



ROLE OF SCIENCE AND EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Monograph

Katowice 2021



ROLE OF SCIENCE AND EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Edited by Magdalena Wierzbik-Strońska
and Iryna Ostopolets

Series of monographs
Faculty of Architecture,
Civil Engineering and Applied Arts
University of Technology, Katowice
Monograph 44

Publishing House of University of Technology, Katowice, 2021

Editorial board :

Nataliia Khlus – PhD, Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University, Ukraine

Paweł Mikos – University of Technology, Katowice

Aleksander Ostenda – Professor WST, PhD, University of Technology, Katowice

Iryna Ostopolets – PhD, Associate Professor, Donbas State Pedagogical University (Ukraine)

Yurii Otrosh – Doctor of Technical Science, Professor, National University of Civil Defence of Ukraine (Ukraine)

Viktoriia Overchuk – Doctor of Economic Science, Vasyl` Stus Donetsk National University (Ukraine)

Nataliia Svitlychna – PhD, National University of Civil Defence of Ukraine (Ukraine)

Magdalena Wierzbik-Strońska – University of Technology, Katowice

Reviewers :

Tetyana Nestorenko – Professor WST, PhD, Associate Professor, Berdyansk State Pedagogical University (Ukraine)

Sławomir Śliwa – PhD, the Academy of Management and Administration in Opole

Series of monographs Faculty of Architecture, Civil Engineering and Applied Arts, University of Technology, Katowice

Monograph · 44

The authors bear full responsible for the text, data, quotations and illustrations

Copyright by University of Technology, Katowice, 2021

ISBN 978 – 83 – 960717 – 0 – 5

Editorial compilation

Publishing House of University of Technology, Katowice

43 Rolna str. 43 40-555 Katowice, Poland

tel. 32 202 50 34, fax: 32 252 28 75

TABLE OF CONTENTS:

Preface	8
Part 1. Financial and Economic Mechanisms for Sustainable Development	9
1.1. Ensuring energy independence of economic systems through bioenergy promotion	9
1.2. Calculated values of air temperature for the building enclosures design	16
1.3. Quality as a factor of increasing the competitiveness of agricultural products	23
1.4. Social and economic trends of sustainable development in the conditions of digital economy	31
1.5. Technologization of the functioning of the employment service in the labor market	39
1.6. Solvency management in the system of financial security of small business enterprises	45
1.7. Lost ten years of the Belarusian economy	53
1.8. Modeling and forecasting the development of socio-economic systems in conditions of uncertainty and ambiguity of data	63
1.9. Formation and organization of land use in the context of world trends of agricultural development	74
1.10. The main trends and current state of regulation of existing land tenure and land use	85
1.11. Components of everyday consciousness and ecological competence of social humanities and natural sciences and natural mathematical specialties	96
1.12. Development and use of disinfectants in veterinary medicine	106
1.13. Online platforms for interaction between the state and small business in Ukraine	112
1.14. The market mechanism and the formation of an effective national economic model	119
1.15. Asset value valuation result methodical error at value over time change model inadequate choice	126
1.16. The importance of education and knowledge economy for ensuring sustainable socio-economic development	141
1.17. Resource provision management of the region	148
1.18. Taxation as one of the important components of the financial mechanism for sustainable development (on the example of a local taxation of Ukraine)	157
Part 2. Modern Approaches for Education Development	168
2.1. The role of the prooxidant-antioxidant system in providing immune resistance of the plant organism	168
2.2. Formation of key competencies of the future teacher of new Ukrainian school in the context of ensuring sustainable development of education	177
2.3. Intercultural communication as a prerequisite for the formation of sustainable society development	185
2.4. The essence and content of the media competence of future doctors	194
2.5. Gender aspect research of non-verbal communication among student youth	203
2.6. Physical and health activities of students in the conditions of healthy educational environment	211
2.7. Potential of project activities in the designers' professional education: competence approach	217
2.8. Ethnodesign as an issue for discussion in foreign scientific literature	222
2.9. Communicative approach in learning English	228

2.10. Synchronous and asynchronous distance learning: benefits and limitations	234
2.11. Use of case-study method in teaching humanities at medical university	242
2.12. The importance of interdisciplinary relations in the educational process of higher educational institutions in Ukraine	247
2.13. Research of the specifics of providing tourist education in the latest conditions: marketing approach	252
2.14. Standards for permissible levels of radionuclides in reservoirs according to the ecological principle of safety	267
2.15. Education of spiritual and moral values in children of senior preschool age by means of artistic word	273
2.16. Use of information and communication technologies in the educational process of primary school	282
2.17. The specifics of formation in preschool children life skills that are focused on sustainable development	288
2.18. History of study, etiology and symptoms of dyslexia	296
2.19. Efficiency of using project activity of children of senior preschool age in environmental education	301
2.20. Methodological bases of formation of self-educational competence of pupils of elementary school at studying of physics on the basis of sustainable development	311
2.21. Preparation of future educators before the formation of children preschool skills based on sustainable development: interdisciplinary approach	321
2.22. Application of mathematical methods and models in the process of studying higher mathematics	328
2.23. Dominant factors of creative personality in the context of modern education for sustainable development	337
Part 3. Education as a Factor of Sustainable Development	344
3.1. Archetypal symbolism and collective unconscious	344
3.2. Professional and pedagogical communication as a basis for the formation of the personality of the future specialist	350
3.3. Application of innovative approaches to the organization of physical education as an important condition for increasing the level of self-confidence and own capabilities of students of a special medical group	363
3.4. The usage of exhibition materials of Local history museum in the educational school process	373
3.5. Formation of environmental competence of future specialists of preschool industry in the context of education for sustainable development	382
3.6. Interdisciplinary relations as a factor of quality professional training of future multimedia designers	390
3.7. Building communicative competence in business discourse in learning English for specific purposes	397
3.8. Architecture design as a method of modeling in the educational environment	402
3.9. The use of the latest histological techniques for the diagnosis of pathological changes of the liver <i>Hypophtalmichthys molitrix</i> in transformed living conditions	407
3.10. Whole-language approach to teaching English via the Internet	414
3.11. The role of the English language teaching in higher education institutions of Ukraine for the implementation of education for sustainable development	420
3.12. Peculiarities of motivation of professional activity of a modern teacher	426
3.13. The main achievements of Ukraine on the way to implementing the principles	

of education for sustainable development	431
3.14. Innovations in the design work of students of the Department of Radio-Electronic and Biomedical Computerized Means and Technologies of the Zhukovsky National Aerospace University (KHAI), as a mechanism for improving the efficiency of the educational process – the basis of sustainable development of society	439
3.15. Methodological approaches of preparation of future educators of preschool education institutions for creation of positive professional for sustainable development	453
3.16. Formation of digital competence future engineers-teachers in process professional training	467
3.17. Management of educational institution development on the basis of the results-based approach	473
3.18. Modeling of spelling competence in junior high school students with special speech needs	482
3.19. Sustainable development of society in the context of genesis indicators, directions of development of social processes and tendencies of establishment of the primary natural education as an indicator of changes in the system "man – nature"	489
3.20. Learning process focused on promoting sustainable development: essence, didactic triad structure, innovative basis	500
3.21. Introduction of a communicative approach (CLT) to foreign languages teaching for blended learning during quarantine period	510
3.22. Methods of formation of scientific concepts in higher school	517
3.23. Modeling and numerical analysis of reinforced concrete beams under force and high temperature influences	525
Part 4. Education for Sustainable Development: an Interdisciplinary Approach	533
4.1. Optimization of the psychophysical condition of primary school students in boarding schools	533
4.2. Methodological problems of sustainable development of society and higher education system	546
4.3. Experimental determination of residual resource of reinforced concrete beams after force and high temperature influences	554
4.4. Preparing future educators to foster sustainability skills in pre-school children through media production	563
4.5. YouTube streaming as an interactive presentation of student's projects (as an example of the subject "Specialization: Internet, TV")	570
4.6. The organizational structure of massive open online courses management	576
4.7. Ecologisation of the educational space of a pre-school institution in the context of sustainable development	583
4.8. Formation of research skills of future primary school teachers in the context of education for sustainable development	587
4.9. Modeling paradigm: from visual layouting to virtual 3D	595
4.10. Development of the internal system of education quality assurance: theoretical and applied aspect	609
4.11. Conditions of the forming willingness to self-education of future fashion designers	615
4.12. Ecological and economic and humanities education – the basis of sustainable development	626
4.13. To the problem of studying of the intellectual characteristics and peculiarities of the organization of cognitive activity of students	638

4.14. Interdisciplinary approach in the system of professional training of students-choreographers of higher education institutions	645
4.15. Pedagogical terms of realization of professional preparation of future teachers of fine art with the use of computer technologies of teaching	651
4.16. Socio-psychological support of pupils with increased level of school anxiety	656
4.17. Professional training of future artists-educators in the context of realizing the sustainable development tasks	667
4.18. The role of information and communication technologies in the development of the digital educational space	675
4.19. Organizational competence of specialists in physical culture and sports of the Armed Forces of Ukraine: concept, content and structure	682
Part 5. Social and Humanitarian dimensions of Sustainable Development	691
5.1. Current trends in the development of the sharing economy	691
5.2. The role of modern knowledge in the formation of innovation space. Vergence of "new" and "old" (ontological approach)	698
5.3. Sustainable development of civil society in the period hybrid warfare	704
5.4. Ways of forming and stimulating a healthy lifestyle of modern youth	714
5.5. Application of the multilevel multidisciplinary approach at rehabilitation of the persons working in the conditions of high psychophysical loadings and suffering from pain syndromes	722
5.6. Adjective innovations with the prefix anti- in the modern Ukrainian language	733
5.7. The influence of hardiness on human behavior	741
5.8. Development of physical qualities by means of gymnastics in children of senior preschool age in the conditions of preschool education institution	747
5.9. Global problems of the social sector caused by digitalization; trends and challenges	759
5.10 Features of fire protection of products and structures made of wood with environmentally friendly geocement materials	766
5.11. Psychological features of students' ideas about the image of a politician	777
5.12. Psychological relations in a team and their impact on the desire for career growth	784
5.13. Innovation as a tool ensuring sustainable development (linguodidactical view of the problem)	791
5.14. Conjunctions and prepositions in the transpositional paradigm of the sentence	797
5.15. The specifics of the social status of the individual in social psychology	803
5.16. Attitude of modern teenagers to the LGBT community	815
5.17. Analysis of scientific approaches in the formation of the social policy of the state	821
5.18. Analysis of psychological features of development and social adaptation of students with disabilities	833
5.19. Psychotechnologies of influence on public consciousness in modern interactive information space	855
5.20. Ukrainian fiction: the possibilities of the digital age	865
5.21. Game exercises and trainings on fire safety as a means of forming psychological stability of primary schoolchildren during fires	871
5.22. Emergency resilience technology is the basis for sustainable development	876
5.23. Development of methodological bases of humanitarian demining in the context of sustainable development of the state	883
5.24. Innovative approaches to vocational training of junior specialists and bachelors in medical higher and associate education institutions	892
5.25. Activity approach as a component of the theoretical and methodological core of the system of conceptual approaches to the organization of learning	899

5.26. Peculiarities of professional motivation and career orientations of employees state service of supervised situations	909
5.27. The relationship between feelings of loneliness and individual traits students of psychologists	916
5.28. International experience in training social professionals	922
5.29. Reforming the education system in Ukraine: status and trends	927
5.30. Research of the requirements for the results of multi-tier mathematical preparation of the future specialists of a technical profile at higher educational establishments in the context of dublin descriptors	932
Annotation	940
About the authors	968

PREFACE

The growing role of science and education in the context of global challenges is attributable to economic and social transformations in the modern world. It requires the organization of a qualitatively new system of education and science, which is able to ensure their rapid adaptation to the conditions of sustainable development.

