential neighborhoods.

Developing programs and their projects is appropriate for separate groups of houses which depend on construction year building. As a rule, large-scale residential buildings of different years of construction differ in engineering and architectural solutions: the number of floors, amount of elevators, and floor planning. Therefore, the individual needs of the house must be taken into account when developing projects. Create projects according to groups of houses and residential neighborhoods. As a rule, buildings built before the 1970s differ from the planning solutions of buildings in the 70s-90s 20 centuries.

The combination of all components such as an inclusive planning solution, energy efficiency, regeneration of all need to be repaired elements and engineering units and communications of the building will provide an opportunity to achieve the goals of sustainable urban development and improve housing comfort for present and future generations with the thought of protecting the environment. The components of Sustainable Modernization are shown in Figure 1.

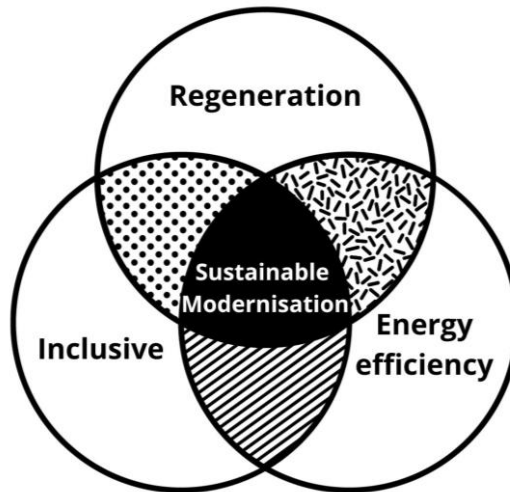


Fig. 1. Sustainable Modernization

Comprehensive modernization of the building with the renewal of city heating communications, electrical substations, sewerage systems, street landscaping will help renew and restore residential neighborhoods and ensure reduction of carbon emissions, the preservation and improvement of the environment also.

Large-scale projects are expensive of course. But, considering needs for complete regeneration, phased modernization will cost more then. Step-by-step modernization requires development of several projects, coordination, obtaining the approval, coherence, negotiations and search for funding at each stage of the program. Each stage of modernization, as a separate project, will require repetitions of operations. There is a risk that after completing the first stage, engineering changes of the previous phase will be necessary for realization of the next stage, which in turn increases costs also.

The development of universal programs for similar groups of multi-apartment buildings will make it possible to implement successful projects in all cities. Successful implementation depends on commitment and alignment between all stakeholders. Such projects require participation and involvement from Government organizations to each co-owner of the apartment. This is illustrated in Figure 2.



Fig. 2. Stakeholders of Sustainable Modernization of multi-apartment buildings

Cooperation will allow stakeholders to find the optimal solution, to agree on controversial and financing issues.

Conclusions. There are prospects for the modernization of residential construction, based on the data on new ideas, parameters and components inherent in the process of urbanization and sustainable modernization of multi-apartment buildings. Interrelationships between different levels of social and political context can combine planning solutions and improvements with socio-political and economic goals. However, construction opportunities within such programs often cannot compensate for structural deficiencies, including lack of co-owners cooperation, public investment, and serious deficiencies in management and maintenance in these areas. In addition, these innovative measures are not well adapted to current modernization programs. Therefore, it is precisely such an imperfection that must be eliminated in current and new modernization projects.

In order to achieve the goals of sustainable development and fulfill the tasks of sustainable cities and communities and sustainable urbanization, it is necessary to develop innovative programs and their projects for the regeneration of buildings and residential neighborhoods.

All current programs as a rule are unified and not adapted to the needs of each home, or similar groups of multi-apartment buildings. The development of programs for similar groups of buildings will provide a comprehensive, innovative and effective approach to the sustainable modernization of residential multi-storey buildings and neighborhoods. The projects will be individual for each group of houses, but universal across the cities or even countries. This will ensure a reliable modernization program that can be implemented over a long period of time with improvements if necessary after monitoring, evaluation and learning of the pilot project.

References

- [1] General Asseble (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development (No.70/1). UNFPA. [Online]. Available: https://www.unfpa.org/sites/default/files/resource-pdf/Resolution_A_RES_70_1_EN.pdf Accessed on: October 29, 2023.
- [2] Chief Executive Board for Coordination (2019). UN System-Wide Strategy on Sustainable Urban Development. UN-HABITAT. [Online]. Available: <https://unhabitat.org/sites/default/files/documents/2019-07/un-system-wide-strategy-on-sustainable-urban-development-1.pdf> Accessed on: October 29, 2023.
- [3] United Nations. General Asseble (1987). Report of the World Commission on Environment and Development (Report no. 42/187). United Nations Department of Economic and Social Affairs (DESA). [Online]. Available: <https://web.archive.org/web/20190724135216/https://www.un.org/documents/ga/res/42/ar.es42-187.htm> Accessed on: October 29, 2023.
- [4] N. Aernouts, E. Maranghi & M. Ryckewaert. The regeneration of large-scale Social Housing estates. Spatial, territorial, institutional and planning dimensions, Brussels: Soholab, 191 p., 2020 [Online]. Ailable: https://jpi-urbaneurope.eu/wp-content/uploads/2017/06/soholab_report1.pdf Accessed on: October 29, 2023.
- [5] R. Sendi, B. Kerbler. "The Evolution of Multifamily Housing: Post-Second World War Large Housing Estates versus Post-Socialist Multifamily Housing Types in Slovenia." *Sustainability*, vol. 13, no.18, 10363, 2021. <https://doi.org/10.3390/su131810363>
- [6] K. Murzabayeva, E. Lapshina, A. Tuyakayeva. "Modernization of the Living Environment Space Using the Example of an Urban Array of Residential Buildings from the Soviet Period in Almaty". *Buildings*, vol. 12, no.17, 1042, 2022. <http://doi.org/10.3390/buildings12071042>
- [7] V. Stankevičius, J. Karbauskaitė, A. Burlingis, J. Šadauskienė, R. Morkvėnas. "Expanding the possibilities of building modernization: case study of Lithuania". *Journal of Civil Engineering and Management*, vol. 20, no. 6, pp. 819-828, 2014. <http://doi.org/10.3846/13923730.2014.929599>
- [8] M. Piekarski, Ł. Bajda, E. Gotkowska. "Transformation of Socialist Realistic Residential Architecture into a Contemporary Sustainable Housing Habitat—General Approach and

- the Case Study". *Sustainability*, vol. 13, no. 23, 13486, 2021. <http://doi.org/10.3390/su132313486>
- [9] A. Napiórkowska-Baryła, M. Witkowska-Dąbrowska, N. Świdzińska. "Financing of Activities Increasing the Energy Efficiency of Residential Buildings in Poland". *European Research Studies Journal*, vol. 25, no. 1, pp. 690-712, 2022 . DOI: 10.35808/ersj/2881
- [10] D. Streimikiene, T. Balezentis. "Willingness to Pay for Renovation of Multi-Flat Buildings and to Share the Costs of Renovation". *Energies*, vol. 13, no. 11, 2721, 2020. <https://doi.org/10.3390/en13112721>
- [11] A. Groh, H. Kuhlwein, S. Bienert. "Does Retrofitting Pay Off? An Analysis of German Multifamily Building Data". *Journal of Sustainable Real Estate*, vol. 12, no. 1, pp. 95-112, 2022. <https://doi.org/10.1080/19498276.2022.2135188>
- [12] S. D'Oca, A. Ferrante & P. Op't Veld. "Technical, Financial, and Social Barriers and Challenges in Deep Building Renovation: Integration of Lessons Learned from the H2020 Cluster Projects". *Buildings*, vol. 8, no. 12, 174, 2018. <https://doi.org/10.3390/buildings8120174>
- [13] S. Kiris. "Implementation of energy efficient principles in management of an apartment building in Ukraine." *Three Seas Economic Journal*, vol. 2, no. 3, pp. 6-21, 2021. <https://doi.org/10.30525/2661-5150/2021-3-3>
- [14] Programme Manual 2021-2027 (2022). Interreg Europe secretariat. [Online]. Available: https://www.interregeurope.eu/sites/default/files/2023-02/IR-E_programme_manual_annexes.pdf Accessed on: October 30, 2023.
- [15] *Multi-apartment modernization programme in Lithuania*. Interreg Europa. [Online]. Available: https://projects2014-2020.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/tx_tevprojects/library/file_1516631962.pdf Accessed on: October 30, 2023.
- [16] Šiaulių Bankas. [Online]. Available: <https://www.sb.lt/en/corporate/finance/building-renovation/multi-apartment-renovation> Accessed on: October 30, 2023.
- [17] News (2022, April 25). The newly established EUR 275 million multi-apartment buildings modernization fund starting operations. Nasdaq. [Online]. Available: <https://view.news.eu.nasdaq.com/view?id=bfb71a18e0c315aed6f787e7648276c&lang=en> Accessed on: October 30, 2023.
- [18] Ministry of Finance of the Republic of Lithuania (2018, March 29). Green Bonds for Modernisation of Multi-Apartment Buildings. Government of the Republic of Lithuania. [Online]. Available: <https://finmin.lrv.lt/en/news/green-bonds-for-modernisation-of-multi-apartment-buildings> Accessed on: October 30, 2023.
- [19] Long-term plan for the renovation of the national building stock. Annex 4 to the Energy Efficiency Action Plan (as amended by Order No 1-67 of the Minister for Energy of the Republic of Lithuania) (2015, March 10). An official website of the European Union. [Online]. Available: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2018-02/Lt_building_renov_2017_en_0.pdf Accessed on: October 30, 2023.
- [20] Energy Efficient and Integrated Urban Development Action. Recommendation plan for the refurbishment (modernisation) of multi-apartment buildings (2011). Housing Initiative for Eastern Europe (IWO) e.V. [Online]. Available: http://www.urbenergy.eu/fileadmin/urb.energy/medias/Events/Vilnius_2011/Urb.Energy_Vilnius2011_Dimavicius.pdf Accessed on: October 30, 2023.
- [21] UNDP. Kazakhstan. An effective financing model for the modernization of multi-apartment residential buildings was implemented in the capital (2023). United Nations Development Programme. [Online]. Available: <https://www.undp.org/kazakhstan/press-releases/effective-financing-model-modernization-multi-apartment-residential-buildings-was-implemented-capital> Accessed on: October 30, 2023.

- [22] German-Ukrainian energy-efficient houses. [Online]. Available: <http://sampleprojects.org/> Accessed on: October 30, 2023.
- [23] Energodim. Program “VidnivyDIM” (2023). Energy Efficiency Fund. [Online]. Available: <https://energodim.org/> Accessed on: October 30, 2023.
- [24] What can be financed. Modernisation fund. [Online]. Available: <https://modernisationfund.eu/investments/> Accessed on: October 30, 2023.
- [25] President signs law establishing State Fund for Decarbonisation and Energy Efficient Transformation (2023). Official website. Government portal. [Online]. Available: <https://www.kmu.gov.ua/en/news/prezydent-pidpysav-zakon-shchodo-stvorennia-derzhavnoho-fondu-dekarbonizatsii-ta-enerhoefektyvnoi-transformatsii> Accessed on: October 30, 2023.

ВПЛИВ СТАЛОГО РОЗВИТКУ НА НОВУ КОНЦЕПЦІЮ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Деркач С.І., аспірант,
derkach.sergii@gmail.com, ORCID: 0009-0006-4380-4924
Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури
вул. Вознесенський узвіз, 20, Київ, 04053, Україна

Анотація. Модернізація багатоквартирних житлових будинків є одним із кроків до досягнення цілей сталого розвитку міст і громад. Це не лише енергоефективні, але й інклюзивні та просторові рішення. Було введено нову концепцію, таку як «Стала модернізація» – це гармонійний і збалансований процес, який поєднує скоординовані зміни в сьогоdnішніх і майбутніх потребах, та «Стала модернізація житлових будинків» – це повний набір заходів для регенерації будівель і житлових територій, в тому числі реконструкція комунальних комунікацій та вузлів. Лише енергоефективності будівель недостатньо для досягнення цілей сталого розвитку міст і громад, враховуючи виконання всіх поставлених завдань. Мета полягає в тому, щоб зробити міста та населені пункти інклюзивними, безпечними, стійкими та сталими. На сьогоднішній день, регенерація – це модернізація багатоквартирних будинків для досягнення енергоефективності задля збереження та зменшення використання енергетичних ресурсів, що сприяє зменшенню витрат на комунальні послуги та викидів вуглецю. Але, лише енергоефективність не задовольняє завдання інклюзивних планувальних рішень та необхідних ремонтних робіт зношених частин і елементів будинку, як досягнення сталого розвитку міст. Панельна масова житлова забудова часів Радянського Союзу становить значну частину житлового фонду пострадянських країн. Ці будинки побудовані за стандартами, які не відповідають сучасним нормам і вимогам та є енергонеефективними. Пропонується нова концепція регенерації на засадах сталого розвитку, як модернізація житлових будинків, з урахуванням побажань та потреб співвласників, інклюзивного та сталого планування. Модернізація, з точки зору архітектурно-планувальних рішень, має покривати інклюзивність будинку та прилеглої території, а також включати регенерацію житлової забудови з урахуванням соціальних потреб житлового кварталу.

Ключові слова: регенерація, модернізація, стійка модернізація, сталий розвиток, сталий міський розвиток, багатоквартирний будинок, житловий будинок.

Стаття надійшла до редакції 21.12.2023

CURRENT STATE AND PROBLEMS OF FORMING INCLUSIVE SPACES IN THE WORLD AND NATIONAL ARCHITECTURE

¹**Korobko O.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, okskorobko71@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7058-5268

¹**Pishcheva T.**, PhD, Associate Professor, pishcheva74@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1096-2567

¹**Pishchev O.**, PhD, pischev71@gmail.com, ORCID: 0009-0007-7533-3378

¹**Kasim Lina**, a higher education student, klina6595@gmail.com, ORCID: 0009-0003-9914-3414

¹*Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture*
4 Didrihson str., Odesa, 65029, Ukraine

Abstract. The article analyses the current state and problems of forming inclusive spaces in the world and national architecture. The International and Ukrainian regulatory documents that regulate the inclusiveness and barrier-free accessibility for all the population groups are analysed. The concepts of "inclusion", "disabled person", "disability", "people with limited mobility", "barrier-free space" are defined. The main organising elements of a quality inclusive environment in all the social spheres are identified.

An urgent task is to provide the availability of residential and public buildings for all the citizens, regardless of their physical capabilities. Inclusive spaces of modern architectural development are not only about creating the appropriate infrastructure, but also about transforming the existing one.

The purpose of this research is to identify the main elements of the organisation of a high-quality inclusive environment in all social spheres. The necessary analysis of the current trends in the architectural development of inclusive spaces in large cities, as well as the peculiarities of accessibility for people with disabilities and people with limited mobility, has been carried out.

Main research methods are comparative and historical analysis; visual and analytical method; monitoring method; analysis of statistical data and qualitative indicators; collection, analysis, presentation, and interpretation of the information on theoretical and practical issues of organising an inclusive environment, which is reflected in the works of foreign and Ukrainian researchers.

The findings of the study showed that the developments aimed at solving the problems of creating inclusive spaces are relevant and timely. An important aspect of a barrier-free environment is the development of inclusive spaces in modern cities. The different types of barrier-free environment, including physical barrier-free, digital, educational and economic, social and civic, as well as the information barrier-free, are very important for the development of inclusive spaces in the world and national architecture. Persons with disabilities and people with limited mobility have extremely limited opportunities to realise their rights.

Keywords: disability, inclusive space in architecture, barrier-free space, people with limited mobility.

Introduction. The highest social value in Ukraine, according to the Constitution of Ukraine, is a person, his or her life and health, honour and dignity, inviolability and security. The existing barriers in various spheres of life, including the access to residential and public buildings, employment or cultural life, prevent many Ukrainian citizens from realising their rights, getting the access to public services and full participation in cultural, political and social life.

The welfare of every person depends on a barrier-free environment. There are some problems with the access to physical and digital infrastructure, as well as the difficulties in accessing public

transport and physical environment. For visually impaired people, the lack of website and application adaptation is a significant challenge. The creation of a "barrier-free environment" for all the people is a public benefit and it is closely linked to the social and economic development of the country in general.

The development of an integrated society means the equality of the access, easy participation, independence of people with disabilities in all the spheres of life, and the creation of favourable conditions for the concept of buildings, products, communication systems and electronic equipment, and the environment. Therefore, the research focused on solving the problems of developing inclusive spaces is relevant and timely.

Analysis of recent researches and publications. Many foreign scholars have studied the issues of people's inclusive adaptation in modern society. S. Busheri, D. Berkuk, T. Buzir paid considerable attention to the analysis and implementation of inclusive design and multisensory interactions in public areas [1]. Grandi Laurenassa Wungo and Ariel Natasia developed the form of inclusive street space [2]. Technologically integrated inclusive educational spaces are considered in the work of Nitu Ghosh. [3]. A. Maharani and A. Gaxioala developed the idea of an inclusive city, expanding the space for social and urban housing [4]. In their works, K. Bondarenko and S. Kryvuts [5, 6] discussed the concept of "universal design", L. Baida [7] studied the availability of transport and transport infrastructure facilities for people with disabilities. The issues of formation and development of inclusive tourism and universal design in the cities were studied by such scientists as Yen Gel [8], T. Semygina [9], I. Trunina [10].

Problem statement. There are about 15 % of people with disabilities in the world, it is about 1 billion 202 million people. An important feature of a developed society is an inclusive culture, which affects many spheres of society. The term "inclusion" describes the process of interaction between the people with disabilities and the people without disabilities in an environment that is accessible for this interaction.

An urgent task is to provide the accessibility of residential and public buildings for all the citizens, regardless of their physical capacity. Inclusive spaces of modern architectural development are not only about creating the appropriate infrastructure, but also about transforming the existing one.

The purpose and objectives of the research are to identify the main elements of organising a high-quality inclusive environment in all life spheres. To do this, it is necessary to analyse the current trends in the architectural development of inclusive spaces in large cities, as well as the specific features of accessibility for persons with disabilities and people with limited mobility.

Materials and methods of the research. The main research methods used in the study are comparative and historical analysis; visual and analytical method; monitoring method; analysis of statistical data and qualitative indicators; collection, analysis, presentation and interpretation of the information on the theoretical and practical issues of organising an inclusive environment, which is reflected in the works of foreign and Ukrainian researchers.

The main part. Disability is a measure of health loss due to congenital defects, disease, trauma or its consequences. When interacting with the external environment, the disability can lead to a limitation of a person's vital activity, and as a result, the state must create the conditions for the realisation of their rights on an equal basis with other citizens and provide their social protection [11]. At the end of 2023, there were 3 million people with disabilities in Ukraine; the number of people with disabilities has increased by about 300.000 for the last year and a half.

Inclusion is the process of increasing the participation of all the citizens in the society. First of all, the need for increased participation is experienced by people with physical or mental disabilities. This involves the development and application of specific solutions that will allow everyone to participate equally in academic and social life.

Inclusive planning consists of several steps: recognising and accepting that all people are different and have many different characteristics: age, gender, wealth, race, language, etc.; identifying the factors and barriers that prevent different people from participating in community life and cause discrimination.

The definition includes not only the access of every member of the society to the critical aspects of the society, such as education and employment, but also the ease of such access by means of transforming the society's paradigms, such as health, education and social protection systems. This is a difficult process (although significant progress has already been made in many parts of Europe) because it involves changing long-held (and often erroneous) perceptions and systems. In other words, in order to implement the inclusion in every sense of the word, it is necessary to step out of our comfort zones and take action.

The process of development and implementation of state policy to remove the barriers is complicated by the lack of statistical data. It is impossible to accurately determine the number of people who face certain barriers every day.

The creation of an accessible "barrier-free" environment for all people is closely linked to the social and economic development of the country as a whole and solves the problem of accessibility.

The main documents for creating a barrier-free space in Ukraine are:

1. The Convention on the Rights of Persons with Disabilities, ratified by the Law of Ukraine № 1764-VI from 16.12.2009 [12].

2. The European Social Charter, ratified by the Law of Ukraine № 137-V from 14.09.2006.

3. Joining of Ukraine to the international Biarritz Partnership.

4. National Strategy for Creating a Barrier-Free Space in Ukraine until 2030 [13].

On the basis of these documents and researches, Ukraine has created a barrier-free guideline that clearly defines the conditions for overcoming these barriers [14].

The National Strategy clearly classifies the types of barrier-free space: physical barrier-free, information, digital, social and civic, educational and economic [13, 15].

All the objects of the physical environment should be accessible to all social groups, regardless of the age, health status, disability, property status, gender, place of residence and other characteristics – all they include the concept of physical barrierlessness.

Highly qualified specialists in the field of city planning, architecture and transport are needed to create physical barrier-free accessibility. The regulatory and legal framework must meet the modern requirements, be effective and harmonised in the area of accessibility of the physical environment and transport. The monitoring and control in the field of accessibility of the physical environment and transport should be carried out on a systematic basis.

Inclusivity of buildings and structures is a set of architectural, planning, engineering, technical, ergonomic, structural and organisational measures to provide the accessibility of buildings and structures, in which each person, regardless of the age, gender, disability, functional impairment, level of communication capabilities or circumstances, can feel safe and comfortable without any assistance as much as possible.

For a comfortable and safe stay of people, it is necessary to solve the problems of social adaptation of the population by creating and transforming public facilities considering the inclusive space.

The transformation of the facilities and the implementation of inclusivity principles involve both the construction of new facilities and the revitalisation of existing ones.

The biggest challenges people with disabilities and low-mobility groups face are:

– for the wheelchair users: overcoming the edges and height differences; too high objects; manoeuvring in the narrow spaces; passing through the doorways; and overcoming the stairs;

– for the people who use canes or crutches – the problem of overcoming the height is removed, but there is a certain problem of getting on the escalator (the required speed of manoeuvre);

– for the blind – the spatial orientation; recognising unsafe situations; moving to the required functional area of the premises; looking for the entrance to a particular room;

– for the people with hearing impairments the impossibility to use voice announcements.

The research was carried out on the barrier-free, accessible and comfortable environment of the social facilities and infrastructure of Odesa historical centre within the streets Staroportofrakivska, Pastera, Sofiiivska, Uspenska.

The names and number of the studied objects in Odesa are presented in Table 1.

Table 1 – Names and number of studied objects

Names	Number of objects	Compliance percentage	Percentage of partial compliance	Percentage of non-compliance
Schools	16	0	31.25	68.75
Hospitals	4	25	25	50
Kindergartens	20	10	25	65
Colleges	10	0	30	70
Universities	10	0	40	60
Lyceums	5	0	40	60
Polyclinics	8	25	25	50
Pharmacies	52	19.23	19.23	61.54
Shopping centres	8	100	0	0
Market	1	100	0	0
Theatres	7	42.86	28.57	28.57
Religious institutions	9	0	22.22	55.56
Libraries	7	0	28.57	71.43
State institutions	12	8.33	0	91.67
Financial institutions	13	15.38	38.46	46.15
Average value		23 %	24 %	53 %

The research has shown that the percentage of total non-compliance is higher than the sum of the percentages of full and partial compliance.

Figures 1 and 2 show the distribution of the studied objects by the number and compliance of barrier-free, accessible and comfortable environment in Odesa within the streets Staroportofrankivska, Pastera, Sofiiivska, Uspenska.

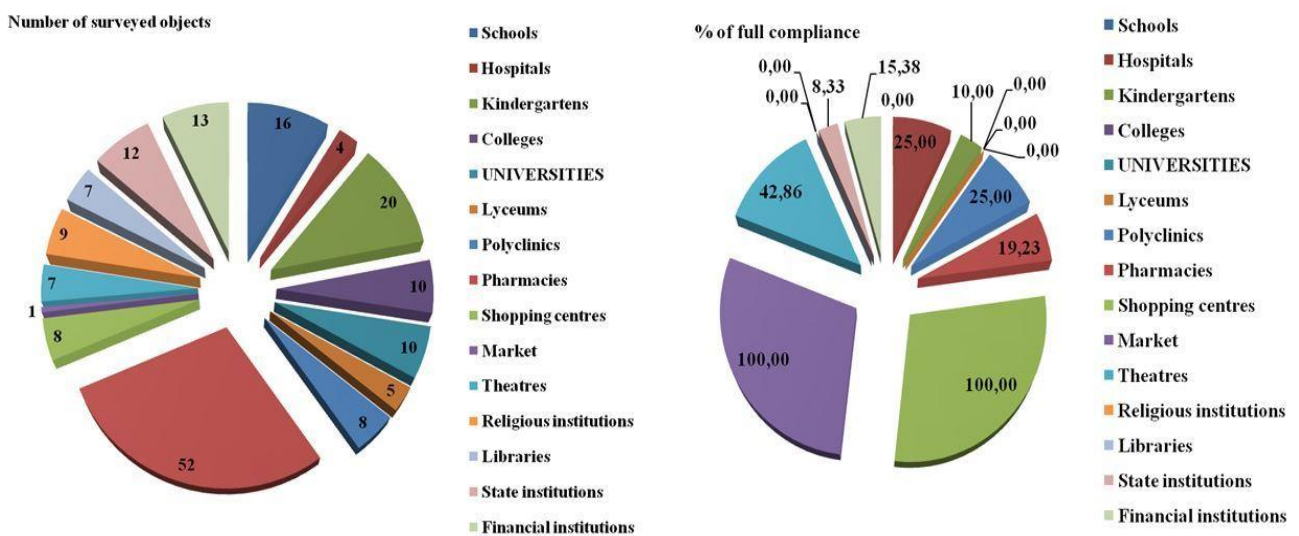


Fig. 1. Distribution of studied objects according to the number and partial compliance

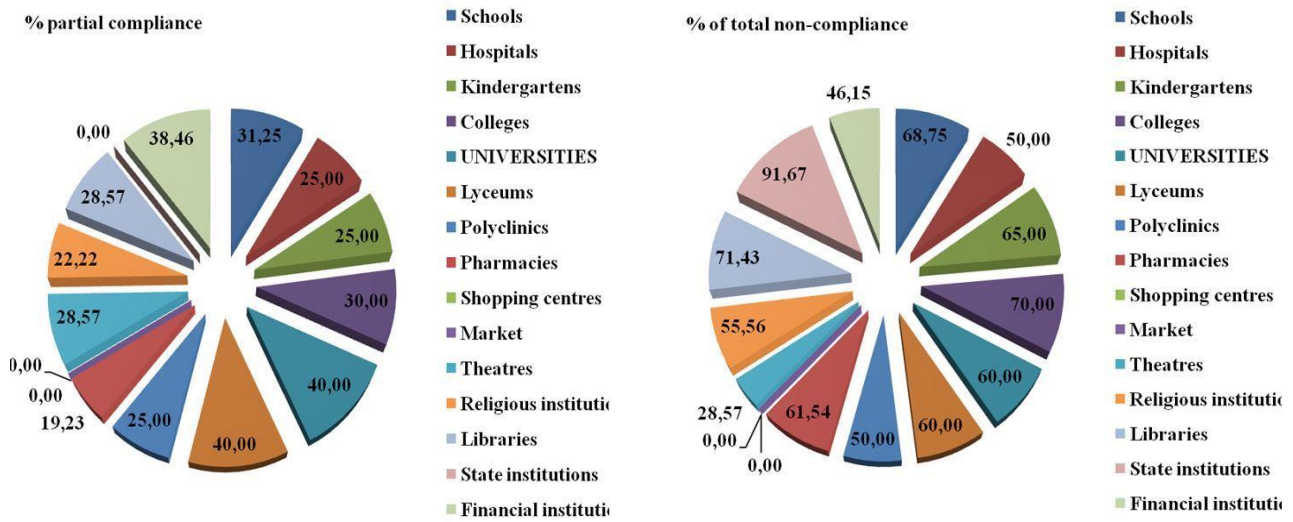


Fig. 2. Distribution of studied objects according to full compliance and full non-compliance

The condition of the pavements and the intersections within these streets was also investigated, and it was found that less than ten per cent of them meet the conditions of barrier-free and inclusive space.

The study of the barrier-free, accessible and comfortable environment of the social facilities and infrastructure in other large cities of Turkey and the UK was conducted.

In Fig. 3 there is the state of inclusive space in the streets of Denizli city, Turkey.

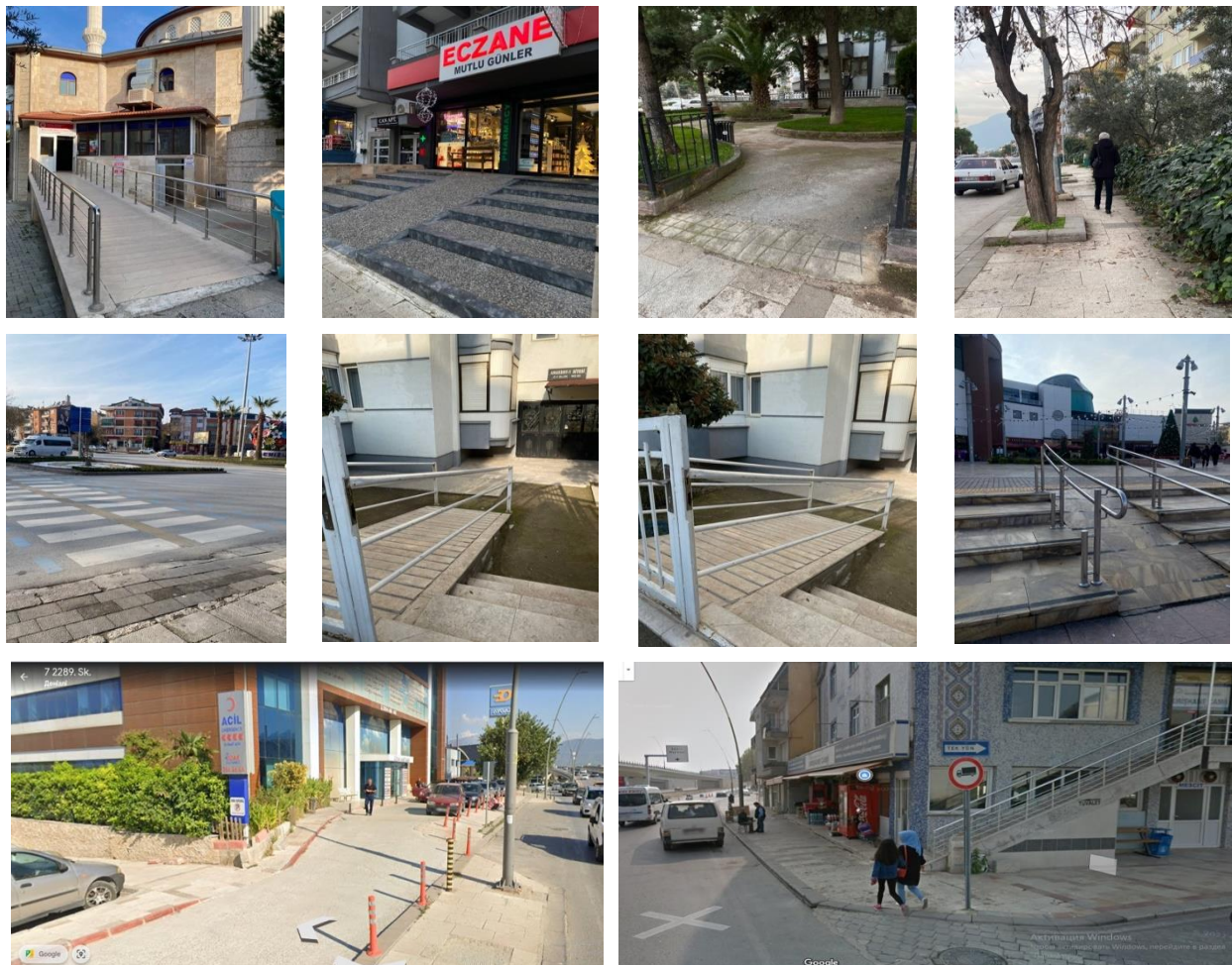


Fig. 3. Current state of inclusive space in the streets of Denizli

Figure 4 shows the current state of inclusive space in London, UK.

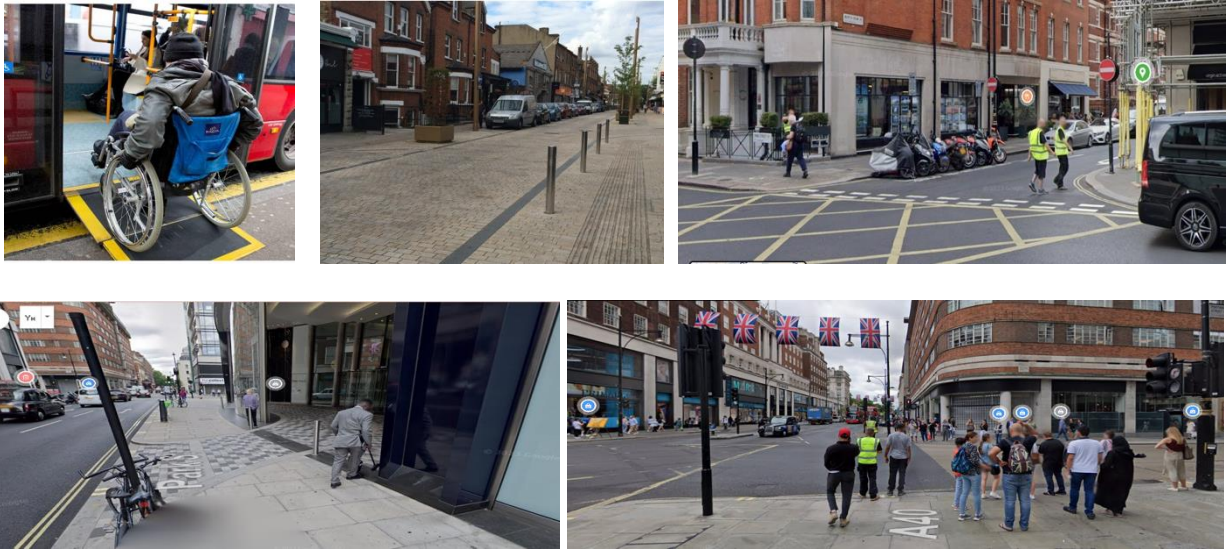


Fig. 4. Current state of inclusive space in London

Odesa also has a number of positive examples of inclusive architectural space solutions, as illustrated in Fig. 5, which shows the satisfactory state of inclusive space in the streets of Odesa.



Fig. 5. Satisfactory state of inclusive space in the streets of Odesa

However, the urban space of Odesa needs to be transformed in many more places, thus Fig. 6 shows the unsatisfactory state of inclusive space in the streets of Odesa.



Fig. 6. Poor condition of inclusive space in the streets of Odesa

The analysis has shown that the great majority of the physical environment in Odesa is not adapted for the movement/use of people with disabilities and persons with limited mobility.

Most of the public transport (buses, trolleybuses, trams), intercity, international road and rail services are outdated and inaccessible. It is impossible to transport people with disabilities and other people with limited mobility (there are no ramps or the slope does not meet the current standards).

The steps needed to achieve the physical barrier-free environment:

- at the state and local levels, to follow generally accepted practices of creating an inclusive living environment for the persons with disabilities and other low-mobility groups;
- to bring local authorities' decisions in the field of public transport into line with the subordinate legislation and relevant decisions;
- to bring the laws, regulations, norms and standards in the area of physical accessibility in line with the international standards;
- to develop and implement an effective mechanism for monitoring and controlling in the field of accessibility in accordance with the norms and standards;
- to increase the number of public transport units in the total number of units that meet the requirements of accessibility;

– to increase the number of the specialists in the technical supervision and control in the field of architecture and construction who are certified to have knowledge of accessibility laws and regulations and universal design principles.

It is *necessary to create the conditions for information barrier-free* citizens by providing the access of all the people, regardless of their functional disabilities or communication capabilities, to the information in different formats and using the technologies, such as Braille, audio description (audio commentary), subtitling, the format suitable for reading by screen reader, etc.

To implement full information accessibility for all the citizens from the public authorities; during the judicial and electoral process; the information broadcast by television and radio organisations and necessary for the participation in cultural life, leisure and recreation, sports; and public services.

To give high-speed Internet access, public services and public digital information, and to create *digital* inclusion for all social groups.

To provide equal opportunities for the participation of all people, their associations and certain social groups in the life of the communities and the state, to provide the equal access to cultural and social and political life, to create a favourable environment for physical development and self-realisation – these are the state’s tasks in terms of *social and civic* inclusion. An inclusive environment is a precondition for the participation in all the forms of public life and civic activity.

Improving the distribution mechanism of benefits and social guarantees, transforming the approaches to assessing the loss of functionality and developing of rehabilitation services will help to achieve social and civil barriers.

To provide for the *educational barrier-free environment* by creating the equal opportunities and free access to education, lifelong learning, advanced training, additional competencies. To create an inclusive educational environment, to meet the special educational needs for all the participants in the educational process and to allow adults, youth and children to use all the types and forms of education.

To create the educational barrier-free environment, it is necessary to increase the number of elderly people involved in the educational programmes of third-age universities; to increase the number of kindergartens that have an accessible environment and take the children with disabilities and special educational needs; all the inclusive resource centres should meet the regulatory requirements and have enough specialists to provide educational services.

Economic inclusion – regardless of the age, gender, marital status or health, all the citizens should be provided with the conditions and opportunities for employment, financial and other resources for entrepreneurship or self-employment.

The Ministry of Infrastructure of Ukraine, together with NGOs, has identified the main list of the facilities which are to be monitored for accessibility and barrier-free access: buildings for accommodation of evacuees (dormitories, module campuses); civil protection facilities; healthcare facilities; educational facilities; centres for administrative and social services; bus stations, airports, railway stations; financial institutions – banks, post offices, insurance companies, non-state retirement funds, investment funds; sports complexes, stadiums, etc.

The inspection report of the object and the degree of barrier-free accessibility of the physical environment and services for persons with disabilities includes the following data: the date of the inspection, the address of the object, the form of ownership, and the data about the person who carried out the inspection. The monitoring includes the routes to the building; the entrance group; the routes inside the building, the premises where the service is provided, and the auxiliary premises; and the barrier-free accessibility of services for people with disabilities.

The task of the barrier-free projects today is to increase the number of barrier-free intersections and the comfort of using the joint living space without the excessive implementation of the accessibility elements.

Conclusions and directions for future research. The analysis has shown that the research aimed at solving the problems of forming inclusive spaces is relevant and timely. The important aspect of a barrier-free environment is the development of inclusive spaces in modern cities. The different types of barrier-free environment, including physical barrier-free, digital, educational and economic, social and civic, as well as information barrier-free, are very important for the

development of inclusive spaces in the world and national architecture. Persons with disabilities and people with limited mobility have very limited opportunities to use their rights.

The future research could be aimed at the development of a questionnaire on the accessibility, transparency, and openness of the state's activities in relation to the people with the various types of disabilities in Ukraine and people with reduced mobility, processing the results and providing the guidelines for the implementation of world's best practices in inclusive spaces in architecture in the future.

References

- [1] S. Boucherit et al, "A Review of Inclusive Design and Multisensory Interactions Studies and Applications in Public Spaces", *Environ*, 1113, 012017, 2022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1113/1/012017>.
- [2] Grandy Loranessa Wungo and Ariel Nathasya, "Street for Disabled: Form of Criticism on Inclusive Street Space in the Johar Market", *Environ*, 1082, 012013, 2022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1082/1/012013>.
- [3] Nitu Ghosh et al, "Technology Integrated Inclusive Learning Spaces for Industry 4.0 Adaptive Learners – Lur Model for Sustainable Competency Development", *ECS Transactions*, 107, 13823, 2022. <https://doi.org/10.1149/10701.13823ecst>.
- [4] A. Maharani and A. Gaxioala, "Inclusive city: Vallcarca – Space extension idea for social and urban housing", *Environ*, 126, 012181. 2018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/126/1/012181>.
- [5] K. Bondarenko, S. Kryvuts, "Universalnyi dyzain ofisnoho seredovysshcha: protyrichchia ta perspektyvy", *Materialy mizhnarodnoi naukovoï konferentsii "With proceedings of the international Scientific and practical conference "Specialized and multidisciplinary scientific researches"*. Amsterdam, The Netherland: European Scientific Platform, 6, pp. 123-124, 2020.
- [6] S. Kryvuts, "Inklyuzyvnyi dyzain yak perspektyvnyi napriamok formuvannia robochoho mistia ofisnykh prymishchen", *InterConf*, (69), 2021. [Online]. Available: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/14042>. Accessed on: January 25, 2024.
- [7] Iu. Baida, "Dostupnist transportu ta obektiv transportnoi infrastruktury dlia osib z invalidnistiu", *Zvit za rezultatamy doslidzhennia. Uporiadnyky: L.Iu. Baida, O.M. Zhurbenko. K.*, p. 118, 2016. [Online]. Available: <http://naiu.org.ua/wp-content/uploads/2016/12/zvit-transport.pdf>. Accessed on: January 25, 2024.
- [8] Yen Gel, *Mista dlia liudei*, Kyiv: Osnovy, 2018.
- [9] T.V. Semyhina, "Universalnyi dyzain u mistakh Ukrainy: oboviazky ta mozhlyvosti hromady", *Rehionalna polityka: istoriia, polityko-pravovi-zasady, arkhitektura, urbanistyka*, 2, pp. 34-38, 2017.
- [10] I.M. Trunina, Ju.R. Sosnovsjka, "Stan mizhnarodnogho turyzmu dlja osib z invalidnistju v Ukraïni", *Modern Economics*, 15, pp. 191–195, 2019. [https://doi.org/10.31521/modecon.V15\(2019\)-27](https://doi.org/10.31521/modecon.V15(2019)-27).
- [11] DBN V.2.2-40:2018. Budynky i sporudy. Inklyuzyvnist budivel i sporud. Osnovni polozhennia. Kyiv. Minrehion, 2018.
- [12] Konvencija pro prava invalidiv. Convention on the Rights of the Disabled. Adopted by Resolution 61/106 of the UN General Assembly of December 13, 2006. [Online]. Available: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_g71#Text. Accessed on: January 25, 2024.
- [13] Nacionaljna Strateghija iz stvorennja bez bar'jernogho prostoru v Ukraïni na period do 2030 rokugw no. 366-2021 zatverdzhena 14.04.2021. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/366-2021-%D1%80#Text>. Accessed on: January 25, 2024.

- [14] Dovidnyk bezbar'iernosti. [Online]. Available: <https://bf.in.ua/> Accessed on: January 25, 2024.
- [15] Konstytucija Ukrainy: Zakon Ukrainy vid 28 chervnja 1996 r. no. 254k/96-VR. Verkhovna Rada Ukrainy. [Online]. Available: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/> Accessed on: January 25, 2024.

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ ІНКЛЮЗИВНИХ ПРОСТОРІВ В СВІТОВІЙ ТА ВІТЧИЗНЯНІЙ АРХІТЕКТУРІ

¹**Коробко О.О.**, д.т.н., професор,
okskorobko71@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7058-5268

¹**Піщева Т.І.**, к.т.н., доцент,
pishcheva74@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1096-2567,

¹**Піщев О.В.**, к.т.н.,
pischev71@gmail.com, ORCID: 0009-0007-7533-3378

¹**Касім Ліна**, здобувач вищої освіти,
klina6595@gmail.com, ORCID: 0009-0003-9914-3414

¹*Одеська державна академія будівництва та архітектури*
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна

Анотація. В статті проведено аналіз сучасного стану та проблеми формування інклюзивних просторів в світовій та вітчизняній архітектурі. Проаналізовано міжнародні та українські нормативні документи, які регулюють інклюзивність та безбар'єрність для всіх груп населення. Визначено поняття “інклюзія”, “інвалід”, “інвалідність”, “маломобільні групи населення”, “безбар'єрний простір”. Визначено основні елементи організації якісного інклюзивного середовища у всіх сферах життя.

Актуальним завданням є забезпечення доступності житлових та громадських будівель для всіх громадян, незалежно від їх фізичних можливостей. Інклюзивні простори сучасного архітектурного розвитку полягають не лише у створення відповідної інфраструктури, а і у трансформації нині існуючого.

Мета даної роботи полягає у визначенні основних елементів організації якісного інклюзивного середовища у всіх сферах життя. Проведено необхідний аналіз сучасних тенденцій архітектурного розвитку інклюзивних просторів великих міст, особливостей доступності для осіб з інвалідністю та маломобільних груп населення.

Основні методи дослідження: порівняльно-історичний аналіз; візуально-аналітичний метод; метод моніторингу; аналіз статистичних даних і якісних показників; збір, аналіз, представлення та інтерпретація відомостей щодо теоретичних і практичних питань організації інклюзивного середовища, яке відображено у роботах зарубіжних та українських дослідників.

Проведені дослідження показали, що розробки, направлені на вирішення проблем формування інклюзивних просторів, є актуальними та своєчасними. Важливий аспект безбар'єрного середовища це розвиток інклюзивних просторів в сучасних містах. Різні види безбар'єрного середовища включаючи фізичну безбар'єрність, цифрову, освітню та економічну, суспільну та громадянську, а також інформаційну безбар'єрність мають дуже велике значення для розвитку інклюзивного простору в світовій та вітчизняній архітектурі. Особи з інвалідністю та маломобільні групи населення мають досить обмежені можливості щодо реалізації своїх прав.

Ключові слова: інвалідність, інклюзивний простір в архітектурі, безбар'єрний простір, маломобільні групи населення.

Стаття надійшла до редакції 20.01.2024

ARCHITECTURAL AND URBAN PLANNING ASPECTS OF CITY RENEWAL IN UKRAINE

¹**Kucherenko L.**, Ph.D., Associate Professor,
liliya13liliya13@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0348-3610

²**Kucherenko O.**,
kuchernkoa@gmail.com,

³**Babii I.**, Ph.D., Associate Professor,
igor7617@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8650-1751

¹**Khrystych O.**, Ph.D., Associate Professor,
dockhristich@i.ua, ORCID: 0000-0003-0166-547X

¹*Vinnytsia National Technical University*
95 Khmelnytske Shosse, Vinnytsia, 21021, Ukraine

²*LLC «DEVELOPMENT BUILDING GROUP»*

Frolivska St. 1, Kyiv, 04070, Ukraine

³*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*
Didrikson str., 4, Odessa, 65029, Ukraine

Abstract. Cities that are at the epicenter of military conflicts find themselves in an extremely difficult situation. In addition to the most terrible – human losses, the infrastructure of cities, housing stock and industry are destroyed. An extremely difficult task for such territories is their post-war reconstruction. This process can be successful only when there is an understanding of the main approaches and mechanisms for restoration work in such cities. The necessary solution is the development of effective strategies and programs for the reconstruction of cities. This determines a number of priority tasks, namely: analysis of the experience of recovery of the countries of the world after similar destructions and study of the peculiarities of housing reconstruction, as the most acute problem.