The basis of social progress modern understanding is a new vision of education and science as important components of sustainable development, ensuring progress in such areas as technology, legislation and production.

Sustainable development is a much broader process than economic growth, and it covers the most important areas of human society. The defining element of this process is human resources development, which includes education, training and human potential using for social and economic progress.

The development of human resources is provided by many factors aimed at the formation and improvement of physical and intellectual abilities of a person. These factors, next to education and science, include health, quantitative and qualitative indicators of nutrition, the state of the environment, employment, and political and economic freedoms. They are all interconnected and interdependent, but education and science are the bases for everyone else.

Education and science are essential factors for health improving and nutrition, ensuring a high-quality environment, spreading and improving jobs, and implementing political and economic responsibility.

The role of education and science in society is determined by the fact that through the knowledge, skills, and education transferring, they generate not only competent employees, but also socially responsible citizens.

The scientific monograph is devoted to the discussion of important issues of science and education in the civil society development and is relevant in our time.

The monograph examines such aspects as: economic and financial mechanisms of sustainable development; education for sustainable development: an interdisciplinary approach; social and humanitarian dimensions of sustainable development.

In the scientific work the researchers presented their results of theoretical concepts generalization, empirical research and practical experience of modern education and science in the development of civil society. The authors' scientific research has shown once again that current trends in education and science in the development of civil society reflect the objective need to consider them an integral part of the social system, which plays a special role in the process of human development.

Thus, science and education are the head start of society development, which requires the participation of all elements of the social system in its formation, through the technologies using, which are described by the authors in the monograph and those that are still developing and testing nowadays.

The monograph corresponds to the principles of academic integrity. It can be useful for scientists, teachers, and students.

Editors

3.23. MODELING AND NUMERICAL ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BEAMS UNDER FORCE AND HIGH TEMPERATURE INFLUENCES

3.23. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ПРИ СИЛОВИХ ТА ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВАХ

ANSYS – це програмний пакет скінченно-елементного аналізу, що вирішує завдання в різних галузях інженерної діяльності (міцність конструкцій, термодинаміка, механіка рідин і газів, електромагнетизм), включаючи пов'язані багато дисциплінарні завдання (термоміцнісні, магнітопружні тощо)^{1018, 1019, 1020, 1021}.

Кожна версія програмного забезпечення включає нові й розширює колишні можливості пакета, що робить програму ще більш швидкою, гнучкою і зручною. Ці якості допомагають користувачам впоратися із запитами сучасного промислового виробництва, що безперервно зростають.

Програма ANSYS працює в середовищі операційних систем найпоширеніших комп'ютерів – від PC до робочих станцій і суперкомп'ютерів. Багатоцільова спрямованість програми дозволяє використовувати одну й ту ж модель для вирішення таких пов'язаних завдань, як міцність при тепловому навантаженні, вплив магнітних полів на міцність конструкції, тепломасоперенос в електромагнітному полі. Модель, яка створена для PC, може використовуватися на суперкомп'ютері. Це забезпечує всім користувачам програми зручні можливості для вирішення широкого кола інженерних задач.

Програмне забезпечення пропонує перелік розрахункових засобів, які можуть врахувати різноманітні конструктивні нелінійності; дають можливість вирішити найбільш загальний випадок контактної задачі для поверхонь; допускають наявність великих (кінцевих) деформацій і кутів повороту; дозволяють виконати інтерактивну оптимізацію й аналіз впливу електромагнітних полів, отримати рішення задач гідроаеродинаміки й багато іншого – разом з параметричним моделюванням, адаптивним перебудовуванням сітки, використанням р-елементів та великими можливостями створення макрокоманд за допомогою мови параметричного програмування програми ANSYS (APDL).

Система меню (на основі розробки фірми Motif) забезпечує введення даних і вибір дій програми за допомогою панелей діалогу, меню і вікон списку, які допомагають користувачеві керувати програмою. Засоби твердотілого моделювання містять уявлення геометрії, які засновано на використанні сплайнових технологій NURBS, геометричних примітивів і операцій булевої алгебри (що виконуються модулем SHAPES фірми HOX Corp.).

Можливості аналізу й оптимізації програми ANSYS легко переносяться на CAD-моделі шляхом використання форматів IGES і STEP для пересилання геометрії або відповідного інтерфейсу провідних CAD-програм.

В ANSYS 12.0 було додано нові моделі матеріалів: модель Ананда для завдання властивостей в'язко пластичних матеріалів; модель Друкера-Прагера з урахуванням повзучості; модель матеріалу Бергстрома-Бойса для опису властивостей еластомерів; можливе врахування знеміцнення при циклічному навантаженні еластомерів.

¹⁰¹⁸ Дашченко А. Ф., Лазарева Д. В., Сурьянинов Н. Г. *ANSYS в задачах инженерной механики*. Одесса, 2011. 505 с.

¹⁰¹⁹ Krutii Y., Suriyaninov M., Vandynskiy V. Development of the method for calculation of cantilever construction's oscillations taking into account own weight. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 2018. № 3 (7-93), P. 13-19.

¹⁰²⁰ Liao Feiyu, Huang Zhaohui. Modelling localised fracture of reinforced concrete structures. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Engineering and Computational Mechanics*, 2016, № 169, P. 53-69. <https://doi.org/10.1680/jencm.15.00008>.

¹⁰²¹ Dzolev, Igor & Cvetkovska, Meri & Radonjanin, Vlastimir & Ladjinovic, Djordje & Laban, Mirjana. *Modelling approach of structural fire performance*, 2018.

Розширилися можливості sparse-вирішувача для несиметричних і комплексних матриць, як в режимі розпаралелювання із загальною пам'яттю (Shared Memory Parallel), так і в режимі розподіленої пам'яті (Distributed Memory Parallel).

Реалізовано новий алгоритм визначення поверхонь, що контактують, який значно прискорює процес пошуку в залежності від складності розрахункової моделі. Час на вирішення завдань з контактними елементами й обчислення результатів для контактних задач знизився в середньому на 50%.

У версії ANSYS 13.0 з'явилися нововведення, що дозволяють полегшити й прискорити вихід нових продуктів на ринок, зберігаючи впевненість в надійності отриманих результатів. Крім того, ANSYS став більш автоматизованим і інтерактивним, користувачам пропонуються нові можливості багато дисциплінарних розрахунків, моделювання комплексних систем. У цій версії значно покращилися можливості для моделювання великих переміщень. Для отримання точних результатів в ANSYS 13.0 тривимірні сітки, які перебудовуються, можуть використовуватися при моделюванні великих переміщень. Тривимірні сітки, які перебудовуються, це унікальна можливість для розрахунків на міцність в ANSYS. При дуже великих деформаціях погана якість сітки може привести до отримання неточних результатів у всьому часовому діапазоні. У цьому випадку розрахунок зупиняється, перебудовується сітка, і розрахунок триває після виправлення таких параметрів, як контакти, властивості матеріалів, навантаження і граничні умови. На тривимірні сітки, які перебудовуються, автоматично переносяться контакти й граничні умови зі старої сітки на нову.

В ANSYS 13.0 додано також поліпшення, що скорочують час розрахунків. З'явилася також інтеграція з Microsoft Excel – з найбільш популярних інженерних інструментів.

Враховуючи розвинуті можливості ANSYS, саме цей пакет було обрано в роботі для моделювання залізобетонних конструкцій, що розглядаються, при силових і високотемпературних впливах та подальшого розрахунку методом скінченних елементів з метою визначення та оцінювання технічного стану.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У роботі¹⁰²² розглядаються результати інженерної оцінки пошкоджених пожежею збірних попередньо напружених залізобетонних елементів. Дослідження складалися з двох етапів: етап інженерної обробки матеріалів, включаючи лабораторні випробування бетонних зразків, і перевірка несучої здатності пошкоджених вогнем елементів. Для теоретичного розрахунку використовувалася аналітична модель, яка враховувала втрату жорсткості при високотемпературних впливах. Аналітична модель слугувала перевіркою результатів експериментальних досліджень і підвищила рівень довіри до технічних рекомендацій.

У роботі¹⁰²³ наведено результати моделювання вогнестійкості залізобетонних конструктивних елементів. Аналіз проводився за допомогою програмного забезпечення ABAQUS. Здійснено порівняння різних результатів теплового аналізу з акцентом на вплив граничних умов. Отримані чисельні результати порівнювалися з експериментальними результатами, що слугувало валідацією підходу моделювання.

В роботі¹⁰²⁴ виконано моделювання локального руйнування залізобетонних балок при підвищених температурах за допомогою методу скінченних елементів. В цій роботі розроблено тривимірну (3D) модель для точного прогнозування як теплової, так і механічної поведінки залізобетонних конструкцій, що піддаються впливу вогню.

¹⁰²² M. Reis, Engin & A. Mata, Luis & Dilek, Ufuk. An analytical model for estimating load-test deflections in fire-damaged precast, prestressed concrete members. *PCI Journal*. 2009. 54. 129-142.
DOI:10.15554/pci.06012009.129.142.