The article examines the main directions of post-war reconstruction of cities, since post-war reconstruction is an extremely difficult task for any city and country. And for this, it is necessary to determine the priority directions of the restoration and development of cities, depending on the characteristics and nature of their destruction. The restoration of cities should not be limited to reconstruction, but should be decided on a case-by-case basis, taking into account the degree of destruction, the economic component and social reintegration. The experience of countries that have gone through the stages of war and reconstruction is of considerable importance in creating programs for the reconstruction of cities. The set of measures that will contribute to the implementation of programs of reconstruction and provision of housing for the population accretes the world experience. Therefore, the article examines the world experience of the restoration of war-ravaged cities.

For partially destroyed cities with a preserved urban environment, it is possible to develop an actual design solution that will take into account the type of reproduction – restoration, reconstruction, or new construction. For territories that have suffered severe destruction, possible options for the implementation of the reconstruction program and provision of housing for the population are: new construction, housing rental, temporary construction of modular or container facilities, formation of a replacement housing fund, compensation for housing.

An approach to architectural and town-planning solutions has been developed, which consists in mastering the underground space, the spatial composition of the courtyard space, and the architectural solutions of the buildings.

Key words: reconstruction, residential buildings, residential development, city, reconstruction of urban development, building typology, restoration.

Introduction. The war destroyed millions of square meters of housing in Ukraine. The factor of IDPs (internally displaced persons), whose total number reaches 7-8 million people, is also added to the problem. Taken together, all the factors caused by the war form a huge problem – both in the current time and in the distant future. The vast majority of people who have lost their homes do not have financial opportunities or financial resources to independently solve the housing problem. Therefore, the problem requires the participation of the state, including in solving the post-war reconstruction of the residential environment. The functions of the state cannot be reduced to "distribution of apartments". The state must regulate, create conditions, provide administrative resources for recovery, and support rational financial programs and recovery projects.

Post-war reconstruction, as world experience shows, is an extremely difficult task. For many countries, post-war recovery was not always successful. World experience shows that for successful recovery, it is necessary to form further development comprehensively, using approaches and mechanisms that correspond to the circumstances and the current situation and take into account the existing features. Each military conflict has its own characteristics. Its consequences in terms of duration, intensity and scale of destruction, starting positions and resources for recovery in terms of existing infrastructure and human capital are different. Armed conflicts are always present in human civilization.

Some experience of their completion has been accumulated, but it is not appropriate to assume that there is a single correct solution or model acceptable for Ukraine. It should also be taken into account that for large-scale conflicts, post-war recovery is not limited to the reconstruction of a physically destroyed environment. Depending on the definition of the conditions for the end of the war, the restructuring of the socio-economic structure that existed before the beginning of the conflict is also conditioned by political decisions. Prolonged conflict transforms society, a return to the past may be impossible or undesirable. There is a need to form new conditions for the functioning of peacetime society. Therefore, post-war reconstruction is considered broadly and includes, in addition to physical reconstruction, economic recovery, institutional development and social reintegration [1].

According to experts of the KSE Institute project "Russia will pay", as of September 1, 2023, the total amount of direct and documented losses is \$151.2 billion. USA. The war continues, the destruction continues, which leads to an increase in the total amount of damage. Of the total share of direct losses, 1/3 falls on the housing stock – \$55.9 billion. As a result of hostilities (Fig. 1), a total of 167.200 housing stock objects were destroyed or damaged, of which 147.800 are private houses; 19.1 thousand multi-apartment multi-story residential buildings, another 0.35 thousand – dormitories.

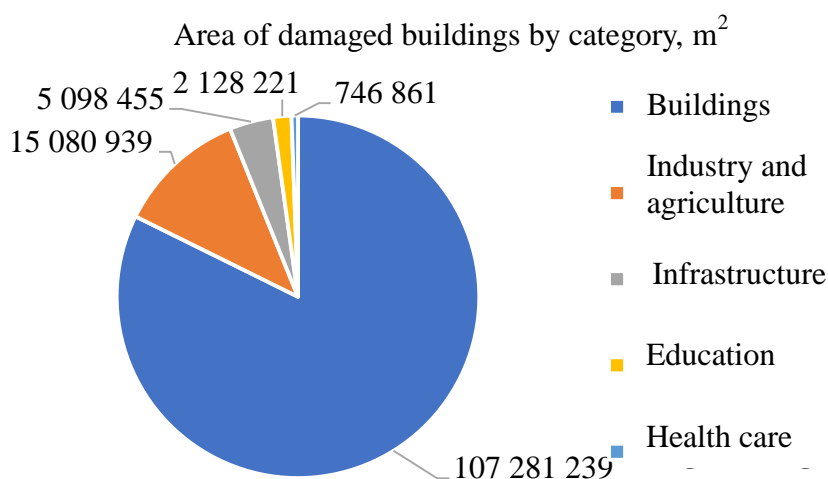


Fig. 1. Consequences of destruction

It should be noted that Donetsk, Luhansk, Kharkiv, Kyiv, Mykolaiv, Chernihiv, Kherson, and Zaporizhia regions experienced the greatest destruction of the housing stock.

As can be seen from the Table. 1, damages caused to infrastructure and industry and losses of enterprises amount to \$36.6 billion and \$11.4 billion, respectively. Since the beginning of the war, 18 airports, 344 bridges, more than 25.000 km² of state and local highways have been damaged [2].

\$10.1 billion in damage was caused to the education sector. 1.223 medical facilities were destroyed or damaged, including 384 hospitals and 352 outpatient clinics (Fig. 1).

Table 1 – Damage assessment by industry in monetary terms, as of September 1, 2023

Property type	Estimated direct losses, billion US dollars	%
Residential buildings	55.9	37.03
Infrastructure	36.6	24.25
Enterprise assets, industry	11.4	7.55
Education	10.1	6.69
Energy	8.8	5.83
Agricultural industry and land resources	8.7	5.76
Forest fund	4.5	2.98
Vehicles	3.1	2.05
Health care	2.9	1.92
Housing and communal services	2.7	1.79
Trade	2.6	1.72
Culture, tourism, sports	2.4	1.59
Administrative buildings	0.5	0.33
Digital infrastructure	0.5	0.33
Social sphere	0.2	0.13
Financial sphere	0.04	0.03
Total:	150.94	100

Analysis of recent research and publications. Since before the full-scale invasion of the Russian Federation into Ukraine, there was no pressing issue of developing strategies for the reconstruction of cities in the post-war period, the number of publications, scientific and practical programs and developments devoted to the problems of the reconstruction of Ukraine increased only in the last year. Among the scientists dealing with these issues should be noted: U.D. Amosov, V.V. Basilevich, O.S. Honcharenko, I.N. Dudar, M.M. D'omin, I.V. Dreval', A.M. Mamedova A.M., O.I. Menelyuk, O.P. Pekarchuk, K.I. Vyatkin, O.I. Synhayivs'ka. [3-13]. The works are dedicated to: planning organization of temporary settlements for displaced persons; achieving the goals of sustainable development during the reconstruction of Ukraine; restoration of destroyed infrastructure; economic consequences and problems of post-war recovery; European experience in building modular settlements. The research was helped by the analytical document "Coordination of the reconstruction and recovery process with the policy of regional development in Ukraine" created with the support of the European Union and EU member states – Germany, Poland, Sweden, Denmark, Estonia and Slovenia. And also the study "Experience of the post-war reconstruction of the world's cities: lessons for Ukraine" was carried out with the support of the American people, provided through the United States Agency for International Development (USAID), within the framework of the USAID Project "Economic Support of Ukraine" [2].

The purpose of the work is to study the problems, prerequisites, principles and tasks of the restoration of residential buildings in cities of Ukraine that suffered as a result of hostilities. The main tasks of the work are defined as: analysis of the world experience of restoration of territories destroyed as a result of military operations; study of features of urban reconstruction; definition of architectural and urban planning aspects of urban renewal in Ukraine.

Research materials and methods. The following were used: urban planning analysis, system analysis, statistical research.

Results of the study. Since the Second World War, Europe has not faced such a scale of destruction, which was caused by the military aggression of the Russian Federation.

City planners and urban planners have not actually encountered a situation where entire cities have been destroyed. A partial analogy can only be disasters caused by large-scale earthquakes (for example, according to the Turkish government, the total cost of damage caused by an earthquake in Turkey in 2023 is 103.6 billion US dollars. But even in this case, there are fundamental differences due to causal factors.

A moderately continental climate with a distinct winter period is also a relevant adverse factor for Ukraine.

Some IDPs lost their jobs. Moreover, jobs may be destroyed as a result of hostilities. Different options are possible – a city-forming enterprise that has ceased to exist, or a business that was based on a certain type of resource. In this case, there is a problem of the expediency of returning IDPs back.

Both "push" and "attraction" factors work.

At the initial stage, the push factor definitely worked. Accordingly, the number or percentage of returning IDPs will be smaller than the initial base and will depend on the influence of gravity factors.

It is clear that the conditions that would shape the action of attraction factors must be provided by the state.

It should be noted separately that the mobility of the population is currently the highest both since the times of the USSR and during the entire period of independent Ukraine. This largely makes it impossible to use administrative levers to direct population flows. Forced, semi-forced resettlement programs are impossible in modern conditions [3].

The first wave of immigrants to the Donbas and other regions with cities – the centers of industry – was largely provided by the Ukrainian countryside – dispossessed and peasants fleeing starvation. The second wave of workers was provided by the so-called "labor recruitment" – young people, graduates of vocational and technical education institutions, universities received referrals according to the so-called distribution for employment, when they were obliged to work for several years.

Donbas had and still has the highest density of correctional facilities, which also fell under the paradigm of providing industry with labor.

Analysis of the theory and practice of refugee resettlement shows the existence of different approaches to choosing the type of housing solutions.

Temporary settlements of the modular type as an alternative to housing for long-term use have their distinct disadvantages. In European countries, the cost of building such settlements is 1.000-2.000 euros per square meter. It is not cheap, even for developed countries, and it does not cover the full scale of the refugee resettlement problem. The study includes figures related to the construction of towns with a total capacity of 1-2 thousand people in Germany, Belgium, Switzerland, etc. Against the background of the number of refugees in several million, this is obviously not enough [4].

The preferred planning and construction solutions of such modular settlements are the simplest – container and modular houses of 1-3 floors, corridor type, with public premises. That is, the minimum level of price and comfort. A projected stay of 5 years or more means making new decisions after 5 years.

This experience is undesirable for Ukraine. Temporary solutions are therefore unsuccessful, because they do not ensure sustainable development.

Ukraine has experience in building temporary housing for a quick solution to the housing problem. It consists in the practice of building houses of the first mass series of industrial buildings, i.e. "Khrushchevka". At one time, it may have been a palliative solution – when the country faced the acute problem of providing housing for the population after the war.

A simplified solution made it possible to partially solve the problem and postpone complications for the future.

In modern conditions, they are trying to solve the problem of "Khrushchev" in a comprehensive manner. The complicating aspects are:

- urban planning problems – blocks of linear buildings with imperfect planning solutions;
- architectural problems – morally outdated architectural and planning solutions.

Planning and construction decisions limit the possibilities of reconstruction on modern foundations.

The scale factor is a significant volume of buildings located in urban areas.

Socio-economic problems – residents mostly do not have financial resources.

Accordingly, the question is excessively expensive, which makes simple solutions impossible. Thus, it can be concluded that palliative solutions produce an accumulation of problems in urban planning.

World experience shows that the country's post-war economic weakness and social disunity increase its vulnerability and insecurity from military and social conflicts. Countries that failed to effectively implement the post-war recovery process, as a rule, faced new conflicts: political, economic, social. The consequences of which were the crisis and degradation of these countries [4, 14].

After the end of the Second World War, the reconstruction of Europe took place according to the well-known program of recovery and development – the Marshall Plan, at the expense of American economic aid.

Briefly, the plan provided for the implementation of the following main tasks: infrastructure modernization; restoration and increase of production volumes; ensuring a more even geographical distribution of heavy industry; increasing production efficiency in agriculture; rationalization of production in light industry; monetary and financial stabilization in Europe. Europe has already felt the consequences of the implementation of the comprehensive, balanced and resource-provided plan in the 4th year of its implementation. However, the reconstruction of cities took much longer. In addition to large-scale new housing construction, the experience of reconstruction showed that much of what was built during the initial chaotic phase of reconstruction, immediately after the end of the war, when the task was simply to clear all the ruins and put a roof over people's heads, was unsuccessful from the point of view of architecture and urban planning.

Urban regeneration programs are developed and implemented primarily to improve people's quality of life. It is impossible not to solve the problems of providing housing and employment for demobilized military personnel and temporarily displaced persons. Urban regeneration always requires the development and adoption of a concept/strategy for their development [15].

The world practice of aid is based on existing and updated urban planning documents. Unfortunately, many cities of Ukraine still do not have updated master plans. During the period of reconstruction of cities, this state of affairs is unacceptable [5].

Housing problems in almost all cities that have suffered destruction as a result of the war are generally similar – and this is the low supply of housing for residents. Different cities approached the solution of the housing problem in different ways.

There are well-known examples of attempts to quickly build cheap and standard housing instead of destroyed buildings. This experience turned out to be ineffective. Already 10-15 years after the construction of this type of housing, it requires significant reconstruction or replacement.

Architectural and planning solutions for residential buildings are quite diverse. Studies have established that the unchanging core of any multi-story building is a block of stairs, kitchens and bathrooms. The so-called free planning decisions are still grouped into these fixed elements of the planning structure.

This principle also works for temporary housing - the primary cell should be the utility block and the entrance space.

In European countries, the option of housing refugees in rented apartments is also implemented. Refugees receive housing and social benefits financed by state or municipal programs. This approach has a time frame, but it provides for the option of integrating refugees with their employment, obtaining a permanent residence permit and, in the future, citizenship.

Obviously, this approach does not ensure the return of Ukrainian citizens. However, it forms the framework and conditions for the method of solving the problem: determining the status of a person in need of housing; provision of housing for long-term stay at the expense of existing programs; provision of assistance for the period of reintegration; employment assistance.

We can state that a similar scheme has not yet been implemented in Ukraine.

The problem to which attention is drawn [6] is the legal component of housing ownership.

For de-occupied cities, there will be an issue with apartments, the ownership rights of which will be uncertain.

This will require extensive but urgent work to update homeowners. Such activity will allow to form a reserve // maneuvering // fund. The issue needs to be agreed at the legislative level, since a conditional apartment in a multi-story residential building will require maintenance costs. A collision is formed when there is an object – an apartment, which requires expenses for its maintenance, but the owner (subscriber) is not determined (or is temporarily unreachable due to many reasons). In this case, it is not clear at whose expense all expenses are incurred, and the order (algorithm) of compensation for this.

The standard legally weighted recommendation in such a case – to act in accordance with the CCU (Civil Code of Ukraine) and obtain a decision in court is incorrect and will lead to chaos. The result is the degradation of residential buildings, a decrease in the value of apartments and the attractiveness of residential quarters (city plots). In the language of economics, this means a depreciation of the asset, which will certainly provoke an impoverishment trap.

The issue of housing reconstruction will be especially relevant in cities that have suffered significant destruction.

Point destruction for the cities of Kyiv, Kharkiv, Dnipro, Odesa is not a difficult problem. In the conditions of the preserved urban environment, it is possible to develop an actual design solution that takes into account the functional type of the reconstruction object, the type of reproduction – restoration, reconstruction, new construction. The legal points of ownership, compensation conditions, etc. will be resolved sufficiently correctly. For such situations, the infrastructure and engineering support systems are kept. The urban planning restrictions within the framework of the urban planning justification for the construction object do not change. For a large city, there will be no problems related to the organizational and technical component of construction. Simplified – solving the problem requires money comparable to traditional construction. The differences and peculiarities consist in the implementation of the stage of disassembly of the destroyed object [7].

For cities whose scale of destruction reaches critical values, two problems arise, two directions of activity: 1 – maintenance of the existing (surviving) housing stock; 2 – determination and solution of the tasks of reconstruction of the destroyed housing stock (Fig. 2).

The amount of replacement (3) is part of the existing housing stock (1) and consists of buildings in a state of emergency; morally outdated level; housing that leads to exclusion zones; quarters of perspective reconstruction (reconstruction).

The stages of development and implementation of the program for reconstruction of the residential environment are as follows:

1. Preparatory – creating a register of destroyed housing.
2. Preparation of promising sites.
3. Development of project proposals, typological solutions of construction objects.
4. Implementation of the construction complex.

The reconstruction program should be considered comprehensively – as a program of reconstruction and provision of housing for categories of the population that apply (have the right to receive housing).

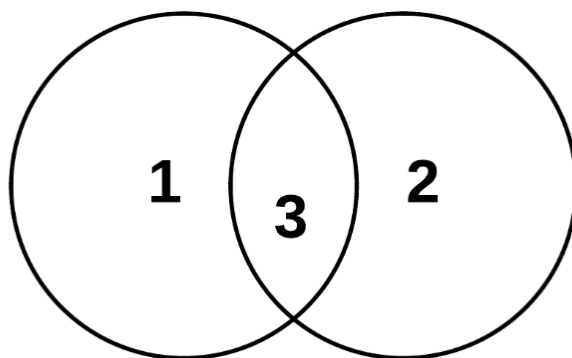


Fig. 2. Scheme for determining the volume of the housing stock:
 1 – Maintenance of the existing (surviving) housing stock; 2 – Determination and resolution of the tasks of reconstruction of the destroyed housing stock; 3 – Substitution volume

Possible options for the implementation of the program of reconstruction and provision of housing for categories of the population that apply (have the right to receive housing) are:

1. New construction.
2. Housing rent.
3. Temporary construction of modular or container facilities.
4. Formation of a replacement housing fund.
5. Compensation for dwelling.

For citizens of Ukraine, refugees, displaced persons in the post-war period, the model of behavior can have several options (Fig. 3), with multidirectional consequences.

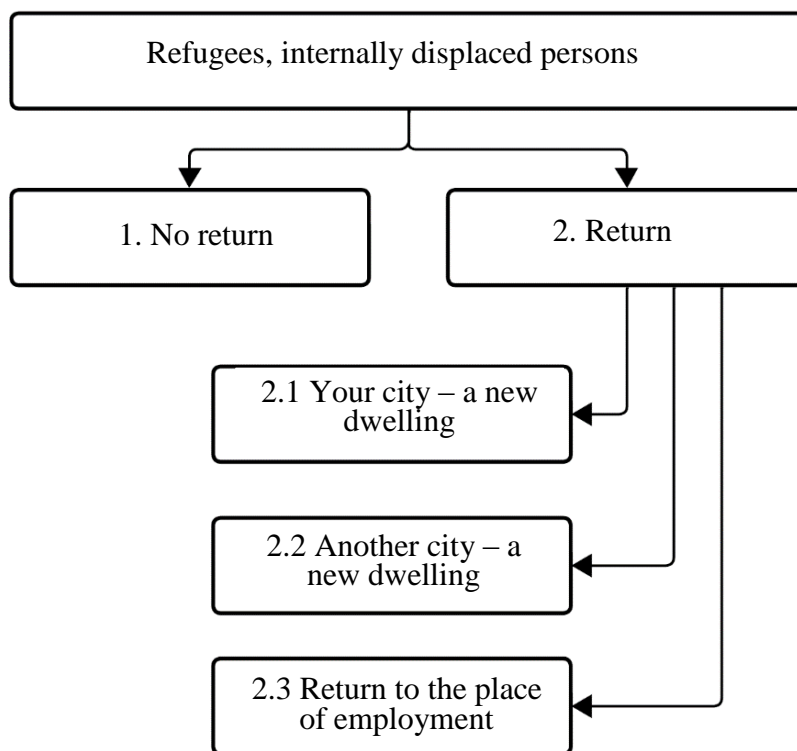


Fig. 3. Behavioral model of IDPs at the stage of return

The compensatory format only provides a return (2). Return options:
 2.1. The city creates demand for new housing and ensures development.
 2.2. Another city for new housing \ demand within the existing city.
 2.3. Return to the place of employment.

A compensation procedure is possible in the distant future \ monetary form.

Only clause 2.1 is system-forming.

P. 2.2 and 2.3. has the local effect of fueling demand in uncertain regions.

It is expedient for the state to create conditions for the combination of factors 2.1 and 2.3, which can have a system-forming character with a synergistic effect.

It is recommended to implement architectural and planning solutions for new construction that provide flexibility of form, multifunctionality, and high adaptability.

It is advisable to use houses of medium story 5-7 \ 3-5 \ brick or with s/b monolithic frame. Such solutions make it possible to design and build expressive architectural residential buildings with modern planning solutions on a single material and technical base with a high level of localization of local building materials [8].

Within the residential quarter, it is advisable to form closed and semi-closed courtyard spaces with a wide use of built-in and attached volumes on the first floors.

The introduction of underground urban planning is relevant. Buildings should be designed with full basements for dual purposes. It is necessary to use the experience of designing windows of underground and semi-underground premises with the arrangement of pits and dual-purpose half-ramps.

On the main compositional axes, the dominants or centers of the composition are placed public buildings, shopping centers, administrative buildings, etc.

It is advisable to carry out construction with a setback from the red lines. Potential zones of yellow lines should be designed for the allocation of pedestrian zones, bicycle areas, parking lots and vehicle parking lots.

The set of measures that will contribute to the implementation of the program of reconstruction and provision of housing for the population accumulates accumulated global experience and provides for:

- development of state programs for preferential lending to persons who lost their homes as a result of the war;
- compensation to landlords for the cost of housing rent by displaced persons (as a rule, it was carried out at the expense of the state budget);
- construction of temporary towns and centers for resettlement;
- construction of social housing at the expense of state and local programs, implementation of international aid;
- stimulation of individual construction, including simplification of issuing construction permits, provision of free land plots, establishment of developer support offices, providing developers with discounted local building materials;
- consistency of local infrastructure development parameters with housing reconstruction (updating of city master plans).

Conclusions:

1. Having analyzed the world experience of restoring territories destroyed by war, it was established that the restoration of cities should not be limited to reconstruction, but should be decided on a case-by-case basis, taking into account the degree of destruction, the economic component and social reintegration.

2. Peculiarities of urban reconstruction were studied and it was determined that the primary task is to provide the population with a housing fund, as well as to restore the engineering infrastructure of the city. For this, a number of solutions are proposed depending on the degree of destruction. The issue of housing restoration in conditions of significant destruction and the urban development situation in general is particularly difficult. Establishing that in order to solve this issue, it will be necessary to provide the population with new construction, the possibility of renting housing, provision of temporary construction of modular or container facilities, the formation of a replacement housing fund, as well as compensation for housing.

3. The architectural and town-planning aspects of the restoration of cities in Ukraine, consisting in the development of the underground space, the spatial composition of the courtyard space, and the architectural solutions of the buildings, have been determined.

4. The conducted research will make it possible to rationally plan urban development and develop architectural and planning solutions to ensure the restoration of construction objects of our State, which will be considered in future publications.

References

- [1] Analitychnyy dokument «Koordynatsiya protsesu vidbudovy ta vidnovlennya z politykoyu rehional'noho rozvytku v Ukrayini» stvorenyy za pidtrymky Yevropeys'koho Soyuzu ta derzhav-chleniv YES – Nimechchyny, Pol'shchi, Shvetsiyi, Daniyi, Estoniyi ta Sloveniyi. Kyiv, 2023. [Online]. Available: <https://decentralization.ua/uploads/attachment/document/1293/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%96%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.pdf>.
- [2] «Dosvid pislyavoyennoho vidnovlennya mist svitu: uroky dlya Ukrayiny» vykonani za pidtrymky amerykans'koho narodu, nadaniy cherez Ahent-stvo SSHA z mizhnarodnoho rozvytku (USAID), v ramkakh Proyektu USAID «Ekonomichna pidtrymka Ukrayiny». Kyiv, 2023. [Online]. Available: https://era-ukraine.org.ua/wp-content/uploads/2023/06/Doslidzhennia_Dosvid-pisliavoiennoho-vidnovlennia-mist.pdf.
- [3] I.N. Dudar, "Yak nam vidbuduvaty Ukrayinu", *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya*, no. 80, pp. 25-28, 2022.
- [4] O.S. Honcharenko, B.I. Denysyuk, T.V. Onyshchuk, "Vidnovlennya zruynovanoyi infrastruktury na osnovi vykorystannya otsyfrovanykh danykh", *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya*, no. 83, pp. 74-87, 2023.
- [5] I.V. Dreval', "Do pytannya rozrobky kontseptsiy vidrozhennya mist Ukrayiny v pislyavoyennyi period", *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya*, no. 81, pp. 133-142, 2022.
- [6] M.M. D'omin, K.I. Vyatkin, O.I. Synhayivs'ka, "Proyektsiya tendentsiy rozvytku Kharkivs'koyi rehional'noyi systemy rozselennya naselelnya v umovakh pislyavoyennoyi vidbudovy", *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya*, no. 81, pp. 3-12, 2022.
- [7] A.M. Mamedov, N.O. Denysenko, "Ekonomichni naslidky na problemy povoyennoho vidnovlennya terytoriy", *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya*, no. 82, pp. 220-231, 2023.
- [8] O.P. Pekarchuk, "Yevropeys'kyy pidkhid do budivnytstva modul'nykh poselen' dlya bizhentsiv", *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya*, no. 83, pp. 229-238, 2023.
- [9] O.I. Menedylyuk, V.V. Russyy, "Tekhnolohiyi vidnovlennya tshlyanykh stin, poshkodzhennykh vnaslidok viys'kovykh diy", *Tezy dopovidey 78-yi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi profesors'ko-vykladats'koho skladu akademiyi*, p. 9, 2022.
- [10] V.A. Halushko, I.N. Babyi, Y.V. Kolodyazhnaya, A.S. Pydoyma, L.S. Shevchuk, "Éffektyvnye sovremennye sposoby zadelyvannya treshchyn v ékspluatyruemykh zdanyyakh y sooruzhennyakh", *Budivel'ne vyrobnytstvo*, vyp. 56, pp. 45-48, 2014.
- [11] U Kharkovi vzhe planuyut' buduvaty nove zhytlo dlya meshkantsiv zruynovanykh budynkiv. [Online]. Available: <https://is.gd/ngWwKz>. Accessed on: May 25, 2023.
- [12] Zruynovane zhytlo: nove mozhna otrymaty v inshomu misti, ale ye umovy. [Online]. Available: <https://acmc.ua/zruynovane-zhytlo-nove-mozhna-otrymaty-v-inshomu-misti-ale-ye-umovy/> Accessed on: April 2, 2023.
- [13] Ministerstvo rozvytku hromad ta terytoriy Ukrayiny. Prohrama z vidnovlennya Ukrayiny. [Online]. Available: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/international-cooperation/spivpraczya-z-mizhnarodnymy-finansovymy-organizaciyamy/yevropejskyj-investycijnyj-bank/programa-z-vidnovlennya-ukrayiny/> Accessed on: November 30, 2023.
- [14] YU. I. Hayko ta in., *Problemy ta perspektyvy rozvytku zhytlovoyi zabudovy v umovakh kompleksnoyi rekonstruktsiyi mista: monohrafiya*. Kharkiv: KHNUMH im. O.M. Beketova, 2019.

[15] I.A. Arutyunyan, *Naukovo-teoretychna platforma aktyvizatsiyi ta rozvytku budivnytstva Ukrainy: monohrafiya*. Zaporizhzhya: ZNU, 2020.

АРХІТЕКТУРНО-МІСТОБУДІВНІ АСПЕКТИ ВІДНОВЛЕННЯ МІСТ В УКРАЇНІ

¹Кучеренко Л.В., к.т.н., доцент,
liliya13liliya13@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0348-3610

²Кучеренко О.М.,
kuchernkoa@gmail.com,

³Бабій І.М., к.т.н., доцент,
igor7617@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8650-1751

¹Христич О.В., к.т.н., доцент,
dockhristich@i.ua, ORCID: 0000-0003-0166-547X

¹Вінницький національний технічний університет
Хмельницьке шосе 95, м. Вінниця, 21021, Україна

²ТОВ „ДЕВЕЛОПМЕНТ БІЛДІНГ ГРУП”,
вул. Фролівська 1, м. Київ, 04070, Україна

³Одеська державна академія будівництва та архітектури
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна

Анотація. Міста, які знаходяться в епіцентрі військових конфліктів, опиняються в надскладній ситуації. Окрім найстрашнішого-людських втрат, руйнується інфраструктура міст, житловий фонд та промисловість. Надзвичайно складним завданням для таких територій є їх післявоєнне відновлення. Цей процес може бути успішним лише тоді, коли є уявлення про основні підходи та механізми до відновлювальних робіт у таких містах. Необхідним вирішенням є розробка ефективних стратегій та програм відбудови міст. Це визначає ряд пріоритетних завдань, а саме: аналіз досвіду відновлення країн світу після подібних руйнувань та дослідження особливостей відбудови житла, як найбільш гострої проблеми.

В статті досліджено основні напрямки післявоєнного відновлення міст, оскільки післявоєнна реконструкція є надзвичайно складним завданням для будь якого міста та країни. А для цього, є необхідним визначення пріоритетних напрямків відновлення та розвитку міст в залежності від особливостей та характеру їх руйнувань. Відновлення міст не повинно обмежуватись лише реконструкцією, а вирішуватись конкретним випадком, враховуючи ступінь руйнувань, економічну складову та соціальну реінтеграцію. Неабияке значення у створенні програм по відбудові міст має досвід країн, які пройшли етапи війни та відновлення. Комплекс заходів, що сприятиме реалізації програм відбудови та забезпечення житлом населення акумулює накопичений світовий досвід. Тому, у статті досліджено світовий досвід відновлення зруйнованих війною міст.

Для частково зруйнованих міст зі збереженим міським середовищем, можна розробити актуальне проектно рішення, яке буде враховувати тип відтворення – реставрація, реконструкція, чи новобудова. Для територій, що зазнали важких руйнувань можливими варіантами реалізації програми відбудови та забезпечення житлом населення є: нове будівництво, оренда житла, тимчасове будівництво модульного або контейнерного об'єктів, формування фонду підмінного житла, компенсація за житло.

Розроблено підхід до архітектурно-містобудівних вирішень, що полягає в освоєні підземного простору, просторової композиції дворового простору та архітектурних вирішеннях будівель.

Ключові слова: відбудова, житлові будинки, житлова забудова, місто, реконструкція міської забудови, будівельна типологія, відновлення.

Стаття надійшла до редакції 19.02.2024

STRUCTURAL FEATURES OF RESIDENTIAL BUILDINGS IN MODERN UKRAINIAN CITIES, BASED ON THE EXAMPLE OF ODESA CITY

Morozova T., post-graduate student,
tanyamorozova0210@gmail.com, ORCID: 0009-0002-5269-8749
Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture
4 Didrihson str., Odesa, 65029, Ukraine

Abstract. The article is devoted to Ukrainian cities that are very different in their history, size, functions and architecture. In the period of crisis and almost complete halt of new housing construction and critical resource limitation, the most promising approaches for the development of residential areas are those that use existing housing structures and available resources. One of the most advanced areas is the use of existing housing structures. Instead of building a new housing stock with new networks and infrastructure, it is possible to develop and compact the existing housing stock (both historical and Soviet), thus reducing the amount of old housing stock and increasing the number of available square metres of housing for city residents. Each city has its own specific history and background, as well as housing structures that were formed at different times.

The history of the formation and structural features of the residential development of Odesa city have been studied, so it is important to understand it in the general typology of Ukrainian urban settlements. The main criteria for dividing urban settlements into the types are the following factors: city size, number of residents, historical background, planning structure and functional content.

The structural features of the residential development of modern Ukrainian cities are studied, the characteristic features and their impact on the development of residential development are identified. The development strategy for Odesa residential areas has been proposed to create a high-quality high-density living environment in historic cities.

The purpose of this paper is to study the structural features of the residential development in modern Ukrainian cities, to determine their characteristic features and influence on the development of the residential development on the example of Odesa. The materials for this study are the structural features of residential development in modern cities. In particular, the impact and consequences of the crisis period on the housing infrastructure and the city structure are considered in order to understand better the crisis contribution to the formation of the modern city. The combination of the research results of the available material base and theoretical foundations of the structural features of residential development in modern cities became the main methodological basis of this work.

Keywords: residential development structures, crisis periods, residential development of modern Ukrainian cities, formation of a modern city.

Introduction. Ukrainian cities are various in their history, size, function and architecture. Each city has its own specific history and background, as well as housing structures that have developed over time. The complex interaction between social, economic, technological and cultural factors in the formation of the urban environment reflects the crisis periods' effect on the development of residential buildings in modern cities. The main type of residential building is apartment houses with different number of storeys. Country houses, both traditional and cottages for the construction in the suburbs and towns, and multi-storey buildings for the construction in the heart of a large city – all of these are housing.

Analysis of recent researches and publications. Many foreign scientists have studied the structure of the residential development. The comprehensive approach to the design of multi-comfortable urban space in the conditions of high density of Milan was studied by O.S. Burukhina, V.S. Tsarkova and I.N. Maltceva [1]. The modernisation and renovation of a school building in the

Old Town with a high population density was demonstrated by Zhiyuan Chen et al [2]. The technical problems of residential construction were examined by Beata Nowogońska and Jerzy Cibis [3]. Irina Maltseva et al paid attention to mid-rise atrium residential buildings [4]. S. Rachmayanti et al developed the criteria for designing the architectural composition of residential areas [5]. Yunxi Bai et al studied the attractiveness of housing in the compact urban areas on the example of Hong Kong [6]. The innovative approaches in the period of mass industrial development on the example of the residential areas of Kharkiv were studied by O. Buriak et al [7]. I. V. Ladigina and A. O. Rudenko analysed the peculiarities of the formation of a systematic approach in the national urban planning [8]. The problems and potential of creating livable public spaces in the historical centres of small towns in Slovakia were shown in the research of Katarina Kristianova and Agnieszka Jaszczak [9]. Tomasz Bradecki et al developed the models for the experimental high-density housing [10]. The main trends in the architecture of modern residential complexes in the market conditions of Kyrgyzstan were studied by Kozhobaeva Saltanat Tolonbaevna [11].

Problem definition. To study the structural features of the residential development of modern Ukrainian cities, to determine the characteristics and impact on the development of residential development. To create a high-quality high-density living environment in historic cities, to develop a strategy for the development of Odesa residential areas.

Purpose and objectives. To study the structural features of the residential development in modern Ukrainian cities, to determine their characteristic features and impact on the development of residential development.

Materials and research methods. The materials for this study are based on the structural features of residential development in modern cities. In particular, the impact and consequences of the crisis period on the housing infrastructure and city structure were examined in order to understand better the crisis contribution to the formation of the modern city. The combination of the research results of the available material base and theoretical foundations of the structural features of the residential development in modern cities became the main methodological basis of this work.

The main part. The article investigates the history of the formation and typology of the housing structure of Odesa, so it is important to see it in the general typology of Ukrainian urban settlements, which is shown in Figure 1. The main criteria for dividing the urban settlements into the types are the following factors: the size of the city, the number of the residents, historical background, planning structure and functional content.

Odesa in the general typology of Ukrainian cities. According to the general typology (Fig. 1), which is shown in the diagram, Odesa is a one-million city with a history dating back to the Greek colonies (6th century BC), but the city itself (its modern part) was formed after Khadjibey (the old name of the city) came under the control of the Russian Empire. It was at this time that the combined planning structure of the city was formed, consisting of two block nets that intersect at the angle. Odesa is a multifunctional regional centre, Ukraine's largest commercial port, tourist and cultural centre.

The city has been formed for several historical periods. The history of Odesa begins in the 6th century BC with the Black Sea Greek colonies. The first mention of the city as Khadzhibey or Kotsyubey dates back to the 14th century. In the 15-18th centuries, Khadjibey was controlled by the Osman Empire. In 1791, Khadjibey joined the Russian Empire. In 1795, according to the order of Catherine II, Khadzhibey was renamed to Odesa.

Since 1991, the city has been the part of independent Ukraine. Nowadays, Odesa has a combined general layout, as it consists of two parts – the historical (1803-1875) and the new territory, which is being formed since the Soviet era to the present day.

Odesa during the full-scale invasion of 2022-2024. There are many types of crisis periods that affect city development [12]. Military operations are one of the most destructive types of crises. Most often, the consequences of military conflicts in the cities are the destruction of infrastructure and housing stock.

TYOLOGY OF UKRAINIAN CITIES

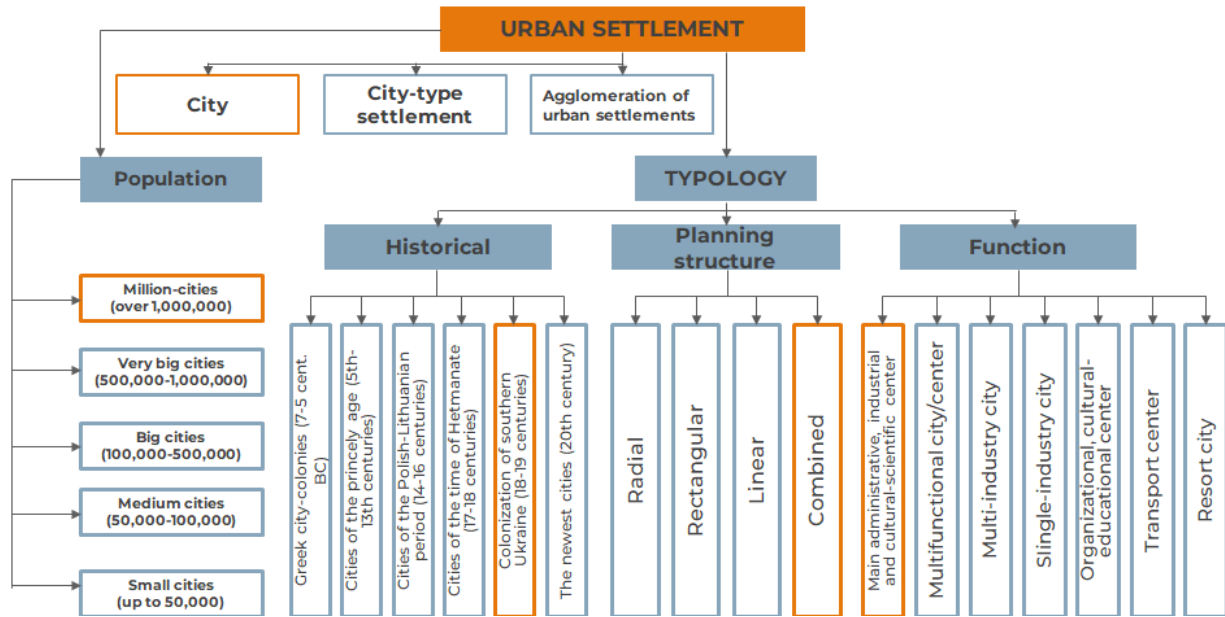


Fig. 1. Typology of modern Ukrainian cities. Odesa is marked in orange

In 2022 – 2024, Odesa (Fig. 2) faced the significant destruction and changes in the city development. The main and most significant consequences of the military operations were:

- mass migration – the departure of the local population to safer areas or abroad;
- refugees from the occupied or frontline cities;
- destruction of housing stock;
- destruction of infrastructure facilities;
- destruction of cultural heritage sites;
- full or partial halt of the construction of new residential and infrastructure facilities;
- partial "closing" of the city for the citizens with military purposes;
- halt of large-scale urban projects.



Fig. 2. Photography of the public space near the Opera House in Prymorskyi district, Odesa, March 2022

The location of the city close to the front line (Fig. 3) is the factor that directly affects the formation of the residential development in modern Ukrainian cities. The most important factor that impacts on the development of urban residential development is the number of the residents and their increase due to the urbanization. During the military conflicts, a large number of temporarily displaced people can have both positive and negative impact on the structure and development of the housing.

Modern Ukrainian cities can be divided into three main categories:

1. Frontline cities and towns, located directly on the contact line, are the most dangerous for the citizens and the most damaged communities.

2. Cities and towns close to the frontline, located up to 100 km away, are safer for the residents than the first category, but are also regularly destroyed.

3. Back cities and towns are the safest and most isolated cities, they are also damaged, but much less frequently than the first two categories, the main feature is the large number of new residents – temporarily displaced people.

According to the diagram (Fig. 3), Odesa belongs to the second category, which significantly affects the development of existing and new residential buildings.

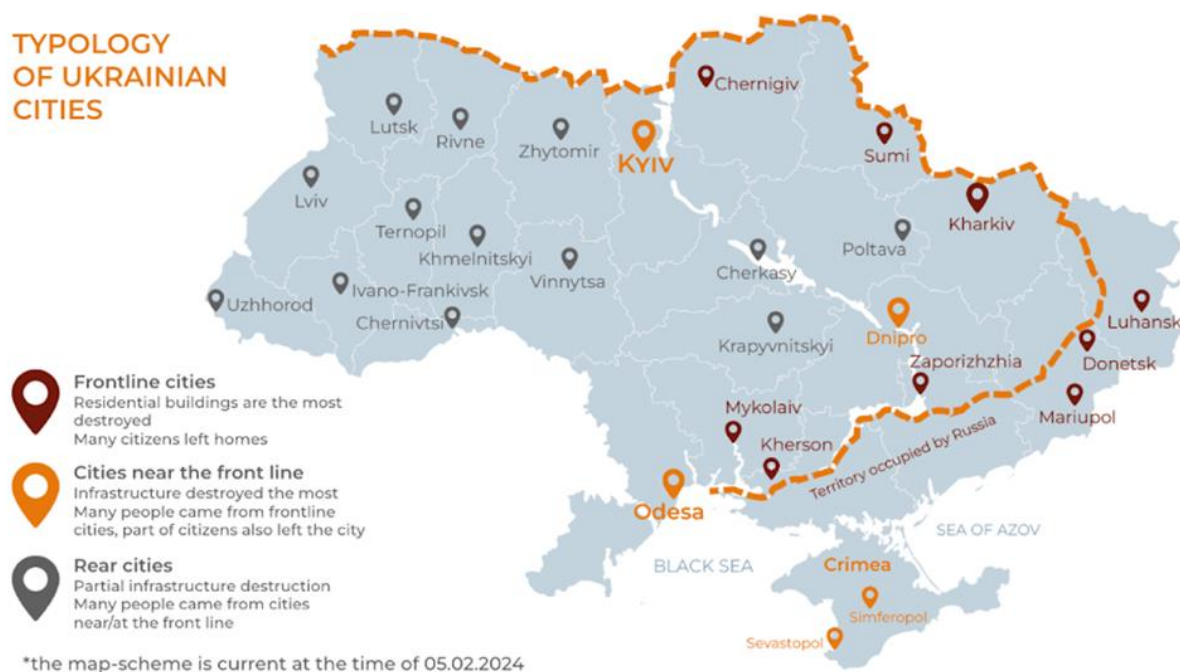


Fig. 3. Typology of Ukrainian cities depending on their location near the contact line

Features and typology of the residential development structure in Odesa. In order to comprehensively analyze the structural features and characteristics of residential development in Odesa, it is necessary to examine the historical context first. Since this factor has had the greatest impact on the structure and condition of the modern housing stock. Figure 4 shows the urban planning analytical diagram "Main periods of housing stock formation in Odesa".

Depending on the period of formation, the examination of Odesa identifies four main types of the residential development structure (Fig. 4):

1. Historic block high-density residential development (historic city centre).
2. Low-rise block development (areas that were formed as the suburbs of Odesa in the XIX century).
3. Medium – and high-rise Soviet residential buildings.
4. Modern multi-storey residential development.

HISTORY OF ODESA'S DEVELOPMENT

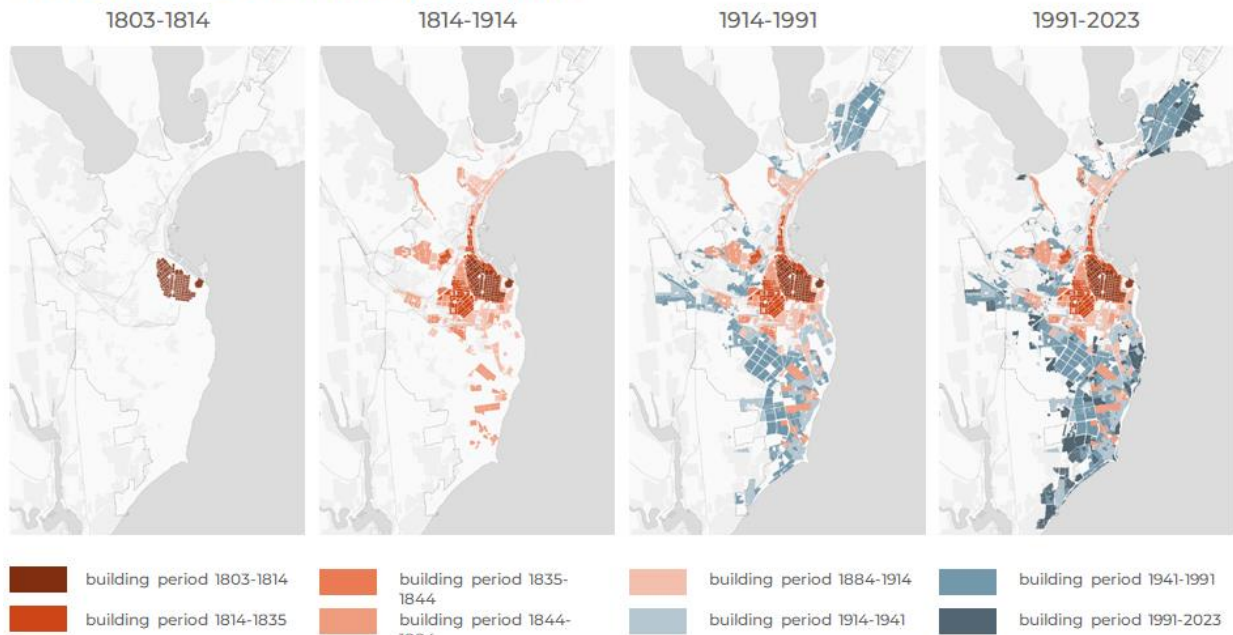


Fig. 4. Town-planning analytical scheme "Main periods of housing stock formation in Odesa"

The city's general plan shows that the residential structure of these periods has different densities, the number of storeys, the typology of the apartments, and the shape of the buildings in the plan (Fig. 5).

Thus, fundamentally different living environments were formed with the different scales in relation to the residents, comfort level, infrastructure and features.

STRUCTURES OF RESIDENTIAL DEVELOPMENT



Fig. 5. Diagram "Main structures of residential development in Odesa"

Specific features of different residential structures in Odesa. Depending on the time of its formation and location, each type of housing structure is special and unique. The characteristics of the main four types of residential structures are listed below and shown in Figure 6.

1. *Historic high-density block housing development (historic city centre).*

During the period of 1803-1905, Odesa experienced significant economic and cultural development, which was reflected in the town planning and architectural appearance of the city centre.

THE MAIN STRUCTURES OF RESIDENTIAL DEVELOPMENT

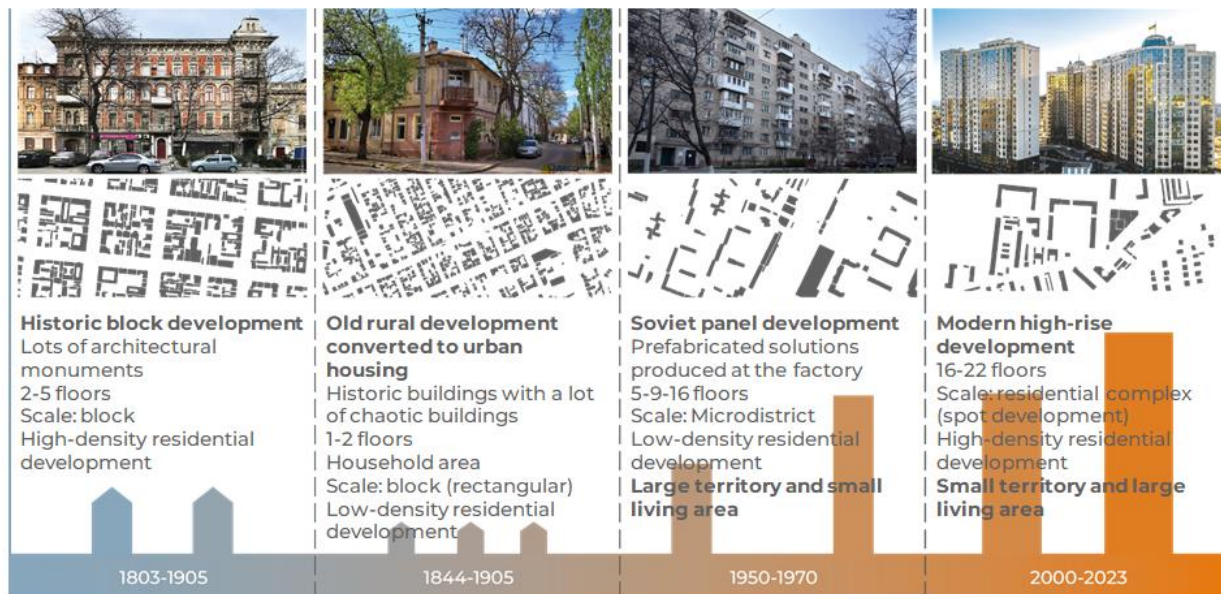


Fig. 6. Specific features of different residential structures on the example of Odesa

The residential buildings of this period are mostly made in such styles as Neoclassicism (the main features of which are traditional strict forms and colonnades) and Historicism (many buildings were made with the elements of Gothic, Renaissance, Baroque and other historical styles).

The first residential buildings had up to 2 floors, but later, with the development of the economy and population growth, the multi-storey buildings began to appear in Odesa. They had the balconies, large windows and ornaments on the facades.

A distinctive feature of the residential development of this period was the format of an apartment building, which provided for entire houses to be rented to different citizens.

This period is one of the most important for the formation of Odesa's urban structure, and its architectural solutions determined the city's appearance and cultural heritage over the years.

2. Low-rise block development (the areas that were formed as the suburbs of Odesa in the nineteenth century).

The suburbs were developed along with the residential development of the central part of the city in 1844-1905, and were formed by a regular rectangular low-rise block structure.

The blocks, which were originally formed as the summer cottages or country houses, are now an organized residential structure in the heart of the city. Such districts are for example Slobodka or Moldavanka.

The architecture of the residential buildings is stricter, there are less historicist façades with the details and ornaments.

The number of the storeys in the residential buildings of this period is usually 1-2 floors, and the buildings with the height of 3 floors are less common. Such buildings often have a small adjoining territory, and one house can be divided into several apartments.

3. Medium – and high-rise Soviet residential buildings.

During the Soviet period, most of the housing stock of modern Odesa was formed. This development has a special structure, characterized by a large-scale and integrated approach to the urban planning and ideology.

As a part of Soviet industrialization and the planned economy, massive construction of residential complexes was actively carried out. These were mostly multi-storey apartment buildings (9–16 floors, as well as 5-storey buildings) designed to accommodate a large number of the residents. The number of the storeys of the buildings depended on the period of the construction.

Many architectural solutions were standardized in the interest of saving resources and speeding up the construction process. This included the typical district layouts, building plans, apartment formations, façade elements, and general architectural forms. The residential structures of this period are easily recognizable on the city's general plan due to the large size of the buildings, the spacing between them, and the general appearance of the neighborhoods. In its ideology, Soviet society aimed at the social homogeneity, and this was reflected in the residential complexes, where the variety in housing standards and infrastructure was limited [13].

The residential areas were planned with a focus on the functional zoning, including the location of residential buildings close to schools, kindergartens, shops and other necessary infrastructure.

The development of city-wide plans and infrastructure was based on the needs of the city as a whole. The location of the main arteries and service facilities was determined by the need to provide the population with the necessary services. However, this comprehensive approach often ignored the human scale and the need for visual identification of buildings.

4. Modern multi-storey residential development.

The formation of the residential development in modern Ukraine is a complex and comprehensive process. During this period, the different types of residential development were formed, such as multi-storey apartment buildings and complexes, cottage complexes, mid-rise residential development, multifunctional complexes and apartments [14, 15].

Nowadays, Odesa has a new residential real estate market, but due to the war, a very small number of new projects are still being built.

The main characteristics of modern residential development in Odesa are the following:

- multi-storey buildings;
- infill development;
- change of the apartment typology and reduction of the gross floor area;
- mixed architectural style;
- lack of a comprehensive housing strategy when implementing new projects.

New housing projects often overload the existing infrastructure of the city and break the current state building codes. In Odesa, one of the most difficult problems in housing implementation is the connection between the authorities, developers, and city residents.

The composition of the housing stock.

Thus, the modern housing stock of Odesa (Fig. 7) in percentage ratio consists of:

- 23% – historical buildings of the Russian Empire period;
- 12% – early Soviet residential development until the 1950s (Stalinist period);
- 47% – Soviet panel housing development;
- 16% – modern residential development ("new" housing stock).

It should be noted that one of the important characteristics of the building is the condition of its structures and networks. At present, 1.5% of housing in Odesa is in a state of disrepair, and 0.8% is in a state of emergency.

The most important factor is that the largest share of the gross housing stock is made up of Soviet panel buildings constructed in the period 1960-1990 – 30%.

Conclusions and prospects for further research. Consequently, Odesa, as a modern city with a historical background, has a mixed housing structure formed during different historical periods, with different characteristics and specific features.

At present, considering the current social and economic prerequisites, the housing structure of Odesa is developing very slowly, in comparison with more secure large cities (Lviv, Ivano-Frankivsk, etc.), it is almost in a state of stagnation due to the destruction during the wartime and the outflow of city residents.

In the period of crisis and almost complete halt of new housing construction and critical resource limitation, the most profitable approaches for the development of residential areas are those that use existing housing structures and available resources. One of the most profitable areas is the use of existing housing structures. Instead of building a new housing stock with new networks and infrastructure, it is possible to develop and compact the existing housing stock (both historical

and Soviet), thus reducing the amount of dilapidated housing stock and increasing the number of available square meters of housing for city residents.

RESIDENTIAL AREAS IN ODESA

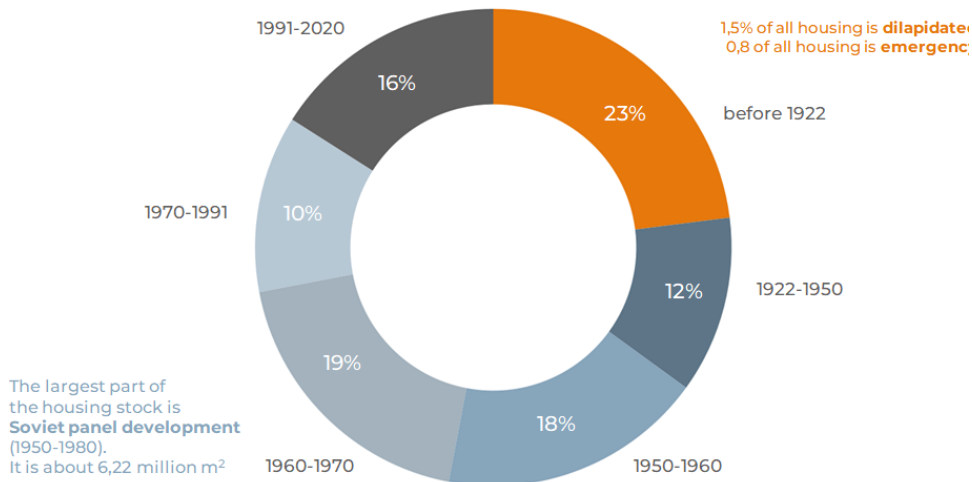


Fig. 7. Composition of Odesa housing stock in 2024

The development of cities and housing structures is an endless process, as the residents need the accommodations today, especially during powerful crises. That is why new approaches to formulating a city's housing strategy are an important part of the work for both the authorities and developers.

References

- [1] O.S. Burukhina et al, "Comprehensive Approach to Multi Comfort Urban Space Design in High-Density of Milan Development", *IOP*, 753, 3, 042071, 2020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/753/4/042071>.
- [2] Zhiyuan Chen et al, "Upgrading and Renovating Practice of the Schoolhouse in the High-density Old Town", *IOP*, 1044, 012011, 2021. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1044/1/012011>.
- [3] Beata Nowogońska and Jerzy Cibis, "Technical Problems of Residential Construction", *IOP*, 245, 052042, 2017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/5/052042>.
- [4] Irina Maltseva et al, "Mid-Rise Atrium Residential Houses - Domain of Comfort", *IOP*, 728, 012009, 2020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/728/1/012009>.
- [5] S. Rachmayanti et al, "Vernacular Architecture Residential in Lasem with Batik Pattern Latohan in Interior", *IOP*, 1169, 012060, 2023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1169/1/012060>.
- [6] Yunxi Bai et al, "Exploring the Mechanism of Residential Attractiveness in Compact Urban Areas – a Case Study of Hong Kong", *IOP*, 829, 012009, 2020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/829/1/012009>.
- [7] O. Buriak et al, "Innovative Approaches in the Period of Mass Industrial Development (on the Example of Residential Areas of Kharkiv)", *IOP*, 907, 012013, 2020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012013>.
- [8] I.V. Ladigina and A.O. Rudenko, "Peculiarities of Formation of a Systems Approach in Domestic Urban Planning", *IOP*, 907, 012077, 2020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/907/1/012077>.
- [9] Katarina Kristianova and Agnieszka Jaszczak, "Historical Centers of Small Cities in Slovakia – Problems and Potentials of Creating Livable Public Spaces", *IOP*, 960, 022012, 2020. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/960/2/022012>.
- [10] Tomasz Bradecki et al, "Models for Experimental High Density Housing", *IOP*, 245, 5, 052025, 2017. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/245/5/052025>.

- [11] Kozhobaeva Saltanat Tolonbaevna, "The Main Trends in Architecture Formation of Modern Residential Complexes in the Market Conditions of Kyrgyzstan", *IOP*, 603, 5, 052032, 2019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/603/5/052032>.
- [12] Maya K Buchanan et al, "Sea level rise and coastal flooding threaten affordable housing", *Environ*, 15, 124020, 2020. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb266>.
- [13] S.I. Konyk, "Ushchilnennia zabudovy terytorii istorychno sformovanykh mist (na prykladi Lvova)", dis. ... d-ra filosofii: 191 – Arkhitektura ta mistobuduvannia, Natsionalnyi universytet «Lvivska politekhnika. Lviv, 2021.
- [14] V. Poruchynskyi, Ya. Sosnytska, Klasyfikatsiia ta typolohiia miskykh poselen v Ukraini, Chasopys sotsialno-ekonomichnoi heohrafi. pp. 98-101, 2015.
- [15] Zahalna suma priamykh zbytkiv infrastruktury, Kyivska shkola ekonomiky [Online]. Available: <http://surl.li/qfpxe>. Accessed on: January 25, 2024.

ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ В СУЧАСНИХ УКРАЇНСЬКИХ МІСТАХ, НА ПРИКЛАДІ М. ОДЕСА

Морозова Т.Т., аспірантка,
tanyamorozova0210@gmail.com, ORCID: 0009-0002-5269-8749
Одеська державна академія будівництва та архітектури
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна

Анотація. В статті розглянуті українські міста, які різноманітні за своєю історією, розмірами, функціями та архітектурою. В період кризи та майже повної зупинки нового житлового будівництва та критичної обмеженості ресурсів найбільш перспективними для розвитку житлових територій є підходи з використанням вже існуючих житлових структур та доступних ресурсів. Одним з перспективних напрямків є робота зі сформованими житловими структурами. Замість будівництва нового житлового фонду з новими мережами та інфраструктурою, можна розвивати та ущільнювати існуючий житловий фонд (як історичний так і радянській), таким чином можливо зменшити кількість ветхого житлового фонду та збільшити кількість доступних квадратних метрів житла для мешканців міста. Кожне місто має свою особливу історію формування та бекграунд, а також житлові структури, сформовані в різні часи.

Досліджена історія формування та особливості структури житлової забудови саме міста Одеса, тому для загальної картини важливо побачити його в загальній типології українських міських поселень. Основними критеріями для розподілення міських поселень на типи є такі чинники, як: розмір міста, кількість мешканців, історичний бекграунд, планувальна структура та функціональне наповнення.

Досліджено особливості структури житлової забудови сучасних українських міст, визначені характерні особливості та їх вплив на розвиток житлової забудови. Для створення якісного житлового середовища високої щільності в історичних містах, розроблено стратегію розвитку житлових районів Одеси.

Метою даної роботи є дослідження особливостей структури житлової забудови в сучасних українських містах, визначення їх характерних особливостей та вплив на розвиток житлової забудови на прикладі м. Одеса. Матеріалами для проведення даного дослідження є особливість структури житлової забудови у сучасних містах. Зокрема розглянуто вплив та наслідки кризового періоду для житлової інфраструктури та структури міст, щоб краще зрозуміти внесок, який роблять кризи у формуванні сучасного міста. Поєднання результатів досліджень наявної матеріальної бази та теоретичних основ особливостей структури житлової забудови у сучасних містах стало головною методичною основою даної роботи.

Ключові слова: структури житлової забудови, кризові періоди, житлова забудова сучасних українських міст, формування сучасного міста.

Стаття надійшла до редакції 10.02.2024

СУЧАСНИЙ АРХІТЕКТУРНИЙ ПРОЦЕС ТА АКТУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ АРХІТЕКТУРНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

¹Суханов В.Г., д.т.н., професор,

vl.g.sukhanov@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2371-181X

¹Тюрікова О.М., к.п.н., доцент,

turikovaelena555@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4279-7623

¹Одеська державна академія будівництва та архітектури
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна

Анотація. Стаття присвячена виявленню особливостей сучасного архітектурного процесу та встановленню актуальних завдань архітектурної діяльності. В суспільстві, науці, практиці сьогодення проходять явища, які кардинально змінюють підходи та парадигми архітектурного процесу. В роботі виокремлено протиріччя теорії та практики архітектури, які потребують вирішення; розглянуті аспекти сучасної ідеології архітектури; розвинуті окремі положення теорії середовищного підходу, а саме – особливості «розуміючого» проектування, комунікативної складової архітектурної діяльності; зроблено наголос на взаємодії різних суб'єктів в процесі архітектурної діяльності, діалогу архітектора з стейкхолдерами. Наголошено на визначальній ролі архітектора як організатора та координатора проектного процесу, трактуванні архітектурного процесу як складової загального соціокультурного процесу.

Найбільші зрушення проходять в царині середовищного підходу до архітектурної діяльності. Середовищна проблематика, яка виводить на перший план людину та її образ життя, дає поштовх розвитку архітектурного менеджменту та маркетингу. Ці зміни пріоритетів призвели до проблемної ситуації в теорії архітектури та відкрили новий простір роботи - виокремлення та фіксація середовищних переживань та образів, продукування цих переживань та керівництво цим процесом.

Середовищний підхід окреслює майбутні траєкторії архітектурної роботи, суть яких - включення проектувальника в життя населення, матеріалізація власної версії життєвих процесів, виявлення сукупності спеціалізованих діяльностей, які підтримують ідеологію прогресу суспільства та розвиток культури. Наукові дослідження та архітектурна практика повинні спиратися на досягнення філософії архітектури, розуміння нових ціннісних орієнтирів, урахування розбіжностей та темпу соціальних змін тощо. Існує потреба в визнанні важливості такого фактору як суб'єкт архітектурного процесу. Зміна базових орієнтирів споживача архітектурного об'єкту вимагає забезпечення вже на стадії проектування можливості трансформацій архітектурного об'єкту в процесі його подальшої експлуатації, прогнозування появи нових функцій та утворення їх нової матеріальної оболонки.

Стаття окреслює контури наукових інновацій в царині архітектури – теорію архітектурної діяльності в умовах міжсуб'єктної взаємодії; пропонує форми коректного введення поняття «суб'єкт проектування», якій активно діє в архітектурному середовищі, в проектну практику та теорію архітектурної діяльності.

Ключові слова: архітектурна діяльність, архітектурний процес, середовищний підхід, «розуміюче» проектування, «суб'єкт проектування», ціннісні пріоритети, міжсуб'єктна взаємодія, архітектурний маркетинг, архітектурний менеджмент.

Актуальність роботи пов'язана з необхідністю подальшого розвитку теорії і практики архітектурної діяльності в нових соціокультурних умовах, урахування викликів сьогодення в проектній практиці. Нові технології змінюють всі сфери життя людини, її потреб та

матеріального оточення. Організація архітектурної діяльності вже неможлива без розуміння ціннісних орієнтирів суспільства в цілому й окремих його представників, які різним чином причетні до архітектурної діяльності. Це різні категорії споживачів, суб'єкти проектування та будівництва: архітектори, суміжники, замовники, забудовники. Урахування особливостей суб'єктів архітектурного проектування проковує зміни в базових орієнтирах споживачів архітектурного об'єкту, націлює проектувальників на передбачення перспективи, експлуатаційних змін та прогностичну діяльність. Виокремлено 3 групи протиріч, які потребують наукового осмислення, а саме:

1. Протиріччя, які пов'язані з невідповідністю способів організації архітектурного середовища до змін в образі життя сучасної людини.

2. Протиріччя на рівні організації проектних процесів, які не встигають за темпом змін типології архітектурних об'єктів та вимогами замовників.

3. Протиріччя, які мають в основі недостатню увагу до гуманістичної ролі архітектури в сучасному світі. Архітектура як спосіб осмислення та втілення цінностей людини; як засіб організації взаємодії людини через предметну форму з природою, суспільством та самим собою; як умова для самопізнання та самореалізації майже не розглядається в архітектурному процесі [1].

Постановка проблеми. Теорія і практика сучасної архітектурної діяльності не охоплює актуальні аспекти, в тому числі діалогічні практики архітектора з стейк-холдерами різного рівня. Досі не є усвідомленою роль архітектора як організатора та керівника проектного процесу. Сучасна професійна діяльність архітектора не реалізується на основі акцентування пріоритетної ролі суб'єкту, його потреб, міжсуб'єктної взаємодії. Коректне введення феноменів «суб'єкт проектування» та «міжсуб'єктна взаємодія» в теорію та практику архітектурної діяльності можливо при перегляді професійної уяви про архітектурну морфологію, типологію та ціннісні орієнтири [2]. Що ї зумовило формулювання об'єкту, предмету, мети та завдань дослідження.

Мета статті – розвиток теорії архітектурної діяльності в умовах міжсуб'єктної взаємодії, що побудована на пріоритеті суб'єкту-споживача.

Завдання:

– Встановлення особливостей сучасної архітектурної діяльності в світі нових проектних парадигм.

– Виявлення наукових засобів коректного введення міжсуб'єктної взаємодії до системи архітектурної діяльності.

– Актуалізація понять «архітектурний менеджмент» та «архітектурний маркетинг» в теорії архітектурної діяльності.

Ступінь вивченості проблеми. Особливостям сучасного архітектурного процесу приділяли увагу В. Амсоньє, М. Бескет, Р. Зебст, А. Кохі.

В основі роботи – сучасна філософія архітектури, що спирається на феноменологічні теорії, які були закладені в працях А. Габричевського, В. Кандинського, П. Флоренського, Д. Аркіна; наукові праці західних теоретиків зодчества, таких як Кр. Норберг-Шульц, Кр. Дей, Х. Мутаньол-Торнберг, М. Хайдеггер. Основне посилення цих праць – просторове переживання як вихідна основа зодчества [3].

На підставі цього сучасні теоретики середовищного проектування розглядають архітектурний об'єкт як те, що переживається людиною в процесі взаємодії. Обґрунтування полісуб'єктної взаємодії в архітектурному процесі, формування полісуб'єктної позиції в архітектурі як основи теоретичного знання присвячені наукові праці І. Лежави та його послідовників. Трактатування архітектури як системи, що орієнтована на суб'єктів, що взаємодіють, дозволило змінити професійні пріоритети:

– замість функціональної обумовленості архітектури – принципальна поліфункціональність, гнучка оновлена типологія;

– акцентування суб'єктивності інтерпретацій та переживань, семіотичні концепції зодчества;

- пошук нової архітектурної геометрії;
- оновлення термінологічного апарату у відповідності до нових трактувань.

Робота також відштовхується від поняття «образу в архітектурі», який розкривається в процесі сприйняття в системі соціально-історичних змін (дослідження Г. Вельфліна, Є. Гомбрихта, У. Еко, М. Бензе) [4]. Ураховані дослідження в царині нової типологізації архітектурних об'єктів: А. Россі (типологія на основі геометричних архетипів), Л. Кан (типологія на основі структурних зв'язків). Відмінність цих типологічних підходів в евристичному спрямуванні, орієнтування на складні явища в формоутворенні, середовищну взаємодію.

В системі формоутворення, базу складають роботи авторів, які встановлюють взаємодію об'єкт-середовище-культура. Архітектурний об'єкт визначають як систему сприйняття та інтерпретації, систему середовищних переживань (Л. Кан, Р. Криє тощо).

Прийняті до уваги публікації по сучасній «еко-тек» в архітектурі Р. Саксона, К. Слессора, проектна діяльність Н. Фостера, Н. Гримшоу, Ж. Нувеля, які наголошують на принципових змінах та поза архітектурному майбутньому архітектури.

Архітектурна діяльність переосмислюється з позицій архітектурного маркетингу та менеджменту в руслі теорії людських стосунків (Є. Мейо, Мак-Грегор тощо).

В працях Товбич В.В. та Плоского В.О. вивчається менеджмент архітектурної діяльності як елемент її методологічної парадигми. Авторами запропоновано узагальнене уявлення методології архітектурної діяльності, що складається з предметно-змістовної, освітньо-інформаційної та соціо-технічної підсистем. Наголошено важливість розвитку досліджень з архітектурного менеджменту – важливої підсистеми архітектурної галузі.

Основна частина. Аналіз теорії та практики сучасного світового архітектурного процесу виявив нове розуміння архітектурної діяльності. Відмічена зміна ієрархії цінностей та естетичну сутність архітектури, яку використовують як універсальну парадигму для впорядкування різнорідних систем та елементів життя. Архітектурна діяльність спрямовується на будівництво систем середовища, контекстів життя і культури, синтезування комплексу архітектурно – будівельної діяльності. Архітектурну діяльність розуміють як спосіб відтворення і організації соціальних процесів, самореалізації людини (архітектора і споживача) та зв'язків з оточуючим світом [5]. Архітектурний об'єкт виступає як її умова, ява та результат. Вона відкрита до можливих трансформувальних, різноманітних процесів, появи нових якостей та модифікації старих. Вузке традиційне розуміння архітектурної діяльності, яке зведено виключно до розробки проектів, сьогодні вважається застарілим та неефективним за всіма критеріями: економічним, культурним, науковим тощо [6]. Основна помилка традиційного підходу до архітектурної діяльності в тому, що вважалося, що поведінка людей зводиться до виконання певних функцій й вписується в структури, які задані для цього заздалегідь, в тому числі об'ємно-просторові рішення.

Дослідники сучасного стану розвитку архітектурної діяльності як світового процесу визначають декілька домінуючих напрямків: покірності обставинам з закликом включатися до будь яких ситуацій; гармонійного співіснування людини та Землі, відновлення зв'язків між людьми, людьми та світом; експеримент дигітальної архітектури, якій демонструє обрії без обмежень. Для архітектури сьогодення характерно перетинання тенденцій до олюднення і технократичних утопій, відірваних від життєвих реалій; змішування художніх мов різних стильових напрямків, взагалі ідеологія «змішування» [7]. Актуалізуються вічні опозиції: порядок-хаос, етичне-естетичне, глобальне-локальне, минуле-майбутнє. Перспективи світового архітектурного процесу вбачають в олюдненої архітектурі високих технологій, в архітектурних пошуках в межах специфічних середовищ: *ідеальних* – форма існування феномену мислення, *комунікативних* – форма існування феномену людських стосунків, *віртуальних* – форма співіснування неможливих феноменів свідомості [8].

В рамках середовищної проблематики виокремлюється певні рамки-визначення поняття «середовище»:

- середовище як область існування. Ця область характеризує емпіричні межі середовища та способи його утворення;
- середовище як світ уявлень. Це світ приписів, зразків та встановлення способів утворення середовища та існування в середовищі;
- середовище як простір можливого. Це віртуальні засоби утворення середовища та можливі мови середовища.

Ці визначення, якщо їх розглядати ізольовано, призводять до 3 різних систем інтерпретації середовища: технічної, культурологічної та філософської [9].

Змістове ядро діяльності архітектора в цьому процесі утворює середовищне мислення, якому притаманні асоціативність, метафоричність, розуміння та уява, принципове не зведення до логічних форм, виділення та фіксація середовищних переживань. Це мислення лежить в основі «розуміючого» підходу до проектування, й передбачає включення проектувальника в життя населення, роботу з замовником вже на стадії концептуального проектування орієнтування на роботу з свідомістю, її міфологічними структурами.

Розуміюче проектування вибудовує власну теоретичну базу, яка розкриває генезис професійних уявлень, що знаходяться в основі переходу к міжсуб'єктній взаємодії в архітектурі, розкриває поза стильові уявлення про формоутворення, нове трактування «образу в архітектурі». Новий термінологічний та аналітичний апарат повинен розкривати семіотичні механізми, що лежать в основі поняття образ, забезпечити перехід від описання морфології до визначення принципів моделювання морфологічної структури об'єкту, що виходять із потреб різних суб'єктів. В систему нової архітектурної діяльності органічно вписуються: концепція архітектурного об'єкту, що переживається, концепція модальності архітектурного об'єкту; нова типологічна система; теорія проектування в умовах міжсуб'єктної взаємодії, в світі, що швидко змінюється [10].

Сучасне трактування архітектурної діяльності наголошує на її полісуб'єктності, яка не тільки є умовою архітектурної діяльності, а тим, що забезпечує дві важливі сфери: міжсуб'єктну взаємодію в процесі проектування та будівництва та комунікативну сутність архітектурного об'єкту, який організує нові соціальні процеси.

Міжсуб'єктну взаємодію забезпечують комунікативні групи:

1. Архітектор – споживач (суб'єкт на рівні групи).
2. Архітектор та учасники проектного процесу.
3. Споживач – споживач середовища.

Пріоритет в цих комунікативних групах належить суб'єкту-споживачу.

Від фахівців вимагається маркетингове мислення, навички архітектурного менеджменту, евристичні підходи тощо. В сучасних умовах, потенційний споживач архітектурного об'єкту націлений на можливість швидкої зміни матеріального світу навколо себе та реалізацію власних різноманітних потреб в архітектурному об'єкті. *Архітектурний маркетинг* потребує зміни підходів до організації архітектурних об'єктів в сторону відмови від стабільності й незмінності [11]. Архітектурний маркетинг повинен формувати сучасні гнучкі процесуальні підходи до архітектури й оцінки її економічної ефективності. Ці підходи, насамперед, повинні бути орієнтовані на споживача (на рівні соціальної групи), на оптимальне задоволення його потреб, що швидко змінюються. Підходи реалізуються за рахунок нової специфіки структурної організації архітектурного об'єкту (його формоутворення, модальності, технологічності), яка забезпечує динамічні форми споживчої культури, врахованих в проектному рішенні можливостей певних перетворень структур архітектурних об'єктів, а також в постійному розвитку та появі нових типів об'єктів [12].

Архітектурний менеджмент формує сучасні підходи до оптимізації та ефективної організації архітектурної проектної діяльності в сучасних економічних умовах [13]. А саме:

1. Забезпечує стратегічне планування проектного процесу, що орієнтується на зміну ціннісних пріоритетів споживачів, тобто випереджає та розширює вимоги й потреби споживачів, які існують на етапі проектування.

2. Здійснює тактичне планування проектного процесу як динамічного, тобто орієнтованого на постійні оновлення та вдосконалення структур архітектурних об'єктів в процесі їхнього проектування, будівництва та експлуатації.

3. Відповідає за оперативне планування проектного процесу з позиції гнучкості та відкритості змінам на всіх стадіях проектно-розробки архітектурних об'єктів.

Формування нових підходів до управління учасниками проектного процесу з позиції рольової взаємодії, виокремило такі ролі в проектному процесі:

1. Технічні, орієнтовані на професійні навички та вміння виконувати спеціалізовані завдання.

2. Комунікативні, які орієнтовані на професійну організацію ефективної міжособистісної взаємодії, що спрямовують проектний процес з точки зору різноманітних потреб його учасників та споживачів.

3. Прогностичні, що спрямовують проектний процес та орієнтуються на передбачення траєкторій розвитку ситуації, потреб та переваг споживачів, які покладено в основу відбору та прийняття найбільш ефективних проектних рішень.

Архітектурна діяльність при цьому розглядається як заявка на встановлення механізмів утворення середовища. Вирішення конфліктів інтересів за рахунок програм утворення середовища (екологізації, приватизації, інвестицій в життєустрій, індивідуалізація, персоналізація, унікалізація середовища) [14].

Спробуємо виокремити певні напрямки цієї роботи:

– Відтворення способів формування середовища та існування в ньому за рахунок їх відображення та трансляції в семіотичних конструкціях середовища.

– Зміна, перетворення та розвиток існуючих способів існування за рахунок організаційно-технічних та конструктивних засобів.

– Відмова від обставин відтворення того, що склалося, розробка альтернативних поглядів та механізмів.

– Розгляд штучних та природних стимулів програмування процесів в середовищі.

– Здійснення та відновлення програм утворення середовища.

Модель такої діяльності може розглядатися як універсальна. Середовище в неї розглядається та переживається як безперервність, що дозволяє:

– поєднати організаційно-технічне та екологічне відношення до утворення середовища;

– узгодити установки та цілі перетворення-породження та відтворення-відновлення середовища;

– пов'язати в професійному розумінні і рефлексії «зовнішню» та «включену» позиції проектувальників.

Висновки. Розвиток теорії архітектурної діяльності в умовах міжсуб'єктної взаємодії будується на пріоритеті суб'єкту-споживача.

Особливостями сучасної архітектурної діяльності виступають невирішені проблеми та невідповідність теорії до пошуків практики. Вбачаємо шлях вирішення проблеми в розвитку теорії середовищного підходу як системного. Він має прояви в «розуміючому» проектуванні, акцентує пріоритети переживання середовищного утворення, будується на урахуванні цінностей та пріоритетів всіх учасників та адресатів проектного процесу. Завдання розвитку теорії архітектурної діяльності стимулюють наукове осмислення змін в поглядах на архітектурну морфологію, типологію, трактування архітектурного образу, формування нових концепцій архітектурного формоутворення, модальності архітектурного об'єкту, гнучкої типологічної системи та ін.

Всі ці зміна насамперед стосуються суб'єктної складової на всіх етапах утворення, розвитку та споживання середовища. Ї базуються на між особистих відносинах та міжсуб'єктної взаємодії. Такі категорії як переживання, сприйняття, емоційна рефлексія, ціннісні моделі, поведінський стереотип та ін. відповідають процесуальності та динамічності образу життя споживачів – базових суб'єктів проектування.

Коректне введення понять «суб'єкт проектування» та «міжсуб'єктна взаємодія» до теорії архітектурної діяльності може бути за рахунок оновлення концепції архітектурної діяльності. Оновлена концепція має базуватися на вивченні процесу міжсуб'єктної взаємодії, орієнтуватися на методологічну роботу по конструюванню сучасних форм суб'єктності в архітектурі, схем та технологій взаємодії суб'єктів проектування та споживання, які утворюють базис сучасного архітектурного менеджменту.

Концепція наголошує на актуалізації понять «архітектурний менеджмент» та «архітектурний маркетинг» в теорії архітектурної діяльності.

Визнання пріоритету суб'єкту-споживача базується на орієнтири «цінності, що змінюється», яка вносить момент суб'єктності та утворює різноманіття форм споживання та свободу суб'єкта-споживача в архітектурному об'єкті [15]. Пріоритет суб'єкта-споживача в системі взаємодії суб'єкта з природним середовищем забезпечує формування сучасних підходів до організації архітектурних об'єктів як динамічних структур, які ефективно функціонують, адаптивні та оптимальні в системі природного оточення.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на розвиток теорії управління та координації міжсуб'єктних стосунків в архітектурної діяльності.

Література

1. Тюрікова О.М. Середовищний підхід до формування цілісної особистості. *Наука і Освіта*. 2005. Вип. №5-6. С. 144-151.
2. Тюрікова О.М. Структурно-функціональний аналіз феномена «архітектурне середовище» з позицій соціокультурного підходу. *Проблеми теорії та історії архітектури України*. 2011. №11. С. 239-247.
3. Тюрікова О.М., Денісенко Ю.М. Особливості художньо-дизайнерської діяльності в архітектурному середовищі. *Региональные проблемы архитектуры и градостроительства*. 2012. Вип. № 13-14. С. 151-157.
4. Тюрікова О.М., Погорелов О.А. Особливості реалізації середовищного підходу в художньо-професійній діяльності дизайнерів архітектурного середовища. *Проблеми теорії та історії архітектури України*. 2018. Вып. 18. С. 292 – 299.
5. Тюрікова О.М., Тітінов В.В., Погорелов О.А. Постановка проектних задач в середовому дизайне. *Topical issues of the development of modern science*, 2019. С. 115-123.
6. Тюрікова О.М., Тітінов В.В., Погорелов О.А. Architectural and design scenography model. *Проблеми теорії та історії архітектури України*. 2020. Вип. 20. С. 76-85.
7. Тюрікова О.М. Environment as an object of research in architectural design. *Наукові проблеми архітектури та містобудування*. 2023. Вип. № 01. С. 102-108.
8. Товбич В.В. Плоский В.О. Менеджмент архітектурної діяльності як елемент її методологічної парадигми. *Містобудування та територіальне планування*. 2008. Вип. 30. С. 393-397.
9. Сьомка С.В. *Основи дизайну архітектурного середовища*: підручник. Київ: Видавництво Ліра-К, 2020. 480 с.
10. Александер К. *Як будувати на віки. Timeless Way of Building. Архітектура поза часом*. [пер. з англ. Миколи Климчука]. Київ: Основи, 2020. 460 с.
11. Лях В.М. Дмитренко А.Ю. *Основи типологічного аналізу в архітектурі і містобудуванні*: навчальний посібник. Полтава: ПолтНТУ, 2016. 197 с.
12. Ремізова О. *Художні методи архітектурної композиції*: навчальний посібник. Publishing House «European Scientific Platform», 2023.
13. Дубинський В.П., Ладигіна І.В., Дубіна Н.Г., Колесніков В.Є., Руденко А.О., Біжко Є.В. *Архітектурне проектування житлових комплексів*: навчальний посібник. Харків: ХНУБА, 2021. 253 с.

14. Посацький Б.С., Король Є.І., Кознарська Г.Є. *Архітектурний образ міста*. Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. 140 с.
15. Віктор Папанек. *Дизайн для реального світу. Екологія людства та соціальні зміни*. Київ: ArtHuss, 2020. 448 с.

References

- [1] O. Tyurikova, "Seredovyshchnyi pidkhid do formuvannia tsilisnoi osobystosti", *Nauka i Osvita*, no. 5-6, pp. 144-151, 2005.
- [2] O. Tyurikova, "Strukturno-funktsionalnyi analiz fenomena «arkhitekturne seredovyshche» z pozytsii sotsiokulturnoho pidkhodu", *Problemy teorii ta istorii arkhitektury Ukrainy*, no. 11, pp. 39-247, 2011.
- [3] O. Tyurikova, U. Denysenko, "Osoblyvosti khudozhno-dyzainerskoi diialnosti v arkhitekturnomu seredovyshchi", *Rehionalni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia*, no. 13-14, pp. 151-157, 2012.
- [4] O. Tyurikova, O. Pogorelov, "Osoblyvosti realizatsii seredovyshchnoho pidkhodu v khudozhno-profesiinii diialnosti dyzaineriv arkhitekturnoho seredovyshcha", *Problemy teorii ta istorii arkhitektury Ukrainy*, no. 18, pp. 292-299, 2018.
- [5] O. Tyurikova, O. Pogorelov, V. Titinov, "Postanovka proektnykh zadach v sredovom dyzaine", *Topical issues of the development of modern science*, pp. 115-123, 2019.
- [6] O. Tyurikova, O. Pogorelov, V. Titinov, "Architectural and design scenography model", *Problemy teorii ta istorii arkhitektury Ukrainy*, no. 20, pp. 76-85, 2020.
- [7] O. Tyurikova, "Environment as an object of research in architectural design", *Naukovi problemy arkhitektury ta mistobuduvannia*, no. 01, pp. 102-108, 2023.
- [8] V. V. Tovbych, "Menedzhment arkhitekturnoi diialnosti yak element yii metodolohichnoi paradyhmy", *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, no. 30, pp. 393-397, 2008.
- [9] S.V. Semka, *Osnovy dyzainu arkhitekturnoho seredovyshcha: pidruchnyk*. Kyiv: Vydavnytstvo Lira-K, 2020.
- [10] K. Alexander, *Yak buduvaty na viky. Timeless Way of Building. Arkhitektura poza chasom*. per. z anhł. Mykoly Klymchuka. Kyiv: Osnovy, 2020.
- [11] V.M. Lyakh, *Osnovy typolohichnoho analizu v arkhitekturi i mistobuduvanni: navchalnyi posibnyk*. Poltava: PoltNTU, 2016.
- [12] O. Remizova, *Khudozhni metody arkhitekturnoi kompozytsii: navchalnyi posibnyk*, Publishing House "European Scientific Platform", 2023.
- [13] V.P. Dubinsky, I.V. Ladygina, N.G. Dubina, V.E. Kolesnikov, A.O. Rudenko, E.V. Bizhko, *Arkhitekturne proektuvannia zhytlovykh kompleksiv: navchalnyi posibnyk*. Kharkiv: KhNUBA, 2021.
- [14] B.S. Posatsky, E.I. Korol, G.E. Koznarskaya, *Arkhitekturnyi obraz mista*. Navchalnyi posibnyk. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, 2019.
- [15] V. Papanek, *Dyzain dlia realnoho svitu. Ekolohiia liudstva ta sotsialni zminy*. Kyiv: ArtHuss, 2020.

MODERN ARCHITECTURAL PROCESS AND CURRENT TASKS OF ARCHITECTURAL ACTIVITY

¹**Suhanov V.**, Doctor of Sci., Professor,
vl.g.sukhanov@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2371-181X
¹**Tyurikova O.**, PhD, Associate Professor,
turikovaelena555@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4279-7623
¹*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*
4, Didrichsona str., Odessa, 65029, Ukraine

Abstract. The article is devoted to the identification of the features of the modern architectural process and the establishment of actual tasks of architectural activity. Today's society, science, and practice are experiencing phenomena that radically change the approaches and paradigms of the architectural process. The paper highlights the contradictions in the theory and practice of architecture that need to be resolved; considers aspects of the modern ideology of architecture; develops certain provisions of the theory of the environmental approach, namely, the features of "understanding" design, the communicative component of architectural activity; emphasizes the interaction of various actors in the process of architectural activity, the dialogue of the architect with stakeholders. The author emphasizes the decisive role of the architect as an organizer and coordinator of the design process, the interpretation of the architectural process as a component of the overall socio-cultural process.

The biggest shifts are taking place in the field of the environmental approach to architectural activity. Environmental issues, which bring people and their lifestyles to the forefront, give impetus to the development of architectural management and marketing. These changes in priorities have led to a problematic situation in the theory of architecture and opened up a new space of work: the identification and recording of environmental experiences and images, the production of these experiences and the management of this process.

The environmental approach outlines the future trajectories of architectural work, the essence of which is the inclusion of the designer in the life of the population, the materialization of their own version of life processes, the identification of a set of specialized activities that support the ideology of social progress and cultural development. Scientific research and architectural practice should be based on the achievements of the philosophy of architecture, understanding of new value orientations, taking into account the differences and pace of social change, etc. There is a need to recognize the importance of such a factor as the subject of the architectural process. Changing the basic guidelines of the consumer of an architectural object requires ensuring at the design stage the possibility of transforming an architectural object in the process of its further operation, predicting the emergence of new functions and the formation of their new material shell.

The article outlines the contours of scientific innovations in the field of architecture - the theory of architectural activity in the conditions of intersubjective interaction; suggests forms of correct introduction of the concept of "design subject", which is active in the architectural environment, into design practice and theory of architectural activity.

Keywords: architectural activity, architectural process, environmental approach, "understanding" design, "design subject", value priorities, intersubjective interaction, architectural marketing, architectural management.

Стаття надійшла до редакції 18.02.2024

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF URBAN CONCEPTS TRANSFORMATION IN THE CONTEXT OF THE IMMERSIVE PRESENCE ENVIRONMENTS DEVELOPMENT

Frankiv R., PhD, Associate Professor,
Lviv Polytechnic National University
romanfrankiv@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1100-0930
S. Bandera St., 12, Lviv, 79000, Ukraine

Abstract. The proliferation of immersive presence environments (an artificially created multimedia environment of an alternative reality) is evolving into a widespread social phenomenon that gradually influences how people live and interact. As a result, it has the potential to reshape expectations and demands regarding living spaces and their arrangement. While numerous studies have explored the impact of virtual and augmented reality technologies on urban planning, relatively little attention has been given to the possibility that the behavioral changes brought about by these technologies could prompt a reevaluation of the fundamental principles underlying urban planning.

Previously, immersive environments were primarily seen as tools for a limited group of individuals to enhance their problem-solving capabilities within the existing framework of urban planning. However, with the widespread adoption of virtual presence tools, there is a potential for a significant shift in this paradigm. The exact nature and implications of these changes are still not well understood and remain uncertain. However, through the method of behavioral interpolation, we can begin to model the key aspects and potential outcomes of this paradigm shift.

The object of this article is to present a theoretical framework for potential transformations in the contemporary urban planning paradigm resulting from the widespread adoption of personalized virtual reality technologies. Through analysis, five key categories within modern post-industrial urban planning are identified as likely to undergo changes: a) residential areas; b) accessibility radius; c) social cohesion; d) transportation requirements, and e) optimal density. Residential units will necessitate additional opportunities and spaces, altering living requirements and lifestyles. The significance of the accessibility radius, particularly for pedestrians, may diminish as a considerable number of desirable locations become accessible directly from individuals' homes. Reducing strain on transportation networks will enhance cities' environmental sustainability and create new opportunities for green spaces. The concept of social cohesion will experience stratified transformations, as differences related to ethnicity, religion, gender, race, age, social status, etc., become neutralized through the development of shifting virtual personas and non-deterministic identities. These interrelated changes will also diminish the weight of the optimal density category. Collectively, these transformations form a comprehensive conceptual framework that reimagines the city.

This article outlines two potential directions of change in the urban paradigm that could arise from the proliferation of personalized metaverse communication technologies. The first direction pertains to the contemporary interpretation of deurbanistic concepts, incorporating elements of self-sufficiency, stability, security, and communication infrastructure characteristic of the information age. The second direction is likely to focus on various approaches to transforming the existing urban environment. This transformation will occur through the involvement of market regulatory mechanisms and the development and implementation of specialized municipal programs aimed at modernization and stimulating population growth.

Keywords: urban planning, concepts, transformations, immersive environments, metaverse.

Introduction. Despite the significant progress of the phenomenon of immersive environments, the understanding of their impact on urbanism is mainly limited to the subject of imitation and modeling of urban development processes within the framework of current ideas

about urban spaces of the post-industrial age. They are perceived as elements that improve the design and predictability of existing concepts of interpretation of the urban environment and are rarely considered themselves as a factor in changing the existing urban paradigm.

Obviously, this is due to the fact that the experience of immersive presence has not yet reached critically large volumes and has not become a reality for most citizens, even in developed countries. However, existing experiments and analysis of projects, that are already being implemented, show that spaces of virtual presence will play an increasingly important role in many areas of everyday life and will acquire a routinized character, both in the format of professional employment and private life. Collective and individual activity can equally be transformed by the metaversal experience, which will significantly affect the behavior and requests of the average city dweller. His needs will change significantly, which cannot but be reflected in the ideas about the functioning of the city body. It is likely that new criteria for assessing the quality of urban space will emerge, and therefore, other principles of its design and interpretation.

Publications and sources analysis. The reflection of the role of immersive technologies in urban planning is only in the first stage of its formation and to a large extent still depends on ideas about urban spaces that developed in the post-industrial era. Therefore, the greatest attention was paid to the possibilities of virtual and augmented reality as a means of modeling processes within the framework of the late modernist paradigm [1,2]. The continuation of this trend was also proposals for the involvement of more accessible means of augmented reality, aimed at increase the number of participants [3]. In the future, it is possible to note the specification of the use of such means in various segments of the modern urban planning discourse - for example, the involvement of an immersive environment for the improvement of participatory urban planning [4, 5]. Thus, we can talk about the gradual emergence of a new terminological framework with concepts such as "e-urbanism" [6], or cyber-urbanism [7,8]. A possible prospect is also the involvement of virtual presence tools for visualizing the memory of a place [9].

A more significant step towards the self-sufficiency of immersive spaces as a new urban reality is the development of the concept of "meta-urbanism", which is based on the emergence of a virtual real estate market in metaversal environments, which can take the form not only of a small personal environment, but also of an entire urban organism with enormous possibilities of interaction between virtual characters. At the same time, current experiments show that the morphological structure of such an organism currently does not have its own individual character, but repeats the form-creative and spatial-creative principles of the late-industrial/post-industrial city (cyber-city project "Liberland") [10].

The goal of the article is to theoretically outline possible changes in the modern urban planning paradigm under the influence of the mass spread of personalized virtual reality technologies.

The object of the article. The spread of immersive presence environments is becoming a broad social phenomenon that improves lifestyles and the nature of interaction between people. In this role, it can change expectations and requirements for living space and its organization. Despite the emergence of a significant number of studies highlighting the roles of virtual and augmented reality technologies in the progress of urbanism, relatively little attention has been paid to the fact that a corresponding change in the behavior of large numbers of people can lead to a revision of the more fundamental foundations of urban planning.