¹⁰²³ Lakhani, Hitesh & Kamath, Praveen & Bhargava, Pradeep & Singh, Tarvinder & Reddy, G Rami. Simulation of Fire Resistance of Reinforced Concrete Structural Members (Extended Abstract). *Journal of Structural Engineering*. 2013. 40. 7-11.

¹⁰²⁴ Liao Feiyu, Huang Zhaohui. An extended finite element model for modelling localised fracture of reinforced concrete beams in fire. *Computers & Structures*, 2015, № 152, P. 11-26.
<https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2015.02.006>.

У роботі¹⁰²⁵ наведено тривимірну модель зі скінченних елементів для точного прогнозування як теплової, так і механічної поведінки залізобетонних конструкцій, що піддаються впливу високих температур. Результати моделювання, які було отримано за цією моделлю, порівнюються з наявними експериментальними даними для вивчення точності моделі. Прогнозування за цією моделлю також дозволяють детально вивчити складний розподіл напружень та деформацій у залізобетонних конструкціях, що використовується для визначення технічного стану залізобетонних балок при силових та високотемпературних впливах.

Чисельний підхід з використанням методу скінченних елементів було використано для оцінки поведінки залізобетонної каркасної конструкції, яку було піддано впливу пожежі¹⁰²⁶. Конструкцію було запроєктовано відповідно до стандартів Єврокоду з проектування конструкцій для стійкості до землетрусу. Тепловий та міцнісний аналіз було виконано за допомогою програмного забезпечення ANSYS. Залежні від температури нелінійні теплофізичні та механічні властивості приймалися відповідно до стандартів Єврокоду.

Відомо, що зміни температури можуть спричинити напруження в залізобетонних конструкціях. В роботі¹⁰²⁷ досліджувалась поведінка залізобетонних балок і каркасів при теплових навантаженнях з метою вивчення ефекту зміни температури. Балки та рами моделювалися таким чином, що враховувалась нелінійність матеріалів, особливо утворення тріщин. Розглянуто різні градієнти температури, а саме рівномірні, лінійні та нелінійні. Метод скінченних елементів використовувався для проведення аналізу з використанням програмного забезпечення ABAQUS.

Об'єктом, несуча здатність якого визначалась при впливах високих температур, була залізобетонна балка прямокутного перерізу^{1028, 1029}.

Межа вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності залежить від виду і статичної схеми обпирання конструкції. Однопрогонові вільно обперті балки при дії пожежі руйнуються в результаті нагрівання поздовжньої нижньої робочої арматури до граничної критичної температури. Межа вогнестійкості залежить від товщини захисного шару нижньої робочої арматури, класу арматури, робочого навантаження і теплопровідності бетону. У балок межа вогнестійкості залежить також від ширини перерізу.

При одних і тих же конструктивних параметрах межа вогнестійкості балок менша, ніж плит, оскільки під час пожежі балки обігріваються з трьох боків (з боку нижньої і двох бічних граней), а плити – тільки з боку нижньої поверхні.

Статично невизначені балки при нагріванні втрачають несучу здатність в результаті руйнування опорних і прольотних перерізів. Перерізи в прольоті руйнуються в результаті зниження міцності нижньої поздовжньої арматури, а опорні перерізи – внаслідок втрати міцності бетону в нижній стиснутій зоні, що нагрівається до високих температур. Швидкість прогріву цієї зони залежить від розмірів поперечного перерізу, тому вогнестійкість статично невизначених балок залежить від ширини й висоти перерізу. При великих розмірах поперечного перерізу межа вогнестійкості статично невизначених балок значно вище, ніж

¹⁰²⁵ Gao Wan-Yang, Teng J. G. and Chen Guangming. Finite element modeling of reinforced concrete beams exposed to fire. *Engineering Structures*, 2013, № 52, P. 488-501. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2013.03.017>.

¹⁰²⁶ Dzolev Igor, Svetkovska Meri, Ladjinovic Djordje, Radonjanin, Vlastimir. Numerical analysis on the behavior of reinforced concrete frame structures in fire. *Computers and Concrete*, 2018, № 21, P. 627-647. <https://doi.org/10.12989/cac.2018.21.6.637>.

¹⁰²⁷ Eltayeb Essam, El-MetwallySalah, Askar, Hamed, Yousef A. M.. Thermal analysis of reinforced concrete beams and frames. *HBRC Journal*, 2015. 109. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2015.02.001>.

¹⁰²⁸ Otrosh, Y., Surianinov, M., Golodnov, A., & Starova, O. (2019). Experimental and Computer Researches of Ferroconcrete Beams at High-Temperature Influences. In *Materials Science Forum* (Vol. 968, pp. 355-360). Trans Tech Publications Ltd.

¹⁰²⁹ Otrosh Ю. А., Сур'янінов М. Г., Ковлалевська Т. М. Експериментальні та комп'ютерні дослідження залізобетонних балок при високотемпературних впливах. Матеріали VI Міжнародної конференції «Актуальні проблеми інженерної механіки», Одеса, 2019. С. 236-238.

статично визначених, і в ряді випадків практично не залежить від товщини захисного шару для поздовжньої нижньої робочої арматури.

Мета роботи – дослідження залізобетонних балок при силових та високотемпературних впливах за допомогою комп'ютерного моделювання процесу з подальшим порівнянням результатів в контрольних точках з метою оцінювання технічного стану і визначення залишкового ресурсу.

Основна частина. Ступінь пошкодження залізобетонних конструкцій при пожежах визначити дуже складно. Різноманітність фізико-механічних властивостей матеріалів, що складають залізобетон, при високих температурах призводить до їх різних температурних деформацій, порушуються взаємозв'язки між окремими компонентами. Багатоплановість змін, що відбуваються, робить практично неможливим аналітичний опис напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій¹⁰³⁰. Доводиться вдаватися до експериментальних досліджень. Однак ці результати, як правило, мають великий розкид значень і залежать від безлічі факторів. Тому потрібна верифікація даних експерименту. Найбільш перспективним шляхом для її проведення є, на наш погляд, комп'ютерне моделювання конструкції при силових та високотемпературних впливах, яке можна виконати в ряді сучасних скінченно-елементних програм. Однією з таких програм обрано пакет ANSYS.

З метою оцінки якості експерименту і вірогідності отриманого в ході його проведення розподілу температур виконано комп'ютерне моделювання залізобетонної балки-стілки в програмному комплексі ANSYS R17.1 (Рис. 1).

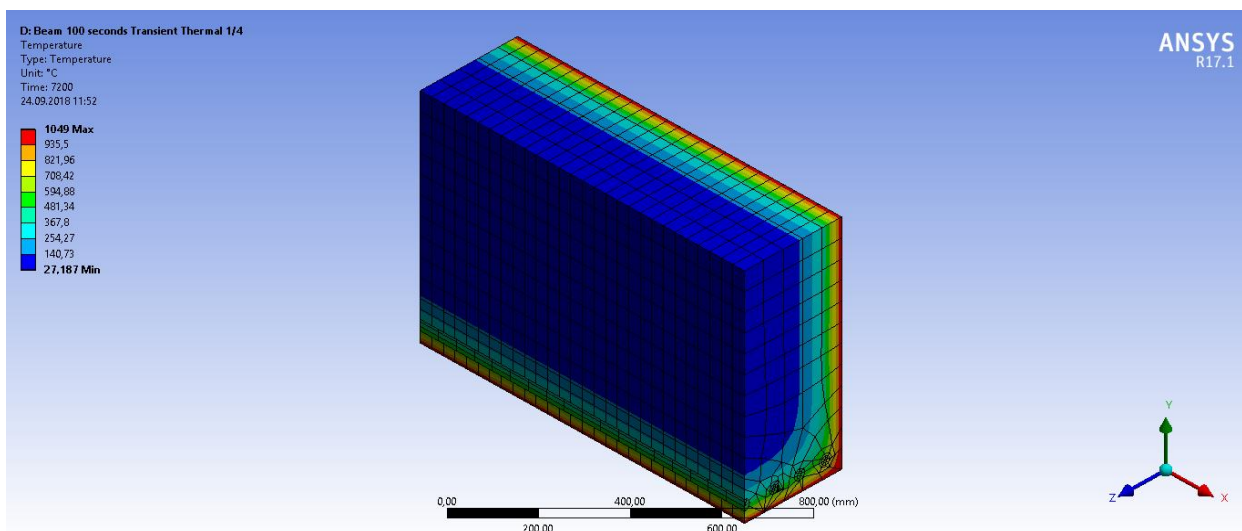


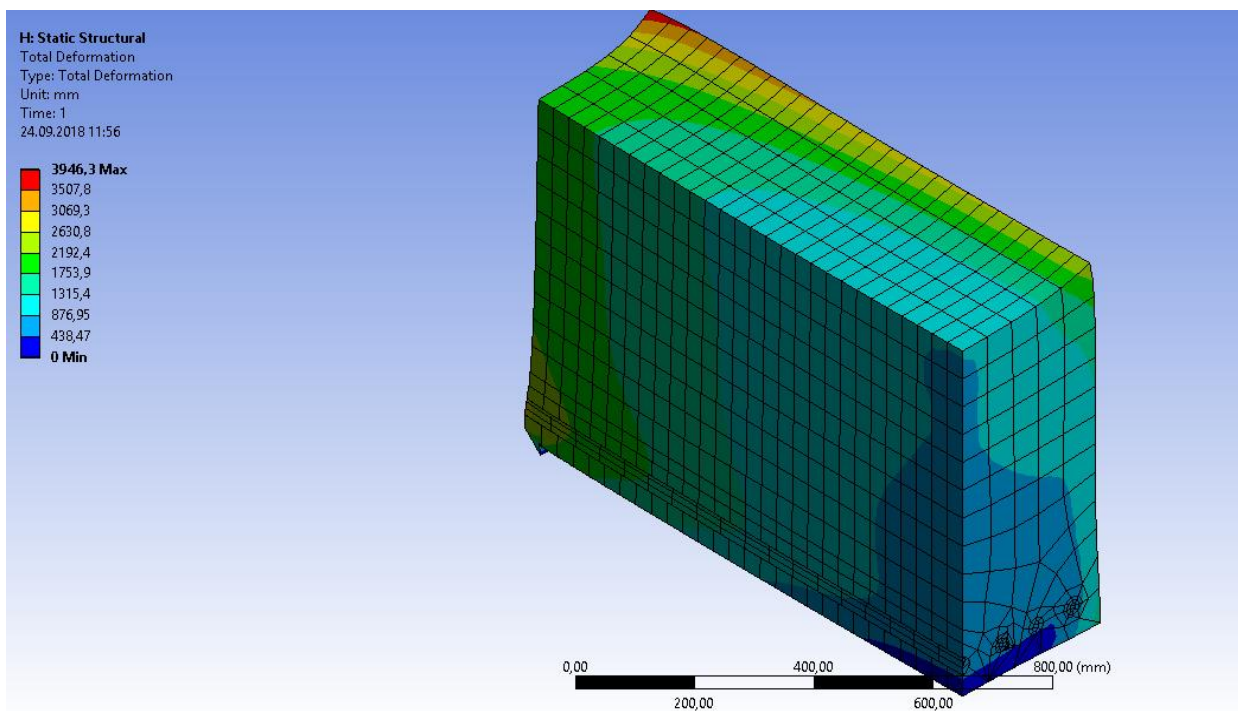
Рис. 1. Розподіл температур в моделі залізобетонної балки-стілки в ANSYS