If until now immersive environments were considered as tools for a certain small group of people who were given the opportunity to more effectively solve tasks within the existing urban planning paradigm, then the mass spread of virtual availability of tools can probably destroy this very paradigm. The nature and content of these changes remain poorly understood and uncertain, although their main features can be modeled by the method of behavioral interpolation.

Research materials and methods are based on the analysis of the current discourse, which has developed around the issues of modern urban planning on the one hand, and on the other - on the study of the experiences of virtual and remote involvement of city residents, which is connected

with the development of the possibilities of immersive presence. These two analytical arrays were included in the method of comparative and synthesizing analysis, the results of which formed the basis of the conclusions for the article.

Results and discussion. The modern idea of the efficiency of the urban space is connected with the postmodern criticism of the industrial city, which began to gain popularity in the 70s of the 20th century. The improvement and expansion of this criticism became the conceptual basis for the formation of new categories of environmental value and the key concepts that define them - such as environmental friendliness, sustainability, ingenuity, self-sufficiency [10], diversity, social cohesion [11], inclusiveness, optimal density [12], etc. These categories formed a vision of a post-industrial living space [13], a certain urban ideal, which, however, cannot have a static character due to the rapid progress of technology and innovation. A post-industrial city aimed at attracting and retaining the most valuable human potential must constantly adapt new opportunities, including in the field of improving social interaction.

In this sense, the development of immersive places of presence can become not only a factor in improving the paradigm of the existing city, but also a source of deeper changes that will significantly affect the perception of the desired urban space. This article examines five expected transformations of today's post-industrial urban model, which arise from the fact of mass distribution of personalized virtual reality technologies.

The first of them is the rethinking of the basic unit of the urban fabric - the residential unit. The COVID-19 pandemic became an experience of a positive rethinking of remote employment, which led to a reduction in traffic load, noise, and pollution, which in some places even gave rise to the revival of wildlife and a healthier environment [14]. The development of personalized systems of immersive presence will provide additional arguments for strengthening home employment, due to which new requirements for the space of the residential unit will arise. Its parameters should take into account the fact of a much longer stay and diversification of activities of residents inside their apartment. The growth of the home delivery sector of various goods is another factor in the "domestication" of daily activity. Therefore, there are new requirements for the planning of apartments, which must now include areas for the safe use of VR headsets, the look and character of which will also change and expand. A longer stay at home may also stimulate the growth of the list of other mandatory spaces, such as offices, leisure rooms, etc., potentially changing requirements for parameters such as noise isolation (in the presence of several people using VR devices at the same time) and security (an active user The VR headset loses full control over its surroundings in the traditional sense). On the other hand, the usual requirements for the design of physical premises may change because they lose the monopoly on creating the living space of one or another person.

The next expected transformation is related to the activity distance. In post-industrial urbanism, the valorization of the concept of density is closely related to the possibility of pedestrian accessibility to a wide range of services [12]. "Cities of short distances" were supposed to significantly reduce the traffic load and save time spent on the road. However, now, immersive environments bring a large number of choice objects inside the home.

As a result, the requirements for the residential environment are changing. Work, education, leisure, communication, and shopping are much more often carried out within the home space, due to which the concept of optimal density and pedestrian accessibility loses a significant part of its argumentation. Under these conditions, requirements for operational qualities of housing, ensuring its optimal microclimate, safety, integration into life support systems and self-sufficiency will gain more importance. For example, facilities related to health care, sports, recreation, personal communication, and social rituals may remain in the pedestrian accessibility zone.

At the same time, other species do not disappear in general, but their importance and necessity decrease. They can exist in a mixed form, for example, different ways of combining leisure with recreation, personal communication with work and social rituals, etc. However, such, even hybrid forms of non-virtual presence will have an alternative in immersive spaces of presence, which will further increase the possibilities of personal choice. The mandatory real environments, under these

circumstances, will probably monogenize, and housing will become an even more dominant type of buildings, although the requirements for it will be significantly transformed.

Significant changes can also be expected in the interpretation of social cohesion [15], which is associated with the third predicted transformation. By modeling different forms of cohesion, the potential for conflict between different groups with different identities that inhabit large cities should be reduced. They overcome their territorial and psychological isolation and together form a common organism of the urban collective. Tensions that may arise on the basis of ethnic, social, religious, linguistic, age and other differences are alleviated by a number of regulatory techniques, including those of an urban planning nature – such as, for example, minimization of spatial segregation, creation of inclusive public spaces, etc. Improved in this way, the solidarity collective should have a more effective influence on the urban progress of its city, through various forms of participation, joint projects of neighboring communities and other types of participation.

Nevertheless, achieving the appropriate level of social cohesion remains a serious problem, especially in the context of relations between more and less wealthy categories of citizens and the inertia of traditions of isolation of communities united by a certain identity. In this sense, the development of environments of immersive presence is potentially able to significantly improve the overall level of social cohesion due to the emergence of virtual personalities, which are characterized by a much higher degree of variability.

Racial, age, social and other differences cease to play an important, if any, role in the interaction within the urban collective. Concerns about spatial segregation are losing ground, and multiculturalism and multiple identities are becoming not a characteristic of society but of a single individual. Under these circumstances, isolated blocks of communities with a deterministic identity are universalized through the layering of various changing roles, with temporary symbolic expression. Other variations of potential conflict that may arise will not, however, be actively expressed in a non-virtual environment.

The fourth likely change in the urban planning paradigm is related to the rethinking of the need for transportation. Immersive environments of presence for work, study and leisure reduce the need for personal presence in traditional offices, educational institutions or recreation facilities, due to which the load on the transport network is significantly reduced. In addition, the development of home deliveries, including with the help of unmanned aerial vehicles, can significantly affect the intensity of use of personal and even public transport. Therefore, the level of pollution and noise decreases, as well as the possibility of increasing pedestrian zones and landscaping due to the use of excess road surface area. Transport networks, however, will continue to be used for service, delivery, law enforcement and healthcare services. At the same time, the prospect of the disappearance of personal modes of transport should not be considered, as they increase the breadth of personal behavior choices, which in the conditions of the metaversal experience is one of the main values.

The next potential transformation is related to the rethinking of the density category, the main advantage of which is considered to be close accessibility to various service, employment and leisure facilities. In practice, however, the variety of choices within the imaginary pedestrian zone does not always become a reality. Often, dense construction is formed as a result of commercial calculations of construction companies, the priority of which are those types of structures that are more profitable on the real estate market. In addition, the method of acquiring the necessary qualities of the territories of historical buildings, especially of the pre-modern era, remains uncertain. Therefore, achieving "optimal density" has turned into a difficult problem, unattainable for most areas of the urban fabric.

Reducing the level of dependence of choice on direct physical accessibility significantly changes the basic circumstances that led to the valorization of density. Since convenient choice and high density cease to be connected with each other, there is an opportunity to return to the psychology of the optimal distance of individual living spaces. Given the nature of the above transformations, it is obvious that it should be increased at least due to the increase in the area and

functional diversity of the apartments.

In connection with the probable transformations outlined above, a question may arise about the contours of a new urban planning paradigm that will replace the existing one. As such key categories as transport, density, cohesion, accessibility and personal living space undergo a radical rethinking, the conceptualism of urban space will be directed in a different direction. It can be assumed that at the first stage, trends associated with deurbanization connotations, renewed attention to relevant searches of the 20th century (for example, Broadacre City) and attempts to form a new lifestyle and its visual ideals will become noticeable. On the other hand, deurbanization ideas will run into problems of infrastructural provision and a tradition of skepticism about urban growth.

Therefore, the most possible is the development of two conceptual directions of urbanism in the era of the spread of metaverse communication technologies. One of them is related to the modern reading of deurbanistic ideas, which will be significantly supplemented with elements of self-sufficiency, sustainability and security and the corresponding communication infrastructure. The second will be focused on the transformation of existing urban structures, both through market regulation mechanisms and, probably, thanks to special municipal programs of modernization and population growth stimulation. In this regard, new varieties of multi-story residential buildings and advanced methods of renovation of historical objects may also arise.

Another principled approach can be the revival of the concepts of mobile housing, which, for example, was developed by the futurists of the 1960s and 70s. Increasing the time spent in immersive environments and reducing dependence on physical communications for employment and leisure opens up a perspective for a new stage of understanding mobile living space. This, in turn, changes the very category of static "dispersion", which goes beyond the boundaries of one static urban area and acquires a wider scale of territory, district, region, landscape zone, etc. Unlike the ideas of the 1960s and 1970s, however, "nomadic" residential formations have the opportunity to rely on significant experience in the development of technologies of self-sufficiency and communication inclusiveness, which reduces the distance from the traditional static residential environment, integrated into urban life support networks.

Conclusions:

1. Based on the analysis, five categories of modern post-industrial urban planning are outlined, which may undergo changes under the influence of the development of personalized virtual reality technologies: a) residential area; b) radius of availability; c) social cohesion; d) transport necessity and e) optimal density. Residential units will require additional opportunities and areas, which will change the requirements for living and lifestyle. The radius of accessibility (in particular, pedestrian) may partially lose its current value, as a significant number of choice objects will move directly to the homes of citizens. Reducing the load on transport networks will improve the environmental performance of cities and allow new areas for greening and sustainability. The issue of social cohesion will undergo stratigraphic changes, as differences in ethnicity, religion, gender, race, age, social status, etc. will be neutralized due to the development of the phenomenon of changing virtual personalities and non-deterministic identities. These changes will also cause the optimal density category to lose its weight. The above changes are interconnected and create a single conceptual complex of the new vision of the city.

2. Two directions of potential changes in the urban paradigm that may occur as a result of the spread of personalized metaverse communication technologies are outlined. The first applies to the modern interpretation of deurbanistic ideas, to which the elements of self-sufficiency, stability and security and the communication infrastructure characteristic of the information age can be added. The second will probably be devoted to different ways of transformation of the already existing urban environment. This will happen both through the involvement of market regulatory mechanisms and through the development and implementation of special municipal programs for modernization and population growth stimulation.

References

- [1] S. Doyle, M. Dodge, and A. Smith, "The potential of Web-based mapping and virtual reality technologies for modelling urban environments", *Computers, Environment and Urban Systems*, 22(2), pp.137–155,1998.
- [2] K. Sunesson, C.M. Allwood, D. Paulin, I. Heldal, M. Roupe, M. Johansson, and B. Westerdahl, "Virtual reality as a new tool in the cityplanning process", *Tsinghua Scienceand Technology*, 13(S1), pp. 255-260, 2008. [https://doi.org/10.1016/s1007-0214\(08\)70158-5](https://doi.org/10.1016/s1007-0214(08)70158-5).
- [3] S.M. Saßmannshausen, J. Radtke, N. Bohn, H. Hussein, D. Randall, and V. Pipek, "Citizen-Centered Designin Urban Planning: How Augmented Reality can beusedin Citizen Participation Processes", *Designing Interactive Systems Conference 02*, pp. 250-265, 2021. <https://doi.org/10.1145/3461778.3462130>.
- [4] J.P. van Leeuwen, K. Hermans, A. Jylhä, A.J. Quanjer, and H. Nijman, "Effectiveness of Virtual Reality in Participatory Urban Planning", *Proceedings of the 4th Media Architecture Biennale Conference on - MAB18*, pp. 128-136, 2018. <https://doi.org/10.1145/3284389.3284491>.
- [5] G. Stauskis, "Development of methods and practices of virtual reality as a tool for participatory urban planning: a case study of Vilnius City as an example for improving environmental, social and energy sustainability", *Energy, Sustainability and Society*, 4(1), pp. 1-33, 2014. doi:<https://doi.org/10.1186/2192-0567-4-7>.
- [6] B. Di Prete, D. Crippa, E. Lonardo, "'E-urbanism': Strategies to Develop a New UrbanInterior Design", *Idea Journal*, 15 (1), pp. 14-27, 2018.
- [7] I. Forlano, "Towards An Integrated Theory Of The Cyber-Urban", *Digital Culture & Society*, 1(1), pp. 73-92, 2015.
- [8] K. Erickson, *The Promises and Pitfallsof Cyber Urbanism*, Abingdon: Routledge, 2019.
- [9] M. Castello, "Meta urban Tourist Places and City Development", *Holcim Forum for Sustainable Construction; Urban Trans Formation*, Shanghai, 18.-21.4, pp. 18-21, 2007.
- [10] A.M. Toli, and N. Murtagh, "The Concept of Sustainability in Smart City Definitions", *Frontiers in Built Environment*, 6, p. 7, 2020.
- [11] F. Schreiber and A. Carius, "The Inclusive City: Urban Planning for Diversity and Social Cohesion", *State of the World*, pp. 317-335, 2016. https://doi.org/10.5822/978-1-61091-756-8_27.
- [12] S. Lehmann, "Sustainable urbanism: towards a framework for quality and optimal density?", *Future Cities and Environment*, 2(0), p. 8, 2016.
- [13] P. Hall, "Modelling the post-industrial city", *Futures*, 29 (4-5), pp. 311-322, 1997.
- [14] L. Millan Lombrana, and E. Roston, "With humansin hiding, animal stakeback the world", *Bloomberg Green*, 2020. [Online]. Available: <https://www.bloomberg.com/news/photo-essays/2020-04-08/with-humans-in-hiding-animals-take-back-the-pandemic-world>. Accessed on: January 19, 2024.
- [15] N.E. Friedkin, "Social Cohesion", *Annual Review of Sociology*, 30(1), pp. 409-425, 2004.

**ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ТРАНСФОРМАЦІЇ УРБАНІСТИЧНИХ КОНЦЕПЦІЙ
В КОНЕКСТІ РОЗВИТКУ СЕРЕДОВИЩ ІМЕРСИВНОЇ ПРИСУТНОСТІ**

Франків Р.Б., к.арх., доцент,
romanfrankiv@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1100-0930
Національний університет «Львівська політехніка»
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79000, Україна

Анотація. Поширення імерсивних середовищ присутності поступово перетворюється в помітне соціальне явище, яке поступово впливає на життя та взаємодію людей. Як результат, вони мають потенціал змінити очікування та вимоги щодо житлових приміщень та їх розташування. Хоча численні дослідження вивчали вплив технологій віртуальної та доповненої реальності на міське планування, порівняно мало уваги приділялося можливості того, що поведінкові зміни, викликані цими технологіями, можуть спонукати до переоцінки фундаментальних принципів, що лежать в основі міського планування.

Завдяки проведеному аналізу визначено п'ять ключових категорій у сучасному постіндустріальному міському плануванні, які можуть зазнати змін: а) житлові райони; б) радіус доступності; в) соціальна згуртованість; г) транспортні вимоги та д) оптимальна щільність. Житлові одиниці вимагатимуть додаткових можливостей і просторів, змінюючи характер та спосіб життя. Значення радіуса доступності, особливо для пішоходів, може зменшитися, оскільки значна кількість бажаних місць стане доступною безпосередньо з помешкання. Зменшення навантаження на транспортні мережі підвищить екологічну стійкість міст і створить нові можливості для зелених насаджень. Концепція соціальної згуртованості зазнає стратифікованих трансформацій, оскільки відмінності, пов'язані з етнічною приналежністю, релігією, статтю, расою, віком, соціальним статусом тощо, певним чином нейтралізуються через розвиток мінливих віртуальних персон і недетермінованих ідентичностей. Ці взаємопов'язані зміни також зменшать вагу категорії оптимальної щільності. У сукупності ці трансформації утворюють комплексну концептуальну основу, яка переосмислює місто.

У цій статті окреслено два потенційні напрямки змін у міській парадигмі, які можуть виникнути внаслідок поширення персоналізованих комунікаційних технологій метавсесвіту. Перший напрямок стосується сучасної інтерпретації дезурбаністичних концепцій, що включає елементи самодостатності, стабільності, безпеки та комунікаційної інфраструктури, характерні для інформаційної епохи. Другий напрямок, ймовірно, зосередиться на різних підходах до трансформації існуючого міського середовища. Ця трансформація відбуватиметься шляхом залучення ринкових механізмів регулювання та розробки та реалізації спеціалізованих муніципальних програм, спрямованих на модернізацію та стимулювання зростання населення.

Ключові слова: містобудування, концепції, трансформації, імерсивні середовища, метавсесвіт.

Стаття надійшла до редакції 10.02.2024

**MODELING OF STRESS-STRAIN STATE AND STRENGTH OF DAMAGED
CONCRETE BEAMS REINFORCED WITH CARBON FIBER FABRIC
IN PC "LIRA-SAPR"**

¹**Klymenko Ye.V.**, ScD, Professor,
klimenkoew57@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4502-8504

¹**Hlibotskyi R.V.**, postgraduate student,
romich.gl@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8730-5952

¹*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*
4, Didrikhson str., Odessa, 65029, Ukraine

Abstract. The study examines the problem of preserving and improving the architectural heritage in Ukraine. Many buildings and structures have a long service life or are already deteriorating due to their age and other factors. This is particularly true for reinforced concrete structures, which often have various defects and damage. Unfortunately, there are no clear methods for assessing the residual load-bearing capacity of such structures. However, the research indicates that the residual potential of damaged elements may be significantly underestimated. Therefore, it is crucial to explore and apply effective innovative solutions for strengthening these constructions.

One such solution involves using composite materials (fiber-reinforced polymers, FRP) for external reinforcement of structures. Composite materials offer numerous advantages, including high strength, low weight, resistance to aggressive environments, and durability.

The article presents the results of a numerical experiment aimed at investigating the influence of damage and reinforcement with carbon fiber-reinforced polymer (CFRP) on the stress-strain state and residual load-bearing capacity of concrete beams with basalt-plastic reinforcement (BFRP). For the experiment, 15 rectangular beams with dimensions of 2000×200×100 mm were prepared and nonlinearly analyzed using the "LIRA-SAPR" software, which employs the finite element method. The data obtained for each beam were compared with the results of laboratory tests, revealing that CFRP reinforcement increases the residual load-bearing capacity of the beams without significantly affecting their working deformation. Additionally, a comparative analysis was conducted on the residual load-bearing capacity and stress-strain state of the beam components: CFRP fabric, concrete, and reinforcement. The authors assert that modeling the complex stress-strain state of experimental basalt-concrete beams using nonlinear finite element calculations through the "LIRA-SAPR" software accurately reproduces experimental results, provides insight into the most likely failure mode, and reliably predicts their load-bearing capacity.

Key words: non-metallic composite reinforcement, finite element method, modeling, bearing capacity, stress, fracture, basalt concrete beam.

Introduction. Ukraine is a country with a rich architectural heritage that requires preservation and improvement. Many buildings and structures have a long service life or are already out of order. Due to the age and other various factors (for example, emergency exposure, aggressive environment, violation of operating modes, etc.), the structures of buildings and structures are damaged. Reinforced concrete structures often have various defects and damages [1] that affect their load-bearing capacity. There are no clear methods for estimating the residual bearing capacity of such constructs [2], so decisions about their amplification are usually made on the basis of intuition. However, as shown in [3, 4], the bearing capacity of the elements can still be ensured – the residual potential of damaged structural elements is significantly underestimated. Therefore, it is important to research and apply effective innovative solutions to strengthen structures. One such solution is the use of composite materials (fiber reinforced polymers (FRP)) for external reinforcement of structures. Composite materials have many advantages,

such as high strength and deformation coefficient, low weight, manufacturability, resistance to aggressive media, ability to repeat the shape of the reinforced structure and durability.

Modeling the behavior of structures in construction is a complex process aimed at determining the stress-strain state of the structure and finding the optimal design solution. Currently, software packages that utilize the finite element method (FEM) are widely used for structural analysis. The distinctive feature of the "LIRA-SAPR" software lies in its ability to define the calculation scheme, types, and number of finite elements, material properties, and other parameters to obtain results that closely match experimental data. This flexibility allows engineers to accurately simulate real-world scenarios and make informed design decisions.

The analysis of recent research and publications. Numerous scientific works are dedicated to the study of building structures. Specifically, a series of studies focuses on calculating damaged elements to determine their stress-strain state, taking into account their load-bearing capacity

In the work [5], the processes of modeling structural reinforcement using composite materials in the "LIRA-SAPR" software and verifying the load-bearing capacity of reinforced elements in the "ESPRIT" program were examined. The authors proposed an algorithm for calculating construction objects when changing the design situation, considering the modeling of structural reinforcement. The process of modeling structural reinforcement using metal clamps was investigated, and a numerical modeling example of frame reinforcement with the selection and verification of composite material was provided. The conclusion was drawn that the use of fiber-reinforced polymers for structural reinforcement significantly increases their load-bearing capacity, extends their service life, prevents or mitigates emergencies, rectifies construction or design errors, and ensures reliable operation and durability of structures. It is demonstrated that modeling structural reinforcement using fiber-reinforced polymer materials in the "LIRA-SAPR" software is sufficiently accurate for use in reinforcement design.

In the work [6], the stress-strain state of basalt-concrete beams was investigated, taking into account the combined action of concrete and basalt-plastic reinforcement. The actual load-bearing capacity of inclined sections of basalt-concrete beams was compared with the calculated values obtained using the "LIRA-SAPR" software. The study analyzed direct measurements of deflections, deformations of concrete and basalt-plastic reinforcement, as well as correlated displacements and stresses in experimental specimens before their failure.

The research provides valuable insights into the behavior of basalt-concrete beams and highlights the effectiveness of using basalt-plastic reinforcement for enhancing load-bearing capacity and ensuring structural durability.

In the work [7], the calculation of reinforced concrete beams of rectangular cross-section, reinforced with carbon composite tapes, in the software complex "LIRA-SAPR" is considered. Experimental and calculated deflection graphs for unreinforced and reinforced beams are presented.

The authors [8] in conducted nonlinear finite element modeling of reinforced concrete slabs strengthened with carbon composite strips under the action of impact loads (subjected to explosive loading) to assess the effectiveness of using carbon fiber-reinforced polymer (CFRP) as external reinforcement (EBR) to protect these slabs from explosions. The article aimed to develop comprehensive numerical models for predicting the behavior and response of these structures during the arrival and rebound phases of shock waves. In the concrete modeling, a plastic material model was employed, accounting for the influence of strain rate and capable of predicting crack formation. Elastic-plastic material models and elastic material models were used to simulate steel reinforcement and carbon composite strips, respectively. The interface between concrete and the carbon composite strip was modeled using a specialized contact algorithm that considers strain rate effects at the interface boundary, incorporating failure criteria. The simulation results were validated against experimental data. The concrete material model provided accurate predictions of the response of the reinforced concrete slab to explosions, both with and without EBR. Increasing the number of carbon composite strips reduced maximum deflections in the middle of the slab span and deformations in the steel reinforcement and carbon composite strips. The authors presented a qualitative picture of the stress-strain state of ordinary and EBR-reinforced reinforced concrete slabs under the influence of explosions

and developed corresponding finite element models. However, specific recommendations for calculating and designing these slabs considering the impact of explosions were not provided.

The researched [9] presents the results of a numerical experiment to determine the stress-strain state and residual bearing capacity of reinforced concrete beams of rectangular section, which had damage in the compressed zone of concrete. 15 reinforced concrete beams were tested and calculated with different parameters of damage and relative cut run. The nonlinear calculation in "LIRA-CAD" SK was performed, which is based on the method of finite elements and relatively obtained data with the data of laboratory tests and good convergence of the residual bearing capacity and nature of the stress-strain state of concrete and transverse reinforcement was revealed.

In the work [10], models of a reinforced concrete bridge beam of T-section, ordinary and reinforced with carbon strips, were developed, and their comparative analysis was carried out with experimental data on deflections. The method of beam modeling using the software complex "LIRA-CAD," which uses the method of finite elements, is described. The problem of strengthening building structures, which requires an integrated approach and taking into account all technogenic and natural factors, is highlighted. The authors emphasized that the current state of Ukraine's bridges does not meet modern requirements, and the possibilities of their restructuring are limited. Therefore, it is proposed to look for methods that allow more accurate calculation of residual reserves of existing structures and effectively use various reinforcement methods, in particular, external composite reinforcement. It is proved that this method of reinforcement is optimal for many designs that work on bending and eccentric compression and are exposed to the external environment. It is shown that the simulation in the software complex "LIRA-CAD" of the work of structures reinforced with external composite reinforcement is accurate enough to use it in the design of reinforcement.

The analysis of recent research on the topic shows that today a large number of publications are devoted to experimental studies of reinforced concrete structures and analysis of experimental data. The calculation of reinforcement of building structures using the latest technologies, in particular composite high-strength tapes, is an extremely urgent issue. Modern engineering CAD can be a good tool for performing this calculation quickly and efficiently, provided that a sufficiently accurate design model is built.

Purpose of work. To provide the results of numerical modeling of the work of damaged basalt concrete beams reinforced with carbon fiber web, comparison with the results of laboratory studies of the strained state and residual bearing capacity.

Research methodology. The stress-strain state and residual bearing capacity of the samples were determined by numerical modeling using the 2021 LIRA-CAD software, and their analysis was compared with the results obtained as a result of laboratory tests, deduction, generalization, conclusion formulation.

Research results. The stress-strain state of prototypes-beams of the – was simulated in a nonlinear exposition by the method of finite elements in the LIRA-CAD software complex of the 2021 version. This complex is based on the general theory of reinforced concrete with cracks developed by Professor M. Karpenko [11] and his students.

The study took into account the compatible work of materials such as concrete, basalt-plastic reinforcement and carbon-plastic fabric, which have different physical and mechanical characteristics. For concrete, the results of tests of cubes and prisms were used, and the characteristics of basalt-plastic reinforcement [12] and carbon-plastic fabric [13] were adopted in accordance with the relevant regulatory documents and quality certificates. According to the experimental plan, 15 different models of experimental beams were created in accordance with their characteristics.

Basalt concrete beams size $2000 \times 200 \times 100$ mm. Longitudinal reinforcement beams – $2\text{Ø}14\text{BFRP}$ (AKB800). Transverse reinforcement beams – $2\text{Ø} 4, 6, 8$ BFRP (AKB800). The beams are made of concrete of classes C16/20, C30/35 and C40/50.

As structural factors, factors were assigned that varied at three levels (Table 1): X_1 – the relative span of the cut (the distance from the support to the concentrated force), $a/h_0 = 1, 2, 3$ at $h_0 = d = 175$ mm; X_2 – concrete class C, MPa, C16/20, C30/35, C40/50; X_3 – transverse reinforcement coefficient ρ_{fw} (AKB-800) = 0.0029; 0.0065; 0.0115 for basalt concrete beams. Coefficients of upper

and lower longitudinal reinforcement $\rho_{lf} = 0.0176$ for beams with design spans $L_0 = 9h_0 = 1575$ mm and width $b = 100$ mm.

Table 1 – CFRP of damaged beams with BFRP

Experiment No.	Plan of experiment					
	in coded variables			in natural values of factors		
	X ₁	X ₂	X ₃	a/d	Concrete class C, MPa	ρ_{fv} BFRP-800
1	+	+	+	3	C40/50	0.0115
2	+	+	-	3	C40/50	0.0029
3	+	-	+	3	C16/20	0.0115
4	+	-	-	3	C16/20	0.0029
5	-	+	+	1	C40/50	0.0115
6	-	+	-	1	C40/50	0.0029
7	-	-	+	1	C16/20	0.0115
8	-	-	-	1	C16/20	0.0029
9	+	0	0	3	C30/35	0.0065
10	-	0	0	1	C30/35	0.0065
11	0	+	0	2	C40/50	0.0065
12	0	-	0	2	C16/20	0.0065
13	0	0	+	2	C30/35	0.0115
14	0	0	-	2	C30/35	0.0029
15	0	0	0	2	C30/35	0.0065

Damaged after testing concrete beams with BFRP were reinforced. (Fig. 1) from below in the stretched zone for their entire length. (1575 mm) and width ($b = 100$ mm) and on near-support areas in the form of closed shirts with a length of 150, 300 and 450 mm, respectively, with a carbon fiber cloth Sika®Wrap® – 230S glued with a two-component resin Sikadur – 300 according to the established technology [14, 15] with preliminary preparation of the surface of prototypes – beams and using fine-grained polymer cement repair mixtures for filling potholes, caverns and excessively open cracks.

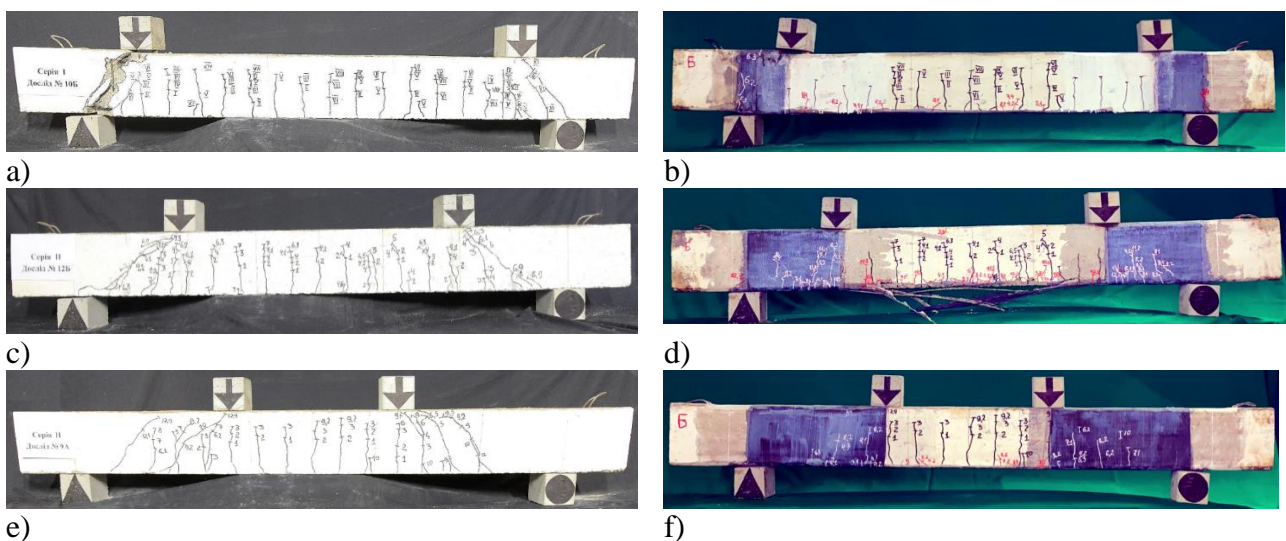


Fig. 1. The nature of crack formation and destruction of concrete beams with BFRP before (a, c, e) and after (b, d, f) their reinforcement with carbon fiber web in the lower stretched zone and in near-support areas with small, medium and large shear spans

A separate calculation scheme was created for each beam. In the LIRA-CAD software complex, finite elements No. 44 were used to simulate damaged basalt concrete beams – universal quadrangular FE shells and No. 236 – physically nonlinear universal eight-node spatial isoperimetric FEs with a volume of up to 1000 mm³ (maximum size of edges of finite elements 10×10×10 mm) elements are connected by knots, which are absolutely rigid bodies of infinitely small sizes with six degrees of freedom.

The number of elements in the whole samples reached 84.724 units, knots – 87.360 units.

Reinforcement of elements in the design scheme was taken into account in the form of the same volume finite elements according to the specified characteristics of reinforcing materials and the percentage of reinforcement of the element. Fixing in the calculation scheme is set as follows. On the left support, links were superimposed on a number of nodes that limited movements along the axes Y, Z and turns relative to the axes U_x, U_z, on the right support – links that limit movements along the axes X, Y, Z and turns relative to the axes U_x, U_z.

To eliminate the effect of local crushing in the places of application of the load and supports, plates with a given rigidity and dimensions of 0.01 × 0.01 m were installed. The method of firing the experimental beam provided for blocking movements along the corresponding axes.

To set the properties of materials in the method of finite elements, such characteristics as modulus of elasticity, Poisson's coefficient, ultimate strength and others were used. It is important to take into account the anisotropy of the properties of the carbon fiber web, since it must differ in strength and rigidity in different directions.

The calculation was carried out by a nonlinear step-iterative method. As a criterion for destruction, the beam acquired at least one limit state: stresses in the longitudinal and/or transverse reinforcement reach limit values; achievement of limit stresses in a significant group of finite elements of compressed concrete at the place of sample burning or above the top of an inclined crack; achieving excessive values of displacements (deflections).

Analysis of the results of modeling the stress-strain state of experimental damaged concrete elements showed (stress isofields are shown in Figures 2, 3, 4) that the use of a nonlinear finite-element calculation for this purpose, based on the general mechanics of reinforced concrete using phenomenal strength criteria, allows us to reproduce the results of full-scale and numerical experiments with sufficient accuracy for practical calculations. To improve the accuracy of the calculation, it is desirable to use more advanced strength criteria. Therefore, the use of this nonlinear finite-element calculation makes it possible to simulate the stress-strain state of experimental elements at all stages of their work, including destruction. A consistent analysis of isofields of stresses, displacements and forces in materials of real design allows to reliably assess the influence of experimental structural factors and factors of external influence on their bearing capacity, to predict the nature of subsequent deformation and destruction.

The destruction of experimental reinforced basalt concrete beams with large ($a/d = 3$) and medium ($a/d = 2$) shear spans corresponded to the stress-strain state of an almost balanced normal cross section, which was characterized by the achievement of closed deformations and rupture stresses in the outer carbon fiber layer of the CFRP reinforcement, and in the compressed zone of concrete – closed (at the bottom section of the diagram " $\sigma_c - \varepsilon_c$ ") deformations and stresses. This destruction of test beams with large and medium shear spans began with the rupture of the outer reinforcement of the CFRP and was accompanied by a sharp increase in stresses in the stretched basalt-plastic reinforcement of the BFRP, cracking and delamination of the protective layer of concrete and excessive uncontrolled increase in deflections.

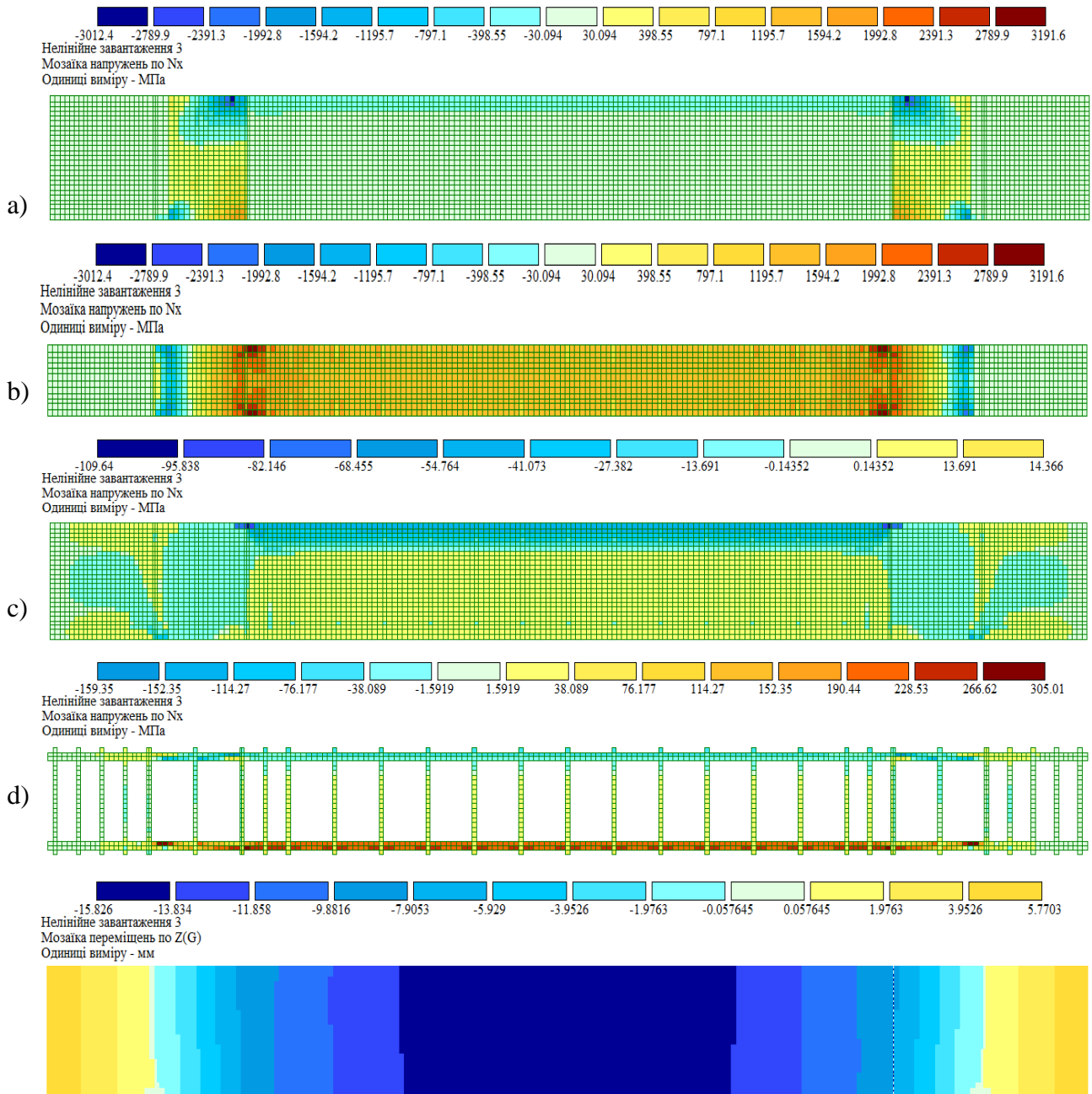


Fig. 2. Isofields of normal stresses in MPa in the carbon fiber web (a), concrete (b), basalt plastic longitudinal reinforcement (c) and vertical displacements (d) in mm of the damaged concrete beam reinforced with external fibro-reinforced carbon fiber (CFRP) with a small cut span

Coordinate axes – for stress isofields in a carbon fiber web;

Coordinate axes – for stress isofields in concrete, reinforcement and vertical displacements.

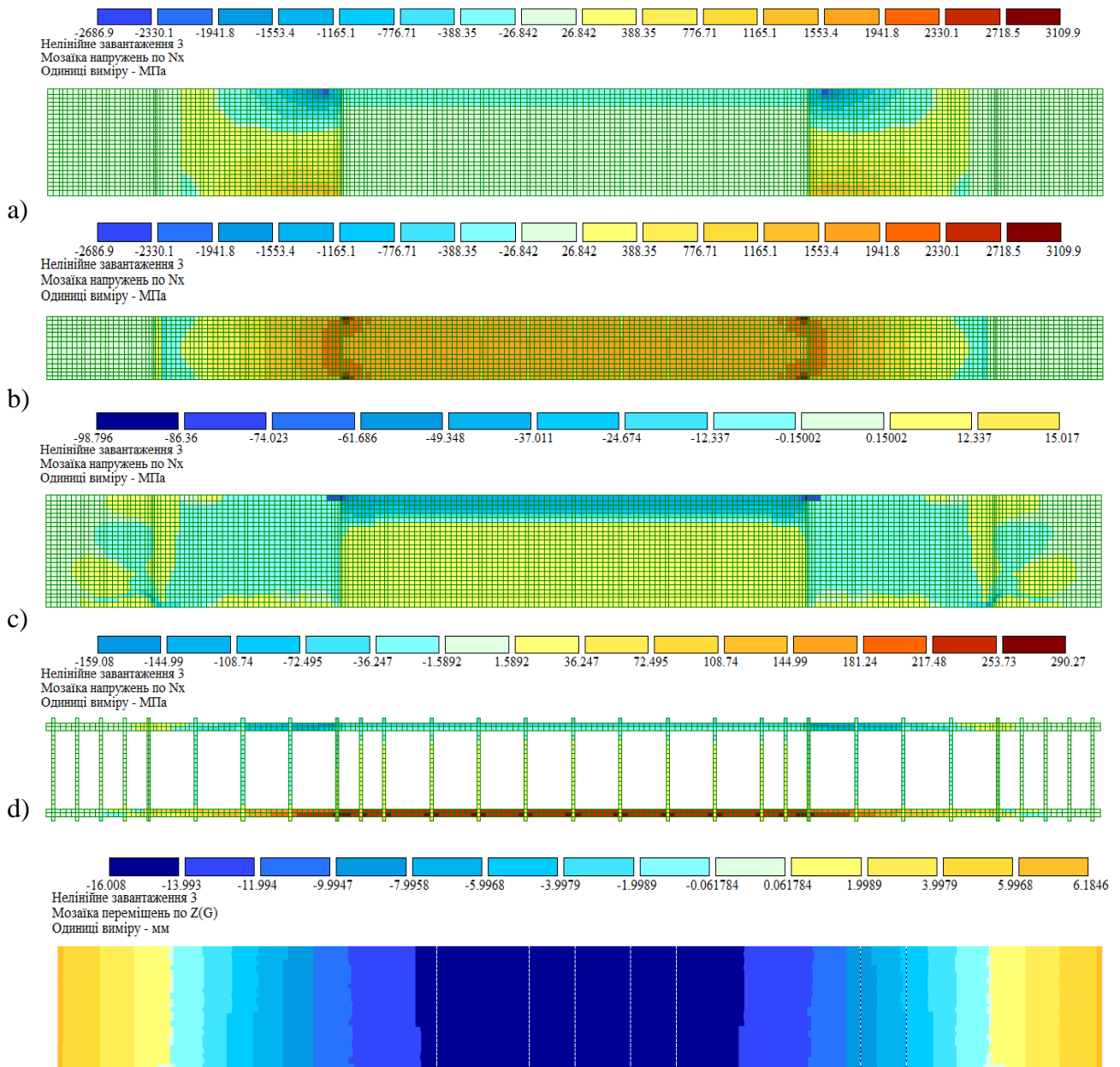


Fig. 3. Isofields of normal stresses in MPa in the carbon fiber web (a), concrete (b), basalt plastic longitudinal reinforcement (c) and vertical displacements (d) in mm of the damaged concrete beam reinforced with external fibro-reinforced carbon fiber (CFRP) with average span of cut

Coordinate axes – for stress isofields in a carbon fiber web;

Coordinate axes – for stress isofields in concrete, reinforcement and vertical displacements.

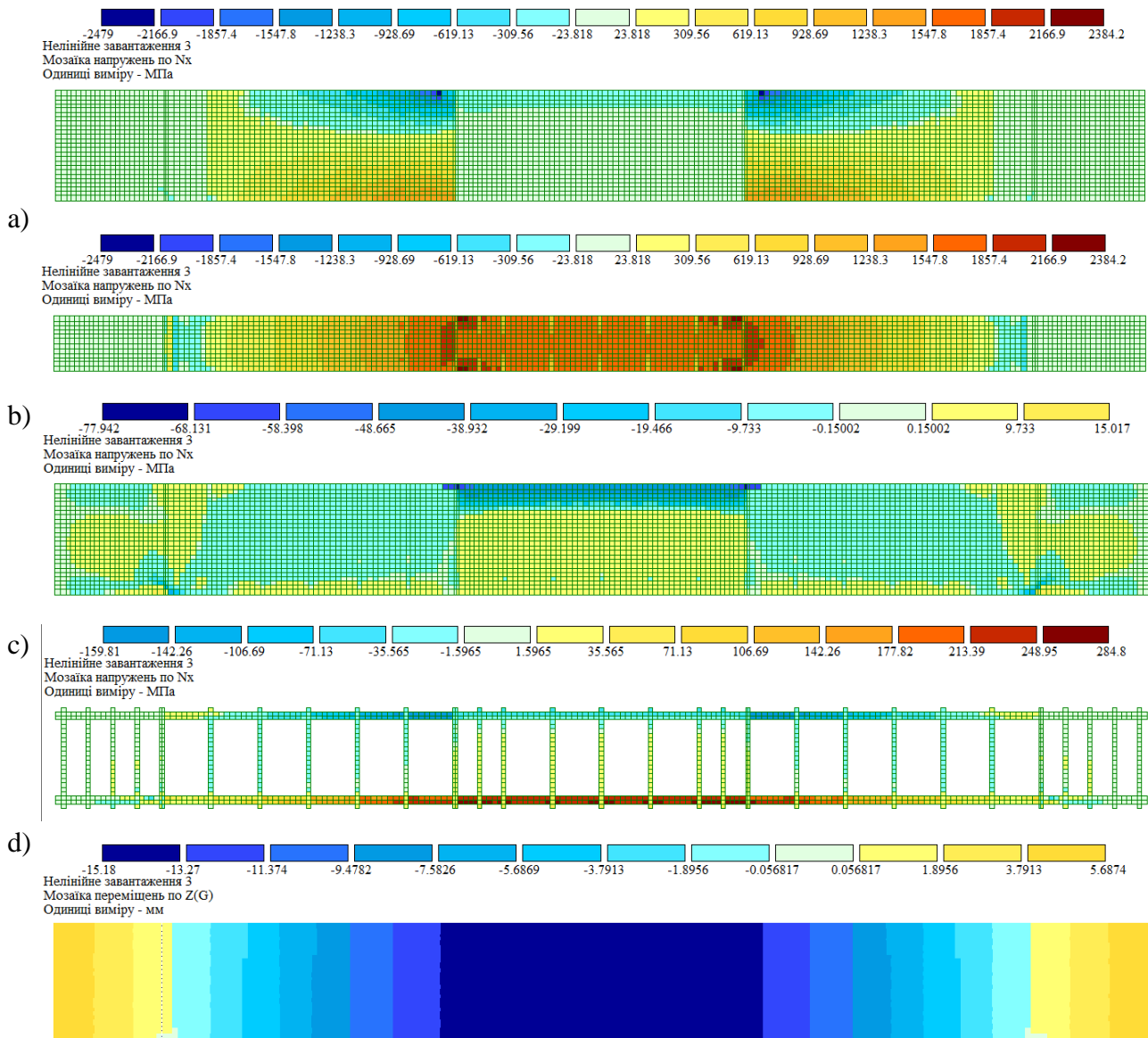




Fig. 4. Isofields of normal stresses in MPa in the carbon fiber web (a), concrete (b), basalt plastic longitudinal reinforcement (c) and vertical displacements (d) in mm of the damaged concrete beam reinforced with external fibro-reinforced carbon fiber (CFRP) with a large span cut.

Coordinate axes -  – for stress isofields in a carbon fiber web;

Coordinate axes  – for stress isofields in concrete, reinforcement and vertical displacements.

The destruction of beams with small ($a/d = 1$) shear spans was accompanied by the subsequent opening of previously formed inclined cracks and the rupture of closed carbon-plastic jackets on the side faces of their near-support sections and a sharp increase in deflections caused primarily by deformations of mutual shear of individual parts of prototypes.

Conclusions. Simulation of the complex stress-strain state of experimental basalt-concrete beams by nonlinear finite-element calculations using the LIRA-CAD software complex makes it possible to reproduce the results of experiments, the most probable scheme of work and destruction and reliably predict their bearing capacity. It is worth noting that the whole process from the construction of the calculation scheme to the analysis of the data takes a rather long period of time. Therefore, the development of a simple engineering technique for calculating such elements is an important and urgent task.