При побудові моделі використовувалися параметри залізобетонної балки-стілки з першої серії проведених випробувань (зразок № 1). При проведенні всіх експериментів зміни температури фіксувалися в контрольних точках кожну хвилину. Однак, зважаючи на великий обсяг даних, в Табл. 1 наведені тільки результати, зафіксовані з кроком 5 хвилин. Для порівняння аналогічні дані отримані з файлу результатів розрахунку в програмі ANSYS (Табл. 1).

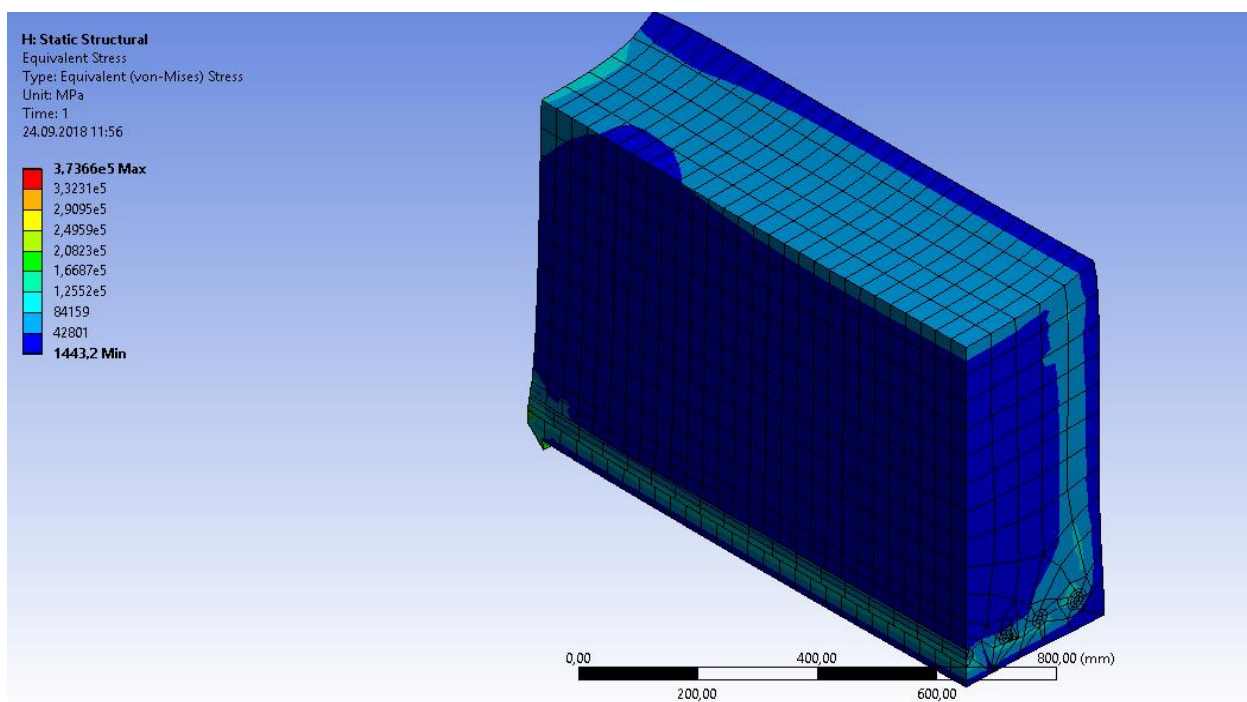
На Рис. 2 показані поля деформацій і напружень при нагріванні залізобетонної балки-стілки.

На Рисунках 1, 2 внаслідок симетрії залізобетонної балки-стілки, показана тільки чверть моделі.

¹⁰³⁰ Surianinov, M., Shyliaiev, O. Calculation of plate-beam systems by method of boundary elements. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 2018, 7(2): 238-241. DOI: 10.14419/ijet.v7i2.23.11927.



a)



б)

Рис. 2. Деформації (а) та напруження (б) при нагріванні залізобетонної балки-стілки

Аналіз Табл. 1 показує, що результати експериментальних досліджень залізобетонної балки-стілки і її чисельного аналізу в програмі ANSYS для перших 10 хвилин досить суттєво відрізняються у всіх контрольних точках, проте надалі ця відмінність стабілізується, і, аж до закінчення експерименту, не перевищує 10,0%.

Величини температур, які отримано в ANSYS для точок залізобетонної балки-стілки, що відповідають розташуванню теропар Т1 – Т3, в усіх випадках дещо вище, ніж за результатами експерименту.

Таблиця 1. Порівняння експериментальних та чисельних результатів

Час, хв.	T1-1	ANSYS	Похибка, %	T1-2	ANSYS	Похибка, %
0	11	14	21,4	10	13	21,4
5	13	16	18,8	10	13	21,4
10	23	26	11,5	12	15	20,0
15	47	51	7,8	18	20	10,0
20	70	76	7,9	28	31	9,7
25	87	96	9,4	37	41	9,7
30	88	97	9,3	50	55	9,1
35	93	103	9,7	69	76	9,2
40	102	113	9,7	75	83	8,4
45	107	118	9,3	78	85	8,2
50	113	124	8,9	82	90	8,9
55	118	130	9,2	86	95	9,4
60	123	135	8,9	93	102	8,8
62	125	138	9,4	93	102	8,8

В цілому, отримані результати підтверджують, що методика проведених експериментальних досліджень конструкцій і їх комп'ютерного моделювання з подальшим чисельним аналізом може бути рекомендована для практичного застосування.

Висновки. За результатами виконаних досліджень зроблені наступні висновки:

1. Аналіз досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів виявив, що основна частина робіт присвячена вивченню вогнестійкості залізобетонних конструкцій. Пропозиції щодо визначення залишкової несучої здатності залізобетонних конструкцій після початку фізичного руйнування і розвантаження, які представлено в зручній формі для залізобетонних конструкцій, що знаходяться в експлуатації, відсутні^{1031, 1032}.

2. Для верифікації даних експерименту було виконано комп'ютерне моделювання залізобетонних балок у програмному комплексі ANSYS з подальшим розрахунком методом скінченних елементів. Величини температур, які отримано в ANSYS для точок залізобетонної балки-стілки, що відповідають розташуванню термопар T1 – T3, в усіх випадках дещо вище, ніж за результатами експерименту. В цілому, отримані результати підтверджують, що методика проведених експериментальних досліджень конструкцій і їх комп'ютерного моделювання з подальшим чисельним аналізом може бути рекомендована для практичного застосування.

3. Для визначення межі вогнестійкості балочних конструкцій за умови настання граничного стану по несучій здатності необхідно виконати теплотехнічну і статичну частину розрахунку. За результатами теплотехнічної частини розрахунку визначається зона руйнування за умов нагрівання точковим джерелом тепла і розподіл температур по товщині конструкції. Розподіл температур по товщині конструкції може бути прийнято за результатами проведених раніше досліджень. В результаті розрахунку показано, що обвалення починається при утворенні пластичного шарніра в області максимального прогину плити або балки, тобто в середині довжини. Такі ж явища фіксувалися при спостереженні за процесом випробування.

4. Технічний стан експлуатованих конструкцій будівель доцільно визначати на основі результатів виконаного обстеження з подальшим використанням отриманих результатів для моделювання технічного стану в програмному забезпеченні і перевірконого розрахунку системи «основа–фундамент–верхня будова». При цьому розрахунки необхідно проводити з

¹⁰³¹ Отрош Ю. А. Розробка підходу до визначення технічного стану будівельних конструкцій при дії силових та високотемпературних впливів. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2018. № 71. С. 54-60.

¹⁰³² Отрош Ю. А., Голоднов О. І., Іванов А. П. Комплекс взаємозв'язаних заходів щодо визначення параметрів напружено-деформованого і технічного стану конструкцій при різних впливах. *Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського*. 2011. № 8. С. 98-109.

урахуванням можливих комбінацій силових, деформаційних і високотемпературних впливів із застосуванням розрахункових схем і моделей, які найповніше відображають специфіку деформації всіх елементів системи¹⁰³³.

Література

1. Дашенко А. Ф., Лазарева Д. В., Сурьянинов Н. Г. *ANSYS в задачах инженерной механики*. Одесса, 2011. 505 с.
2. Krutii Y., Suriyaninov M., Vandynskiy V. Development of the method for calculation of cantilever construction's oscillations taking into account own weight. *EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies*, 2018. № 3 (7-93), P. 13-19.
3. Liao Feiyu, Huang Zhaohui. Modelling localised fracture of reinforced concrete structures. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Engineering and Computational Mechanics*, 2016, № 169, P. 53-69. <https://doi.org/10.1680/jenem.15.00008>.
4. Dzolev, Igor & Cvetkovska, Meri & Radonjanin, Vlastimir & Ladjinovic, Djordje & Laban, Mirjana. *Modelling approach of structural fire performance*, 2018.
5. M. Reis, Engin & A. Mata, Luis & Dilek, Ufuk. An analytical model for estimating load-test deflections in fire-damaged precast, prestressed concrete members. *PCI Journal*. 2009. 54. 129-142. DOI:10.15554/pcij.06012009.129.142.
6. Lakhani, Hitesh & Kamath, Praveen & Bhargava, Pradeep & Singh, Tarvinder & Reddy, G Rami. Simulation of Fire Resistance of Reinforced Concrete Structural Members (Extended Abstract). *Journal of Structural Engineering*. 2013. 40. 7-11.
7. Liao Feiyu, Huang Zhaohui. An extended finite element model for modelling localised fracture of reinforced concrete beams in fire. *Computers & Structures*, 2015, № 152, P. 11-26. <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2015.02.006>.
8. Gao Wan-Yang, Teng J. G. and Chen Guangming. Finite element modeling of reinforced concrete beams exposed to fire. *Engineering Structures*, 2013, № 52, P. 488–501. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2013.03.017>.
9. Dzolev Igor, Cvetkovska Meri, Ladjinovic Djordje, Radonjanin, Vlastimir. Numerical analysis on the behavior of reinforced concrete frame structures in fire. *Computers and Concrete*, 2018, № 21, P. 627-647. <https://doi.org/10.12989/cac.2018.21.6.637>.
10. Eltayeb Essam, El-MetwallySalah, Askar, Hamed, Yousef A. M.. Thermal analysis of reinforced concrete beams and frames. *HBRC Journal*, 2015. 109. <https://doi.org/10.1016/j.hbrj.2015.02.001>.
11. Otrosh, Y., Surianinov, M., Golodnov, A., & Starova, O. (2019). Experimental and Computer Researches of Ferroconcrete Beams at High-Temperature Influences. In *Materials Science Forum* (Vol. 968, pp. 355-360). Trans Tech Publications Ltd.
12. Отрош Ю. А., Сур'янінов М. Г., Ковлалевська Т. М. Експериментальні та комп'ютерні дослідження залізобетонних балок при високотемпературних впливах. Матеріали VI Міжнародної конференції «Актуальні проблеми інженерної механіки», Одеса, 2019. С. 236-238.
13. Surianinov, M., Shyliaiev, O. Calculation of plate-beam systems by method of boundary elements. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, 2018, 7 (2): 238-241. DOI: 10.14419/ijet.v7i2.23.11927.
14. Отрош Ю. А. Розробка підходу до визначення технічного стану будівельних конструкцій при дії силових та високотемпературних впливів. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2018. № 71. С. 54-60.
15. Отрош Ю. А., Голоднов О. І., Іванов А. П. Комплекс взаємозв'язаних заходів щодо визначення параметрів напружено-деформованого і технічного стану конструкцій при різних

¹⁰³³ Отрош Ю. А. Оцінка технічного стану стін і перекриттів житлових будинків після пожежі. *Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво*. Полтава, 2016. № 1. С. 212-220.

впливах. *Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського*. 2011. № 8. С. 98-109.

16. Отрош Ю. А. Оцінка технічного стану стін і перекриттів житлових будинків після пожежі. *Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво*. Полтава, 2016. №. 1. С. 212-220.

4.3. EXPERIMENTAL DETERMINATION OF RESIDUAL RESOURCE OF REINFORCED CONCRETE BEAMS AFTER FORCE AND HIGH TEMPERATURE INFLUENCES

4.3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК ПІСЛЯ СИЛОВИХ І ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВПЛИВІВ

В наш час виникає необхідність в проведенні робіт із обстеження, оцінювання технічного стану залізобетонних конструкцій та відновлення експлуатаційної придатності існуючих залізобетонних конструкцій після впливів високих температур¹⁰⁵¹.

При цьому залишається невирішеною проблема із забезпеченням тривалої та надійної експлуатації будівельних конструкцій після силових та високотемпературних впливів за рахунок прийняття відповідних матеріалів або захисних заходів¹⁰⁵².

Актуальним питанням залишається створення такої системи нагляду за окремими конструкціями, будівлями та спорудами в цілому, яка б враховувала основні параметри процесу експлуатації та дозволила б виконати оптимізацію за критерієм мінімуму загальних витрат. Система, що базується на накопиченні експериментально отриманих даних, повинна бути порівнянною при різних рівнях обстежень та мати властивості накопичення отримуваних даних для аналізу технічного стану та його прогнозування після різних впливів¹⁰⁵³.

Практика інженерних обстежень залізобетонних конструкцій після пожеж показує, що 50-80% конструкцій технічно можливо і економічно доцільно використовувати для подальшої експлуатації.

Основні наукові результати стали складовою частиною науково-дослідної роботи кафедри наглядово-профілактичної діяльності Національного університету цивільного захисту України (м. Харків) «Прогнозування залишкового ресурсу будівельних конструкцій після силових, деформаційних і високотемпературних впливів» № ДР 0119U001003¹⁰⁵⁴.

Результатом оперативного попереднього прогнозу є висновок про експлуатаційну придатність контрольованих будівельних конструкцій з врахуванням можливої тенденції до погіршення їхнього технічного стану. Прогноз виходу реєстрованих значень визначених параметрів будівельних конструкцій за межу заданого критерію є основою для прийняття рішень щодо можливості подальшої експлуатації будівлі або споруди.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аспекти довготривалої експлуатації та пожежної безпеки будівельних конструкцій розглядаються в дослідженні¹⁰⁵⁵. В роботі наводяться перспективи майбутніх досліджень та рекомендації щодо дослідження довговічності будівельних конструкцій при впливах агресивного середовища та пожежі.

¹⁰⁵¹ Отрош Ю. А. Використання системи моніторингу для оцінки технічного стану будівельних конструкцій. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2018. № 3. С. 3-7.

¹⁰⁵² Отрош Ю. А., Рубан А. В., Гапонова А. С., Морозова Д. М. Підхід для визначення технічного стану залізобетонних конструкцій при силових і високотемпературних впливах. *Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр.* Харків, 2019. Вып. 46. С.148-154.

¹⁰⁵³ ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. ДП «Укрархбудінформ», 2018. 30 с.

¹⁰⁵⁴ Прогнозування залишкового ресурсу будівельних конструкцій після силових, деформаційних і високотемпературних впливів будівельних конструкцій при дії силових, деформаційних та високотемпературних впливів. / Національний університет цивільного захисту України; керівник теми Ю. А. Отрош. № ДР 0119U000001003. Харків, 2019.

¹⁰⁵⁵ Denvid Lau, Qiwen Qiu, Ao Zhou, Cheuk Lun Chow. Long term performance and fire safety aspect of FRP composites used in building structures. *Construction and Building Materials*, 2016, № 126, P. 573-585. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.09.031>.

Дослідження¹⁰⁵⁶ рекомендують використання повного спектра сучасних методик щодо вивчення властивостей матеріалів та чисельного моделювання. Крім того, технічне обстеження залізобетонних конструкцій повинно також містити прогнозування розвитку наявних або утворення нових пошкоджень та деградацій матеріалу, а також вказівки щодо проведення ремонтно-відновлювальних робіт для забезпечення подальшої безпечної експлуатації конструкцій.

Дослідження зниження властивостей високоміцного бетону після пожежі виконано в роботі¹⁰⁵⁷. Зменшення механічних властивостей бетону було визначено, починаючи з періоду нагріву бетонних зразків до максимальної температури й охолодження до температури навколишнього середовища протягом 96 годин після початку охолодження зразків. Дослідження включали визначення міцності на стиск, модуля пружності бетону, а також встановлення залежностей «напруження-деформації» бетонних зразків при впливі температури до 600 °С. Результати дослідження порівнювалися з результатами інших досліджень, EN 1994-1-2 та EN 1992-1-2. Випробування вказують на те, що міцність бетону на стиск продовжує швидко скорочуватися протягом 96 годин після охолодження зразків до температури навколишнього середовища. Рівень зменшення міцності бетону на стиск після пожежі є значним і може суттєво вплинути на несучу здатність конструкцій після пожежі. Отже, механічні властивості бетону мають істотне зниження після впливу високої температури та охолодження.

У роботі¹⁰⁵⁸ проведено моделювання дослідження властивостей залізобетонних конструкційних елементів при високотемпературних впливах. Термічний аналіз здійснювався за допомогою чисельного моделювання з використанням пакету ABAQUS. Здійснено порівняння результатів досліджень з урахуванням впливу граничних умов, тобто температури, конвекції та випромінювання. Задання конвективних і радіаційних граничних умов надало можливість отримати більш точні результати. Зменшення розбіжності між моделюванням та експериментальними результатами спостерігалось при використанні теплофізичних характеристик згідно з Eurocode2, що враховувало вміст вологи.

У роботі¹⁰⁵⁹ розглядаються результати інженерної оцінки пошкоджених пожежею збірних попередньо напружених залізобетонних елементів. Дослідження складалося з двох етапів: етап інженерної обробки матеріалів, включаючи лабораторні випробування бетонних зразків, і перевірка несучої здатності пошкоджених вогнем елементів. Для теоретичного розрахунку використовувалася аналітична модель, яка враховувала втрату жорсткості при високотемпературних впливах. Аналітична модель слугувала перевіркою результатів експериментальних досліджень і підвищила рівень довіри до технічних рекомендацій.

Аналіз досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів виявив, що основна частина робіт присвячена вивченню вогнестійкості залізобетонних конструкцій. У нормативних документах досить повно наведені основні положення щодо розрахунку вогнестійкості залізобетонних конструкцій. Однак експериментальних досліджень, пов'язаних з вивченням залишкової несучої здатності залізобетонних конструкцій після пожежі, відомо небагато.

Пропозиції щодо визначення залишкової несучої здатності залізобетонних конструкцій після початку фізичного руйнування і розвантаження, які представлено в зручній формі для залізобетонних конструкцій, що знаходяться в експлуатації, відсутні.

¹⁰⁵⁶ Piotr Berkowskia, Marta Kosior-Kazberuk. Construction History as a Part of Assessment of Heritage Buildings. *Procedia Engineering*, 2016, № 161, P. 85-90. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.502>.

¹⁰⁵⁷ Torić Neno & Boko Ivica & Peroš Bernardin. Reduction of Postfire Properties of High-Strength Concrete. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2013. DOI: 10.1155/2013/712953.

¹⁰⁵⁸ Lakhani Hitesh, Kamath Praveen, Bhargava Pradeep, Sharma Umesh Kumar, Reddy G Rami. Thermal Analysis of Reinforced Concrete Structural Elements. *Journal of Structural Fire Engineering*, 2013, № 4, P. 227-244. DOI:10.1260/2040-2317.4.4.227.