Reference

- [1] Z.Ya. Bliarskij, *Zalізobetonni konstrukciyi v agresivnomu seredovishi ta za diyi navantazhennya ta yih pidsilennya*: monografiya. Lviv: Vidavnictvo Lvivskoyi politehniki, 2011.
- [2] DBN V.2.6-98:2009. Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalізobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennia proektuvannia. K.: Minrehionbud Ukrainy, 2009.
- [3] Ye.V. Klymenko, *Tekhnichna ekspluatatsiya i rekonstruktsiya budivel ta sporud*. Poltava: National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic", 2004.
- [4] Ye.V. Klymenko, *Tekhnichni stan budivel ta sporud*. U.: Umanske komunalne vydavnychopolihrafichne pidpriemstvo, 2010.
- [5] M.S. Barabash, I.V. Genzerskyi, A.V. Pikul, O.Yu. Bashynska, "Metody modeliuвання kompozytnykh materialiv i kompozytnykh konstruktsii v PK «LIRA-SAPR»", *Industrial Machine Building, Civil Engineering*, T. 1 (48), pp. 129-137, 2017.
- [6] V. Karpyuk, I. Karpyuk, A. Celikova, V. Malahov, A. Hudobich, "Modeliyuvannya napruzhenno-deformovanogo stanu bazaltobetonnih balok", *Visnik Lvivskogo nacionalnogo agrarnogo universitetu. Arhitektura i silskogospodarske budivnytstvo*, no. 21, pp. 9-14, 2020. [Online]. Available: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vldau_2020_21_4.
- [7] A.Ya. Murin, M.M. Ivaniv, "Modeliyuvannya roboti zalізobetonnih balok, pidsilennykh zovnishnoyu fibroplastikovoyu armaturoyu, u programnomu kompleksi «Lira»", *Visnik Lvivskogo nacionalnogo agrarnogo universitetu*, no. 13, pp. 94 – 98, 2012.
- [8] Zhen-wen Zhang, Zi-hua Zhang, Xuan Wang, Chun-heng Zhou, "Dynamic and static interfacial bonding properties of CFRP-concrete subjected to freeze-thaw cycles", *Structures*, vol. 37, pp. 947-959, 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.01.049>.
- [9] Ye.V. Klymenko, N.R. Antoniuk, K.V. Polianskyi, "Modeliyuvannya roboty poshkodzhennykh zalізobetonnykh balok v PK LIRA-SAPR", *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arhitektury*, Vyp. 77, pp. 58-65, 2019. [Online]. Available: <http://visnyk-odaba.org.ua/2019-77/8.pdf>.
- [10] A.Ia. Muryn, M.M. Ivaniv, O.S. Serheiev, "Modeliyuvannya zalізobetonnoi mostovoi balky tavrovoho pererizu, pidsylenoi zovnishnoyu kompozytnoyu armaturoyu", *Haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo*, Vyp. 5 (35), pp. 106-110, 2012.
- [11] Prohrama LIRA-SAPR, MONOMAKh-SAPR – prohrama dlia rozrakhunku konstruktsii. Ofitsialnyi sait. [Online]. Available: <https://www.liraland.ua>.
- [12] DSTU-N B V.2.6-185:2012. Nastanova z proektuvannya ta vigotovlennya betonnykh konstrukcij z nemetalevoyu kompozitnoyu armaturoyu na osnovi bazalto- i sklorovingu. Kiyiv: Minregionbud, 2012.
- [13] Tehnichna karta materialu. Identifikacijnij № 020206020010000025 SikaWrap®-230 C. Tkanina z odnonapryamlenih vuglecevih volokon dlya pidsilennya budivelnykh konstrukcij, chastina sistemi pidsilennya SIKA®. SikaWrap-230C-uk-UA-(02-2018).
- [14] A. Bambura, O. Gurkivskij, O. Dorogova, I. Sazanova, T. Miroshnik, O. Panchenko, Yu. SobkoK, *Rekomendaciyi shodo zastosuvannya kompozitnykh materialiv firmi Sika dlya pidsilennya zalізobetonnykh konstrukcij*. Kiyiv: DP «Derzhavnij naukovo-doslidnij institut budivelnykh konstrukcij», 2014.
- [15] Organization Standard. Reinforcement of reinforced concrete structures with Sika® composite materials. STO13613997-001-2011. TsNIIPromzdaniy OJSC, Zika LLC, 2011.

**МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПОШКОДЖЕНИХ
БЕТОННИХ БАЛОК, ПІДСИЛЕНИХ ВУГЛЕПЛАСТИКОВИМ ПОЛОТНОМ
В ПК «ЛІРА-САПР»**

¹Клименко Є.В., д.т.н., професор,
klimenkoew57@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4502-8504

¹Глібоцький Р.В, аспірант,
romich.gl@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8730-5952

¹Одеська державна академія будівництва та архітектури
4, вул. Дідріхсона, Одеса, 65029, Україна

Анотація. У дослідженні розглядається проблема збереження та покращення архітектурної спадщини в Україні. Багато будівель і споруд мають тривалий термін експлуатації або вже виходять з ладу через вік та інші фактори. Особливо це стосується конструкцій залізобетону, які часто мають різні дефекти та пошкодження. На жаль, немає чітких методів для оцінювання залишкової несучої здатності таких конструкцій. Проте дослідження показує, що залишковий потенціал пошкоджених елементів може бути значно недооцінений. Тому важливо досліджувати та застосовувати ефективні інноваційні рішення для зміцнення конструкцій.

Одним з таких рішень є використання композитних матеріалів (армованих волокнами полімерів, FRP) для зовнішнього армування конструкцій. Композитні матеріали мають багато переваг, таких як висока міцність, мала вага, стійкість до агресивних середовищ та довговічність.

У статті представлено результати чисельного експерименту, який мав на меті дослідити вплив пошкодження та підсилення вуглепластиковим полотном на напружено-деформований стан і залишкову несучу здатність бетонних балок з базальтопластиковою арматурою (BFRP). Для експерименту було підготовлено 15 балок прямокутного перерізу розмірами 2000×200×100 мм, які були розраховані нелінійно за допомогою програми “ЛІРА-САПР”, що використовує метод скінчених елементів. Дані, отримані для кожної балки, були порівняні з результатами лабораторних випробувань, які показали, що підсилення вуглепластиковим полотном збільшує залишкову несучу здатність балок, але не впливає на їх робочу деформацію. Також було проведено порівняльний аналіз залишкової несучої здатності та напружено-деформованого стану складових балок: вуглепластикового полотна, бетону та арматури. Автори стверджують, що моделювання складного напружено-деформованого стану дослідних базальтобетонних балок нелінійними звичайно-елементними розрахунками за допомогою програмного комплексу “ЛІРА-САПР” дозволяє точно відтворити результати експериментів, найімовірнішу схему роботи та руйнування, а також достовірно спрогнозувати їхню несучу здатність.

Ключові слова: неметалева композитна арматура, метод скінчених елементів, моделювання, несуча здатність, напруження, руйнування, базальтобетонна балка.

Стаття надійшла до редакції 25.01.2024

BEARING CAPACITY, DEFORMITY AND CRACK RESISTANCE OF DAMAGED BEAMS REINFORCED WITH FIBER CONCRETE

¹**Neutov S.P.**, Cand.Sc.Eng., Associate Professor,
neutov.stepan@ogasa.org.ua, ORCID: 0000-0002-0132-124X

¹**Yesvandzhyia V.Yu.**, postgraduate,
vakhtanhyes22@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1151-3560

¹*Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture*
Didrikhsona str., 4, Odesa, 65029, Ukraine

Abstract. The results of experimental studies of the load-bearing capacity, deformability and crack resistance of damaged beams reinforced with fiber concrete in the compressed and stretched zone are presented. Test samples are made of concrete and fiber concrete. The amount of steel fiber in fiber concrete is 2% of the volume of the product. Preliminary tests were carried out on prisms and cubes. During the manufacture of beam samples, before concreting, a foam insert was installed in the area of planned damage, the shape and dimensions of which corresponded to the damage. After the concrete set to 70% grade strength, the liner was pulled out, and the resulting cavity was filled with a 2% mixture of fiber concrete. Tests of material samples showed that the introduction of steel fiber into the composition of concrete in the amount of 2% by volume increases the compressive strength limit by 15.3%. The initial modulus of elasticity of fiber concrete of the specified mixture is 38.0% higher than that of ordinary concrete of this composition.

Conducted experimental studies of damaged beams showed that a beam whose cross-section is 40% damaged in the middle-compressed zone, and the shape of the damage is close to rectangular, has a load-bearing capacity of 92.0 kN, or 93.9% of the load-bearing capacity of an undamaged beam. Cracking started at the 4th loading stage, when the load value was 26.0kN, i.e. 28.3% of the bearing capacity of the damaged beam. The maximum final crack opening width was 0.6 mm. A beam whose section is 40% damaged in the mid-stretch zone has a load-bearing capacity of 92.4 kN, or 93.2% of the load-bearing capacity of an undamaged beam. Cracking started at the 5th loading stage, when the load was 32.5kN, i.e. 35.2% of the bearing capacity of the damaged beam. The maximum final crack opening width was 0.8 mm.

It is claimed that the strengthening of a beam with 40% damage in the compressed or stretched zone in the manner considered in the paper is effective, as it allows achieving its load-bearing capacity, which is more than 93% of the load-bearing capacity of an undamaged beam.

Keywords: damaged beam, reinforced concrete, experiment, stand, bearing capacity, crack.

Introduction. The field of application of reinforced concrete beams in construction is huge. They are used in various constructions and structures, such as high-rise residential and industrial buildings, airports, bridges, for laying railway and tram lines, etc.

The main advantages of reinforced concrete beams are their increased strength, fire resistance, installation speed, and durability. Due to various reasons, these structures can be damaged, it can be mechanical damage associated with the destruction of concrete and corrosion of reinforcement as a result of long-term operation. This problem is especially relevant in our time, since a large amount of damage occurs as a result of military operations. It is not always advisable to change the structure; in most cases it is more economical to strengthen the damaged part of the structure without its complete replacement.

Analysis of research and publications. Many works are devoted to the strengthening of reinforced concrete beams. All of them can be divided into experimental and theoretical, and the latter include analytical and numerical methods for calculating reinforcements. The complexity of mathematical models describing constructive solutions of reinforcements leads to the fact that most

scientists prefer experimental research methods [1-5].

Current research is mostly related to the use of carbon fiber reinforced polymers (CFRP) for reinforcement. Thus, in the article [6], the results of studies of the load-bearing capacity of ordinary (reference) and reinforced with carbon-plastic webs in the lower stretched zone and at the supporting areas of damaged concrete beams with basalt-plastic reinforcement under the action of a static gradually increasing low-cycle load are presented. In works [7-13], the results of research on strengthening of damaged reinforced concrete beams with various types of fiber-reinforced polymer laminates are presented. Reinforcement of beams with basalt tapes is considered in [14]. In [15] fatigue failure of reinforced concrete beams, damaged by corrosion, strengthened by composites with reinforced fabric is considered. The effectiveness of using carbon fiber as a method of strengthening reinforced concrete beams subjected to shock loads was investigated in [16].

Works related to the use of fiber concrete are much less. Research [17] is devoted to determining the ability of reinforced concrete beams with and without steel fiber to absorb energy during explosive loading. In work [18], reinforced concrete beams reinforced with steel fiber concrete were studied. It was established that the use of a 45 mm thick reinforced concrete shell with a fiber content of 2.5% increases the destructive load by 20%, stiffness by 3.4-11 times, crack resistance by 2.6 times. The effectiveness of ultra-high-strength fiber reinforced concrete (UHPFRC) in the repair of damaged concrete columns is considered in [19]. Article [20] deals with numerical modeling to verify and evaluate the influence of design-oriented parameters affecting the shear behavior of reinforced concrete beams.

This short review shows the relevance of research on damaged beams reinforced with steel-reinforced concrete.

Purpose. The purpose of the work was experimental studies of the load-bearing capacity, deformability and crack resistance of damaged beams reinforced with fiber concrete in the compressed and stretched zone.

Research materials and methods. Samples are made of concrete and fiber concrete. The amount of steel fiber in fiber concrete is 2% of the volume of the product. Preliminary tests were carried out on prisms and cubes, 100×100×400 mm and 100×100×100 mm, respectively, aged for 28 days. 2 groups of prisms and cubes were made. One of ordinary concrete (with the size of large aggregate up to 10 mm) class C20/25 and the second – with anchoring steel fiber. Each group consisted of six samples. During the manufacture of beam samples, before concreting, a foam insert was installed in the area of planned damage, the shape and dimensions of which corresponded to the damage. After the concrete set to 70% grade strength, the liner was pulled out, and the resulting cavity was filled with a 2% mixture of fiber concrete. For research, methods of mathematical statistics, experimental methods of mechanics, and the strain gauge method were used.

Research results. In accordance with the research program of bearing capacity, deformability and crack resistance of damaged reinforced concrete beams reinforced with steel fiber concrete, a bench for testing reinforced concrete beams was developed at the departments of construction mechanics and resistance of materials. The flat transverse bending of the load of the tested beam is created with the help of a hydraulic jack and a metal beam with a two-beam traverse, which transmits two equal concentrated forces to the beam. The load created is controlled by a sample dynamometer of the Tokar system and a ring dynamometer that acts as a support (Fig. 1).

During the tests, the load transmitted to the beam, deflections and deformations were recorded. A study of a series of beams with different types of damage was carried out. The damage zone (stretched and compressed), the geometry of the damage zone and the method of strengthening were varied. The research was carried out on beams of rectangular cross-section with dimensions of 200×120 mm, reinforced with two vertical frames.

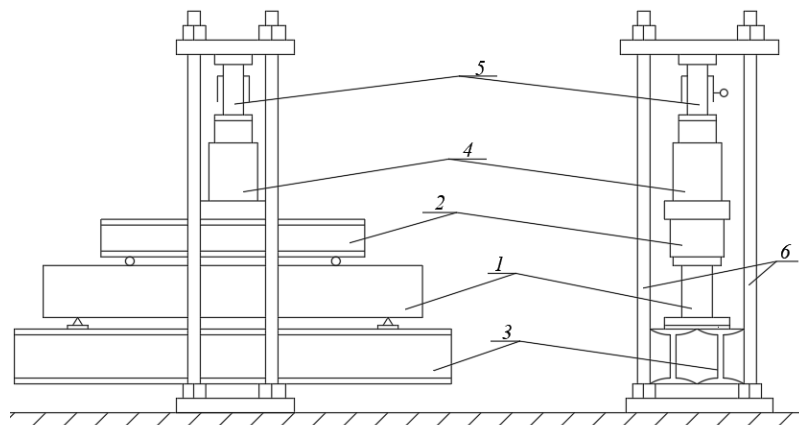


Fig. 1. Test bench: 1 – the beam being tested; 2 – traverse; 3 – the lower load beam (I-beams); 4 – jack; 5 – sample dynamometer; 6 – racks

The studied beam samples (they were named RCD1–RCD6) were divided into three groups. In the first group, the compressed zone was damaged, in the second and third – the stretched zone. Specimens of each group with corresponding damage were produced simultaneously, and an undamaged beam was additionally added to each group. In addition, prisms and cubes were made in order to determine the physical and mechanical properties of the material of these samples. For the production of material samples, when mixing the concrete mass, fiber was added uniformly, the total volume of which was 2% of the volume of the product.

Test samples of the beams were tested for the effect of a one-time short-term gradually increasing load until destruction or reaching the limit state, when the opening width of inclined cracks and the arrow of deflections exceeded the permissible values. The criteria for the failure of the test samples were also the achievement of the limit values of deformations in concrete or reinforcement, excessively large opening of inclined or normal cracks, a significant increase in the deflection of the sample beam, no increase or decrease in the readings of the pressure gauge of the pumping station of the power plant.

The test program provides for the study of a series of beams with different types of damage. The damage zone (stretched and compressed), the geometry of the damage zone and the method of strengthening were varied. This paper describes the results of the study of two reinforced beams (Fig. 2). Both have 40% cross-sectional damage, but one (RCD3) is in the middle-compressed zone, and the other (RCD5) is in the stretched zone.

Brand sample	Damage scheme
RCD3	
RCD5	

Fig. 2. Nature of damage

The research was carried out on beams of rectangular cross-section with dimensions of 200×120 mm, reinforced with two vertical frames. Lower longitudinal armature – Ø12 mm, upper – Ø8 mm. For transverse reinforcement, Ø6 mm rods with a step of 87.5 mm were used. In the zone of the span of the section, the transverse reinforcement is made with rods of Ø4 mm.

The bearing capacity of three undamaged reinforced concrete beams (one from each group) is given in the Table 1.

Table 1 – Bearing capacity of undamaged reinforced concrete beams

Brand sample	Total load, kN	Final moment, kNm
RCI	98.0	26.95
RCII	99.1	27.25
RCIII	98.4	27.06

In the Table 2 shows the bearing capacity of reinforced beams recorded in experimental studies.

Table 2 – Bearing capacity of reinforced beams

Brand sample	Zone damage	Volume damage, %	Bearing capacity, kN
RCD1	Squeezed	20	80.6
RCD2	Squeezed	20	93.6
RCD3	Squeezed	40	92.0
RCD4	Stretched	40	91.0
RCD5	Stretched	40	92.4
RCD6	Stretched	40	93.6

According to the results of the tests, graphs of the dependence of the relative longitudinal deformation on the load for the left and right supporting parts of the beam, for the zone of pure bending for all tested samples, as well as graphs of the dependence of the deflections on the load, which we do not present here due to the limited scope of the article, were constructed.

A little more detail about the bearing capacity and crack resistance of samples RCD3, RCD5.

Sample RCD3. The load-bearing capacity of the RCD3 sample was 92.0 kN, or 93.9% of the load-bearing capacity of the undamaged beam.

Cracking started at the 4th loading stage, when the load value was 26.0kN, i.e. 28.3% of the bearing capacity of the damaged beam. At the same time, 5 cracks formed in the area of pure bending. At the fifth stage, two more cracks appeared. At the 8th and 9th loading stages, 4 more cracks formed. A total of 12 cracks were formed. The maximum final crack opening width was 0.6 mm. General indicators of crack formation are given in Table 3.

Table 3 – Indicators of cracking in sample RCD3

Degree load	Size load, kN	Number cracks	Final width disclosure, mm
1	6.5		
2	13.0		
3	19.5		
4	26.0	1-6	1– 0.25; 2, 4 – 0.2; 3, 5 – 0.1; 6 – 0.05
5	32.5	7-8	7 – 0.1; 8 – 0.05
6	39.0		
7	45.5		
8	52.0	9-10	9 – 0.2; 10 – 0.15
9	58.5	11-12	11 – 0.6; 12 – 0.25
10	65.0		
11	71.5		
12	78.0		
13	84.5		
14	91.0		
15	92.0		

The destruction of the sample started with crack 11. The general appearance of the cracks formed at the end of the RCD3 sample tests is shown in Fig. 3.

Sample RCD5. The load-bearing capacity of the RCD5 sample was 92.4 kN, or 93.2% of the load-bearing capacity of the undamaged beam.



Fig. 3. Cracks in the sample RCD3

Cracking started at the 5th stage of loading, when the load value was 32.5kN, i.e. 35.2% of the bearing capacity of the damaged beam; the first crack appeared. Another one is at the second stage. At stages 7-9 of loading, 8 more cracks formed, and at stages 11-14, the last six. 4 cracks formed in the zone of clean bending. The total number is 19 cracks. The maximum final crack opening width was 0.8 mm. General indicators of crack formation are given in Table 4.

Table 4 – Indicators of cracking in sample RCD5

Degree load	Size load, kN	Number cracks	Final width disclosure, mm
1	6.5		
2	13.0		
3	19.5		
4	26.0		
5	32.5	1	1 – 0.3
6	39.0	2	2 – 0.1
7	45.5	3, 4	3 – 0.2; 4 – 0.15
8	52.0	5-8	5, 6 – 0.15; 7, 8 – 0.2
9	58.5	9-10	9 – 0.1; 10 – 0.05
10	65.0		
11	71.5	11-12	11 – 0.1; 12 – 0.25
12	78.0	13	13 – 0.8
13	84.5	14-15	14, 15 – 0.1
14	91.0	16	16 – 0.1
15	92.4		

The destruction of the sample began with crack 13.

The general appearance of the cracks formed at the end of the RCD5 sample tests is shown in Fig. 4.



Fig. 4. Cracks in the sample RCD5

Conclusions. According to the results of experimental studies of prisms, a diagram of concrete deformation, graphs of changes in relative linear deformations of fiber concrete, as well as graphs showing a comparison of the nature of deformation of concrete and fiber concrete were constructed. Tests of material samples showed that the introduction of steel fiber into the composition of concrete in the amount of 2% by volume increases the compressive strength limit by 15.3%. The initial modulus of elasticity of fiber concrete of the specified mixture is 38.0% higher than that of ordinary concrete of this composition.

Conducted experimental studies of damaged beams showed that a beam whose cross-section is 40% damaged in the middle-compressed zone, and the shape of the damage is close to rectangular, has a load-bearing capacity of 92.0 kN, or 93.9% of the load-bearing capacity of an undamaged beam. Cracking started at the 4th loading stage, when the load value was 26.0kN, i.e. 28.3% of the bearing capacity of the damaged beam. At the same time, 5 cracks formed in the area of pure bending. At the fifth stage, two more cracks appeared. At the 8th and 9th loading stages, 4 more cracks formed. A total of 12 cracks were formed. The maximum final crack opening width was 0.6 mm.

A beam whose section is 40% damaged in the mid-stretch zone has a load-bearing capacity of 92.4 kN, or 93.2% of the load-bearing capacity of an undamaged beam. Cracking started at the 5th stage of loading, when the load value was 32.5kN, i.e. 35.2% of the bearing capacity of the damaged beam; the first crack appeared. Another one is at the second stage. At stages 7-9 of loading, 8 more cracks formed, and at stages 11-14, the last six. 4 cracks formed in the zone of clean bending. The total number is 19 cracks. The maximum final crack opening width was 0.8 mm.

It can be argued that strengthening a beam with 40% damage in the compressed or stretched zone by the method considered in the paper is effective, because it allows achieving its bearing capacity, which is more than 93% of the bearing capacity of an undamaged beam.

References

- [1] Yu.Yu. Zyatuyuk, "Rezultati eksperimentalnih doslidzhen zalizobetonnih balok pidsilenih v stisnutiy ta roztyagnutiy zonah", *Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya*, vip. 61, pp. 216-222, 2016.
- [2] Yu.Yu. Zyatuyuk, "Robota zalizobetonnih balok pidsilenih u stisnutiy ta roztyagnutiy zonah pri diyi malotsiklovih navatazhen", *Suchasni tehnologiyi ta metodi rozrahunkiv u budivnitstvi*, vip. 5, pp. 215-223, 2016.
- [3] O.P. Voskobiynik, O.O. Kitaev, Ya.V. Makarenko, E.S. Bugaenko, "Eksperimentalni doslidzhennya zalizobetonnih balok z defektami ta poshkodzhenniyami, yaki viklikayut kosiy zgin", *Galuzeve mashinobuduvannya, budivnitstvo*, vip. 1(29), pp. 87-92, 2011.
- [4] E.V. Klimenko, K.V. Polyanskiy, "Eksperimentalnoe i teoreticheskoe issledovanie napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya i nesuschey sposobnosti naklonnyih secheniy povrezhdennyih zhelezobetonnyih balok pryamougolnogo secheniya", *Problemyi sovremennogo betona i zhelezobetona*, vip. 11, pp. 147-163, 2019.
- [5] E.V. Klimenko, K.V. Polyanskiy, "Eksperimentalni doslidzhennya napruzhenodeformovanogo stanu poshkodzhennyih zalizobetonnih balok", *Visnik Odeskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnitstva ta arhitekturi*, vip. 76, pp. 24-30, 2019.
- [6] Irina Karpuyuk, Roman Glibotskiy, Vasil Karpuyuk, Alina Tselikova, Anatoliy Kostyuk, "Porivnyalniy analiz nesuchoyi zdatnosti etalonnih ta poshkodzhennyih betonnyih balok z bazaltoplastikovoyu armaturoyu, pidsilenih vugleplastikovim polotnom", *Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudi*, pp. 290-297, 2022. 10.31713/budres.v0i41.33.
- [7] Nabil F Grace, G.A. Sayed, A.K. Soliman, K.R. Saleh, "Strengthening Reinforced Concrete Beams Using Fiber Reinforced Polymer (FRP) Laminates", *Aci Structural Journal*, 188(8), 1999.

- [8] Abdul Saboor Karzad, *Shear Strengthening of Reinforced Concrete Beams Using Fiber Reinforced Polymer*. 2020. DOI:10.13140/RG.2.2.15656.52484.
- [9] Ning Zhuang, Honghan Dong, Da Chen, Yeming Ma, "Experimental Study of Aged and Seriously Damaged RC Beams Strengthened Using CFRP Composites", *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018(6):1-9. <https://doi.org/10.1155/2018/6260724>.
- [10] Md Ashraful Alam, Ali Sami Abdul Jabbar, Zamin Jumaat, Kamal Nasharuddin Mustapha, "Effective Method of Repairing RC Beam Using Externally Bonded Steel Plate", *Applied Mechanics and Materials*, no. 567, pp. 399-404, 2014. <https://www.scientific.net/AMM.567.399>.
- [11] A. Al-khreisat, M. Abdel-Jaber, A. Ashteyat, "Shear Strengthening and Repairing of Reinforced Concrete Deep Beams Damaged by Heat Using NSM-CFRP Ropes", *Fibers*, 11(4), 35. 2023. <https://doi.org/10.3390/fib11040035>.
- [12] S. Kulendren, C. Fernando, P. Gamage, "Strengthening of Damaged Out of Plane Curved Reinforced Concrete Beam Using Carbon Fiber Reinforced Polymer", *Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon)*. (2020). doi:10.1109/mercon50084.2020.9185.
- [13] M.R. Gaber, H.A. Al-Baghdadi, "Response of Damaged Reinforced Concrete Beams Strengthened with NSM CFRP Strips", *Key Engineering Materials*, 857, pp. 3-9, 2020. <https://doi.10.4028/www.scientific.net/kem.857.3>.
- [14] Ali Saribiyik, Bassel Abodan, Muhammed Talha Balci, "Experimental study on shear strengthening of RC beams with basalt FRP strips using different wrapping methods", *Engineering Science and Technology*, vol. 24, Issue 1, pp. 192-204, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.06.003>.
- [15] Mohammed Elghazy, Ahmed El Refai, Usama A Ebead, Antonio Nanni, "Fatigue and Monotonic Behaviors of Corrosion-Damaged Reinforced Concrete Beams Strengthened with FRCM Composites", *Journal of Composites for Construction*, 22(5), 2018. DOI:10.1061/(ASCE)CC.1943-5614.0000875.
- [16] Ali Jahami, Yehya Temsah, Jamal Khatib, "The efficiency of using CFRP as a strengthening technique for reinforced concrete beams subjected to blast loading", *International Journal of Advanced Structural Engineering*, pp. 411-420, 2019.
- [17] Fatih Altun, Mehmet M. Köse, Canan Yilmaz, Kamuran Arı, "Experimental investigation of reinforced concrete beams with and without steel fiber under explosive loading", *Indian Journal of Engineering and Materials Sciences*, 14(6), pp. 419-426, 2008.
- [18] Radaikin Oleg, Sharafutdinov Linar, "Reinforced concrete beams strengthened with steel fiber concrete", *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 890(1), 012045, 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/890/1/012045.
- [19] H. Alasmari, "Rehabilitation of overload-damaged reinforced concrete columns using ultra-high-performance fiber-reinforced concrete", *Open Engineering*, 13(1), 20220437, 2023. <https://doi.org/10.1515/eng-2022-0437>.
- [20] Thanh Tung Pham, Ngoc Tan Nguyen, Thi-Thanh Thao Nguyen, Ngoc Linh Nguyen, "Numerical analysis of the shear behavior for steel fiber reinforced concrete beams with corroded reinforcing bars", *Structures*, vol. 57, 105081, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.105081>.

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ, ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ТА ТРІЩИНОСТІЙКІСТЬ ПОШКОДЖЕНИХ БАЛОК З ПІДСИЛЕННЯМ ФІБРОБЕТОНОМ

¹Неутов С.П., к.т.н., доцент,
neutov.stepan@ogasa.org.ua, ORCID: 0000-0002-0132-124X

¹Єсванджия В.Ю., аспірант,
vakhtanhyes22@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1151-3560
¹Одеська державна академія будівництва та архітектури
вул. Дідрихсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна

Анотація. Представлені результати експериментальних досліджень несучої здатності, деформативності та тріщиностійкості пошкоджених балок з підсиленням фібробетоном у стиснутій та розтягнутій зоні. Зразки для випробувань виготовлені з бетону та фібробетону. Кількість сталевих фібри у фібробетоні становить 2% обсягу виробу. Попередні випробування проводилися на призмах та кубах. При виготовленні зразків балок перед бетонуванням у зоні запланованого пошкодження встановлювався пінопластовий вкладиш, форма та розміри якого відповідали пошкодженню. Після набору бетоном 70% марочної міцності вкладиш витягувався, а порожнина, що утворилася, заповнювалася 2% сумішшю з фібробетону. Випробування зразків матеріалів показали, що введення до складу бетону сталевих фібрових волокон у кількості 2 % за обсягом збільшує межу міцності на стиск на 15,3%. Початковий модуль пружності фібробетону означеної суміші на 38,0% вище, ніж у звичайного бетону такого складу.

Проведені експериментальні дослідження пошкоджених балок показали, що балка, переріз якої на 40% пошкоджено в середній стиснутій зоні, а форма пошкодження має вигляд, близький до прямокутного, має несучу здатність 92,0 кН, або 93,9 % несучої здатності непошкодженої балки. Тріщиноутворення почалося на 4-му етапі навантаження, коли величина навантаження становила 26,0кН, тобто 28,3 % несучої здатності пошкодженої балки. Максимальна кінцева ширина розкриття тріщин становила 0,6 мм. Балка, переріз якої на 40% пошкоджено в середній розтягнутій зоні, має несучу здатність 92,4 кН, або 93,2 % несучої здатності непошкодженої балки. Тріщиноутворення почалося на 5-му етапі навантаження, коли величина навантаження становила 32,5кН, тобто 35,2% несучої здатності пошкодженої балки. Максимальна кінцева ширина розкриття тріщин становила 0,8 мм.

Стверджується, що посилення балки з 40% пошкодженням у стиснутій або розтягнутій зоні розглянутим у роботі способом є ефективним, оскільки дозволяє досягти її несучої здатності, яка становить понад 93 % несучої здатності неушкодженої балки.

Ключові слова: пошкоджена балка, сталеві фібробетон, експеримент, стенд, несуча здатність, тріщина.

Стаття надійшла до редакції 20.01.2024

**ДОСЛІДЖЕННЯ МОДИФІКОВАНОГО В'ЯЖУЧОГО ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ
ГАЗОБЕТОНУ**

¹**Зібров І.Ф.**, аспірант,
ivanzibrov44@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9384-985X

¹**Радкевич А.В.**, д.т.н., професор,
a.v.radkevich@ust.edu.ua, ORCID: 0000-0001-6325-8517
¹*Український державний університет науки і технологій*
вул. ак. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010, Україна

Анотація. Для покращення енергозберігаючих властивостей основним напрямом у технології сучасних стінових матеріалів є зниження середньої густини задля досягнення кращих теплотехнічних показників при одночасному підвищенні характеристик міцності, тобто створення ефективних стінових матеріалів. Одним із таких матеріалів є газобетон, який успішно застосовується у всьому світі. Одним із способів підвищення фізико-механічних властивостей в'язучого як головної складової газобетону та розширення сировинної бази може бути використання відходів усіляких виробництв, а також вторинне використання пошкоджених будівельних матеріалів із зруйнованих будівель та споруд у результаті бойових дій (рециклінг), що є актуальним. Метою даних досліджень є одержання газобетону на модифікованому в'язучому з використанням рециклінгу зруйнованих будівельних матеріалів. На даному етапі проводиться дослідження модифікованого в'язучого. В результаті досліджень встановлено оптимальне співвідношення складових модифікованого в'язучого (портландцементу, метакаоліну, цегельного бою). Отримані математичні моделі, що описують залежність міцності в'язучого при згині та стиску від його складу. Результати рентгенофазового та диференціально-термічного аналізу показують, що введення до складу в'язучого на основі портландцементу добавок метакаоліну та цегельного бою, після 28 діб нормального твердіння, не викликають нових фазово-мінералогічних утворень порівняно із зразками без добавки, а лише впливають на кількісний мінералогічний склад. Спостерігаються інтенсивніше виражені гидросилікатні фази і зменшення кристалізаційного гідроксиду кальцію. На мікрофотографіях структури отриманого в'язучого чітко проглядається монолітна структура цементного каменю, видно дисперговані лугом зерна цементу, піску та кластери із гидросилікатів кальцію.

Ключові слова: газобетон, модифіковане в'язуче, пуцоланова добавка, метакаолін, бій цегли.

Вступ. Для покращення енергозберігаючих властивостей основним напрямом у технології сучасних стінових матеріалів є зниження щільності задля досягнення кращих теплотехнічних показників при одночасному підвищенні характеристик міцності, тобто створення ефективних стінових матеріалів.

Одним із таких матеріалів є газобетон, який успішно застосовується у всьому світі. Одним із способів підвищення фізико-механічних властивостей в'язучого як головної складової газобетону та розширення сировинної бази може бути використання відходів усіляких виробництв [1, 2], а також вторинне використання пошкоджених будівельних матеріалів із зруйнованих будівель та споруд у результаті бойових дій (рециклінг).

Аналіз останніх досліджень. Бій цегли – затребуваний техногенний матеріал, що отримується внаслідок демонтажу стін та фундаментів будівель, огорож, димових труб, некондиційної цегли, а також із зруйнованих будівель та споруд у результаті бойових дій.

Завдяки своєму мінералогічному складу бій цегли знаходить широке застосування у будівельній індустрії. Ряд будівельних компаній для зниження собівартості будівництва

застосовують цегельний бій як наповнювач в низькомарочних бетонах. Також цей матеріал використовується при підготовці під фундаменти малоповерхових будівель, у дорожньому будівництві при відсіпанні другорядних і тимчасових доріг. Молотий цегельний бій можна розглядати як аналог природних тонкомолотих мінеральних речовин, що використовуються як пуцоланові добавки в цементних в'язучих.

У низці робіт [3–7] вченими відзначається ефективність використання добавки у вигляді керамічного або керамзитового пилу, мелених відходів виробництва керамічної цегли та керамічних виробів для підвищення водостійкості та морозостійкості матеріалів, а також для отримання композиційних шлаколужних в'язучих з добавками меленого бою цегли. Введення в шлаколужні в'язучі до 30% бою цеглини дозволяє підвищити міцність до 30–32%, підвищує ступінь гідратації, призводить до утворення більш однорідної щільної структури, знижує рівень висолоутворення.

В даний час проводяться дослідження з використання високоактивних пуцоланових компонентів, при введенні яких у малих кількостях прискорюються процеси гідратації та твердіння цементного в'язучого та покращується здатність опиратися навантаженням стиску цементного каменю [8]. Одним з таких компонентів є високодисперсний мікрокремнезем. Мікрокремнезем є побічним продуктом металургійного виробництва при виплавці феросиліцію. Має високу питому поверхню, близько 20 м² на 1 г речовини [9].

До пуцоланів відносяться всі природні та штучні силікатні матеріали, для яких основною характеристикою є вміст *реакційноздатного кремнезему*. Останній, реагуючи з гідроксидом кальцію (продуктом гідратації портландцементного клінкеру), утворює гідросилікати кальцію, що визначають швидкість наростання міцності штучного каменю [10].

Приблизна схема реакції:



Крім того, у більшості випадків пуцолани містять *реакційний оксид алюмінію*, який може утворювати з розчиненим гідроксидом кальцію гідроалюмінат кальцію. Таким чином, для всіх пуцоланових добавок характерна більш-менш висока потреба в гідроксиді кальцію для гідравлічного твердіння [10]. В табл. 1 надано пуцоланова активність деяких мінеральних добавок [11].

Таблиця 1 – Пуцоланова активність деяких мінеральних добавок [11]

Назва добавки	Пуцоланова активність, мг Ca(OH) ₂ на 1 г добавки
Обпалений боксит	534
Мікрокремнезем	427
Доменний шлак	300
Зола-винесення	875
Метакаолін	1000

Наведені в таблиці дані, свідчать про більш високу активність метакаоліну, оскільки в його складі міститься більший відсоток активного Al₂O₃, який здатний створювати сполуки з більшою кількістю молекул CaO, ніж активний SiO₂ [12].

Метою досліджень є одержання газобетону на модифікованому в'язучому з використанням рециклінгу зруйнованих будівельних матеріалів. На даному етапі проводиться дослідження модифікованого в'язучого.

Методи дослідження. Використані стандартні методи визначення властивостей в'язучого та газобетону, математичні методи планування експерименту та обробки результатів. Визначення фазово-мінералогічного складу новоутворень здійснювалось методами рентгеноструктурного та диференційно-термічного аналізів.

Сировинні матеріали. У дослідженнях використовували наступні сировинні матеріали: *портландцемент* ПЦ І-500Р-Н (СЕМ І 42,5 R), що відповідає ДСТУ Б EN 197-1:2015, виробництво Україна ПрАТ «Івано-Франківськцемент (Івано-Франківська обл. Тисменицький р-н, с. Ямниця); *пісок* стандартний для випробувань цементів ДСТУ Б В.2.7-189:2009; вода ДСТУ Б В.2.7-273:2011(ГОСТ 23732-79, MOD).

В якості *вторинної сировини (рециклінгу)* у дослідках було використано бій силікатної цегли із зруйнованих будівель та споруд утворених внаслідок бойових дій. Вторинний матеріал – бій цегли складається із зруйнованої цегли і розчину кладки. Зруйнована цегла має більш менш однорідних склад. Матеріал подрібнюється та розмелюється.

В якості активної мінеральної добавки використовувався *високоактивний метакаолін* ТУ У 14.2-36363275-001:2009 виробництво Виробничої компанії «МЕТА D» (Україна). Характеристика представлена в табл. 2.

Високоактивний метакаолін (ВМК) – це штучно виготовлена пуцоланова добавка, що володіє найбільш високою активністю серед активних мінеральних добавок, що є на ринку. Високоактивний метакаолін має найвищий вміст оксидів кремнію та алюмінію серед інших пуцоланових добавок.

Пуцоланова активність метакаоліну становить понад 1000 мг вапна на 1г метакаоліну. Для порівняння, пуцоланічна активність мікрокремнезему зазвичай становить 300-400 мг вапна на 1г мікрокремнезему.

Рекомендована норма витрати метакаоліну 5-15% до цементу (заміна відповідної частки цементу на метакаолін). Як правило, дозування становить 8-10% маси цементу [13].

Таблиця 2 – Характеристика метакаоліну

Найменування показника	Значення
Масова частка оксиду алюмінію Al_2O_3 , %	35,5-43,8
Масова частка оксиду кремнію SiO_2 , %	53,42
Масова частка оксиду заліза Fe_2O_3 , %	0,75
Масова частка оксиду титану TiO_2 , %	0,58
Масова частка оксиду кальцію CaO , %	0,45
Коефіцієнт відбиття, %	77,5
Розчинність у воді, %	0,13
Абразивність, мг	79,4
Дисперсний склад менш 2 мкм, %	55,8
Масова частка залишку на сітці 0063, %	1,32
Насипна маса, kg/m^3	304,0 (до ущільнення)/447,0 (після ущільнення)
Питома поверхня m^2/g	15
Масова частка води, %	не більше 1%
Зовнішній вигляд	Порошок від білого до кремового кольору
Розсіпчастість, %	100
Особливі властивості	Не токсично, радіоційна активність-18 мкр/год.

Результати досліджень. На даному етапі було проведено дослідження модифікованого в'язучого, яке складається із цементу, метакаоліну, цегляного бою. Визначення міцності на згин і стиск зразків-балочок розміром $40 \times 40 \times 160$ мм проводили за стандартною методикою. Зразки готували із розчину 1:3 (модифіковане в'язуче : стандартний пісок для випробувань).

З метою встановлення найбільш раціонального співвідношення компонентів та скорочення кількості експериментів оптимізацію складу в модифікованому в'язучому проводили за допомогою симплекс-градчастого планування експерименту яке призначене для визначення екстремуму багатокомпонентних систем «склад – властивості». В якості вихідних компонентів були прийняті наступний вміст компонентів в'язучого: x_1 – портландцемент; x_2 – бій цегли; x_3 – високоактивний метакаолін. В якості вихідних

параметрів прийнято міцності при згині та стиску зразків у віці 28 добового тверднення в нормальних умовах.

В результаті проведеного експерименту були отримані математичні моделі, що описують залежність міцності на розтяг при згині та міцності на стиск від його складу:

$$f_{cm} = 50,5 \cdot x_1 + 46,5 \cdot x_2 + 47,8 \cdot x_3 - 0,8 \cdot x_1 \cdot x_2 + 8,6 \cdot x_1 \cdot x_3 + 9 \cdot x_2 \cdot x_3 + 5,58 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$$

$$f_{c.тф} = 6,1 \cdot x_1 + 5,2 \cdot x_2 + 5,4 \cdot x_3 + 0,2 \cdot x_1 \cdot x_2 + 3,4 \cdot x_1 \cdot x_3 + 2,34 \cdot x_2 \cdot x_3 - 6,3 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$$

Аналіз отриманих результатів показав, що зі збільшенням вмісту бою цегли від 10 до 30% спостерігається зниження міцності при стиску, що пояснюється збільшенням водопотреби і, отже, призводить до зниження показників міцності. При збільшенні вмісту метаксаоліну до 11-13% міцність при стиску підвищується. Але при подальшому збільшенні вмісту метаксаоліну знижується міцність, що також пояснюється збільшенням водопотреби.

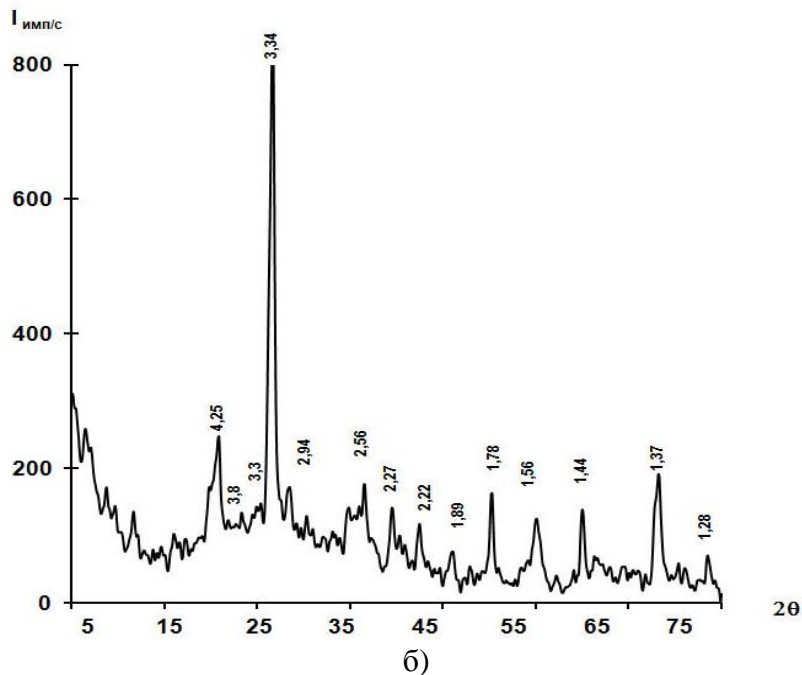
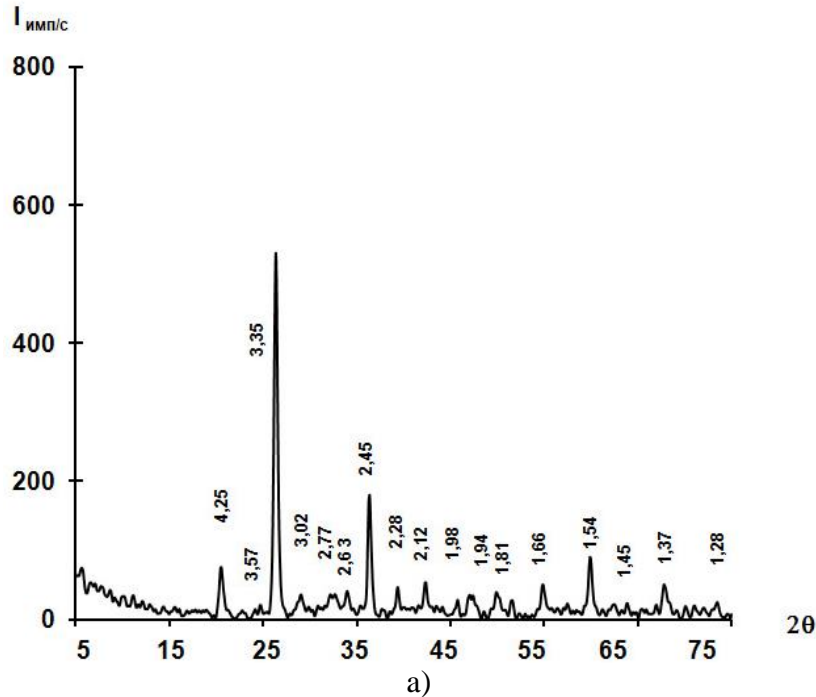
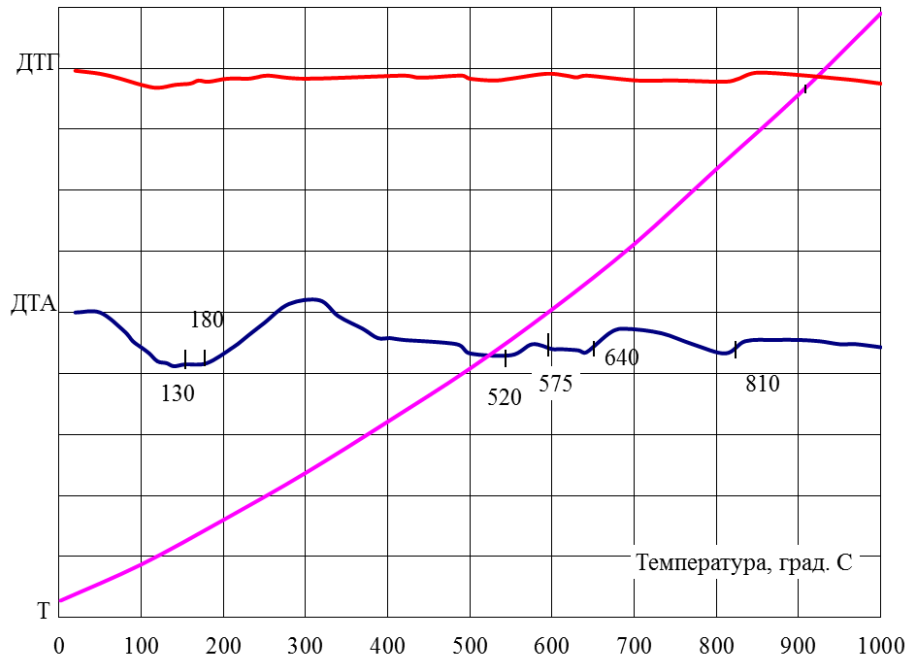
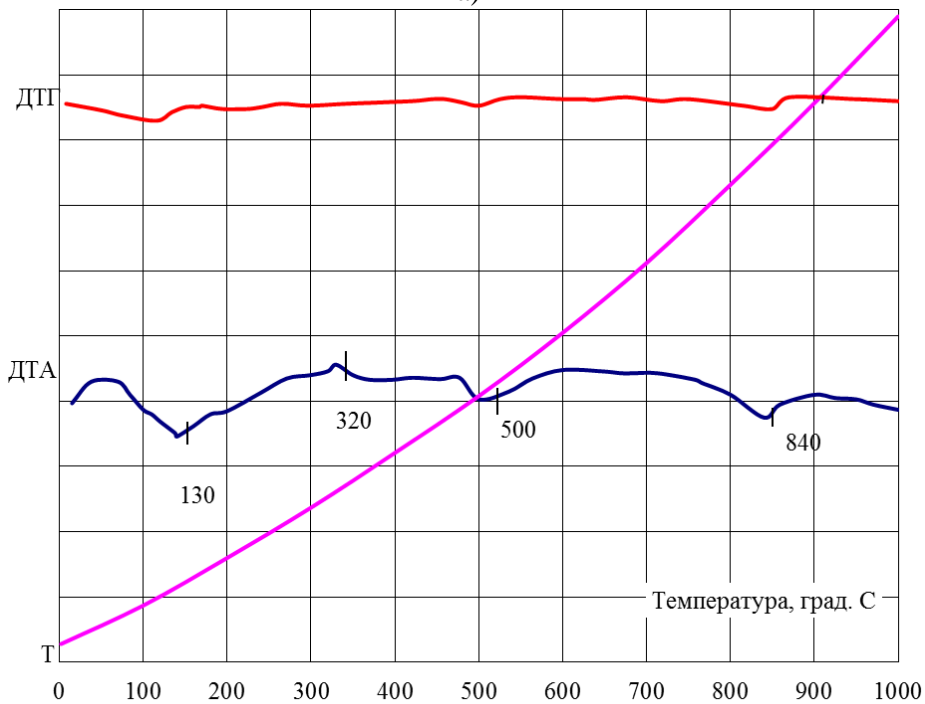


Рис. 1. Рентгенограма розчину на основі:
а – портландцементу; б – модифікованого в'язучого

Результати рентгенофазового та диференціально-термічного аналізу розчину (рис. 1, 2) показують, що введення до складу в'язучого на основі портландцементу добавок метаксаоліну та цегельного бою, після 28 діб нормального твердіння, не викликають нових фазово-мінералогічних утворень порівняно із зразками без добавки, а лише впливають на кількісний мінералогічний склад. Спостерігаються інтенсивніше виражені гидросилікатні фази і зменшення кристалізаційного гідроксиду кальцію. Втрата маси зразків з добавками (9,8%) більша ніж у бездодаткових (7,8%), що свідчить про більш високий рівень гідратації (рис. 2).