¹⁰⁵⁹ M. Reis Engin, A. Mata Luis, Dilek Ufuk. An analytical model for estimating load-test deflections in fire-damaged precast, prestressed concrete members. *PCI Journal*, 2009, №5 4, P. 129-142. DOI:10.15554/pci.06012009.129.142.

Об'єктом, несуча здатність якого визначалася при впливі високих температур в даному дослідженні, прийнята залізобетонна балка-стінка прямокутного перерізу¹⁰⁶⁰.

Межа вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності залежить від виду і статичної схеми обпирання конструкції. Однопрогонові вільно оперті балки при дії пожежі руйнуються в результаті нагрівання поздовжньої нижньої робочої арматури до граничної критичної температури. Межа вогнестійкості залежить від товщини захисного шару нижньої робочої арматури, класу арматури, робочого навантаження і теплопровідності бетону. У балок межа вогнестійкості залежить також від ширини перерізу.

При одних і тих же конструктивних параметрах межа вогнестійкості балок менша, ніж плит, оскільки під час пожежі балки обігріваються з трьох боків (з боку нижньої і двох бічних граней), а плити – тільки з боку нижньої поверхні.

Статично невизначені балки при нагріванні втрачають несучу здатність в результаті руйнування опорних і пролітних перерізів. Перерізи в проліті руйнуються в результаті зниження міцності нижньої поздовжньої арматури, а опорні перерізи – внаслідок втрати міцності бетону в нижній стиснутій зоні, що нагрівається до високих температур. Швидкість прогріву цієї зони залежить від розмірів поперечного перерізу, тому вогнестійкість статично невизначених балок залежить від ширини й висоти перерізу. При великих розмірах поперечного перерізу межа вогнестійкості статично невизначених балок значно вище, ніж статично визначених, і в ряді випадків практично не залежить від товщини захисного шару у поздовжньої нижньої арматури.

Метою даної роботи є експериментальне дослідження залізобетонних балок при силових та високотемпературних впливах, комп'ютерне моделювання процесу з подальшим порівнянням результатів в контрольних точках з метою оцінювання технічного стану і визначення залишкового ресурсу.

Основна частина. Під час проектування будинків із монолітним залізобетонним каркасом (висотних та підвищеної поверховості) необхідно перевіряти розрахунком його конструкції на силові та високотемпературні впливи, тобто впливи, які викликані надзвичайною ситуацією (у т.ч. пожежею). Розрахунки виконуються відповідно до вимог чинних нормативних документів^{1061, 1062}.

Для будівель та споруд одним з головних та традиційних методів вивчення питань експлуатаційної придатності та надійності роботи систем є постійне спостереження за поведінкою об'єктів, що досліджуються, під час їх експлуатації та вивчення самих умов експлуатації. Такий метод прийнято за основу в даній роботі.

В роботі наведені експериментальні дослідження залізобетонних балок-стінок прямокутного перерізу 600x700 мм довжиною 2000 мм.

Визначення межі вогнестійкості балок здійснюється за ДСТУ Б В.1.1-4-98*¹⁰⁶³ та ДСТУ Б 13.1.1-13:2007¹⁰⁶⁴.

Метод полягав у нагріві в стандартному температурному режимі зразків балок, які встановлюються на стіни вогневої печі, та визначенні проміжку часу від початку

¹⁰⁶⁰ Otrosh, Y., Surianinov, M., Golodnov, A., & Starova, O. Experimental and Computer Researches of Ferroconcrete Beams at High-Temperature Influences. *Trans Tech Publications Ltd. In Materials Science Forum*, 2019, Vol. 968, pp. 355-360. <https://doi.org/10.4028/www.scientist.net/MSF.968.355>.

¹⁰⁶¹ ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-06-01]. Вид. Український науково-дослідний інститут цивільного захисту УкрНДІЦЗ, 2017. 35 с.

¹⁰⁶² ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний від 2009-12-24]. Вид. ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 2011.

¹⁰⁶³ ДСТУ Б В.1.1-4-98*. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. [Чинний від 1998-10-28]. Вид. Держбуд України, 2005. 18 с.

¹⁰⁶⁴ ДСТУ Б В.1.1-13:2007. Захист від пожежі. Балки. Метод випробування на вогнестійкість (EN 1365-3:1999, NEQ). [Чинний від 2008-01-01]. Вид. Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки (УкрНДІПБ) МНС України, 2007. 6 с.

випробування до настання нормованого граничного стану за ознакою втрати несучої здатності (ознака R).

Випробуванням піддавалися два зразки конструкції (Рис. 1). Зразки мали розміри, які відповідають проектним розмірам цих будівельних конструкцій. У випадку, якщо зразки таких розмірів випробувати неможливо, допускається використання зразків-фрагментів конструкції. При цьому довжина частини зразка, яка підлягає вогневому впливу у печі, має бути не менше ніж 4000 мм для зразків, які випробовуються під навантаженням, та не менше ніж 1000 мм – для зразків, які випробовуються без навантаження.

Граничним станом за ознакою втрати несучої здатності (ознака R) є обвалення конструкції або виникнення граничних деформацій, що складають:

- граничне значення прогину в міліметрах (D) перевищує значення

$$D = L^2/400b \text{ мм}; \quad (1)$$

- граничне значення швидкості наростання деформації в міліметрах за хвилину (dD/dt) перевищує значення

–

$$dD/dt = L^2/9000b \text{ мм/хв}, \quad (2)$$

де L - проліт, м; b - розрахункова висота перерізу конструкції, мм.

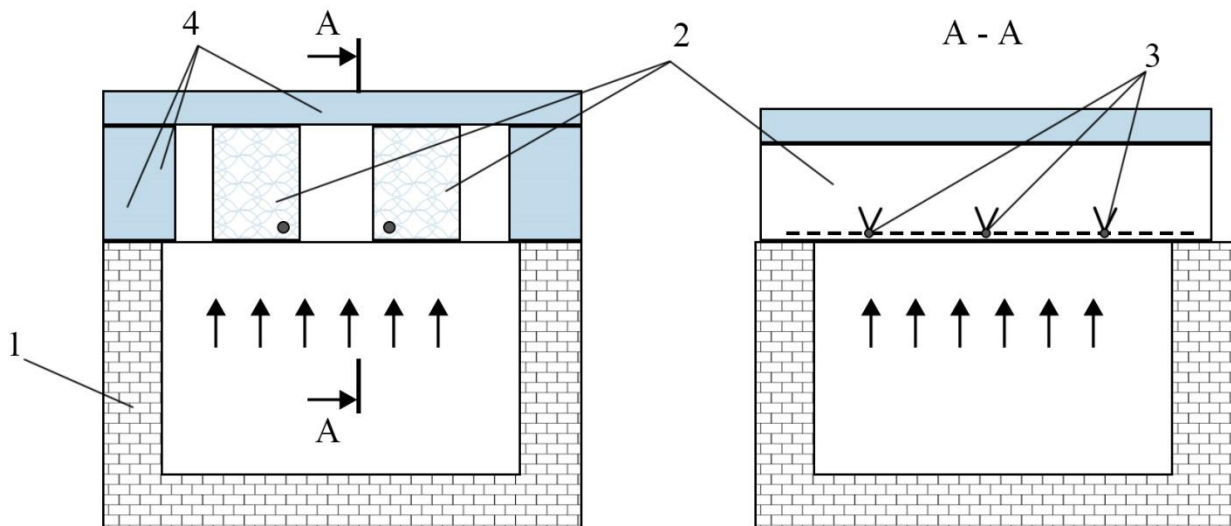


Рис. 1. Схема розташування зразків в печі: 1-печ, 2 – зразки балки, 3 – термопари, 4 – огорожувальні елементи

Якщо значення прогину не більше L/30, то граничною деформацією є тільки граничне значення прогину (D).

Для залізобетонних балок, які випробовуються без навантаження, граничний стан за ознакою втрати несучої здатності може бути визначений за часом перевищення середньої температури нижньої поздовжньої несучої арматури її початкового значення на 480°C.

Межа вогнестійкості визначалась за формулою:

$$t_{fr} = t_{mes} - \Delta t, \quad (3)$$

де t_{fr} – межа вогнестійкості, хв; t_{mes} – найменше значення часу від початку випробування до досягнення граничного стану з вогнестійкості, хв; Δt – похибка випробування, хв.

Значення похибки Δt визначалося за формулою:

$$\Delta t = (0,015t_{mes} + 3)(A_s - A_f)/(A_s - A_{min}), \quad (4)$$

де A_s , A_f , A_{min} – інтегральні значення (площі, що знаходяться під кривими) стандартної температури, середньої температури в печі та мінімальної допустимої температури в печі, відповідно, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{хв}$. Якщо $A_f > A_s$, то $\Delta t = 0$.

Зразки для випробування. Випробуванням піддавалися два зразки залізобетонної балки-стілки прямокутного перерізу розміром 600x700 мм, довжиною 2000 мм (Рис. 2).

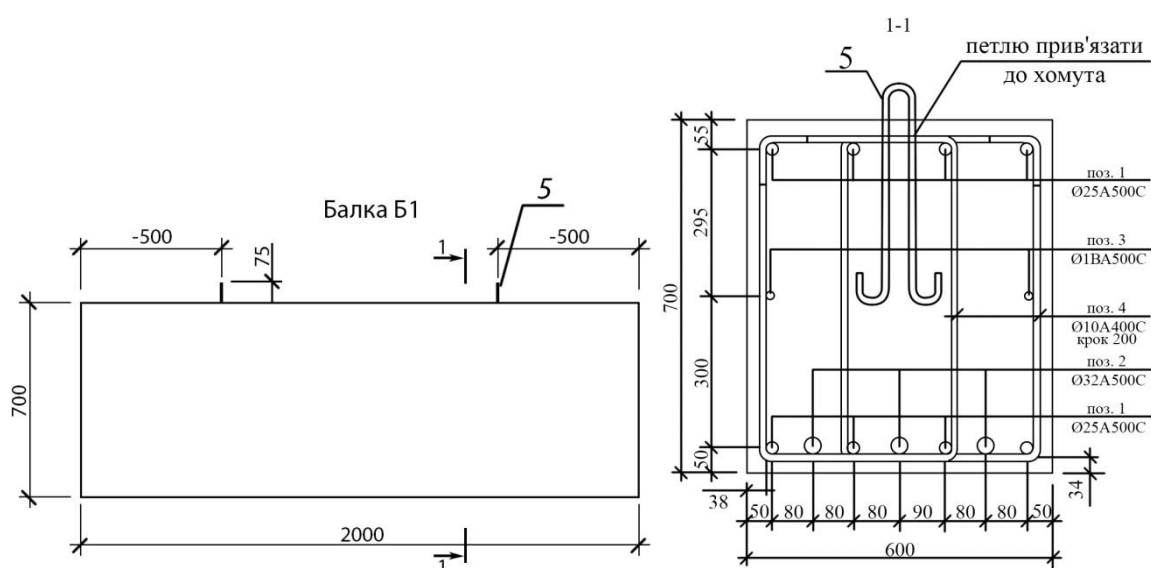


Рис. 2. Конструктивна схема балки-стілки

Зразки мали арматурний об'ємний каркас. Основна несуча арматура (нижня повздовжня) Ø25 мм А500С (3 шт.) та Ø32 мм А500С (3 шт.). Значення товщини захисного шару бетону до нижніх повздовжніх арматур 34 мм. Бетон С25/30.

Кожний зразок встановлювався обпиранням з двох сторін на отвір печі через базальтові плити ROCKMIN (густина 50 кг/м³) з можливістю вогневого впливу на нього з трьох сторін (знизу та боків).

Для визначення температури нижньої несучої повздовжньої арматури Ø25 мм А500С (яка більш наближена до кутів), було встановлено по три теропари (ТХА) Т1-Т3 на кожному зразку балки.

Температура повітря складала 7 $^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря – 56%.

Для випробувань використовувалась спеціальна випробувальна піч та засоби вимірювальної техніки, які наведено в Таблиці 1.

Згідно з ДСТУ Б.В.1.1-4-98* (п. 7.1.4) зразки були витримані у “Приміщенні для кондиціонування зразків”.

Результати вимірювань температур у вогневій печі та несучої повздовжньої кутової арматури наведено на графіках (Рис. 3, 4).

Під час проведення випробувань температура та надлишковий тиск у печі відповідали вимогам, що регламентовані стандартом. Надлишковий тиск у печі на 5-й хв склав 8 Па, а з 10-ї хв – 11 Па.

Випробування тривали 62 хв. Втрати несучої здатності зразків під час випробувань не відбулося.

Значення A_s , A_f , A_{min} для часу випробувань 62 хв склали 49675, 49863, 46297 оС·хв, відповідно.

Похибка випробувань (Δt) під час випробувань склала 0 хв.

Таблиця 1. Засоби виміральної техніки

№ н/п	Найменування обладнання або приладу	Заводський номер	Діапазон вимірювання	Похибка вимірювань
1	Лінійка металева	–	від 0 до 1000 мм	± 1 мм
2	Секундомір	8825	від 0 до 60 с, від 0 до 60 хв.	$\pm 0,4$ с ± 1 с
3	Прилад контролю надлишкового тиску в печі ТНЖ- Н.	24723	від 0 до 100 Па	Кл. 1,5
4	Термопари ТХА, 12 одиниць	-	від 0 до 334 °С від 334 °С до 1250 °С	$\pm 2,5$ °С $\pm 0,0075 \times T_{\text{вим}}$, °С
5	Психрометр аспіраційний МВ-4М	18358	від 10 до 100 % від -25 до 50 °С	± 3 % $\pm 0,2$ °С
6	Штангенциркуль	5205755	від 0 до 250 мм	ц.п. 0,05 мм
7	Вимірально-реєструючий комплекс "TEST-SERT"	1	від 0 до 1250 °С	$\pm(0,5+0T0009T)$ °С ± 1 с

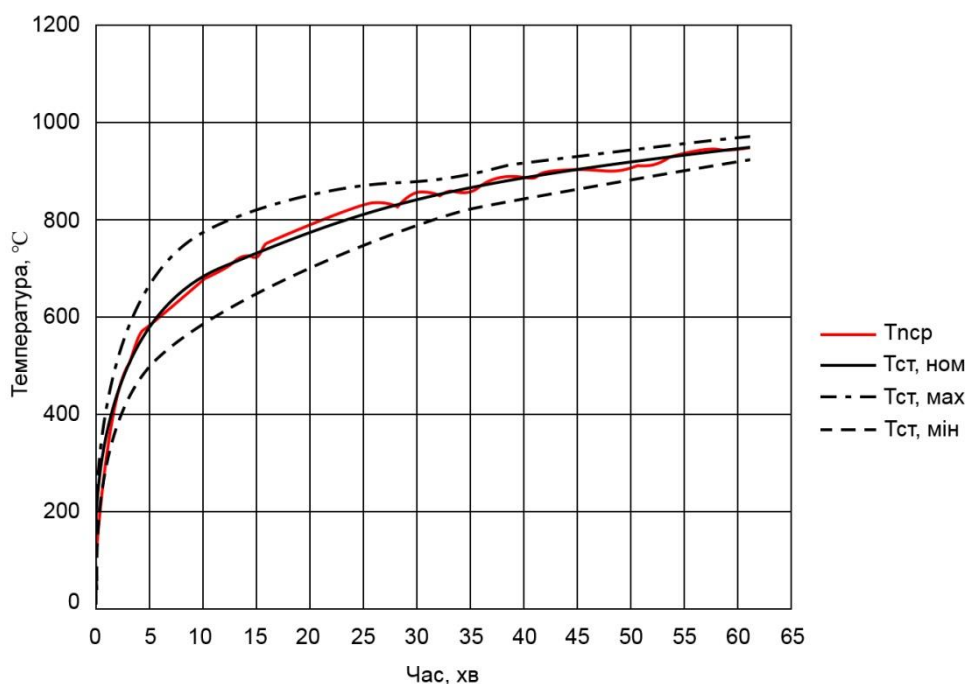


Рис. 3. Температура в вогневій печі:

- середнє значення;
- стандартний температурний режим номінальний;
- - - - - максимальне відхилення стандартного температурного режиму;
- · - · - · мінімальне відхилення стандартного температурного режиму.

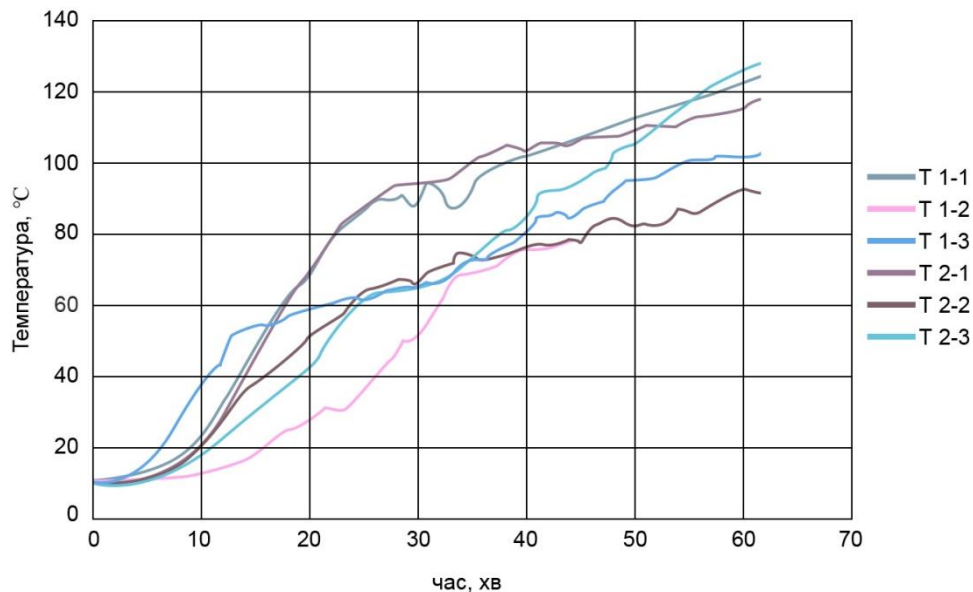


Рис. 4. Температура несучої кутової арматури досліджуваних зразків (T1-1, T1-2, T1-3, T2-1, T2-2, T2-3 – показники встановлених термпар)

Межа вогнестійкості залізобетонної балки-стілки прямокутного перерізу 600x700 мм становить не менше 62 хв. Клас вогнестійкості R60. Результати експериментальних досліджень надалі дозволили перевірити основні положення розроблених розрахункових методик.

Для оцінювання вогнестійкості конструкцій можливо використання двох підходів: розгляд поведінки конструкцій в умовах реальної пожежі (тобто фрагмента будинку при реальному пожежному навантаженні) та в умовах умовної пожежі (тобто оцінювання вогнестійкості окремої конструкції у стандартному температурному режимі у випробувальній печі). Випробування конструкцій в умовах умовної пожежі регламентовано чинними нормативними документами й дозволяє виконати випробування з подальшим висновком про достатню вогнестійкість.

Сучасні методики випробувань залізобетонних конструкцій на вогнестійкість не вимагають отримання побічних даних, які характеризують технічний стан конструкцій після випробувань. Випробування на вогнестійкість залізобетонних конструкцій із різних бетонів із визначенням додаткових параметрів (міцності матеріалів до випробувань і після випробувань) дозволили б отримати експериментальну базу даних, яка б сприяла розробці розрахункових методів оцінювання вогнестійкості в залежності від застосованих матеріалів.

Конструкції, які зазнали пошкодження під час дії високих температур при пожежі, необхідно обов'язково підсилити або замінити. Експлуатація таких конструкцій неможлива внаслідок локальних змін характеристик міцності та деформативності бетону.

Висновки.

1. Аналіз досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів виявив, що основна частина робіт присвячена вивченню вогнестійкості залізобетонних конструкцій. Пропозиції щодо визначення залишкової несучої здатності залізобетонних конструкцій після початку фізичного руйнування і розвантаження, які представлено в зручній формі для залізобетонних конструкцій, що знаходяться в експлуатації, відсутні^{1065, 1066}.

¹⁰⁶⁵ Отрош Ю. А. Розробка підходу до визначення технічного стану будівельних конструкцій при дії силових та високотемпературних впливів. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2018. № 71. С. 54-60.

¹⁰⁶⁶ Отрош Ю. А., Голоднов О. І., Іванов А. П. Комплекс взаємозв'язаних заходів щодо визначення параметрів напружено-деформованого і технічного стану конструкцій при різних впливах. *Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського*. 2011. № 8. С. 98-109.