а)



б)

Рис. 2. Диференціально-термічний аналіз розчину на основі:
а – портландцементу; б – модифікованого в'язучого

Дослідження мікроструктури в'язучого проводили за допомогою електронного растрового мікроскопа РЕМ-106І.

На мікрофотографіях розчину на основі модифікованого в'язучого (рис. 3) видно гель із гідросилікатів кальцію на поверхні диспергованих зерен цементу, розмір яких 3-5 мкм, 1-3 мкм. Добре помітні кластери із гідросилікатів кальцію, розміром 6 мкм. Також видно волокна гідросульфоалюмінату кальцію.

На рис. 4 представлені мікрофотографії структури модифікованого в'язучого без кремнеземистого компонента. На першій мікрофотографії (рис. 4, а) представлений скол поверхні в'язучого. Є аморфна фаза. На другій мікрофотографії (рис. 4, б) видно дуже дрібні зерна цементу розміром 1-3 мкм, а також кластери, що складаються з гідросилікатів кальцію розміром 0,5-3 мкм. На третьому знімку (рис. 4, в) також видно кластери з гідросилікатів кальцію розміром 0,5-3 мкм та дрібні зерна цементу розміром 3-5 мкм.

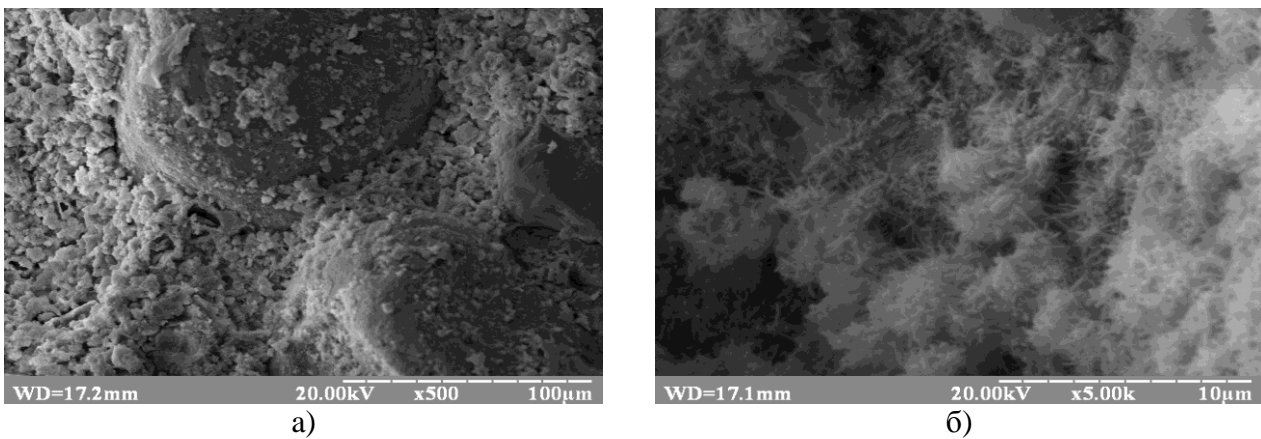


Рис. 3. Мікроструктура розчину на основі модифікованого в'язучого:
а – збільшення 500 (100 мкм); б – збільшення 5000 (10 мкм)

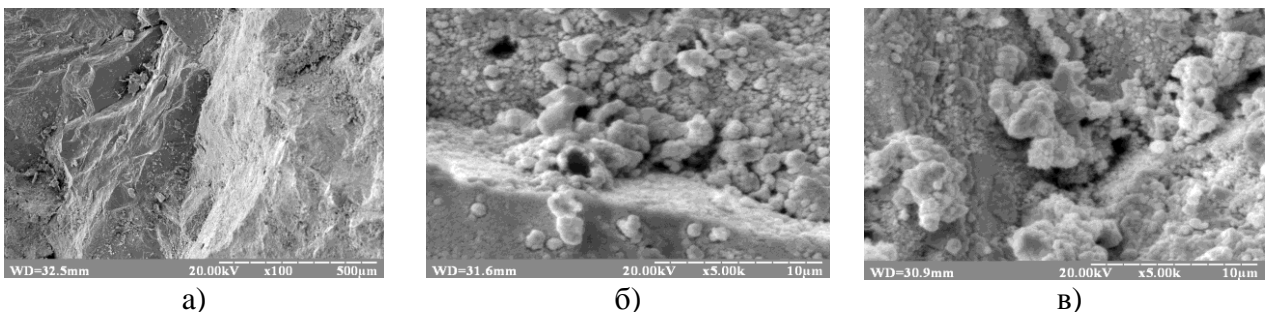


Рис. 4. Мікроструктура модифікованого в'язучого (без кремнеземистого компонента):
а – збільшення 100 (500 мкм); б, в – збільшення 5000 (10 мкм)

Висновки. В результаті досліджень встановлено оптимальне співвідношення складових модифікованого в'язучого (портландцементу, метакаоліну, цегельного бою), отримані математичні моделі, що описують залежність міцності на розтяг при згині та міцності на стиск від його складу.

Результати рентгенофазового та диференціально-термічного аналізу показують, що введення до складу в'язучого на основі портландцементу добавок метакаоліну та цегельного бою, після 28 діб нормального твердіння, не викликають нових фазово-мінералогічних утворень порівняно із зразками без добавки, а лише впливають на кількісний мінералогічний склад. Спостерігаються інтенсивніше виражені гідросилікатні фази і зменшення кристалізаційного гідроксиду кальцію.

На мікрофотографіях структури комплексного в'язучого чітко проглядається монолітна структура цементного каменю, видно дисперговані лугом зерна цементу, піску та кластери із гідросилікатів кальцію.

Література

1. Шабанова Г.Н., Рыщенко М.И., Федоренко Е.Ю., Лисачук Г.В. Техногенные материалы и промышленные отходы как источник сырья для производства строительных материалов. Экология и химическая промышленность. 2013. № 4. С. 10-16.
2. Круць Т.М. Принципи стратегії сталого розвитку в цементній промисловості / Т.М. Круць, І.М. Гев'юк, М.А. Саницький, Т.П. Кропивницька. Будівельні матеріали та вироб. 2015. № 3-4. С. 16-19.
3. Müller A., Recycling of masonry rubble – Status and new utilization methods (Part 1). Fachtagung Recycling. 2003, pp. 17–25.
4. Müller A., Recycling of masonry rubble – Status and new utilization methods (Part 2). Fachtagung Recycling. 2003, pp. 42–46.
5. Robayo R.A., Mulford A., Munera J., Gutiérrez R.M.de. Alternative cements based on alkali-activated red clay brick waste. Construction and Building Materials. 2016. Vol. 128, pp. 163–169.
6. Sassoni E., Pahlavan P., Franzoni E., Bignozzi M.C. Valorization of brick waste by alkali-activation: A study on the possible use for masonry repointing. Ceramics International. 2016. Vol. 42, pp. 14685–14694.
7. Abdelghani Naceri, Makhloufi Chikouche Hamina. Use of waste brick as a partial replacement of cement in mortar. Waste Management. 2009. Vol. 20 (8), pp. 2378–2384.
8. Nerka V., Šlíková Z., Tesáreka P., Plachý T., Frankeová D., Petráová V. Comprehensive study on mechanical properties of lime-based pastes with additions of metakaolin and brick dust. Cement and Concrete Research. 2014. Vol. 64, pp. 17–29.
9. Laukaitis A., Keriene J., Kligys M., Mikulskis D., Lekunaite L. Influence of amorphous nanodispersive SiO₂ additive on structure formation and properties of autoclaved aerated concrete. Materials Science (Med iagotyra). 2010. No. 16 (3), pp. 257–263.
10. Штарк Йохен, Вихт Берид. Цемент и известь /пер. с нем. А. Тулаганова. Под ред. П. Кривенко. Киев, 2008. 480 с.
11. Дворкін Л.Й. Метакаолін в будівельних розчинах і бетонах: Монографія. Л.Й. Дворкін, Н.В. Лушнікова, Р.Ф. Рунова, В.В. Троян. К: Видавництво КНУБіА, 2007. 216 с.
12. Kostuch J.A., Walters G.V., Jones T.K. High performance concrete incorporating metakaolin airview. Concrete 2000 Conference, University of Dundee. 1993.
13. Виробнича компанія «META D». URL: <https://meta-d.com.ua/>

References

- [1] G.N. Shabanova, M.I. Rishchenko, Ye.Yu. Fedorenko, G.V. Lisachuk, "Tekhnogennie materialy i promishlennye otkhodi kak istochnik sirya dlya proizvodstva stroitelnykh materialov", *Ekologiya i khimicheskaya promishlennost*, no. 4, pp. 10-16, 2013.
- [2] T.M. Kruts, I.M. Heviuk, M.A. Sanytskyi, T.P. Kropyvnytska, "Pryntsypy stratehii staloho rozvytku v tsementnii promyslovosti", *Budivelni materialy ta vyroby*, no. 3-4, pp. 16-19, 2015.
- [3] A. Müller, *Recycling of masonry rubble – Status and new utilization methods (Part 1)*. Fachtagung Recycling, pp. 17–25, 2003.
- [4] A. Müller, *Recycling of masonry rubble – Status and new utilization methods (Part 2)*, Fachtagung Recycling, pp. 42–46, 2003.
- [5] R.A. Robayo, A. Mulford, J. Munera, R.M.de. Gutiérrez, "Alternative cements based on alkali-activated red clay brick waste", *Construction and Building Materials*, vol. 128, pp. 163–169, 2016.
- [6] E. Sassoni, P. Pahlavan, E. Franzoni, M.C. Bignozzi, "Valorization of brick waste by alkali-activation: A study on the possible use for masonry repointing", *Ceramics International*, vol. 42, pp. 14685–14694, 2016.

- [7] Abdelghani Naceri, Makhloufi Chikouche Hamina, "Use of waste brick as a partial replacement of cement in mortar, *Waste Management*, vol. 20 (8), pp. 2378–2384, 2009.
- [8] V. Nerka, Z. Sliková, P. Tesáreka, T. Plachý, D. Frankeová, V. Petráová, "Comprehensive study on mechanical properties of lime-based pastes with additions of metakaolin and brick dust, *Cement and Concrete Research*, vol. 64, pp. 17–29, 2014.
- [9] A. Laukaitis, J. Keriene, M. Kligys, D. Mikulskis, L. Lekunaite, "Influence of amorphous nanodispersive SiO₂ additive on structure formation and properties of autoclaved aerated concrete", *Materials Science (Med iagotyra)*, no. 16 (3), pp. 257–263, 2010.
- [10] Shtark Yokhen, Vikht Berid. *Tsement i izvest / per. s nem. A. Tulaganova*. Pod red. P. Krivenko. Kiev, 2008.
- [11] L.I. Dvorkin, N.V. Lushnikova, R.F. Runova, V.V. Troian, *Metakaolin v budivelnykh rozchynakh i betonakh*: Monohrafiia. K: Vydavnytstvo KNUBiA, 2007.
- [12] J.A. Kostuch, G.V. Walters, T.K. Jones, "High performance concrete incorporating metakaolin airview", *Concrete 2000 Conference*, University of Dundee. 1993.
- [13] Vyrobnycha kompaniia «META D». [Online]. Available: <https://meta-d.com.ua/> Accessed on: December 19, 2024.

STUDY OF MODIFIED BINDER FOR PRODUCTION OF AERATED CONCRETE

¹Zibrov I.F., postgraduate student,
ivanzibrov44@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9384-985X

¹Radkevich A.V., Dr., Professor,
a.v.radkevich@ust.edu.ua, ORCID: 0000-0001-6325-8517
¹Ukrainian State University of Science and Technologie, Dnipro
2 Lazaryana St., Dnipro, 49010, Ukraine

Abstract. In the case of energy saving, the main direction in the technology of modern wall materials is to reduce the density in order to achieve better thermal performance while simultaneously increasing the strength characteristics, i.e. creation of effective wall materials. One of these materials is aerated concrete, which is successfully used all over the world. One of the ways to increase the physical and mechanical properties of the binder as the main component of aerated concrete and to expand the raw material base can be the use of waste from all kinds of production, as well as the secondary use of damaged building materials from destroyed buildings and structures as a result of hostilities (recycling). The purpose of the research is to obtain aerated concrete on a modified binder using recycling of destroyed building materials. At this stage, a modified binder is being studied. As a result of the research, the optimal ratio of the components of the modified binder (Portland cement, metakaolin, brick mortar) was determined. Mathematical models describing the dependence of the bending and compression strength of the binder on its composition were obtained. The results of X-ray phase and differential thermal analysis show that the introduction of methacoaline and brick mortar additives into the binder based on Portland cement, after 28 days of normal hardening, do not cause new phase and mineralogical formations compared to samples without additives, but only affect the quantitative mineralogical storage. More intensively expressed hydro-silicate phases and a decrease in crystallization calcium hydroxide are observed. The micrographs of the structure of the obtained binder clearly show the monolithic structure of the cement stone, the alkali-dispersed cement grains, sand and calcium hydro-silicate clusters are visible.

Keywords: aerated concrete, modified binder, pozzolanic additive, methacoaline, brick battle.

Стаття надійшла до редакції 10.01.2024

PROPERTIES OF CONCRETE AND FIBER-REINFORCED CONCRETE FOR BASES OF ROAD CLOTHES BASED ON SECONDARY AGGREGATES WITH HETEROGENEOUS COMPOSITION

¹**Kroviakov S.O.**, Doctor of Engineering, Professor,
skrovyakov@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0800-0123

¹**Chystiakov A.O.**,
artemchis@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8424-842X

¹*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*
4, Didrichson street, Odessa, 65029, Ukraine

Abstract. The problem of disposal of concrete scrap of dismantled building structures is relevant for most countries of the world. For Ukraine, this problem is even more acute due to the significant amount of destruction caused by hostilities and rocket attacks.

In current research the properties of concrete and fibre-reinforced concrete for the bases of road clothes based on natural and secondary aggregates were compared: granite river gravel, secondary crushed stone with a heterogeneous composition, quartz sand and secondary sand from recycled reinforced concrete structures. CEM III/A slag Portland cement with a blast furnace slag content of 65% and a polycarboxylate type superplasticizer were used.

Three series of samples were studied: without fibre; with glass fibre ANTI-CRAK HP 12 (length 12 mm, diameter 0.017 mm, equivalent thread diameter 0.3 mm) in the amount of 1 kg/m³; with polypropylene fibre BeneSteel 55 (length 55 mm, equivalent thread diameter 0.48 mm) in the amount of 4 kg/m³. In each series, concrete on granite gravel and quartz sand, concrete on secondary crushed stone and quartz sand, concrete on secondary crushed stone and secondary sand were studied. The workability of all mixtures was equal to S1.

Due to the use of different types of aggregates and fibres, the W/C of concrete mixtures differed significantly. Concretes on secondary aggregates had a higher W/C than on natural aggregates. When using the Anti-Crak HP 12 fibre, the mobility of mixtures with equal W/C increased by 5.5 – 6.9 %. When using BeneSteel 55 fibre, W/C increased by 10.6 – 15.5 %.

The type of aggregate had a significant effect on the average density of concrete. When using secondary crushed stone and quartz sand, the average density decreased by 3.8 – 4.6 %. When using secondary crushed stone simultaneously with secondary sand, the average density of concrete decreased by 5.2 – 8.5 %. When using Anti-Crak HP 12 fiber, the average density of concrete decreases by 2 %, when using BeneSteel 55 fibre – up to 4.1 %.

Concretes on secondary crushed stone with heterogeneous composition and quartz sand had 4 % higher compressive strength and 2 % higher tensile strength in bending than concretes on granite gravel and similar sand (29.8 MPa and 3.18 MPa, respectively). When secondary crushed stone is used simultaneously with secondary sand, the compressive strength of concrete is only 1.1 % lower than the strength of concrete on natural aggregates, and the tensile strength in bending is 10 % lower. This confirms the possibility of effective use of these concretes for arranging of bases of road clothes. The high-quality performance of secondary aggregates in concrete explains due to their better adhesion to the cement-sand matrix.

Dispersed fibre reinforcement with Anti-Crak HP 12 has a positive effect on the compressive strength of concrete on all types of aggregate and increases the tensile strength of concrete on natural aggregates. The use of BeneSteel 55 fibre was not effective due to a significant increase in the W/C of the mixture when it was introduced. In general, taking into account the economic factor, dispersion reinforcement of concrete on secondary aggregates with the types of fibres used in the research is not advisable.

Key words: secondary crushed stone, heterogeneous composition, secondary sand, secondary concrete aggregates, polymer fiber, plasticizer, base of road clothing, strength.

Introduction. The problem of processing and disposal of concrete scrap and dismantled building structures is relevant for all developed countries of the world. This is due to the fact that the buildings, which were massively constructed in the second half of the 20th century, are physically and morally outdated and are gradually being decommissioned. For Ukraine, the problem of disposal of concrete scrap is even more acute due to the significant amount of destruction of buildings and structures as a result of hostilities and shelling.

The most effective method of using of demolished building structures is their processing into secondary crushed stone. The technologies of such processing are constantly improving. However, the heterogeneity of secondary crushed stone still remains one of the main limiting factors for its mass application for concrete production.

During processing of concrete structures that were damaged as a result of hostilities, it is even more difficult to achieve homogeneity of the secondary material. This is because the dismantling of the structures is not carried out according to the plan with using of optimal demolition technologies and in conditions of probable additional contamination with associated materials.

Accordingly, the mass use of secondary aggregates, especially in the conditions prevailing in Ukraine, is possible in structures that do not have high requirements for strength and frost resistance. To such structures include bases of road clothing. The urgency of arranging of concrete bases for road clothing is due to the constant increase in the load on the road network. For Ukraine, it is also caused by large amounts of destruction of the transport infrastructure, which must be restored.

One of the most important quality indicator for concrete bases of road clothing is the tensile strength in bending. It is known that dispersed reinforcement is an effective and relatively inexpensive method of increasing of the tensile strength of concrete. Accordingly, it is relevant to study the effect of dispersed reinforcement on the properties of concrete bases of road clothing on secondary aggregates.

Analysis of research and publications. Concrete is one of the most common construction materials in the world, including for road construction [1]. In road construction, the largest volumes of concrete are used for the arranging of hard road surfaces. It is known that rigid cement concrete pavements have certain advantages over non-rigid asphalt concrete pavements at relatively close cost of construction. The main advantages are high durability and resistance to rut formation [2]. Due to this, in the developed countries of the world, in particular in Ukraine, the share of roads with rigid cement concrete pavement is gradually increasing [3, 4].

Concrete on secondary aggregates has the prospect of use for the bases of road clothing, which are arranged to reduce the pressure on the soil of the subgrade. Concrete bases allow to redistribute the load from transport over a larger area, which has a positive effect on the durability and quality of roads [5]. The base layers of road clothing are made of cement concrete of relatively low strength. According to Ukrainian norm GBN B.2.3-37641918-557:2016, it is recommended to use concretes with tensile strength class B_{tb} 1.0 and B_{tb} 1.2 for bases [6]. The requirements for the frost resistance of the concrete bases of road clothing are also not strict. According to DBN B.2.3-4:2015, when the average monthly temperature of the coldest month is up to minus 5 °C, frost resistance must be at least F25, at temperatures up to minus 10 °C – at least F50 [5].

There is experience in the use of concrete on secondary aggregates for the arrangement of the bases of road clothing. For example, concrete with strength of up to 6 MPa was obtained in research [7] using secondary crushed stone and sand, as well as blast furnace slag as a binder. In [8], waste from the dismantling of buildings was used in bases concrete, while laying the base layer was carried out by the rolling method. About 20,000 tons of secondary concrete aggregates were used in the construction of the base of the 2-kilometer section of the Lahti highway in Finland. The experience of operating this heavily trafficked area has shown its high quality [9]. Approximately 25.000 m³ of secondary aggregates were used for the concrete base of the airfield surface during the reconstruction of the Lisbon airport. The secondary crushed stone obtained during the dismantling of the old coating had a maximum size of 40 mm. The average density of concrete based on it was 2026 – 2116 kg/m³, and water absorption – from 6.7 to 9.0 %. According to experts' estimates, this

decision made it possible to save about 500.000 euros [10]. Directly secondary crushed stone was used for arranging of the basement of highways, in particular temporary ones, backfilling sites for parking equipment, etc. [11].

Control of the structure and properties of concrete on secondary aggregates is carried out by methods that are generally similar to methods of controlling of "ordinary" concrete on mass-using aggregates [12]. For concrete road surfaces and their bases, dispersed reinforcement is one of the most effective methods of increasing the tensile strength, frost resistance, and wear resistance [13, 14]. Various types of fibres are used in road construction, but polypropylene, glass, and basalt fibres are the most effective considering cost and corrosion resistance [15, 16]. The introduction of dispersed reinforcement also makes it possible to reduce the opening width of cracks in the road surface and change the nature of its destruction from brittle to ductile [15-18].

The mentioned above confirms the relevance of the study of the possibility of improving the quality of concrete for the bases of road clothing based on secondary aggregates by the use of dispersed reinforcement with resistant to corrosion fibre.

The purpose of the work is to determine the impact on the concrete properties for the bases of road clothes of secondary crushed stone with a heterogeneous composition and secondary sand, as well as dispersed reinforcement with resistant to corrosion fibres of different geometries.

Research materials and methods. The properties of concrete and fibre concrete on natural and secondary aggregates were compared.

In the experimental studies, two types of coarse aggregate of fraction 8-16 mm were used (DSTU B EN 12620:2013 [19]):

- granite river gravel mined in Slovakia in the floodplain of the Danube River. Bulk density of gravel 1570 kg/m³, water absorption 0.70 %. It was selected as one of the most widespread aggregate types in Central Europe;

- secondary coarse aggregate (crushed stone) with a heterogeneous composition. Approximate composition of this coarse aggregate: 35.8 % of cement-sand concrete matrix; 30.2 % of granite combined with cement-sand matrix; 24.68 % of pure granite; 9 % of pieces of brick and ceramic tiles; 0.8 % of asphalt concrete; 0.4 % of steel wire. The bulk density of this crushed stone is 1170 kg/m³, water absorption is 13.03 %. Such coarse aggregate is as close as possible to mass secondary crushed stone available on the construction market. It can also be considered close to heterogeneous crushed stone, which is obtained during the processing of destroyed buildings and structures.

Two types of sand with a fraction of 0 – 4 mm were used as fine aggregate [19]:

- quartz sand with fineness modulus 3.19, the bulk density is 1850 kg/m³;

- secondary sand from recycled reinforced concrete structures. The fineness modulus of this sand is 3.83, the bulk density is 1500 kg/m³.

Portland slag cement CEM III/A manufactured by CRH Cement Multicem, Germany, with a blast furnace slag content of 65 % was used as a binder. This choice of cement is due to the need to maximize the use of secondary resources, in particular metallurgical waste.

Additive superplasticizer polycarboxylate type Soudal Soudaplast manufactured by Soudal, Czech Republic was used. The additive was introduced in a rational amount of 1.2 % of the mass of cement. The rational quantity was determined as a result of previous experiments.

Two types of fibre were used as dispersed reinforcement:

- Anti-Crak HP 12, glass fiber, fiber length is 12 mm, fiber diameter is 0.017 mm, equivalent thread diameter is 0.3 mm. Tensile strength according to EN 14889-2 is 1000...1700 MPa. Manufacturer is Owens Corning, USA [20].

- BeneSteel 55, polypropylene fibre, fibre length is 55 mm, equivalent diameter is 0.48 mm. Tensile strength according to EN 14889-2 is 610 MPa. Manufacturer is SKLOCEMENT BENES, Czech Republic [21].

Three series of samples were studied, respectively without fibre (1a – 3a), with ANTI-CRAK HP 12 fibre in the amount of 1 kg/m³ (1b – 3b) and with BeneSteel 55 fibre in the amount of 4 kg/m³ (1c – 3c). This amount of fibre was chosen in accordance with the recommendations of

manufacturers and the results of previous experiments. In each series, the following were investigated: concrete based on granite gravel and quartz sand as a control composition; concrete using secondary crushed stone and quartz sand; concrete using secondary crushed stone and secondary sand. The workability of all mixtures was equal to S1, with cone slump (CS) = 1...2 cm. Such workability meets the requirements of DBN B.2.3-4:2015 [5]. The amount of water was accordingly adjusted depending on the composition of the concrete mixture. The compositions of the studied concretes and fibre concretes of the bases of road clothes are shown in Table 1.

Table 1 – Compositions of the studied concretes and fibre concretes for the bases of road clothes

No	Cement (kg/m ³)	Coarse aggregate (type, kg/m ³)	Sand (type, kg/m ³)	Additive (kg/m ³)	Fiber (type, kg/m ³)	Water (l/m ³)	W/C
First stage of experiment							
1a	300	granite gravel, 1252	quartz, 752	3.6	-	129	0.430
2a		secondary, 1102				166	0.553
3a		secondary, 1050	secondary, 744			190	0.633
Second stage of experiment							
1b	300	granite gravel, 1252	quartz, 740	3.6	Anti-Crak HP 12, 1.0	137	0.457
2b		secondary, 1102				175	0.583
3b		secondary, 1050	secondary, 722			203	0.677
Third stage of experiment							
1c	300	granite gravel, 1232	quartz, 737	3.6	BeneSteel 55, 4.0	149	0.497
2c		secondary, 1092				185	0.617
3c		secondary, 1030	secondary, 719			210	0.700

Research results. As can be seen from Table 1, due to the use of different types of aggregates, the water consumption and, accordingly, the W/C of concrete mixtures differed significantly. Also, the presence and type of dispersed reinforcement influenced on W/C of the mixtures. In Fig. 1 shown a diagram built according to the data of Table 1, which reflects the influence of the type of aggregate and fibre on the W/C of mixtures of equal mobility.

Analysis of the diagram shows that concretes and fibre concretes on granite gravel and quartz sand are as expected have the lowest W/C. When using secondary crushed stone with a heterogeneous composition, due to the water absorption of the aggregate, the W/C of the mixtures increases. When secondary crushed stone is used simultaneously with secondary sand, the W/C increases to an even higher level, to 0.633 – 0.7. However, it can be noted that most of the additional water in these concrete mixtures will be adsorbed by the porous aggregate. Accordingly, increasing of W/C in this case plays a double role. On the one hand, the content of free water increases, which affects the porosity of hardened concrete, on the other hand, the conditions of hardening of the material and the adhesion of the cement-sand matrix to the aggregate improve [22].

For concrete on all types of aggregates, when using Anti-Crak HP 12 fibre (in the amount of 1 kg/m³), the W/C of mixtures of equal mobility increases by 5.5 – 6.9 %. When using BeneSteel 55 fibre (in the amount of 4 kg/m³), the W/C of the mixtures increases by 10.6 – 15.5 % compared to mixtures without dispersed reinforcement. That is, despite the larger diameter and length due to the higher fibre dosage, BeneSteel 55 requires the use of more water to ensure the necessary mobility of the mixture.

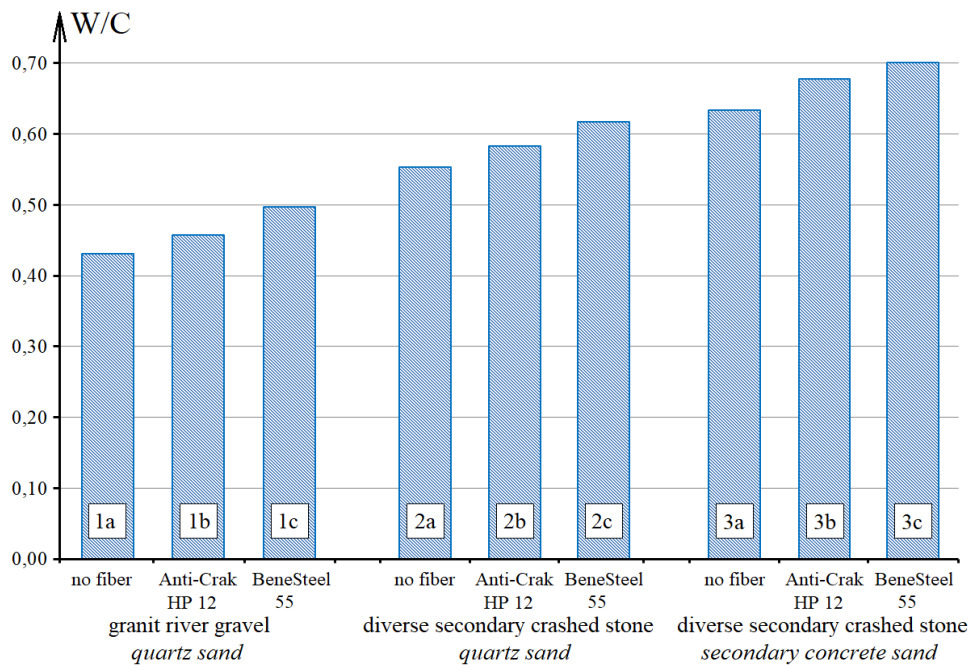


Fig. 1. Influence of the type of aggregates and fibre on the W/C of concrete mixtures (CS = 1...2 cm)

For all studied concretes and fibre concretes, their average density, compressive strength and tensile strength in bending were determined (Table 2).

Table 2 – Physical and mechanical characteristics of the studied concretes and fibre concretes

№	Average density (kg/m ³)	Compressive strength (MPa)	Tensile strength in (MPa)
1a	2346	28.1	3.12
2a	2258	29.2	3.18
3a	2224	27.8	2.78
1b	2339	29.8	3.41
2b	2230	32.7	3.29
3b	2179	28.9	2.78
1c	2331	27.4	2.93
2c	2226	29.0	3.04
3c	2132	26.3	2.65

In Fig. 2 shown a diagram built according to the data of Table 2, which shows the influence of the type of aggregates and fibre on the average density of the studied concretes for the bases of road clothes. As can be seen from the diagram, the average density of the studied concretes is mainly influenced by the type of aggregate. Concrete and fibre concrete on granite gravel and quartz sand have the highest density. Concretes based on secondary crushed stone with a heterogeneous composition and quartz sand have a 3.8 – 4.6 % lower average density. When using secondary crushed stone simultaneously with secondary sand, the average density of concrete is 5.2 – 8.5 % lower compared to concrete on granite gravel. When using dispersed reinforcement, due to the increase in the W/C mixture, the average density of concrete on all types of aggregate decreases – up to 2 % when using Anti-Crak HP 12 fibre and up to 4.1 % when using BeneSteel 55 fibre.

However, the type of aggregates and fibres had a different effect on the strength of the studied concretes than on the average density of the material. The compressive strength of the studied concretes and fibre concretes for the bases of road clothing is shown in the diagram in Fig. 3.

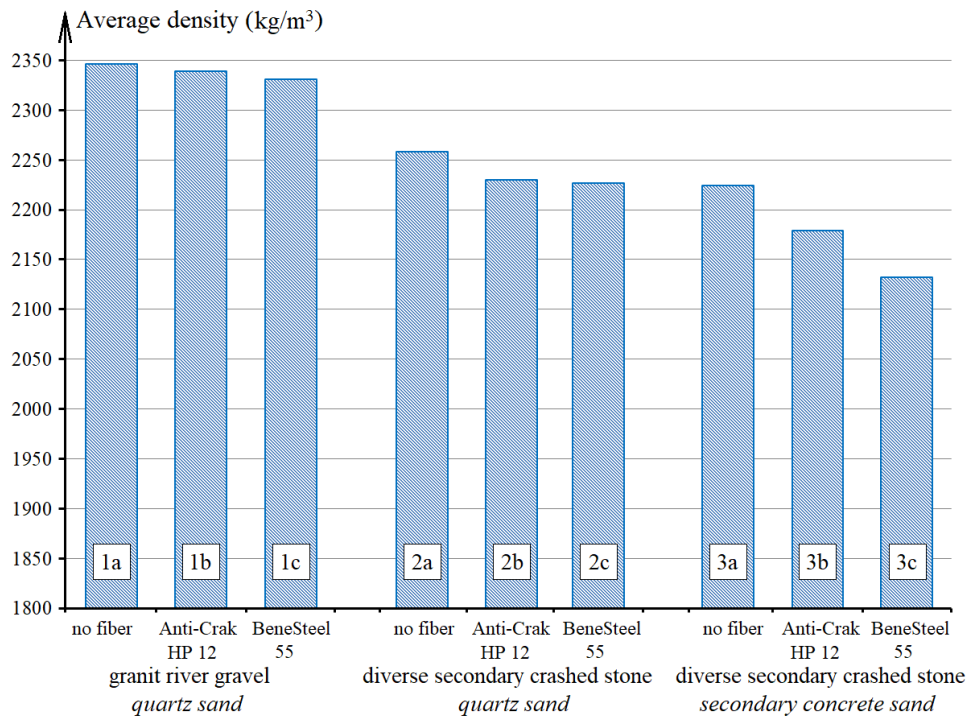


Fig. 2. Influence of the type of aggregates and fibre on the average density of concrete

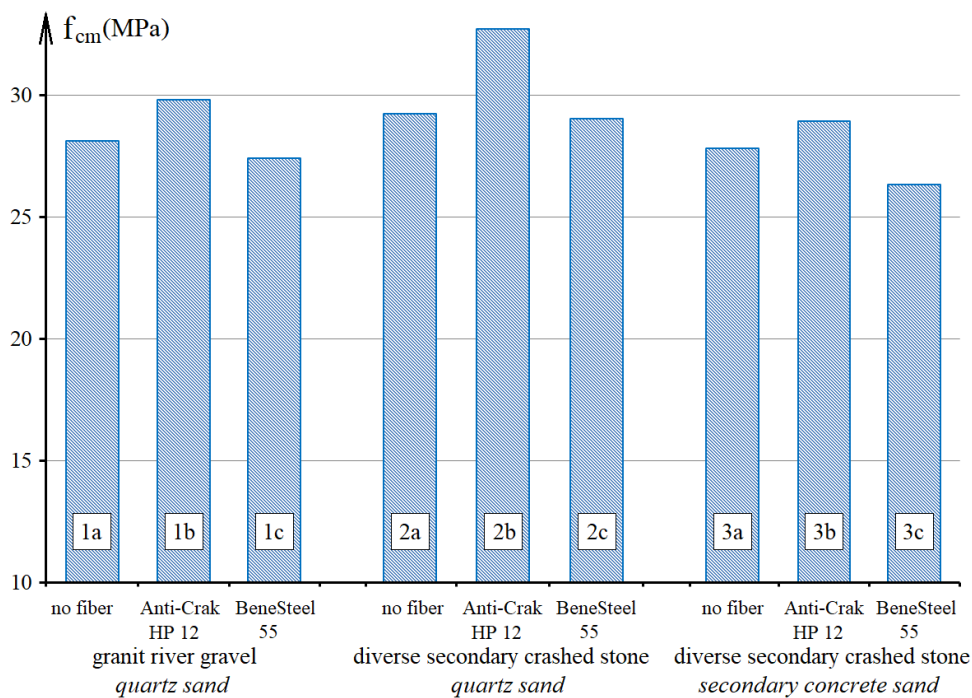


Fig. 3. Influence of the type of aggregates and fibre on the compressive strength of concrete

Analysis of the diagram and data in Table 2 shows that the strength of concrete on secondary crushed stone with a heterogeneous composition and quartz sand was 1.1 – 2.9 MPa (3.9 – 9.7 %) higher than the strength of concrete on granite gravel and similar sand. This is explained by the fact that the gravel has a worse adhesion to the cement-sand matrix, than the gravel with streamline shape [23]. In addition, as noted above, secondary crushed stone, due to its own porosity, provides an additional increase in adhesion with the matrix and improves concrete hardening conditions due to "internal care" [22, 23]. The confirmation of such a structure-forming role of porous aggregate is also the fact that concretes on secondary crushed stone and secondary sand had a compressive strength of only 0.3 – 1.1 % lower than concretes on granite gravel and quartz sand.

Dispersed fibre reinforcement with Anti-Crak HP 12 has a positive effect on the compressive strength of concrete on all types of aggregate, even despite a small increase in W/C mixtures. The strength of concrete with this type of fibre is 4.0 – 11.8 % higher than the strength of non-reinforced concrete on similar aggregates. However, the use of BeneSteel 55 fibre was not effective. Concretes dispersed-reinforced with this type of fibre showed 0.7 – 5.4 % lower strength than similar concretes without fibre. That is, the effect of a significant increase in W/C of the mixture, which was necessary when using this type of fibre, was not compensated by the effect of dispersed reinforcement on the redistribution of loads on the concrete structure.

As defined above, the main requirement for concretes for the bases of road clothing is their tensile strength in bending [6]. This is due to the loads acting on road structures. In Fig. 4 presented a diagram showing the effect of the type of aggregates and fibre on the tensile strength in bending of the tested concretes.

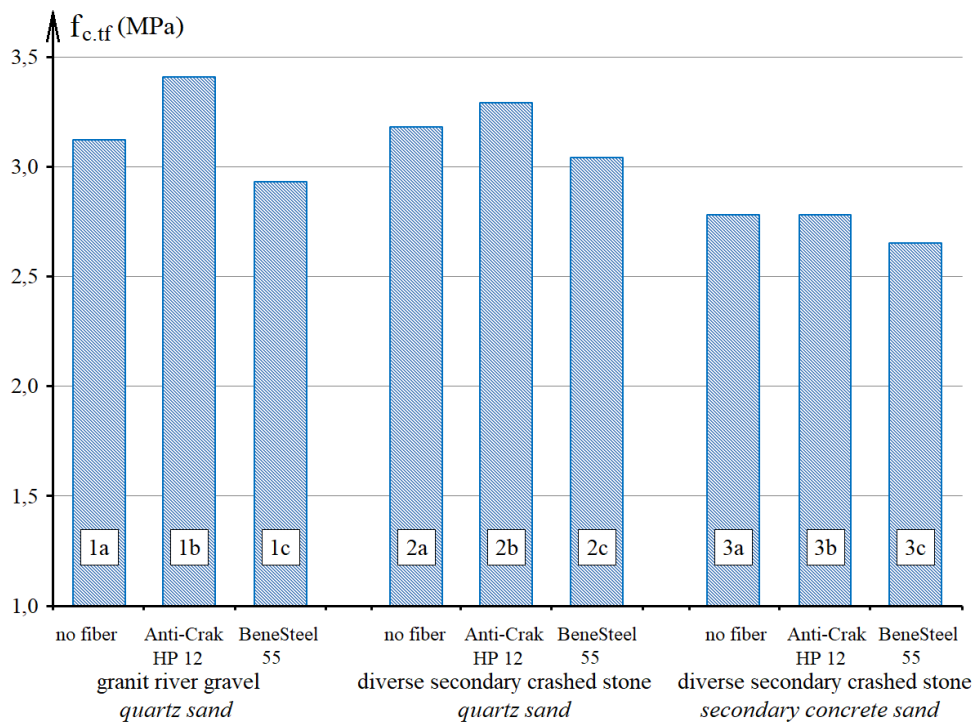


Fig. 4. Influence of the type of aggregates and fibre on the tensile strength in bending of concrete

Analysis of the diagram and data in Table 2 shows that concrete without dispersed reinforcement on secondary crushed stone with heterogeneous composition and quartz sand (2a) had tensile strength similar to concrete on granite gravel (1a). The determined tensile strength of composition 2a was even 2 % higher than the strength of composition 1a. When using both coarse and fine secondary aggregates (3a), the tensile strength in bending of concrete is only 10.8 % less than the strength of the "basic" composition 1a. That is, concretes on secondary aggregates are characterized by sufficiently high tensile strength in bending. This is also due primarily to the high adhesion of the aggregate to the sand-cement matrix, which increases the resistance to tensile stresses [22].

However, the effectiveness of dispersed reinforcement in concrete on secondary aggregates from the point of view of increasing of tensile strength was low. When using Anti-Crak HP 12 fibre, the flexural strength of concrete on granite gravel and quartz sand increases by 9.3 %. Similar dispersed reinforcement of concrete on secondary crushed stone and quartz sand reduces its tensile strength by only 3.5 %, which is within the accuracy of the experiment. For concretes on secondary crushed stone and secondary sand, reinforcement with Anti-Crak HP 12 fiber had no effect on the level of tensile strength.

Such a difference in the effectiveness of dispersed reinforcement for concrete based on natural and secondary aggregates can be explained by their different structure. More porous secondary

aggregates, as shown above, provide relatively high tensile strength in bending. However, their own strength is lower than the strength of natural aggregates (gravel and quartz sand). Rubble of secondary aggregates can pinch the fibres of dispersed reinforcement, which affects their work in the composite material.

From the point of view of influence on tensile strength in bending, the use of BeneSteel 55 fibre in the studied concretes was not effective, as well as from the point of view of influence on compressive strength.

Conclusions and prospects for further research. The studied concretes on secondary crushed stone with heterogeneous composition, including concretes on secondary sand, have compressive strength from 26.3 to 32.7 MPa and tensile strength in bending from 2.65 to 3.29 MPa. That is, the strength of concrete obtained in laboratory conditions on secondary aggregates is 50 – 100 % higher than the level of minimum requirements for the strength of concrete for a monolithic bases according to DBN B.2.3-4:2015 [5] and GBN B.2.3-37641918-557:2016 [6]. This confirms the prospect of effective use of these concretes for the bases of road clothing, even taking into account the poorer quality of similar concretes during their industrial production.

The impracticality of using of the fibre types used in these studies in concrete on secondary crushed stone with a heterogeneous composition of dispersed reinforcement has been experimentally established. The introduction of fibre did not significantly improve the strength of concrete. Taking into account the economic factor, it is not possible to recommend the use of this type of dispersed reinforcement.

In further studies, it is planning to study the effect of dispersed reinforcement on the frost resistance of concrete on secondary aggregates, in particular when using cements with a high content of slag.

References

- [1] B.I.O. Dahunsi, A. Busari, J. Akinmusuru, "Review of sustainability in self-compacting concrete: the use of waste and mineral additives as supplementary cementitious materials and aggregates", *Portugaliae Electrochimica Acta*, 36 (3), pp. 147-162, 2018. <http://doi.org/10.4152/pea.201803147>.
- [2] S.A. Taher, S. Alyousify, H.J.A. Hassan, "Comparative study of using flexible and rigid pavements for roads: a review study", *Journal of University of Duhok*, 32 (2), pp. 222-234, 2021. <https://doi.org/10.26682/csjuod.2020.23.2.18>.
- [3] E. Hoxha, H.R. Vignisdottir, D.M. Barbieri, F. Wang, R.A. Bohne, T. Kristensen, A. Passer, "Life cycle assessment of roads: Exploring research trends and harmonization challenges", *Science of the total environment*, 759, 143506, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143506>.
- [4] A. Bezuhlyy, L. Kripka, "Ukrayina – kurs na avtomobil'ni dorohy iz tsementobetonnyh pokrytyam", *Budivel'ni materialy ta vyroby*, 1-2(102), pp. 26-29, 2021. <https://doi.org/10.48076/2413-9890.2021-102-04>.
- [5] DBN V.2.3-4:2015. Avtomobil'ni dorohy. Sporudy transportu. Chastyna I. Proektuvannya. Chastyna II. Budivnytstvo. Minrehionbud Ukrayiny, 2015.
- [6] HBN V.2.3-37641918-557:2016. Avtomobil'ni dorohy. Dorozhniy odyah zhorstkyy. Proektuvannya. Ministerstvo infrastruktury Ukrayiny, 2016.
- [7] F. Juveria, P. Rajeev, P. Jegatheesan, J. Sanjayan, "Impact of stabilisation on mechanical properties of recycled concrete aggregate mixed with waste tyre rubber as a pavement material", *Case Studies in Construction Materials*, 18, e02001, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02001>.
- [8] L. Courard, F. Michel, P. Delhez, "Use of concrete road recycled aggregates for Roller Compacted Concrete", *Construction and Building Materials*, 24(3), pp. 390-395, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.08.040>.