2. В роботі запропоновано підхід для визначення технічного стану залізобетонних конструкцій, які було піддано дії силових та високотемпературних впливів¹⁰⁶⁷. На основі аналізу результатів експерименту отримано важливі дані про характерні дефекти та пошкодження конструкцій та їхній вплив на подальшу роботу; дані про зміну фізико-механічних характеристик матеріалів. Межа вогнестійкості залізобетонної балки-стілки прямокутного перерізу 600x700 мм становить не менше 62 хв. Клас вогнестійкості R60. Результати експериментальних досліджень надалі дозволили перевірити основні положення розроблених розрахункових методик.

3. Сучасні методики випробувань залізобетонних конструкцій на вогнестійкість не вимагають отримання побічних даних, які характеризують технічний стан конструкцій після випробувань. Випробування на вогнестійкість залізобетонних конструкцій із різних бетонів із визначенням додаткових параметрів (міцності матеріалів до випробувань і після випробувань) дозволили б отримати експериментальну базу даних, яка б сприяла розробці розрахункових методів оцінювання вогнестійкості в залежності від застосованих матеріалів.

Література

1. Отрош Ю. А. Використання системи моніторингу для оцінки технічного стану будівельних конструкцій. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2018. № 3. С. 3-7.
2. Отрош Ю. А., Рубан А. В., Гапонова А. С., Морозова Д. М. Підхід для визначення технічного стану залізобетонних конструкцій при силових і високотемпературних впливах. *Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр.* Харків, 2019. Вып. 46. С. 148-154.
3. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. ДП «Укравхбудінформ», 2018. 30 с.
4. Прогнозування залишкового ресурсу будівельних конструкцій після силових, деформаційних і високотемпературних впливів будівельних конструкцій при дії силових, деформаційних та високотемпературних впливів. / Національний університет цивільного захисту України; керівник теми Ю.А. Отрош. № ДР 0119U000001003. Харків, 2019.
5. Denvid Lau, Qiwen Qiu, Ao Zhou, Cheuk Lun Chow. Long term performance and fire safety aspect of FRP composites used in building structures. *Construction and Building Materials*, 2016, № 126, P. 573-585. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.09.031>.
6. Piotr Berkowskia, Marta Kosior-Kazberuk. Construction History as a Part of Assessment of Heritage Buildings. *Procedia Engineering*, 2016, № 161, P. 85-90. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.502>.
7. Torić Neno & Boko Ivica & Peroš Bernardin. Reduction of Postfire Properties of High-Strength Concrete. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2013. DOI: 10.1155/2013/712953.
8. Lakhani Hitesh, Kamath Praveen, Bhargava Pradeep, Sharma Umesh Kumar, Reddy G Rami. Thermal Analysis of Reinforced Concrete Structural Elements. *Journal of Structural Fire Engineering*, 2013, № 4, P. 227-244. DOI:10.1260/2040-2317.4.4.227.
9. M. Reis Engin, A. Mata Luis, Dilek Ufuk. An analytical model for estimating load-test deflections in fire-damaged precast, prestressed concrete members. *PCI Journal*, 2009, № 54, P. 129-142. DOI:10.15554/pcij.06012009.129.142.
10. Otrosh, Y., Surianinov, M., Golodnov, A., & Starova, O. Experimental and Computer Researches of Ferroconcrete Beams at High-Temperature Influences. *Trans Tech Publications Ltd. In Materials Science Forum*, 2019, Vol. 968, pp. 355-360. <https://doi.org/10.4028/www.scientist.net/MSF.968.355>.

¹⁰⁶⁷ Отрош Ю. А. Оцінка технічного стану стін і перекриттів житлових будинків після пожежі. *Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво*. Полтава, 2016. №. 1. С. 212-220.

11. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-06-01]. Вид. Український науково-дослідний інститут цивільного захисту УкрНДІЦЗ, 2017. 35 с.
12. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний від 2009-12-24]. Вид. ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 2011.
13. ДСТУ Б В.1.1-4-98*. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. [Чинний від 1998-10-28]. Вид. Держбуд України, 2005. 18 с.
14. ДСТУ Б В.1.1-13:2007. Захист від пожежі. Балки. Метод випробування на вогнестійкість (EN 1365-3:1999, NEQ). [Чинний від 2008-01-01]. Вид. Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки (УкрНДІПБ) МНС України, 2007. 6 с.
15. Отрош Ю. А. Розробка підходу до визначення технічного стану будівельних конструкцій при дії силових та високотемпературних впливів. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2018. № 71. С. 54-60.
16. Отрош Ю. А., Голоднов О. І., Іванов А. П. Комплекс взаємозв'язаних заходів щодо визначення параметрів напружено-деформованого і технічного стану конструкцій при різних впливах. *Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського*. 2011. № 8. С. 98-109.
17. Отрош Ю. А. Оцінка технічного стану стін і перекриттів житлових будинків після пожежі. *Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво*. Полтава, 2016. № 1. С. 212-220.

3.22. Jevgenija Nevedomsjka. METHODS OF FORMATION OF SCIENTIFIC CONCEPTS IN HIGHER SCHOOL

The problem of formation of scientific concepts remains the main one in higher school. The analysis of university practice gave grounds to reveal contradictions between the growing need for educated representatives of modern society and the importance of scientific concepts and the inconsistency of existing methods for their formation. The article reveals the methodology of motivational and actualization stages in preparation for the formation of scientific concepts in students. The formation of scientific concepts in students occurs during a long process of cognition. Therefore, the article focuses on the disclosure of methods of forming scientific concepts. Examples of some methodical receptions during formation of scientific concepts are given.

3.23. Yurii Otrosh, Alexander Chernenko, Eduard Shcholokov. MODELING AND NUMERICAL ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE BEAMS UNDER FORCE AND HIGH TEMPERATURE INFLUENCES

The results of numerical modeling and calculations according to the developed methods are given. Given the advanced capabilities of ANSYS, this package was chosen for modeling structures in conditions close to fire, and their subsequent calculation by the finite element method. The most promising way to verify the experiment is computer simulation of the structure during a fire, which was performed in ANSYS Workbench. The results of experimental studies and numerical analysis of reinforced concrete beams in the program ANSYS Workbench 17.1. for the first 10-30 minutes are quite significantly different at all control points, but later this difference is stabilized, and until the end of the experiment does not exceed 10.0%, which can be considered quite acceptable. In general, the obtained results confirm that the method of computer modeling with subsequent numerical analysis can be recommended for practical application.

Part 4. EDUCATION FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT: AN INTERDISCIPLINARY APPROACH

4.1. Natalia Panhelova, Tatiana Trotsenko, Tatiana Kravchenko. OPTIMIZATION OF THE PSYCHOPHYSICAL CONDITION OF PRIMARY SCHOOL STUDENTS IN BOARDING SCHOOLS

Currently in Ukraine there is a negative trend of increasing the number of children in difficult life situations. These are orphans; children left without parental care; children from antisocial families (alcoholics, drug addicts); children from families of migrants, the unemployed, children who have become victims of armed conflicts, etc. Such children are most often a contingent of orphanages and boarding schools of various types. In Ukraine, the number of children raised in boarding schools is one of the highest in Europe - more than 90 thousand. The state of physical and mental health of children raised in boarding schools is much lower than that of "home" children, which requires finding new approaches to the organization of the process of physical education of boarding school students. The article presents and defines the effectiveness of the program of rational use of physical culture and health measures aimed at correcting the psychophysical condition of children aged 7-10 in a boarding school.

4.2. Valentina Podshyvalkina. METHODOLOGICAL PROBLEMS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SOCIETY AND HIGHER EDUCATION SYSTEM

The article is devoted to methodological problems of sustainable development of society and the system of higher education. Emphasis is placed on the differences between methodological approaches to a static and dynamic understanding of sustainable social development. The limitations of the system vision of the stability of social processes are shown. The specifics and role of transformation processes in ensuring sustainable development of society are revealed. The factors influencing the development of society are discussed. The problems of the modern system of higher education as a guarantor of sustainable development of our societies are considered. Modern problems of higher education in Ukraine are shown. Possibilities of the diatropic approach to the maintenance of sustainable development of modern society are discussed.

4.3. Artem Ruban, Olexandra Tkachenko, Victoria Otrosh. EXPERIMENTAL DETERMINATION OF RESIDUAL RESOURCE OF REINFORCED CONCRETE BEAMS AFTER FORCE AND HIGH TEMPERATURE INFLUENCES

Nowadays, there is a need for inspection, assessment of the technical condition of reinforced concrete structures and restoration of serviceability of existing reinforced concrete structures after exposure to high temperatures. At the same time, the problem of ensuring long-term and reliable operation of building structures after power and high-temperature influences due to the adoption of appropriate materials or protective measures remains unresolved. The paper presents experimental studies of reinforced concrete beams at high temperatures. The most promising way to verify the data of experimental studies is computer modelling of structures, including during a fire. The proposed technique allows you to effectively predict the residual life of reinforced concrete beams, increase human safety, ensure the safety of material values.

4.4. Yuliia Semeniako. PREPARING FUTURE EDUCATORS TO FOSTER SUSTAINABILITY SKILLS IN PRE-SCHOOL CHILDREN THROUGH MEDIA PRODUCTION

The article deals with the problem of training future educators on the principles of sustainable development. Psychological and pedagogical studies on the problem of skills formation focused on sustainable development in preschool children and the preparation of future educators for their implementation are analysed. The features of teaching the course "Technology of formation of ecological culture of preschool children" are revealed, in which special attention is paid to the preparation of future educators for the formation of skills focused on sustainable development in preschool children by means of media production.

4.5. Halyna Synorub, Natalia Dragan-Ivanets. YOUTUBE STREAMING AS AN INTERACTIVE PRESENTATION OF STUDENT'S PROJECTS (AS AN EXAMPLE OF THE SUBJECT "SPECIALIZATION: INTERNET, TV")

The specificity of the educational process in the distance learning environment is considered, as well as features of the use of the YouTube channel as an interactive platform for the presentation of creative journalistic projects. The selection of projects for individual educational-research tasks in the discipline «Specialization: Internet, TV» students of specialty «Journalism» in the form of direct broadcasts is justified. The topics of work, the content of reports, specifics of the creation of presentations, and use of technical programs are described. The advantages and disadvantages of conducting and organizing live broadcasts on YouTube channels are highlighted.



Blackboard