- [9] R.V. Silva, J. de Brito, R.K. Dhir, "Use of recycled aggregates arising from construction and demolition waste in new construction applications", *Journal of Cleaner Production*, 236, 117629, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117629>.
- [10] E.M. Fernandes, S. Gomes, F. Gonçalves, *Recycled aggregates for unbound sub-base pavement layers*. Elsamex Portugal, S.A. (Ed.), 2009.
- [11] R.O. Byeloborodov, L.O. Sheynich, "Vykorystannya podribnenoho betonu v budivnytstvi", *Nauka ta budivnytstvo*, 2 (36), pp. 83-86, 2023. <http://doi.org/10.33644/2313-6679-2-2023-9>.
- [12] S.O. Kroviakov, A.O. Chystiakov, A.O. Bershadskyi, T.I. Shevchenko, "Concretes on secondary crushed stone as a promising material for the rigid pavement base", *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 87, pp. 85-91, 2022. <https://doi.org/10.31650/2415-377X-2022-87-85-91>.
- [13] Ž. Kos, S. Kroviakov, V. Kryzhanovskiy, A. Crnoja, "Influence of fibers and hardening accelerator on the concrete for rigid pavements", *Magazine of Concrete Research*, 75 (17), pp. 865-873, 2023. <https://doi.org/10.1680/jmacr.22.00181>.
- [14] M. Hasani, F.M. Nejad, J. Sobhani, M. Chini, "Mechanical and durability properties of fiber reinforced concrete overlay: Experimental results and numerical simulation", *Construction and Building Materials*, 268, 121083, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121083>.
- [15] A. Nobili, L. Lanzoni, A.M. Tarantino, "Experimental investigation and monitoring of a polypropylene-based fiber reinforced concrete road pavement", *Construction and Building Materials*, 47, pp. 888-895, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.05.077>.
- [16] A. Sikandar, M. Ali, "Composition of engineered cementitious composite with local materials, composite properties and its utilization for structures in developing countries", *Engineering Proceedings*, 53(1), 16, 2023. <https://doi.org/10.3390/IOCB2023-15179>.
- [17] U. Marushchak, M. Sanytsky, N. Sydor, S. Braichenko, "Research of impact resistance of nanomodified fiberreinforced concrete", *MATEC Web Conf*, 230, 03012, 2018. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823003012>.
- [18] A. Alsabbagh, S. Wtaife, A. Shaban, N. Suksawang, E. Alshammari, "Enhancement of rigid pavement capacity using synthetic discrete fibers", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 584, 012033, 2019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/584/1/012033>.
- [19] DSTU B EN 12620:2013 Zapovnyuvachi dlya betonu (EN 12620:2002+A1:2008, IDT). Minrehionbud Ukrayiny, 2014.
- [20] Official site of Owens Corning, USA. [Online]. Available: <https://www.owenscorning.com>. Accessed on: December 29, 2023.
- [21] Official site of SKLOCEMENT BENES, Czech Republic. [Online]. Available: <https://www.sklocement.cz>. Accessed on: December 29, 2023.
- [22] S. Kroviakov, V. Volchuk, M. Zavoloka, V. Krizhanovsky, "Search for ranking approaches of expanded clay concrete quality criteria", *Materials Science Forum*, 968, pp. 20-25, 2019. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.968.20>.
- [23] L.Y. Dvorkin, *Mitsnist' betonu*. K.: Kondor, 2021.

ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНІВ І ФІБРОБЕТОНІВ ОСНОВ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ НА ВТОРИННОМУ ЩЕБЕНІ З НЕОДНОРІДНИМ СКЛАДОМ

¹Кровяков С.О., д.т.н., професор,
skrovyakov@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0800-0123

¹Чистяков А.О.,
artemchis@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8424-842X

¹Одеська державна академія будівництва та архітектури
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна

Анотація. Проблема утилізації бетонного брухту і демонтованих будівельних конструкцій є актуальною для більшості країн світу. Для України ця проблема є ще гострішою через значні обсяги руйнувань внаслідок бойових дій та обстрілів.

Порівнювалися властивості бетонів і фібробетонів для основ дорожнього одягу на природних і вторинних заповнювачах: гранітному річковому гравію, вторинному щебені з неоднорідним складом, кварцовому піску і вторинному піску з перероблених залізобетонних конструкцій. Використовувався шлакопортландцемент СЕМ Ш/А з вмістом доменного шлаку 65% і суперпластифікатор полікарбосилатного типу.

Досліджено три серії зразків: без фібри; з скляною фіброю ANTI-CRACK HP 12 (довжина 12 мм, діаметр 0,017 мм, еквівалентний діаметр ниті 0,3 мм) у кількості 1 кг/м³; з поліпропіленовою фіброю BeneSteel 55 (довжина 55 мм, еквівалентний діаметр 0,48 мм) у кількості 4 кг/м³. У кожній серії досліджено: бетон на гранітному гравію та кварцового піску, бетон з використанням вторинного щебеню і кварцового піску, бетон з використанням вторинного щебеню і вторинного піску. Рухомість всіх сумішей була рівною S1.

Завдяки застосуванню різних типів заповнювачів і фібри В/Ц бетонних сумішей суттєво відрізнялося. Бетони на вторинних заповнювачах мали вищу В/Ц, ніж на природних. При використанні фібри Anti-Crack HP 12 В/Ц сумішей рівної рухомості зростало на 5,5-6,9%. При використанні фібри BeneSteel 55 В/Ц підвищувалося на 10,6-15,5%.

Тип заповнювача суттєво впливав на середню густину бетонів. При використанні вторинного щебеню та кварцового піску середня густина знижувалася на 3,8-4,6%. При використанні вторинного щебеню одночасно зі вторинним піском середня густина бетонів знижувалася на 5,2-8,5%. При застосуванні фібри Anti-Crack HP 12 середня густина бетонів знижується на величину до 2%, при використанні фібри BeneSteel 55 – до 4,1%.

Бетони на вторинному щебені з неоднорідним складом та кварцовому піску мали на 4% вищу міцність на стиск і на 2% вищу міцність на розтяг при згині, ніж бетони на гранітному гравію та аналогічному піску (29,8 МПа і 3,18 МПа відповідно). При застосуванні вторинного щебеню одночасно зі вторинним піском міцність бетону на стиск є лише на 1,1% менше міцності бетонів на природних заповнювачах, а міцність на розтяг при згині – на 10% меншою. Це підтверджує можливість ефективного використання даних бетонів в основах дорожнього одягу. Якісна робота вторинних заповнювачів в бетонах пояснюється їх кращою адгезією до цементно-піщаної матриці.

Дисперсне армування фіброю Anti-Crack HP 12 оказує позитивний вплив на міцність на стиск бетонів на всіх типах заповнювача та підвищує міцність на розтяг при згині бетону на природних заповнювачах. Використання фібри BeneSteel 55 не було ефективним через значне підвищення В/Ц суміші при її введенні. В цілому з врахуванням економічного чинника дисперсне армування бетонів на вторинних заповнювачах використаними в дослідженнях типами фібри не є доцільним.

Ключові слова: вторинний щебінь, неоднорідний склад, вторинний пісок, вторинні заповнювачі бетону, полімерна фібра, пластифікатор, основа дорожнього одягу, міцність.

Стаття надійшла до редакції 23.01.2024

**DURABILITY OF RIGID PAVEMENT CONCRETE
REINFORCED WITH BASALT FIBER**

¹**Kroviakov S.O.**, Doctor of Engineering, Professor,
skrovyakov@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0800-0123

¹**Shestakova L.E.**,

shestakova_luba@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3449-8498

¹*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*
4, Didrichsona street, Odessa, 65029, Ukraine

Abstract. The purpose of the work is the development of fiber-reinforced concrete compositions for rigid pavements with properties of high strength, frost resistance and wear resistance due to the use of polycarboxylate type superplasticizer and dispersed reinforcement. The experiments were conducted according to an optimal 3-factor 15-point plan. The following composition factors were varied: the amount of Portland cement CEM I 42.5 R (from 290 to 350 kg/m³); the amount of basalt fiber BAUCON®-bazalt (from 0.9 to 1.5 kg/m³); the amount of polycarboxylate superplasticizer STACHEMENT 2570/5/G (from 0.6 to 1 % by weight of cement). The workability of all developed mixtures was S1, which corresponded to a cone slump 2...3 cm.

Research results shows when increasing the amount of cement and the amount of superplasticizer to 0.9 – 1.0 %, the W/C of the mixtures decreases. The amount of basalt fiber practically does not affect the W/C of the mixture.

Due to increase in the amount of Portland cement, the strength of fiber-reinforced concrete is increases, as expected. With an increase in the amount of basalt fiber to 1.3 – 1.4 kg/m³, the tensile strength in bending of concrete increases by 12 – 21 %, while the compressive strength changes insignificantly. Fiber concrete with a superplasticizer content of about 0.9 % has the highest compressive and tensile strength in bending.

Moreover, due to increase in the amount of Portland cement from 290 to 350 kg/m³, the frost resistance of concrete increases to about 100 cycles. Due to the increase in strength of that composition, the wear resistance of concrete was increased. With an increase in the amount of basalt fiber from 0.9 to 1.3 – 1.4 kg/m³, the wear resistance of concrete increases by 11 – 16 %, and frost resistance increases to approximately 50 cycles. The change in the amount of superplasticizer has little effect on the wear resistance of concrete. However, with an increase in the amount of additive STACHEMENT 2570/5/G from 0.6 to 0.9 % by weight of cement, the frost resistance of fiber-reinforced concrete increases to about 50 cycles.

Fiber concretes with a rational amount of dispersed reinforcement (1.3 – 1.4 kg/m³) and superplasticizer (0.9 %), depending on the amount of cement, have compressive strength from 43 to 60 MPa; tensile strength in bending from 4.9 to 6.4 MPa; wear resistance from 0.31 to 0.37 g/cm² and frost resistance from F200 to F300. This ensures the high durability of the developed fiber-reinforced concrete for rigid pavements.

Keywords: rigid pavement, frost resistance, wear resistance, basalt fiber, superplasticizer, experimental-statistical modeling.

Introduction. To ensure the effective function of the transport system, the task of arranging structurally and functionally stable road surfaces is important. It is known that asphalt concrete coatings are the most widespread today. However, in the conditions of gradually increasing of traffic intensity and high loads on the vehicle axle, rigid cement-concrete coatings became more popular in many countries of the world. Such pavements distributing the load on the base layers and soil more effective, they are not prone to rutting and practically do not change their properties depending on the temperature of the surrounding environment. Also, a significant advantage of cement-concrete pavements is their high durability, which allows to prolong intervals between

repairing maintenance. However, to achieve such important result for the economic and ecological benefits, it is necessary to use concrete with high durability for arranging of road clothes.

In the climatic conditions of Ukraine and most European countries, main indicators that ensure the durability of rigid pavements are frost resistance and wear resistance of concrete. It is possible to achieve a simultaneous increase in these indicators, in particular, due to the use of effective superplasticizers and dispersed reinforcement. However, the raw material base of the concrete industry is not constant: cement production technologies are changing, chemical additives are being improved, and new types of dispersed reinforcement are being designed. Therefore, the task of developing of concrete for rigid pavements with high durability and a guaranteed level of strength remains relevant.

Analysis of Research and Publications. Due to a number of advantages of roads with rigid pavements from cement-concrete comparing with roads with asphalt-concrete surfaces, the share of first is increasing annually [1]. For Ukraine, an additional advantage of cement-concrete rigid pavements, especially in the conditions of post-war reconstruction, is that their production does not require using bitumen, which must be imported [2].

The high strength and elasticity of rigid pavements allows better redistribution of the load from transport on the soil. Cement concretes have stable properties under changes in ambient temperature and better color indicators of surface visibility [3]. If the required quality of concrete and base layers is ensured, the intervals between repairs of roads with rigid pavements are two or more times longer than those of roads with asphalt concrete surfaces [1, 4].

However, the task of ensuring the necessary durability of concrete for rigid pavements remains relevant. This is due to the fact that it must be solved taking into account the need for rational use of resources and the available raw material base [3, 5].

For Ukraine, one of the main factors affecting the operational quality of the road surface is the damage caused by the cyclic effects of a dynamic influence and the action of freezing and thawing [3, 4, 6]. As the studies of many authors show, in such conditions, the most effective materials are fiber concrete with corrosion-resistant dispersed reinforcement [7-11]. Polypropylene, basalt, metal and glass fibers are most often used in road construction [8, 9, 11, 12]. The use of fiber allows to increase the frost resistance and wear resistance of concrete, as well as their tensile strength and crack resistance. In addition, dispersed reinforcement reduces the autogenous shrinkage of concrete. At the same time, basalt fibers have certain advantages that allow effective use of this fiber in road concrete. First of all, this is the relatively low cost of basalt fiber and its fairly easy distribution in the mixture during mixing [13-15]. It is also known that in nowadays conditions, concrete and fiber concrete of rigid pavements can provide the required level of strength and economic efficiency only with the use of modern additives, primarily superplasticizers [4-6, 8, 10, 12, 15].

Accordingly, the task of developing of effective dispersion-reinforced road surface concretes modified with polycarboxylate type superplasticizer is relevant for modern materials science. It is necessary to solve such a problem relying on the domestic raw material base, which is important for the post-war recovery of the country, taking into account the significant amount of destruction caused by aggression.

The purpose of this work is develop compositions of fiber-reinforced concretes for rigid road pavements with high strength, frost resistance, and wear resistance by using polycarboxylate type superplasticizer and dispersed reinforcement with basalt fiber.

Materials and methods of research. The experiment was conducted using an optimal 3-factor 15-point plan [16, 17]. The following factors of the fiber-reinforced concrete composition were varied in the experiment [18]:

- X_1 , the amount of Portland cement CEM I 42,5 R (produced by PJSC "Dyckerhoff Cement Ukraine") from 290 to 350 kg/m³;
- X_2 , the amount of basalt fiber BAUCON®-basalt (fiber length 12 mm, diameter – 18 μm) from 0.9 to 1.5 kg/m³;
- X_3 , the amount of superplasticizer STACHEMENT 2570/5/G (based on polycarboxylates) from 0.6 to 1% of the cement mass.

Granite crushed stone fraction 5 – 20 mm and washed quartz sand with a fineness modulus of 2.0 were used as aggregates.

The workability of all investigated concrete mixtures was constant, cone slump was 2 – 3 cm, corresponding to the requirements of DBN V.2.3-4:2015 "Highways" [19]. This was achieved by adjusting the amount of water in the composition of the fiber-reinforced concrete mixture.

Table 1 shows the plan of the experiment and the compositions of the investigated fiber-reinforced concretes. The transition to coded values of factor levels (range from –1 to +1) was carried out according to the standard procedure [16].

Table 1 – Plan of the 3-factor experiment and compositions of the investigated fiber-reinforced concretes

Point No.	Factor levels			Fiber-reinforced concrete composition (kg/m ³)					
	x ₁ Portland cement	x ₂ Fiber BAUCON®-bazzalt	x ₃ superplasticizer STACHEMENT	Portland cement	Rubble	Sand	Basalt fiber	Superplasticizer STACHEMENT 2570/5/G	Water
1	-1	-1	-1	290	1225	830	0.9	1.74	126
2	-1	-1	1			837	0.9	2.90	122
3	-1	0	0			833	1.2	2.32	125
4	-1	1	-1			830	1.5	1.74	127
5	-1	1	1			834	1.5	2.90	124
6	0	-1	0	320	1215	803	0.9	2.56	133
7	0	0	-1			798	1.2	1.92	136
8	0	0	0			801	1.2	2.56	134
9	0	0	1			803	1.2	3.20	133
10	0	1	0			801	1.5	2.56	134
11	1	-1	-1	350	1205	765	0.9	2.10	146
12	1	-1	1			772	0.9	3.50	141
13	1	0	0			770	1.2	2.80	143
14	1	1	-1			763	1.5	2.10	147
15	1	1	1			768	1.5	3.50	144

Research results. Due to the fact that the mixtures of all investigated fiber concretes had equal mobility, their W/C depended on the composition. Based on the obtained experimental data, the appropriate experimental-statistical model (ES-model) was designed [16, 17]. According to ES-model, one-factor diagrams were built, they reflect the influence of various factors on W/C in the zones of minimum and maximum values (extremes). In the diagrams, the levels of two factors not displayed on each of them were fixed at the values that provide the maximum and minimum value of W/C, respectively (Fig. 1).

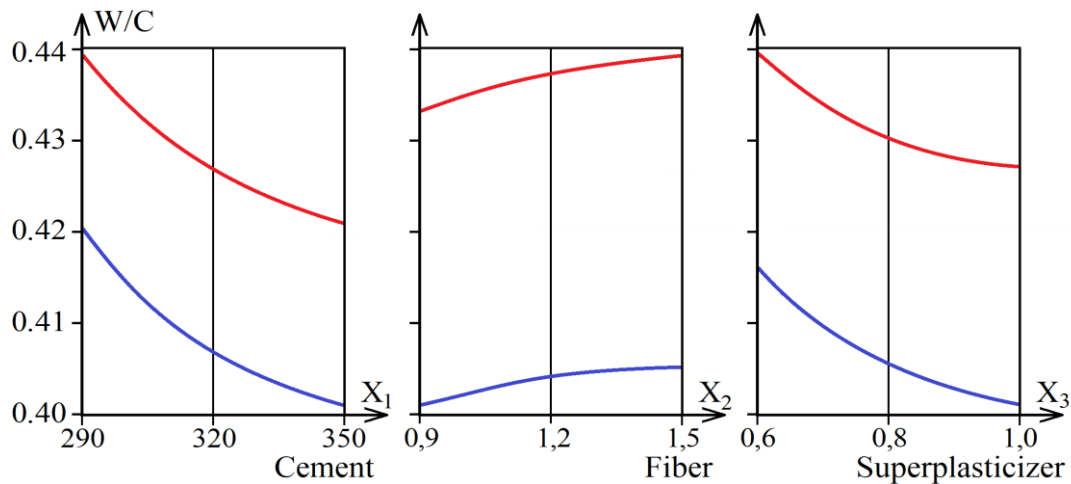


Fig. 1. Influence of varied factors on the W/C of mixtures with equal workability in zones of minimum and maximum values

Analysis of the diagrams presented in Fig. 1 shows that all varied factors nonlinearly affect the W/C of mixtures with equal workability. When the amount of cement increases, the W/C predictably decreases. Increasing in the amount of superplasticizer STACHEMENT 2570/5/G to 0.9 – 1.0 % allows for a 3 – 3.5 % reduction in the W/C of the mixture without losing its workability. The limited decrease in the W/C with changes in the amount of superplasticizer in this experiment takes place due to the fact that even at an additive amount of 0.6 % of the cement mass, it has a sufficiently high effectiveness [15, 18]. When varying the amount of basalt fiber within the experiment, the W/C of mixes changes by no more than 1.5 %.

For all investigated fiber-reinforced concretes, compressive strength, tensile strength in bending, wear resistance and frost resistance were determined (Table 2).

Table 2 – Mechanical properties of the investigated fiber-reinforced concretes

Point No.	Compressive strength, f_{cm} (MPa)	Tensile strength in bending, $f_{c.tf}$ (MPa)	Wear resistance, G (g/cm^2)	Frost resistance
1	36.1	3.68	0.41	F150
2	39.3	3.97	0.40	F150
3	40.4	4.58	0.38	F200
4	38.8	4.46	0.39	F150
5	40.7	4.60	0.38	F200
6	49.7	5.23	0.38	F200
7	48.2	5.50	0.36	F200
8	52.2	5.68	0.34	F300
9	51.8	5.62	0.34	F200
10	51.5	5.67	0.32	F200
11	54.3	5.29	0.37	F200
12	58.5	5.56	0.36	F300
13	59.6	6.35	0.32	F300
14	56.4	6.11	0.32	F300
15	59.8	6.30	0.32	F300

Based on the data from Table 2, ES-models were designed, which describe the influence of varied composition factors on the compressive and tensile strength of fiber-reinforced concretes for rigid pavements. Using these ES-models, one-factor diagrams were built, which are shown in Fig. 2 and illustrate the influence of varied factors on the strength of fiber-reinforced concretes in zones of minimum and maximum values.

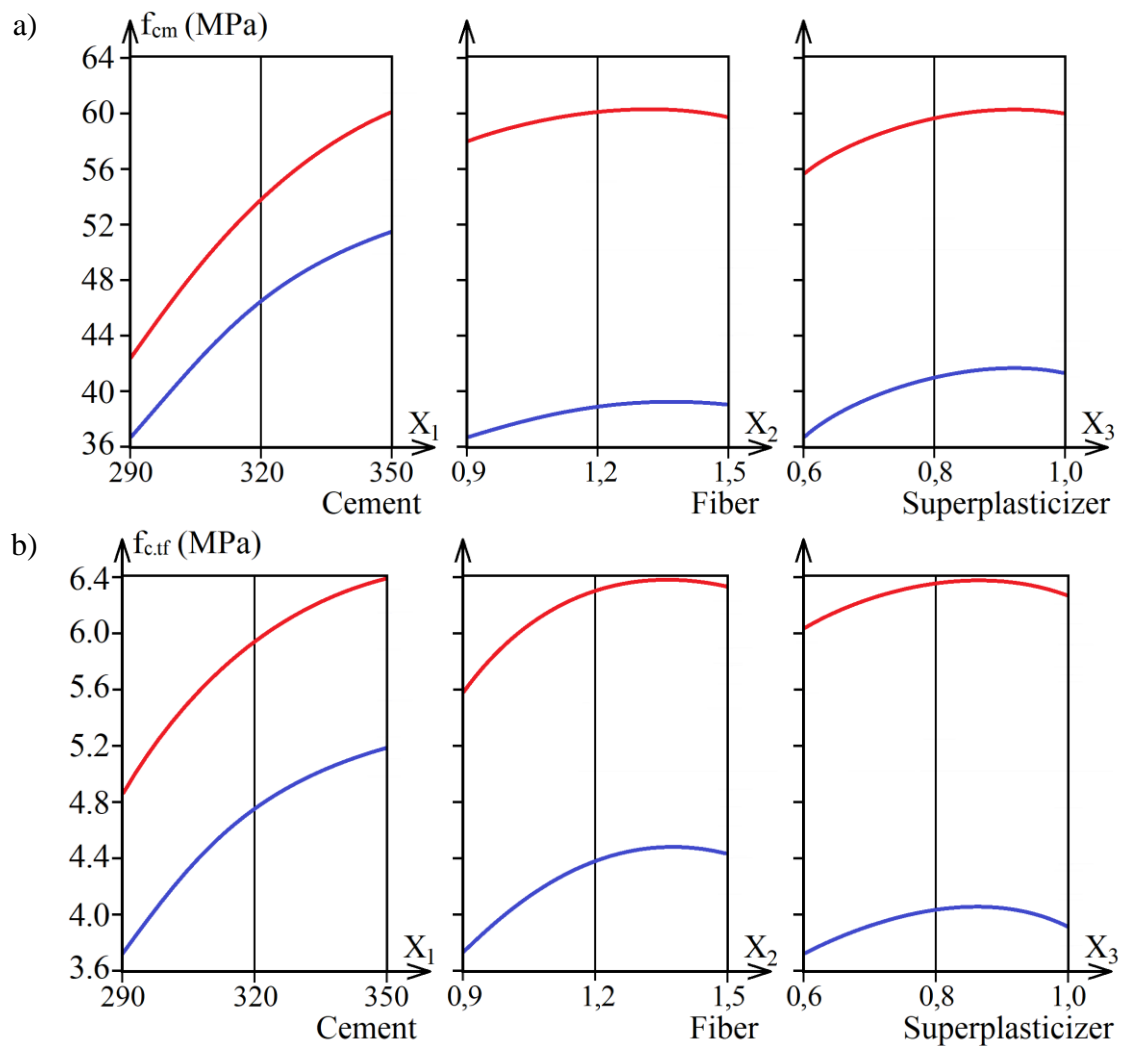


Fig. 2. Influence of varied factors on the compressive strength (a) and tensile strength in bending (b) of fiber-reinforced concretes in zones of minimum and maximum values

Analysis of the diagrams from Fig. 2 allows us to conclude that due to the increase in the amount of Portland cement, compressive and tensile strength of fiber-reinforced concretes expectedly increases. Increasing in the amount of binder from 290 to 320 kg/m^3 causes a more noticeable growth in strength than after binder increasing from 320 to 350 kg/m^3 .

Variation in the amount of basalt fiber within the experiment has a negligible effect on the compressive strength of fiber-reinforced concretes. With an increase in the amount of fiber from 0.9 to 1.3 – 1.4 kg/m^3 , the level of f_{cm} increases on average by only 4.5 %. The amount of basalt fiber has a more noticeable effect on tensile strength in bending. Due to the increase in its amount to 1.3 – 1.4 kg/m^3 , the $f_{c.tf}$ level increases by 0.7 – 0.8 MPa, or by 12 – 21 %.

The highest strength is observed in fiber-reinforced concretes with an amount of superplasticizer STACHEMENT 2570/5/G around 0.9 % by cement mass. An increase in the amount of superplasticizer from 0.6 to 0.9 % has a greater effect on compressive strength than on tensile strength.

As mentioned above, during operation, concrete for rigid pavements are subjected to constant wear from vehicle wheels, and in the winter period, they are also subjected to repeated freezing and thawing. Accordingly, in typical weather conditions for Ukraine and other countries with a temperate climate, the durability of rigid pavements is primarily determined by abrasion resistance and frost resistance of concrete.

Based on the data provided in Table 2, an ES-model (1) was designed, which reflects the influence of varied composition factors on the wear resistance of the investigated fiber-reinforced concretes.

$$G \text{ (g/cm}^2\text{)} = 0.340 - 0.027x_1 + 0.009x_1^2 - 0.006x_1x_2 \pm 0x_1x_3 - 0.019x_2 + 0.009x_2^2 \pm 0x_2x_3 - 0.005x_3 + 0.009x_3^2 \quad (1)$$

One-factor diagrams constructed according to ES-model (1), and illustrate the influence of varied factors on wear resistance in zones of minimum and maximum values (Fig. 3).

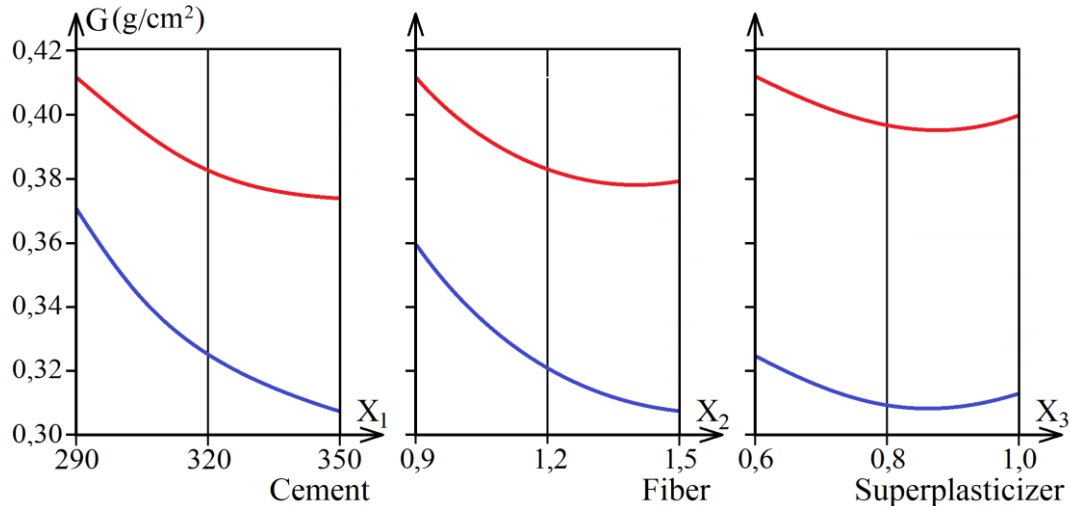


Fig. 3. Influence of varied factors on the wear resistance of fiber-reinforced concretes in zones of minimum and maximum values

Analysis of the diagram and data from Table 2 show that with an increase in the amount of cement in the composition of fiber-reinforced concretes, their wear resistance increases due to the increased strength of the material. Increasing in the amount of basalt fiber from 0.9 to 1.3 – 1.4 kg/m³ reduces the abrasion of concrete by 11 – 16 %. The variation in the amount of superplasticizer within the experiment has a negligible effect on the abrasion resistance of concrete. When using a rational amount of dispersant and superplasticizer, the wear resistance of fiber-reinforced concretes increases to 0.31 g/cm² for concretes with the maximum amount of cement. The wear resistance for concretes with the minimum amount of cement (290 kg/m³) is 0.37 g/cm². Thus, such fiber-reinforced concretes are characterized by sufficiently high wear resistance, ensuring their durability for road pavement structures under the influence of vehicle wheels.

The ES-model designed based on the data from Table 2, which reflects the influence of varied factors on the frost resistance of fiber-reinforced concretes, is as follows:

$$F \text{ (grade)} = 240 + 55x_1 + 25x_1^2 \pm 0x_1x_2 \pm 0x_1x_3 + 15x_2 - 25x_2^2 \pm 0x_2x_3 + 15x_3 - 25x_3^2 \quad (2)$$

It should be noted that the accuracy of this ES-model is limited by the significant discreteness of determining of the frost resistance level using the accelerated method according to DSTU B V.2.7-49-96 [20] for freezing up to -50 °C and thawing in saline water. According to this methodology and according to Table 3 of DSTU B V.2.7-47-96 [21], concrete for road and airport pavements is classified only by grades F100, F150, F200, F300, F400 and so on. Accordingly, the experimentally determined values of the grade by frost resistance of the investigated fiber-reinforced concretes were within the values operated by the accelerated method. However, this did not significantly affect the identification of general trends in the influence of varied factors on the level of concrete frost resistance due to the approximation that occurs when designed ES-models [16].

One-factor diagrams were built based on the ES-model (2), which are shown in Fig. 4 and illustrate the influence of varied factors on the frost resistance of the investigated fiber-reinforced concretes in zones of minimum and maximum values.

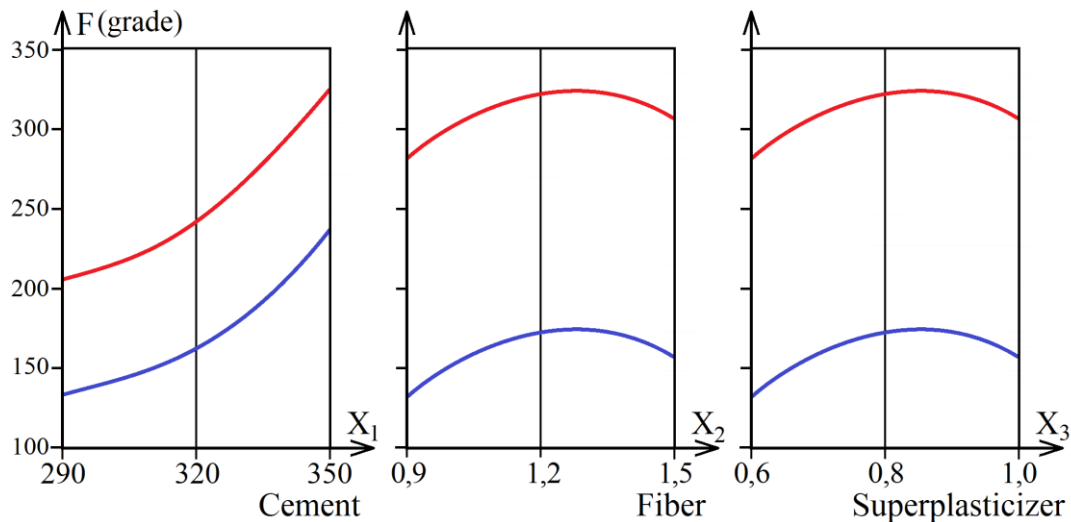


Fig. 4. Influence of varied factors on the frost resistance of fiber-reinforced concretes in zones of minimum and maximum values

Analysis of the diagrams shows that an increase in the amount of Portland cement in the composition from 290 to 350 kg/m³ increases the frost resistance of fiber-reinforced concretes by approximately 100 cycles. Increasing of the amount of basalt fiber from 0.9 to 1.3 kg/m³ increases the frost resistance of rigid pavement concretes by approximately 50 cycles. A similar increase in frost resistance occurs with an increase in the amount of superplasticizer from 0.6 to 0.9 % by weight of cement. When using a rational amount of basalt fiber and superplasticizer STACHEMENT 2570/5/G, fiber-reinforced concretes already provide frost resistance of F200 with a cement content of 290 kg/m³, which meets the requirements for materials of road pavements [19].

Conclusions and prospects for further research. The best quality indicators of the investigated fiber-reinforced concretes, namely the highest compressive and tensile strengths, the highest frost resistance and wear resistance, are achieved when using BAUCON®-basalt basalt fiber in an amount of 1.3 – 1.4 kg/m³ and superplasticizer STACHEMENT 2570/5/G in an amount of 0.9 % by weight of cement. Concretes with this amount of dispersant and superplasticizer, depending on the cement content, have compressive strengths ranging from 43 to 60 MPa, tensile strengths in binding ranging from 4.9 to 6.4 MPa, abrasion ranging from 0.31 to 0.37 g/cm², and frost resistance ranging from F200 to F300. This ensures high durability of the developed fiber-reinforced concretes for rigid pavements under typical operating conditions in Ukraine.

In further research is planning to implement the developed fiber-reinforced concrete compositions on an experimental-industrial scale to assess their performance in road pavement structures under natural conditions.

References

- [1] E. Hoxha, H.R. Vignisdottir, D.M. Barbieri, F. Wang, R.A. Bohne, T. Kristensen, A. Passer, "Life cycle assessment of roads: Exploring research trends and harmonization challenges", *Science of the total environment*. 759, 143506, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143506>.
- [2] S.P. Voznyy, "Perspektyvy rozvytku tsementobetonnykh dorih v Ukrayini", *Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi*, 6, pp. 47-55, 2017.
- [3] V.V. St'ozhka, P.P. Borkovs'kyy, "Pidvyshchennya dovhovichnosti tsementobetonu dlya pokryttya avtomobil'nykh dorih", *Visnyk Natsional'noho transportnoho universytetu. Seriya «Tekhnichni nauky»*. K.: NTU, 1 (46). pp. 324-332, 2020. <https://doi.org/10.33744/2308-6645-2020-1-46-324-332>.
- [4] V.V. St'ozhka. "Pidvyshchennya dovhovichnosti tsementobetonnoho pokryttya dorih za rakhunok zastosuvannya hidrofobnykh khimichnykh dobavok", *Dorohy i mosty*, 22, pp.

- 128-137, 2020. <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.22.128>.
- [5] M.F.M. Tahir, M.M.A.B. Abdullah, S.Z.A. Rahim, M.R. Mohd Hasan, A.V. Sandu, P. Vitureanu, C.M.R. Ghazali, A.A. Kadir, "Mechanical and durability analysis of fly ash based geopolymer with various compositions for rigid pavement applications", *Materials*, 15, 3458, 2022. <https://doi.org/10.3390/ma15103458>.
- [6] S.M. Tolmachov, O.A. Byelichenko, D.S. Tolmachov, V.M. Datsenko, M.YE. Marchenko, "Vlastyvosti dorozhnikh betoniv iz sumishey riznoyi rukhomosti", *Suchasni tekhnolohiyi ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi*, 14, pp. 160-168, 2020. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2020-4\(14\)-16](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2020-4(14)-16).
- [7] I. Hussain, B. Ali, T. Akhtar, M.S. Jameel, S.S. Raza, "Comparison of mechanical properties of concrete and design thickness of pavement with different types of fiber-reinforcements (steel, glass, and polypropylene)", *Case Studies in Construction Materials*, 13, e00429, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00429>.
- [8] Ž. Kos, S. Kroviakov, V. Kryzhanovskiy, A. Crnoja, "Influence of fibers and hardening accelerator on the concrete for rigid pavements", *Magazine of Concrete Research*, 75(17), pp. 865-873, 2023. <https://doi.org/10.1680/jmacr.22.00181>.
- [9] S.M. Tolmachov, O.A. Byelichenko, R.V. Dyadyushko, "Vplyv polipropilenvoyi fibry X-Mesh na vlastyvosti dorozhn'oho betonu", *Zbirnyk naukovykh prats' UkrDUZT*, 198, pp.58-65, 2021.
- [10] A. Vaitkus, J. Gražulytė, O. Šernas, M. Karbočius, R. Mickevič, "Concrete modular pavement structures with optimized thickness based on characteristics of high performance concrete mixtures with fibers and silica fume", *Materials*, 14, 3423, 2021. <https://doi.org/10.3390/ma14123423>.
- [11] A. Sikandar, M. Ali, "Composition of engineered cementitious composite with local materials, composite properties and its utilization for structures in developing countries", *Engineering Proceedings*. 53(1), 16, 2023. <https://doi.org/10.3390/IOCBD2023-15179>.
- [12] A. Nobili, L. Lanzoni, A.M. Tarantino, "Experimental investigation and monitoring of a polypropylene-based fiber reinforced concrete road pavement", *Construction and Building Materials*, 47, pp. 888-895, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.05.077>.
- [13] H. Wu, X. Qin, X. Huang, S. Kaewunruen, "Engineering, mechanical and dynamic properties of basalt fiber reinforced concrete", *Materials*, 16, 623, 2023. <https://doi.org/10.3390/ma16020623>.
- [14] Sj. Jin, Yh. Yang, Ym. Sun, X. Li, Jy. Xu, "Experimental research on anti-freezing and thawing performance of basalt fiber reinforced fly ash concrete in the corrosive conditions", *KSCE Journal of Civil Engineering*, 27, pp. 3455-3470, 2023. <https://doi.org/10.1007/s12205-023-1969-9>.
- [15] S. Kroviakov, L. Shestakova, "Influence of basalt fiber and air-entraining admixture on the properties of rigid concrete pavement", *Romanian Journal of Materials*, 53 (2), pp. 170-175, 2023.
- [16] V.A. Voznesenskiy, T.V. Lyashenko, ES-modeli v komp'yuternom stroitel'nom materialovedenii. Astroprint, 2006.
- [17] T.V. Lyashenko, V.A. Voznesenskiy, Composition-process fields methodology in computational building materials science. Astroprint, 2017.
- [18] S.O. Krovyakov, L.Y. Shestakova. "Vplyv bazal'tovoyi fibry i superplastyfikatoru na mitsnist' betoniv zhorstkykh dorozhnikh pokryttiv", *Suchasne budivnytstvo ta arkhitektura*, 6, pp.99-108, 2023. <https://doi.org/10.31650/2786-6696-2023-6-99-108>.
- [19] DBN V.2.3-4:2015. Avtomobil'ni dorohy. Sporudy transportu. Chastyna I. Proektuvannya. Chastyna II. Budivnytstvo. Kyiv, 2015.
- [20] DSTU B V.2.7-49-96. Budivel'ni materialy. Betony. Pryskoreni metody vyznachennya morozostiykosti pry bahatorazovomu zamorozhuvanni ta vidtavanni. Kyiv, 1996.
- [21] DSTU B V.2.7-47-96. Budivel'ni materialy. Betony. metody vyznachennya morozostiykosti. Kyiv, 1996.

ДОВГОВІЧНІСТЬ БЕТОНІВ ЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ,
АРМОВАНИХ БАЗАЛЬТОВОЮ ФІБРОЮ

¹Кровяков С.О., д.т.н., професор,
skrovyakov@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0800-0123

¹Шестакова Л.Є.,
shestakova_luba@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3449-8498
¹Одеська державна академія будівництва та архітектури
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна

Анотація. Метою роботи є розробка складів фібробетонів жорстких дорожніх покриттів з високою міцністю, морозостійкістю і зносостійкістю за рахунок використання суперпластифікатору полікарбоксилатного типу і дисперсного армування. Експеримент проводився за оптимальним 3-х факторним 15-ти точковим планом. Варіювалися наступні фактори складу: кількість портландцементу ПЦ I-500P-H, від 290 до 350 кг/м³; кількість базальтової фібри BAUCON®-bazalt, від 0,9 до 1,5 кг/м³; кількість полікарбоксилатного суперпластифікатору STACHEMENT 2570/5/G, від 0,6 до 1% від маси цементу. Рухомість всіх сумішей була рівною, ОК = 2..3 см.

При підвищенні кількості цементу та кількості суперпластифікатору до 0,9-1,0% В/Ц сумішей знижується. Кількість базальтової фібри практично не впливає на В/Ц суміші.

За рахунок підвищення кількості портландцементу міцність фібробетонів очікувано зростає. При збільшенні кількості базальтової фібри до 1,3-1,4 кг/м³ міцність на розтяг при згині бетонів зростає на 12-21%, при цьому міцність на стиск змінюється не суттєво. Найбільшу міцність як на стиск, так і на розтяг при згині, мають фібробетони з кількістю суперпластифікатору близько 0,9%.

При збільшенні кількості цементу з 290 до 350 кг/м³ морозостійкість бетонів зростає на рівень до 100 циклів, а також за рахунок підвищення міцності знижується стираний бетон (зростає зносостійкість). При підвищенні кількості базальтової фібри з 0,9 до 1,3-1,4 кг/м³ стираний бетонів знижується на 11-16%, а морозостійкість зростає приблизно на 50 циклів. Зміна кількості суперпластифікатору несуттєво впливає на зносостійкість бетону. Проте при підвищенні кількості добавки STACHEMENT 2570/5/G з 0,6 до 0,9% від маси цементу морозостійкість фібробетонів зростає на рівень до 50 циклів.

Фібробетони з раціональною кількістю дисперсної арматури (1,3-1,4 кг/м³) і суперпластифікатору (0,9%) в залежності від кількості цементу мають міцність на стиск від 43 до 60 МПа, міцність на розтяг при згині від 4,9 до 6,4 МПа, стираний від 0,31 до 0,37 г/см² і морозостійкість від F200 до F300. Це забезпечує високу довговічність розроблених фібробетонів жорстких дорожніх покриттів.

Ключові слова: жорстке дорожнє покриття, морозостійкість, зносостійкість, базальтова фібра, суперпластифікатор, експериментально-статистичне моделювання.

Стаття надійшла до редакції 4.02.2024

ТЕРМО- І АЕРОМОДЕЛІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ

¹**Арсирій В.А.**, д.т.н., професор,
vasyly.arsiriy@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3617-8487

¹**Крошка О.В.**, аспірант,
Kolvi@epg.kolvi.com, ORCID: 0000-0003-0975-3079
¹*Одеська державна академія будівництва та архітектури*
вул. Дідріхсона, 4, м. Одеса, 65029, Україна

Анотація. Під час аварій або руйнувань інфраструктуру житлових комплексів при низьких температурах потрібно у стислий термін відновлювати, особливо роботу систем теплопостачання. Для цього зручно використовувати газотрубні котли. Але потрібні нові рішення проблем підвищення потужності та енергоефективності обладнання та систем за рахунок зменшення опорів руху рідини або газів, а також інтенсифікації теплопередачі. Численні дослідження показали, що збільшення коефіцієнта тепловіддачі на кордоні газ – метал у 5 разів призводить до збільшення витрат енергії вентиляторів котла у 10 разів і більше. У статті використано три методи досліджень з метою покращення показників роботи котлів. Візуальна діагностика руху рідин та газів дозволила виявити ознаки самоорганізації структури потоків. Гідравлічні дослідження в щілинних каналах, де змінювалася лише висота h у діапазоні $h = 0,2-2,5$ мм підтвердили, що структура розподілу пульсаційних компонентів динамічної частини енергії впливає на збільшення або зменшення швидкості при заданому початковому тиску потоку або $Re = \text{const}$.

Тепловий експеримент показав, що структура потоку також впливає на характер зміни коефіцієнта тепловіддачі α . Розміри каналів, при яких пульсаційні компоненти мають позитивні значення, дають збільшення коефіцієнта тепловіддачі набагато інтенсивніше, ніж при розмірах, де пульсації мають негативні значення. Тобто, візуальні дослідження структури потоків та правильний вибір поперечних розмірів каналів може збільшити подачу теплоносія до 24% без додаткових витрат енергії, а також усунути проблему невизначеності при вирішенні задачі інтенсифікації перенесення теплоти на межі газів – металева стінка.

Візуальні дослідження струменя у затопленому просторі дають інформацію для вирішення задачі інтенсифікації теплообміну. Використання турбулізаторів у газотрубних котлах забезпечило підвищення ефективності котла від $\eta_{к.1} = 0,84$ до величини $\eta_{к.2} = 0,929$. При цьому, витрати енергії на роботу вентилятора змінилися незначно. Використання візуальної діагностики структури потоків дозволяє вирішувати гідравлічні і теплові завдання розробки чи вдосконалення енергетичного обладнання житлових комплексів.

Ключові слова: житлові комплекси, котли, потужність, енергоефективність, теплопередача, температура, коефіцієнт тепловіддачі, тиск, опір, моделювання, удосконалення.

Вступ. Для відновлення теплопостачання житлових комплексів у продовж 24 годин після аварій чи руйнувань зручно використовувати газотрубні котли (ГТК). Простота котлів, де в трубах рухаються димові гази, забезпечує економічне та швидке виготовлення, а також спрощує профілактичні роботи. Ці якості дають пріоритет ГТК за необхідності швидкого встановлення котлів у період руйнувань інфраструктури. Однак, необхідно відзначити проблему низьких значень перенесення теплоти в них (коефіцієнтів тепловіддачі) від димових газів до стін трубного простору. Ця проблема обмежує теплову потужність даного типу котлів.

Можна відзначити велику кількість досліджень з метою інтенсифікації теплообміну на кордоні газ – металева стінка, але збільшення перенесення тепла супроводжується

непропорційним збільшенням витрат енергії на переміщення газів. Тому актуальним завданням є розробка методів інтенсифікації тепловіддачі за умови забезпечення помірної зміни опорів в аеросистемі котла.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відомі численні дослідження, завдання яких покращити процеси перенесення теплоти. Актуальність та складність розв'язання цього завдання добре представлені в огляді, де наведено результати понад 430 досліджень [1, 2]. Дослідження теплообміну зазвичай розглядають зміну коефіцієнтів тепловіддачі при використанні турбулізаторів α_i , при цьому треба досліджувати зміни коефіцієнтів опорів f або коефіцієнтів гідравлічного тертя λ .

Огляд результатів досліджень на тему збільшення теплової потужності котлів за рахунок інтенсифікації теплообміну дозволив виділити чотири види заходів та використання пристроїв для підвищення коефіцієнта тепловіддачі на границі метал – газ: 1 – у трубі виконується внутрішнє ребро; 2 – вставка в газотрубний простір кручених стрічок, петель та інших турбулізаторів [3]; 3 – труби виконують гофрованої або крученої геометрії; 4 – труби всередині або зовні можуть мати виступи чи заглиблення [4]. Всі чотири варіанти інтенсифікації теплообміну пов'язані зі зміною геометрії проточних частин, але поки що найпростіший варіант використання спіралей дає найбільше збільшення коефіцієнта тертя [5, 6]. Корисна інформація в тому, що більшість дослідників вказують на наявність явно вираженого діапазону невизначеності енергетичних параметрів при проведенні гідравлічних, а також теплових експериментів [7]. А це може приводити до збільшення витрат енергії на роботу вентиляторів. Можна виділити два основні висновки з аналітичних оглядів різних варіантів інтенсифікації теплообміну:

1 – кількість досліджень кручених стрічок і простих спіралей у кілька разів перевищує сумарну кількість інших варіантів інтенсифікації теплообміну у газових потоках.

2 – прийнято погоджуватись, що є широкий діапазон невизначеності при спробах з'ясувати кореляцію співвідношення коефіцієнта теплопередачі та коефіцієнта тертя для різних режимів як для вставлених стрічок, так і для вихрових генераторів.

Мало уваги приділено дослідженням із регулярними вставками у газові труби, які забезпечують збільшення тепловіддачі з незначним збільшенням опорів [8]. Візуалізація потоків не достатньо розглядається для вирішення гідравлічних і теплових завдань [9, 10]. У статті виконано спробу ув'язати нову інформацію про структурування потоків, отриману методами візуалізації з вирішенням гідравлічних та теплових завдань, спрямованих на покращення енергетичних показників різного обладнання.

Мета роботи: покращення енергетичних показників котлів за рахунок інтенсифікації теплообміну при передачі тепла на границі газу – металева стінка із забезпеченням зниження опорів елементів газового тракту котлів.

Завдання досліджень:

1. Розробити гідравлічний експеримент для дослідження зміни величини коефіцієнта гідравлічного тертя при зміні геометрії каналів, порівнянних із розмірами структури потоків, виявленої при візуалізації витікання струменя води в затоплене місце.

2. Розробити експеримент із перенесення теплоти для дослідження зміни величини коефіцієнта тепловіддачі при зміні геометрії каналів, порівнянних з розмірами структури потоків, виявленої при візуалізації витікання струменя води в затоплене місце.

Матеріали та методи досліджень. У статті показано результати досліджень процесів руху рідин та газів для вирішення завдання зниження аеро- та гідравлічних опорів, а також збільшення коефіцієнта тепловіддачі на границі газ – металева стінка.

Основою досліджень є метод візуальної діагностики структури потоків. Також виконані гідравлічні та теплові експерименти, які показали вплив самоорганізації структури потоків на основні енергетичні показники руху рідин та газів та закономірності перенесення теплоти.

Результати досліджень. Енергетичними показниками потоків є потенціали та динамічна складова енергії. Для подання або розрахунку енергії руху рідин і газів використовують рівняння Бернуллі, в якому можна виділити тиск P або потенційну частину

та динамічну складову D , пропорційну квадрату швидкості kV^2 .

Перенесення тепла температура t як потенціал і кількість тепла q як динаміка. Під час проведення досліджень легше скористатися коефіцієнтами пропорційності між головними енергетичними показниками. Під час руху рідин та газів використовують коефіцієнти опорів. Для перенесення тепла використовують два типи показників: коефіцієнт тепловіддачі α , що характеризує пряму залежність динаміки тепла від потенціалу у законі Ньютона $q = \alpha(t_1 - t_2)$. Однак у розрахунках показників перенесення тепла переходять до коефіцієнтів теплових опорів R_t як зворотної залежності головних енергетичних показників $q = (t_1 - t_2) / \Sigma R_t$.

Для розробки пропозицій щодо покращення роботи ГТК використовувалися три типи дослідницьких підходів. Основний метод – візуалізація потоку струменя при ламінарному та турбулентному режимі течій для виявлення геометричних розмірів структури течії рідини. Для визначення впливу організації структури потоків на енергетичні параметри рідин, що рухаються, виконані гідравлічні дослідження, а також експерименти з перенесення теплоти від навколишнього середовища до металеві стінки.

Вплив поперечної структури потоків на коефіцієнти опорів. Причиною проведення експериментів для дослідження енергетичних параметрів потоків стали результати візуальної діагностики руху струменя рідини у затопленому просторі [11]. На рис. 1 видно світлі та темні смуги (однорідні шари, які представлені у візуальних експериментах Рейнольдса), які можна характеризувати як позитивні пульсаційні компоненти динамічної складової енергії (світлі смуги – 4) та негативні компоненти (темні смуги – 5).

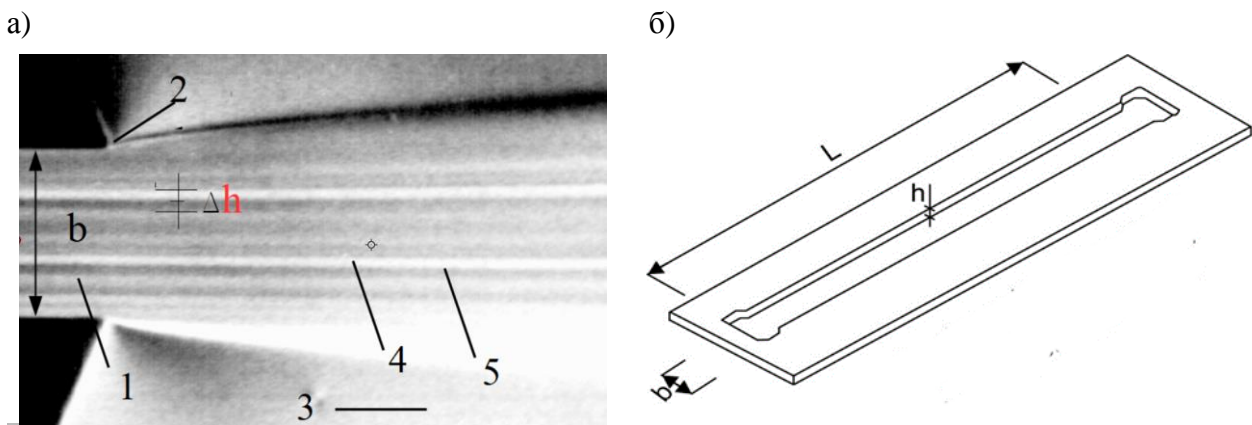


Рис. 1. Візуальна картина та модель для дослідження впливу поперечної структури потоків:
 а – візуальна картина закінчення струменя води в затоплений простір; б – модель для гідравлічних та теплових досліджень впливу структури потоків на енергетичні параметри руху рідини. b – ширина сопла; Δh – розмір світлої та темної смуги структури потоку.
 1 – струмінь; 2 – сопло; 3 – затоплене місце; 4 – світла смуга (позитивний градієнт динамічної складової потоку); темна смуга (негативний градієнт динамічної складової потоку)

Візуальна картина дає нову інформацію про структуру потоків, порівняно з відомими візуальними дослідженнями струменя в затопленому просторі [12, 13]. Для перевірки відповідності візуальної картини структури потоків зміні енергетичних параметрів потоків розроблено та проведено декілька гідравлічних та теплових експериментів. Ідея паралельного проведення експериментів була у незалежному виявленні впливу структури потоків на енергетичні параметри руху рідини чи газів. У лабораторії Одеської державної Академії холоду (ОДАХ) у 2002 році було виконано суміщений гідравлічний та тепловий експеримент без акцентів на візуальні дослідження структури потоків [14]. В Одеській державній академії будівництва та архітектури (ОДАБА) виконувався лише гідравлічний експеримент із чіткою прив'язкою до результатів виявленої структури [15]. Завдання досліджень – визначення залежності зміни витрати Q або швидкості потоку V в заданому діапазоні тисків ($P = 5 - 40$ кПа) при дискретній зміні тільки висоти каналу h [мм]. Наглядним показником зміни

динамічної складової енергії потоку $D = kV^2 = f(P)$ є коефіцієнт гідравлічного тертя λ . Шорсткість поверхні каналів під час проведення експериментів не змінювалася. Тому для ламінарного режиму перебігу експериментальні результати залежності коефіцієнта тертя від числа Рейнольдса потрібно порівнювати з лінією, яка розраховується за формулою Пуазейля $\lambda = 64/Re$; при числах $Re > 5000$ результати потрібно порівнювати з лінією, яка розраховується за формулою Блазіуса $\lambda = 0,3164/Re^{0,25}$. На рис. 2 показані результати двох гідравлічних експериментів у двох різних лабораторіях з метою дослідження залежності коефіцієнта гідравлічного тертя λ від числа Рейнольдса при різних дійсних значеннях висоти каналу h .

$$\lambda = f(Re) \text{ при } h = (0,4 \div 2,5) \text{ мм} \quad (1)$$

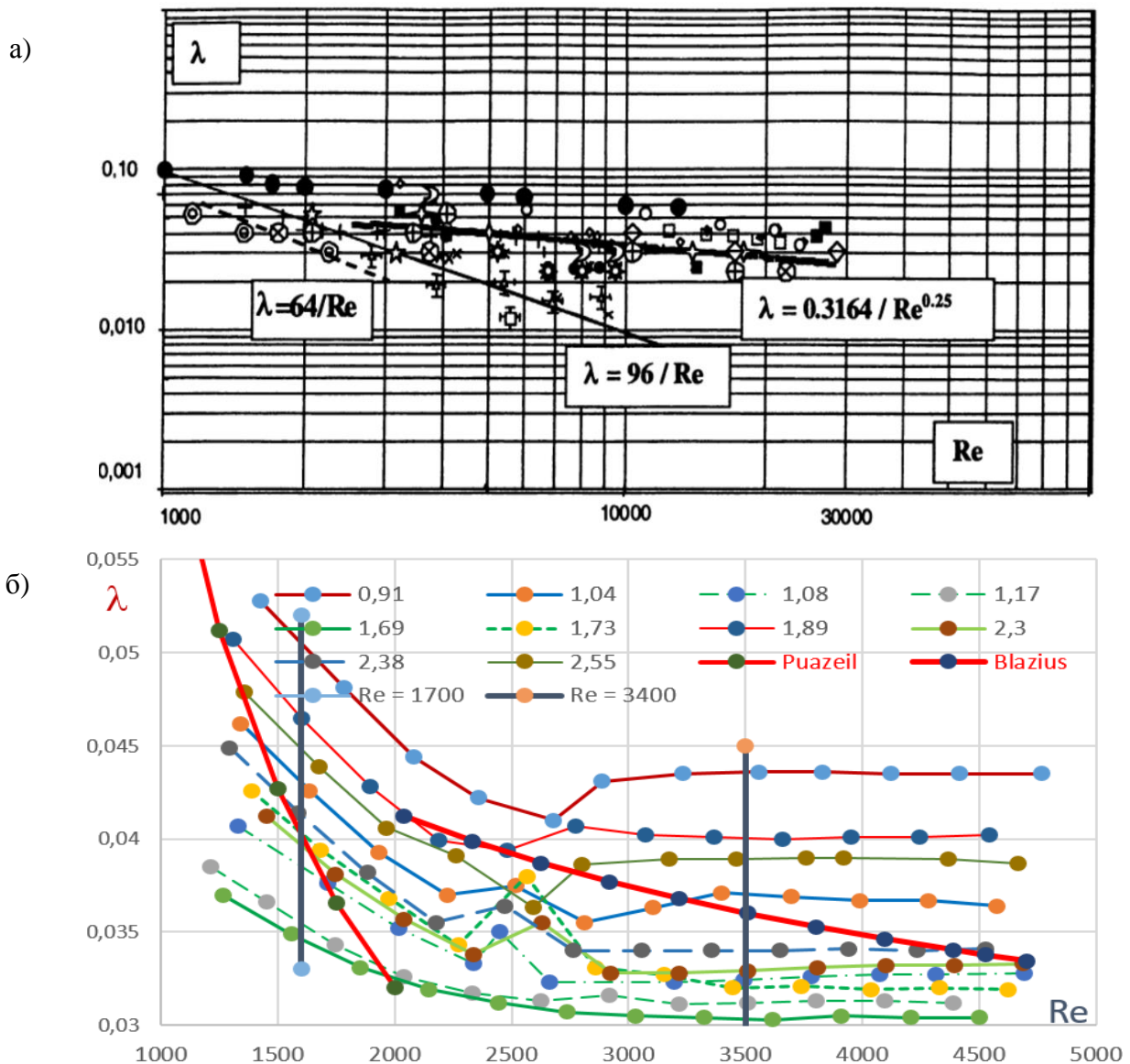


Рис. 2. Залежність коефіцієнта гідравлічного тертя λ від числа Рейнольдса при русі води в щільних каналах при різних значеннях висоти каналів h :

а – результати експерименту в ОДАХ при $h = (0,4-2,5)$ мм; б – результати експерименту в ОДАБА при $h = (0,4-2,5)$ мм

Величини зазору – висоти каналу h змінювалися дискретно в діапазоні $h = 0,4 \div 2,5$ мм. В експерименті ОДАХ не було прив'язки до виявлених закономірностей про структуру потоків, тому відхилення значень від залежності Пуазейля і Блазіуса досі видаються як область невизначеності, що також було показано в роботах ОДАХ [14]. Такі уявлення цілком

відповідають парадигмі хаосу турбулентних потоків та методиці опосередкування параметрів. Хоча якщо умовно провести вертикальну лінію для числа Рейнольдса $Re = 1700$ (рис. 2, б), то для поперечного розміру $h = 0,9$ мм коефіцієнт гідравлічного тертя дорівнює $\lambda = 0,09$, а при $h = 1,3$ мм коефіцієнт тертя відрізняється в 3 рази та дорівнює $\lambda = 0,03$. Такий самий діапазон зміни коефіцієнта гідравлічного тертя зберігається, якщо вертикальну лінію провести числа Рейнольдса $Re = 3500$ (рис. 2, б).

В експерименті ОДАБА вибиралися значення висоти каналів h_i , які дозволили виявити відповідність розмірів шарів на візуальних картинах хвильового характеру зміни динамічної складової енергії потоку $D = k\Delta V^2 = f(h)$ при лінійній зміні висоти каналу h (рис. 3) при заданих числах Рейнольдса $Re_1 = 1700$ (ламінальний режим течії) і $Re_2 = 3500$ (турбулентний режим течії).

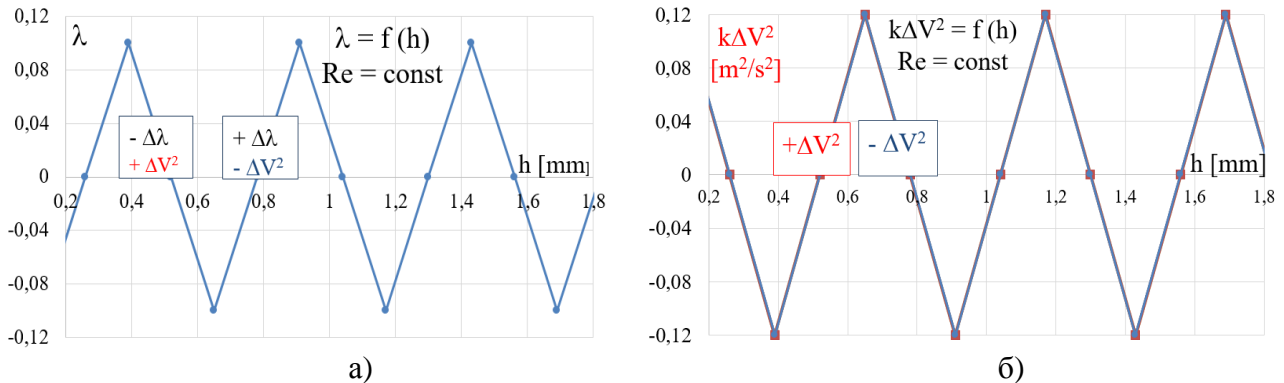


Рис. 3. Зміна коефіцієнта гідравлічного тертя та динамічної складової енергії потоку при лінійній зміні висоти каналів при $Re = 1700$:

а – залежність $\lambda = f(h)$ при $Re = 1700$; б – залежність $k\Delta V^2 = f(h)$ при $Re = 1700$

Тобто, при лінійній зміні розмірів проточної частини реальна швидкість змінюється з урахуванням хвильового характеру зміни динамічної складової енергії потоку $D = kV^2$.

Вплив поперечної структури потоків на коефіцієнт тепловіддачі. Завдання усунення проблеми невизначеності показників перенесення теплоти в каналах щілинних розмірів має особливу актуальність для поліпшення роботи теплообмінних апаратів котлів, систем кліматизації тощо. Головним завданням досліджень у лабораторії ОДАХ у 2002 році був експеримент з визначення коефіцієнта тепловіддачі в щілинних каналах із дискретною зміною висоти в діапазоні $h = 0,4-2,5$ мм [14]. Тепловий потік Q у каналах визначався електричною потужністю $Q \Rightarrow N_{\text{ел}} = U \cdot I$ [Вт] з одностороннім підведенням тепла в щілинних каналах. Величина питомого теплового потоку змінювалася в експериментах до величини 200Вт. Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі розраховувався за формулою:

$$\alpha = N_{\text{ел}} / [S (t_{\text{ст}} - t_{\text{ж}})], \quad (2)$$

де: $N_{\text{ел}}$ – потужність електричного нагрівального елемента; S – площа області нагріву; $t_{\text{ст}} - t_{\text{р}}$ – температура стінки та рідини, які виміряні в експерименті.

На рис. 4 представлені графіки за результатами обробки дослідних даних експериментів з щілинними каналами зі статті [14], а також повного звіту про виконання досліджень. В якості визначального розміру щілинного каналу приймався еквівалентний діаметр, розрахований за формулою $de_{\text{екв}} = 4S/R_{\text{зм}}$, де: S – площа живого перерізу каналу; $R_{\text{зм}}$ – його змочений периметр. Характеристики представлені для дискретних величин висоти каналу $h = \delta$ [мм].

За визначальну температуру приймалася середня по каналу температура рідини. Вплив змінності фізичних властивостей рідини на інтенсивність тепловіддачі враховувалося за допомогою поправки $(Pr_p/Pr_{cm})^{0,25}$ у межах всіх серій дослідів, проведених на щілинних каналах, її величина набула значення від 1,0 до 1,2. Автори експерименту в ОДАХ зазначили, що характер зміни чисел Нуссельта від числа Рейнольдса (рис. 4, а) дозволяє зробити висновок про те, що в закономірностях теплообміну для каналів щілинних розмірів менше 0,8 мм спостерігається суттєве відхилення від поширеної залежності М. А. Міхеєва [14].

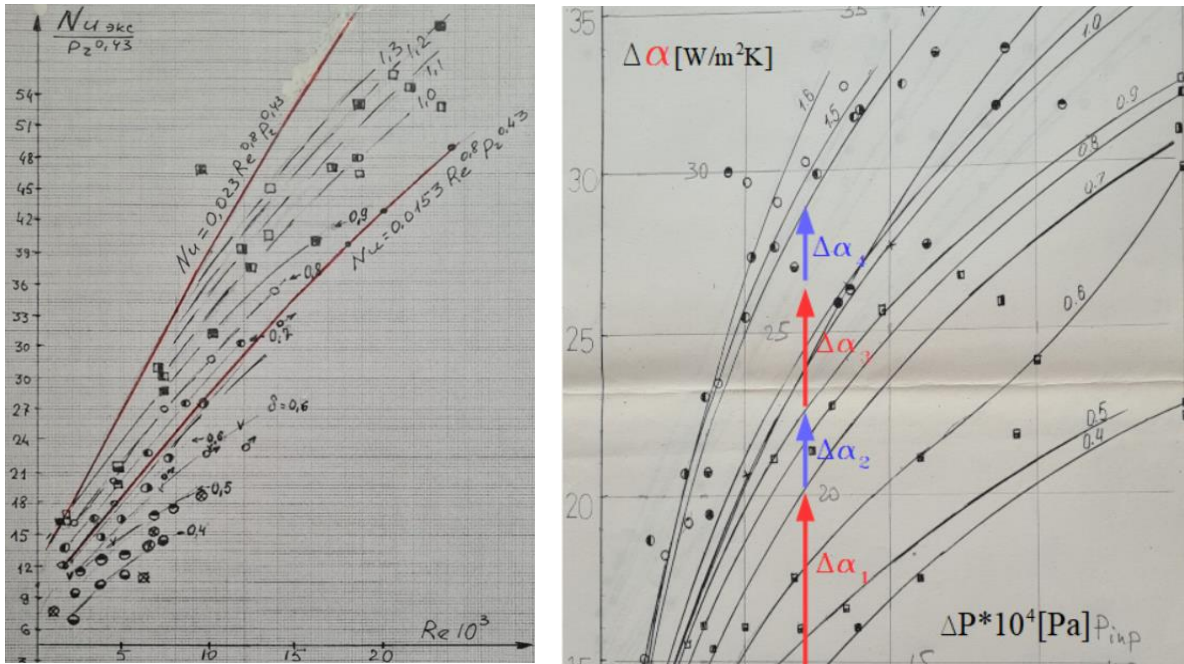


Рис. 4. Характеристики процесів перенесення тепла у щілинних каналах:
 а – залежність $Nu = f(Re)$ у каналах з висотою $h = 0,4-1,3$ мм; б – залежність $\alpha = f(P)$ у каналах з висотою $h = 0,4-1,6$ мм

Аналіз залежності $\alpha = f(P)$ у каналах з висотою $h = 0,4-1,6$ мм на рис. 4, б показує, що з експериментальних даних середніх значень коефіцієнтів тепловіддачі можна зробити висновок про те, що темп збільшення коефіцієнта тепловіддачі в діапазоні $h = 0,4-0,65$ мм і $h = 0,9-1,17$ мм (зони позитивних динамічних компонент) більше, ніж у діапазоні $h = (0,65-0,9)$ мм та $h = (1,17-1,45)$ мм (зони негативних динамічних компонент).

Зіставлення результатів гідравлічного та теплового експерименту показує ознаки впливу структури потоків (хвильовий та дискретний характер розподілу динамічних компонентів енергії в потоці рідини) на гідравлічні та теплові параметри потоків (рис. 5). Причому традиційно для розрахунків та подання характеристик використовують коефіцієнти опорів (коефіцієнт гідравлічного тертя – λ), а для теплових процесів використовують пряму пропорційність – коефіцієнти тепловіддачі α . Для газотрубних котлів отримані результати можна використовувати для розробки пристроїв інтенсифікації тепловіддачі на границі газ – металева стінка. Результати показують діапазон поперечних розмірів каналів, де коефіцієнт тепловіддачі має високі значення, при цьому опори каналів матимуть мінімальні значення.

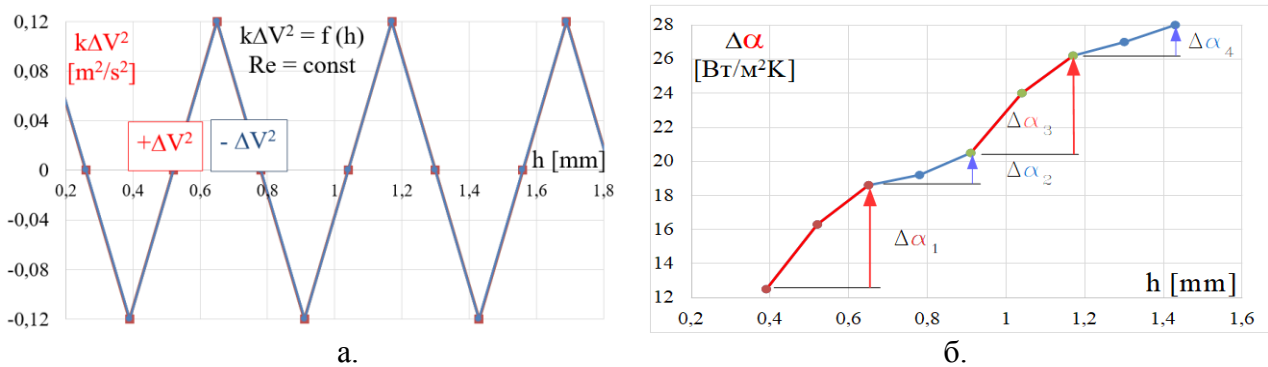


Рис. 5. Залежності зміни динамічної компоненти енергії потоку та коефіцієнтів тепловіддачі при зміні розмірів каналів:

а – $k\Delta V^2 = f(h)$ при $Re = 1700$; б – $\alpha = f(h)$ при $P = const$

Вплив поздовжньої структури потоків на коефіцієнт тепловіддачі. Важливе значення повинні мати нові знання організації поздовжніх структур потоків. Для виявлення структури потоків показано візуальну картину рідини, що витікає в затоплений простір (рис. 6).

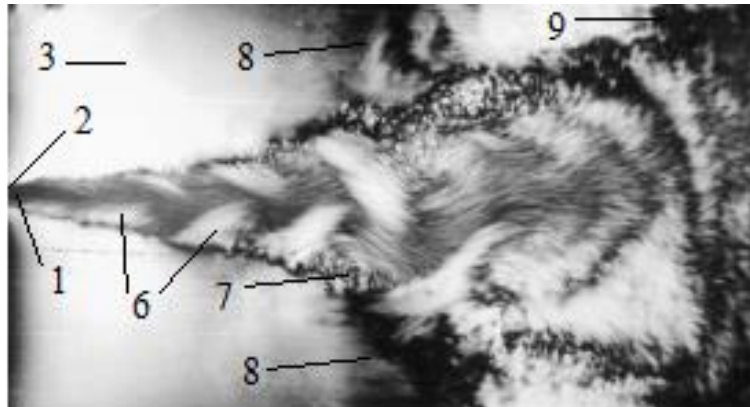


Рис. 6. Структура турбулентного струменя у затопленому просторі:
1 – струмінь; 2 – канал; 3 – затоплений простір; 6 – дискретні структури; 7 – вихори;
8 – границя зони утворення дискретних структур

Інтерес представляє зона утворення світлих дискретних областей, що характеризують збільшення динамічної складової енергії потоку, спрямованої від прикордонного шару всередину струменя. Сьогодні більше уваги приділяється вихорам – 7. Проте слід зазначити, що наявність вихорів показує різке збільшення опорів у потоці. Дискретні області – 6 важко виявляти у потоках, та їх роль важко переоцінити. Виготовлення турбулізаторів для котлів дозволяє суттєво збільшити тепловіддачу на границі газ – метал, при цьому забезпечити помірні значення гідравлічних опорів. На рис. 7 показаний турбулізатор для котла "Колві".

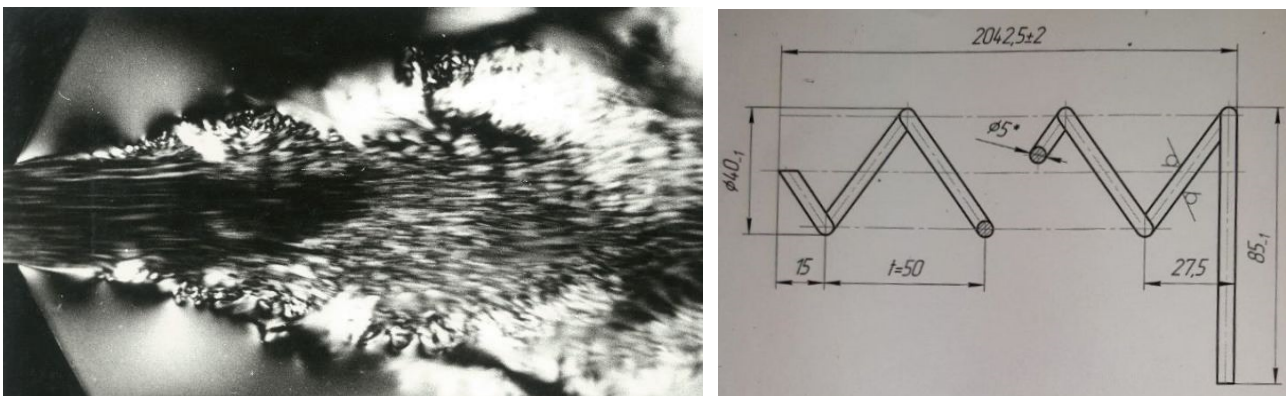


Рис. 7. Метод розробки геометрії турбулізатора котла на основі використання структури струменя в затопленому просторі

Випробування котла «Колві», в якому досліджувалися енергетичні параметри двох варіантів експлуатації: 1 – без турбулізаторів у газових трубах та 2 – із встановленням стрічки для інтенсифікації теплообміну. Установка турбулізатора дозволила збільшити ефективність котла від $\eta_{к,1} = 0,8$ до величини $\eta_{к,2} = 0,92$. При цьому витрати енергії на роботу вентилятора змінилися незначно.

Висновки. Аналіз результатів більше 430 досліджень зі збільшення коефіцієнтів тепловіддачі на границі газ – металева стінка показує можливість збільшення перенесення теплоти в 2-5 разів, проте всі пропозиції призводять до значного збільшення гідро- або аероопорів і відповідно суттєвому зростанню витрат енергії на транспорт.

Візуальні дослідження потоків з виявленням самоорганізації структури потоків дають корисну інформацію для організації гідравлічних та теплових експериментів для виявлення впливу структурної організації на основні параметри енергетичного обладнання.

Гідравлічні та теплові експерименти підтвердили вплив структурної організації рідин та газів на енергетичні показники потоків. Результати дозволяють усунути проблему невизначеності при розрахунках енергетичних параметрів [7].

Отримані результати демонструють переваги візуальної інформації про самоорганізацію структури потоків рідин та газів при розробці або вдосконаленні геометрії каналів з метою покращувати параметри роботи систем опалення, охолодження, кліматизації тощо.

Література

1. Wen-Tao Ji, Anthony M. Jacobi, Ya-Ling He, Wen-Quan Tao. Summary and evaluation on the heat transfer enhancement techniques of gas laminar and turbulent pipe flow. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2017. 111. P. 467-483.
2. Ji W.T., Jacobi A.M., He Y.L., & Tao W.Q. Summary and evaluation on single-phase heat transfer enhancement techniques of liquid laminar and turbulent pipe flow. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2015. 88. P. 735-754.
3. Chang S.W., Yang T.L., & Liou J.S. Heat transfer and pressure drop in a tube with broken twisted tape insert. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 2007. 32(2). P. 489-501.
4. Chang S.W., Jan Y.J., & Liou J.S. Turbulent heat transfer and pressure drop in a tube fitted with serrated twisted tape. *International Journal of Thermal Sciences*. 2007. 46(5). P. 506-518.
5. Bhuiya M., Chowdhury M., Saha M., & Islam M. Heat transfer and friction factor characteristics in turbulent flow through a tube fitted with perforated twisted tape inserts. *International Communications in Heat and Mass Transfer*. 2013. 46, P. 49-57.
6. Fan J.F., Ding W.K., He J.F., Tao W.Q. A performance evaluation plot of enhanced heat transfer techniques oriented for energy-saving. *Heat Mass Transfer*. 2009. 52 (1). P. 33-44.
7. Хли-Nikulin A., Moita A.S., Moreira A.L.N., Murshed S.M.S., Huminic A., Grosu Y., Faik A., Nieto-Maestre J., & Khliyeva O. Effect of Al₂O₃ nanoparticles on laminar, transient, and turbulent flow of isopropyl alcohol. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2019. 130. P. 1032-1044.
8. Dreytser G.A. Modern problems of heat transfer intensification in channels. *Engineering Physics Journal*. 2000. 74(4). P. 33-40.
9. Baron V.G. Shell-and-tube heat exchange apparatus at the end of the 20th century. *Non-Traditional and Renewable Energy Sources*. 2000. 2(5). P. 34-36.
10. Baron V.G. Thin-walled heat exchange apparatus: intensification and general analysis of the situation. *Energy Conservation*. 2002. 7. P. 20-22.
11. Arsirii V., Kravchenko O., Savchuk B., & Arsirii O. The influence of the structure of laminar flows on the characteristics of equipment. In *26th Scientific Conference on Power Engineering and Power Machines (PEPM'2021)*. 2021. Vol. 327, 05003.
12. Album of Fluid Motion by Milton Van Dyke. Stanford, California, 2012.
13. Album of Fluid Motion. In addition, Milton Van Dyke, 2023. URL: <https://www.2023apsdfd.org>.
14. Кожелупенко Ю.Д., Коба А.Л. Экспериментальные исследования теплоотдачи и гидравлического сопротивления при однофазном течении воды в щелевых каналах. *Холодильная техника и технология*. 2002. № 4 (78). С. 40-47.
15. Arsirii V., Kravchenko O., Reconstruction of turbomachines on the basis of the flow structure visual diagnostics. *International Journal Mechanics and Mechanical Engineering*. 2018. Vol. 22. No. 2. P. 405-414.

References

- [1] Wen-Tao Ji, Anthony M. Jacobi, Ya-Ling He, Wen-Quan Tao, "Summary and evaluation on the heat transfer enhancement techniques of gas laminar and turbulent pipe flow", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 111, pp. 467-483, 2017.
- [2] W. T. Ji, A. M. Jacobi, Y. L. He, W. Q. Tao, "Summary and evaluation on single-phase heat transfer enhancement techniques of liquid laminar and turbulent pipe flow", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 88, pp. 735–754, 2015.
- [3] S. W. Chang, T. L. Yang, J. S. Liou, "Heat transfer and pressure drop in a tube with broken twisted tape insert", *Experimental Thermal and Fluid Science*, 32(2), pp. 489–501, 2007.
- [4] S. W. Chang, Y. J. Jan, J. S. Liou, "Turbulent heat transfer and pressure drop in a tube fitted with serrated twisted tape", *International Journal of Thermal Sciences*, 46(5), pp. 506–518, 2007.
- [5] M. Bhuiya, M. Chowdhury, M. Saha, M. Islam, "Heat transfer and friction factor characteristics in turbulent flow through a tube fitted with perforated twisted tape inserts", *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 46, pp. 49–57, 2013.
- [6] J.F. Fan, W.K. Ding, J.F. He, W.Q. Tao, "A performance evaluation plot of enhanced heat transfer techniques oriented for energy-saving", *Heat Mass Transfer*, 52 (1), pp. 33–44, 2009.
- [7] A. Khli-Nikulin, A.S. Moita, A.L.N. Moreira, S.M.S. Murshed, A. Huminic, Y. Grosu, A. Faik, J. Nieto-Maestre, O. Khliyeva, "Effect of Al₂O₃ nanoparticles on laminar, transient, and turbulent flow of isopropyl alcohol", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 130, pp. 1032–1044, 2019.
- [8] G.A. Dreytser, "Modern problems of heat transfer intensification in channels", *Engineering Physics Journal*, 74(4), pp. 33-40, 2000.
- [9] V.G. Baron, "Shell-and-tube heat exchange apparatus at the end of the 20th century", *Non-Traditional and Renewable Energy Sources*, 2(5), pp. 34-36, 2000.
- [10] V.G. Baron, "Thin-walled heat exchange apparatus: intensification and general analysis of the situation", *Energy Conservation*, 7, pp. 20-22, 2002.
- [11] V. Arsirii, O. Kravchenko, B. Savchuk, O. Arsirii, "The influence of the structure of laminar flows on the characteristics of equipment", *In 26th Scientific Conference on Power Engineering and Power Machines (PEPM'2021)*, vol. 327, 05003, 2021.
- [12] Album of Fluid Motion by Milton Van Dyke. Stanford, California, 2012.
- [13] Album of Fluid Motion. In addition, Milton Van Dyke, 2023. [Online]. Available: <https://www.2023apsdfd.org>. Accessed on: January 25, 2024.
- [14] Yu.D. Kozhelupenko, O.L. Koba, "Eksperymentalni doslidzhennia teploviddachi ta hidravlichnoho oporu pry odnofaznomu perebihu vody u shchilyunnykh kanalakh", *Kholodylna tekhnika ta tekhnolohiia*, no. 4 (78), pp. 40 – 47, 2002.
- [15] V. Arsiri, O. Kravchenko, "Reconstruction of turbomachines on the basis of the flow structure visual diagnostics", *International Journal Mechanics and Mechanical Engineering*, vol. 22, no. 2, pp. 405-414, 2018.

THERMAL AND AEROMODELS OF ENERGY EQUIPMENT OF RESIDENTIAL COMPLEXES

¹**Arsirii V.A.**, Doctor of Sci., Professor,
vasyly.arsiriy@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3617-8487

¹**Kroshka O.V.**, graduate student,
Kolvi@epg.kolvi.com, ORCID: 0000-0003-0975-3079
¹*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*
4, Didrikson str., Odessa, 65029, Ukraine

Abstract. During accidents or destruction of the infrastructure of residential complexes at low temperatures, it is necessary to restore the operation of heat supply systems in a short time. It is convenient to use gas tube boilers for this. But we need new solutions to the problems of increasing the power and energy efficiency of equipment and systems due to the reduction of resistances to the movement of liquids or gases, as well as the intensification of heat transfer. Numerous studies have shown that an increase in the heat transfer coefficient at the gas-metal wall interface by 2-5 times leads to an increase in energy consumption of boiler fans by 10 times or more. The article uses three research methods to improve the performance of boilers. Visual diagnostics of the movement of liquids and gases made it possible to identify signs of self-organization of the flow structure. Hydraulic studies in slot channels, where only the height h varied in the range $h = 0.2-2.5$ mm, confirmed that the distribution structure of the pulsation components of the dynamic part of the energy affects the increase or decrease in speed at a given initial pressure.

The thermal experiment showed that the flow structure also affects the nature of the change in the heat transfer coefficient. For channel sizes where the pulsation components have positive values, the increase in the heat transfer coefficient is much more intense than for sizes where the pulsations have negative values. That is, visual studies of the flow structure and the correct choice of transverse channel sizes can solve the problem of increasing the flow up to 24% without additional energy costs, as well as eliminate the problem of uncertainty when solving the problem of intensifying heat transfer at the gas-metal wall boundary.

Visual studies of the jet in a flooded space provide information for solving the problem of intensifying heat transfer. The use of turbulators in gas-tube boilers ensured an increase in boiler efficiency from $\eta_{k.1} = 0.84$ to $\eta_{k.2} = 0.929$. At the same time, the energy consumption for fan operation changed slightly. The use of visual diagnostics of the flow structure makes it possible to solve hydraulic and thermal problems when developing or improving energy equipment for housing complexes.

Key words: residential complexes, boilers, power, energy efficiency, heat transfer, temperature, heat transfer coefficient, pressure, resistance, modeling, improvement.

Стаття надійшла до редакції 2.02.2024

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ у збірнику наукових праць “Сучасне будівництво та архітектура”

До опублікування у фаховій збірці наукових праць приймаються раніше не опубліковані наукові статті, із зазначеною нижче **тематикою публікацій**:

1. Архітектура.
2. Будівельні конструкції.
3. Будівельні матеріали та технології.
4. Гідротехнічне та транспортне будівництво.
5. Інженерні мережі та обладнання.
6. Основи та фундаменти.
7. Технологія та організація будівельного виробництва.

Стаття повинна відповідати тематиці збірника, публікуватися вперше і включати такі елементи:

- актуальність та постановку проблеми у загальному вигляді, її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;
- аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких представлено вирішення даної проблеми і на які спирається автор; виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується дана стаття;
- формулювання мети статті (постановка завдання);
- виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;
- висновки з даного дослідження і перспективи подальшого розвитку у даному напрямку;
- список літератури.

Загальні вимоги до оформлення тексту

Статті подаються в електронному вигляді файлом Word 97 – 2003 в форматі .doc. Назва файлу має містити номер тематики публікації та прізвище першого автора (наприклад, 5 Іванов.doc).

Статті подаються українською чи англійською мовою і друкуються мовою оригіналу.

Текстова частина статті набирається на аркушах формату **A4** шрифтом **Times New Roman 12 пт** через одинарний інтервал, вирівнюється по ширині сторінки, поля по 2 см з усіх боків, абзацний відступ – 1,0 см. **Обсяг статті 7-16 повних сторінок разом з анотаціями.**

Структура статті:

- *індекс УДК* (вирівняно по лівому краю без абзацного відступу, прописний, напівжирний);
- *назва статті* (відцентрована, усі літери прописні, напівжирні, переноси не допускаються);
- *прізвище, ініціали всіх авторів, науковий ступінь, вчене звання* (вирівняно по правому краю, прізвище – напівжирний; ступінь і звання – рядковий);
- *повна назва вищого навчального закладу чи організації* (курсив, вирівняно по правому краю; якщо автори з різних навчальних закладів, то кожен автор з окремого рядка);

- *електрона пошта* (вирівняно по правому краю та поряд унікальний номер ORCID);
- *анотації до статті* (абзацний відступ, назва напівжирна, анотації пишуться двома мовами: українською і англійською).

Текст першої анотації пишеться мовою основного тексту статті та повинен бути **не менш як 1800 знаків**.

Текст другої анотації, якщо видання не є повністю англійськомовним, кожна публікація не англійською мовою супроводжується анотацією англійською мовою обсягом **не менш як 1800 знаків**. Якщо видання не є повністю українськомовним, кожна публікація не українською мовою супроводжується анотацією українською мовою обсягом **не менш як 1800 знаків**. Друга анотація розміщується в кінці статті після списку літератури на англійській мові.

Дві анотації повинні коротко повторювати структуру статті, що включає вступ, мету, методику, результати, висновок. Машинний переклад **не дозволяється**.

- *ключові слова* (міжрядковий інтервал не робиться, абзацний відступ, назва напівжирна, текст ключових слів не більше 6–8 слів).

Назва статі, прізвище і ініціали, науковий ступінь, вчене звання, місце роботи, анотація і ключові слова – повторюються українською та англійською мовами.

Між рядками з індексом УДК, назвою статі, прізвищем авторів, анотацією, основним текстом і переліком літератури, літературою на англійській мові та другою анотацією одинарний інтервал.

- *Основний текст статті*.

Структура основного тексту статті згідно з постановою ВАК України № 7-05/1 від 15.01.2003 р. (Бюлетень ВАК України №1, 2003 р.) повинна мати такі необхідні елементи (*назви структурних елементів в тексті статті потрібно виділити напівжирно*):

- вступ (постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями);

– аналіз останніх джерел досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми (бажано, щоб це був аналіз останніх публікацій у фахових журналах) і на які опирається автор, виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття;

- постановка мети та завдання (формулювання мети та завдань досліджень);

– матеріали та методи дослідження (опис використаних матеріалів та методів дослідження проблеми, що розглядається у статті);

– основний матеріал і результати (виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів);

– висновки (наукова новизна, наукове та практичне значення результатів дослідження, перспективи подальших наукових розроблень);

– *література* (відцентрована, напівжирна; посилання в тексті подають у квадратних дужках [2]; список літератури наводиться відповідно порядку посилань у тексті згідно з ДСТУ 8302:2015 та записується в стовпчик; написання «Джерела інформації», «Перелік літератури» **не допускається**). Бібліографічний список наводиться мовою оригіналу та транслітерується. Кількість посилань на літературні джерела у статті повинно бути не менше 15 джерел. Особлива увага приділяється сучасним англійськомовним статтям, зокрема індексованих WoS або Scopus.

– *бібліографічний список (References)*. Для відтворення українських власних назв засобами англійської мови при перекладі публікації англійською мовою застосовується транслітерація. Найменування організацій та установ, що не перекладаються на англійську мову, також транслітеруються. Транслітерація прізвищ авторів виконується залежно від мови оригіналу джерела відповідно до вимог Постанови Кабінету Міністрів України від 27.01.2010 р. № 55 «Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею». Бібліографічний список повинен бути оформлений з використанням стилю *IEEE STYLE* згідно з «Міжнародним стилем цитування та посилання в наукових роботах», Київ, 2016.

Таблиці слід виконувати в редакторах Word без заливання. Кожна таблиця має бути надрукована з відповідним заголовком та нумерацією після першого посилання на неї.

Ширина таблиць не повинна перевищувати поля сторінки. Шрифт в таблиці повинен відповідати шрифту статті.

Формули мають бути виконані в редакторі формул *Equation 3.0* чи *MathType* з використанням тільки загальноприйнятих шрифтів (Times New Roman; Symbol). Кожна формула набирається як один об'єкт, нумерація формул арабськими цифрами справа в дужках вирівняна по ширині сторінки.

Рисунки (діаграми, фото), подаються у чорно-білому, кольоровому варіанті або у градаціях сірого кольору після першого посилання на них; мають бути згруповані та являти собою один графічний об'єкт; мати нумерацію та підпис позначення ось координат. Розміри підписів на рисунку повинні відповідати шрифту Times New Roman 12 пт.

Разом зі статтею подаються:

- відомості про автора (авторська довідка): прізвище, ім'я, по батькові (повністю); вчене звання, вчений ступінь; посада, місце роботи; контактні адреси й телефони; поштова адреса, на яку надсилати примірник збірника
- рецензія на статтю, якщо автором є аспірант без співавторів з вченим ступенем та вченим званням.

Статті, які не відповідають наведеним вимогам, до розгляду не приймаються.

Подані матеріали підлягають додатковому рецензуванню членами редколегії або провідними фахівцями за науковими напрямками, тому можуть бути повернені авторам на доопрацювання.

Остаточне рішення щодо публікації статті приймає редакційна колегія видання.

Відхилений оригінал не повертається.

Оплата здійснюється тільки після підтвердження прийняття статті до друку.

Вартість публікації статті **1100 грн.** Збірник виходить 4 рази на рік щоквартально, в кінці кожного кварталу. Статті необхідно надсилати до 1 числа останнього кварталу (наприклад, якщо збірник виходить в кінці червня, то статті приймаються до 1 червня). Але прийом статей може закінчитись раніше вказаного терміну, якщо буде набрано необхідну кількість сторінок.

Матеріали надсилати за адресою:

Редакція «Сучасне будівництво та архітектура»
Одеська державна академія будівництва та архітектури,
вул. Дідрихсона, 4
м. Одеса, 65029, Україна
Контактна особа: Антонюк Надія Романівна
тел. роб. (048) 70-00-608
e-mail: visnuk_odaba@ogasa.org.ua
Сайт збірника: <http://visnyk-odaba.org.ua/>

Платіжні реквізити:

Центр НТТМ по АБ, код **21028281**,
МФО **320478**, Р/р **UA 10320478000026009924861812** в ПАТ АБ «Укргазбанк»,
Призначення платежу: «Сучасне будівництво та архітектура, ПІБ першого автора»

Просимо після відправлення матеріалів обов'язково зателефонувати або зв'язатися електронною поштою, щоб упевнитися в отриманні матеріалів та рішенні редакційної колегії щодо публікації статті.

Наукове видання

СУЧАСНЕ БУДІВНИЦТВО ТА АРХІТЕКТУРА

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**Випуск № 7
березень 2024**

Головний редактор *Вировой В.М.*
Технічний редактор *Антонюк Н.Р.*

Підписано до друку 4.03.2024 р.
Формат 60×84/8. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Цифровий друк. Ум.-друк. арк. 15,2.
Наклад 100 прим. Зам. №20-29Е

Видавець і виготовлювач:
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Свідоцтво ДК № 4515 від 01.04.2013 р.
Україна, 65029, м. Одеса, вул. Дідріхсона, 4.
тел. (048) 729-85-34, e-mail: rio@ogasa.org.ua

Надруковано в авторській редакції з готового оригінал-макету
в редакційно-видавничому відділі ОДАБА