

КОМУНАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО МІСТ MUNICIPAL ECONOMY OF CITIES

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК
СЕРІЯ: ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА АРХІТЕКТУРА

ТОМ 1 ВИПУСК 182'2024

Ідентифікатор медіа у Ресстрі суб'єктів медіа R30-01140 від 10.08.2023 р.
Наукове фахове видання категорії «Б» за спеціальностями 121, 122, 123, 124, 125, 126, 131, 132, 133, 191, 192, 193, 194, 261, 263, 273, 274, 275 (наказ МОН України № 1301 від 15.10.2019 р.), 141, 183 (наказ МОН України № 1643 від 28.12.2019 р.)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

БАБАЄВ В.М.	відповідальний редактор, держ. упр., ректор ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
СУХОНОС М.К.	відповідальний секретар, д.т.н., проректор з наукової роботи, ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ДЯДІН Д.В. КОГАЛОВСЬКИЙ В.	к.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова к.т.н., Інженерний коледж «Самі Шамун», Ізраїль
ПЛЮГІН В.Є. ЧУМАЧЕНКО І.В. ШЕВЧЕНКО Р.І.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова д.т.н., НУЦЗ України
ШМУКЛЕР В.С.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ШПАЧУК В.П.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова

КООРДИНАЦІЙНА РАДА

ШУТЕНКО Л.М.	голова координаційної ради, д.т.н., почесний ректор ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ГОВОРОВ П.П.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ДАЛЕКА В.Х.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ДРЕВАЛЬ І.В.	д.арх., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ДУШКІН С.С.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
КОНДРАЩЕНКО О.В.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
МАЛЯРЕНКО В.А.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
МИХАЙЛИШИН О.Л.	д.арх., НУВГП
ОСИЧЕНКО Г.О.	д.арх., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ТОВБИЧ В.В.	д.арх., КНУБА
ФЕЙРУША С.Х.	к.т.н., Університет Салахаддін – Ербіль, Ірак
ХАРЧЕНКО В.Ф.	д.т.н., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ЧЕЧЕЛЬНИЦЬКИЙ С.Г.	д.арх., ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
ЧУДНОВСЬКИЙ А.	к.т.н., Гамбурзький університет, Германія
ЮРКЕВИЧ І.	к.т.н., Астонський університет, Великобританія
ЯНКЕЛЕВИЧ М.	к.т.н., Парсонс, США

EDITORIAL BOARD

BABAYEV V.	Editor-in-Chief, Dr.Sc., Rector of the O.M. Beketov NUUE
SUKHONOS M.	Executive Managing Editor, Dr. Sc., Vice-rector of the O.M. Beketov NUUE
DIADIN D. KAGALOVSKY V.	PhD, O.M. Beketov NUUE PhD, Engineering College “Sami Shamun”, Israel
PLUGIN V. CHUMACHENKO I. SHEVCHENKO R.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE Dr.Sc., NUCDU
SHMUKLER V.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
SHPACHUK V.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE

COORDINATION COUNCIL

SHUTENKO L.	Chairman of the Coordination Council, Dr.Sc., Honorary Rector of the O.M. Beketov NUUE
GOVOROV P.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
DALEKA V.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
DREVAL I.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
DUSHKIN S.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
KONDRASHENKO O.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
MALYARENKO V.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
MYHAYLISHYN O.	Dr.Sc., NUWEE
OSYCHENKO G.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
TOVBICH V.	Dr.Sc., KNUCA
FEIRUSHA S.	PhD, Salahaddin University – Erbil, Iraq
HARCHENKO V.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
CHECHELNITSKY S.	Dr.Sc., O.M. Beketov NUUE
CHUDNOVSKIY A.	PhD, University of Hamburg, Germany
YURKEVICH I.	PhD, Aston University, United Kingdom
YANKELEVICH M.	PhD, PARSONS, USA

Адреса редакції / Editorial office address:

61002, м. Харків, вул. Маршала Бажанова, 17 / 17, Marshala Bazhanova Street, Kharkiv, 61002

Тел./tel.: +38 (057) 707-33-21, e-mail: khg@kname.edu.ua

ISSN (print) 2522 – 1809

ISSN (online) 2522 – 1817

Затверджений до друку Науково-технічною Радою Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова (протокол № 9 від 28 березня 2024 року)

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

Абракітов В.Е.	195	Єрмоленко Д.А.	74	Мозговий А.О.	61	Солодовник Ю.Ю.	105
Абрамов Ю.О.	159,165	Зозуля С.В.	215	Мороз М.О.	195	Сорокін М.С.	30
Азаренко О.В.	202	Золотов С.М.	82	Музильов Д.О.	248	Стріжельчик Г.Г.	112
Апатенко Т.М.	35	Іващенко М.Ю.	195	Набока А.В.	90,97	Труфанова А.В.	241
Афанасьєв О.В.	117	Казаченко Д.А.	137	Наливайко Т.А.	137,143	Тюрдьо Н.О.	254
Безлюбченко О.С.	35	Камчатна С.М.	82	Наливайко Т.Т.	137	Удовенко І.О.	151
Білим П.А.	55	Канівець О.М.	122	Нікітченко О.Ю.	195	Усенко Д.В.	74
Бондаренко О.І.	112	Карпенко М.Ю.	2	Новожилова М.В.	2	Усенко І.С.	74
Бредіхін В.М.	14	Колибельнікова Л.С.	210	Павленко О.В.	248	Фірсов П.М.	55,90,97
Бутенко А.А.	61	Коломієць В.С.	159	Палєєв А.В.	8	Харів В.В.	151
Василенко Д.О.	30	Кондратюк І.В.	127	Пальченко О.Л.	112	Хмирова А.О.	202
Веселівський Р.Б.	171	Котух В.Г.	8	Петренко Д.Г.	55,90	Хорошилова І.О.	14
Вовчук Т.С.	229	Кривцова В.І.	165	Петренко І.С.	215	Храпатова І.В.	112
В'яткін Р.С.	132	Лазарєв І.О.	259	Петровський В.Л.	171	Ченчева О.О.	215
Гаврилюк А.Ф.	180,187	Лазарєва О.О.	259	Поморцева О.Є.	137,143	Чорногор Н.О.	259
Гайдук М.О.	187	Литвинова Г.М.	82	Постранський Т.М.	254	Шевцов Р.С.	14
Гамаюн І.В.	143	Логвінков С.М.	215	Протасенко О.Ф.	223	Шевченко В.Г.	215
Гелла О.І.	43	Лян Ц.	50	Пустовойтова О.М.	82	Шевченко О.С.	202
Гой В.В.	122,151	Ляпін О.Є.	112	Рашкевич Н.В.	229	Шевченко Р.І.	202,229
Гончаренко Ю.Ю.	202	Малишева В.В.	210	Резнік П.А.	90	Штельма О.М.	2
Гузенко В.В.	30	Мамонов К.А.	132	Рогозін А.С.	55	Штерндок А.В.	132
Данова К.В.	210	Медведев Є.П.	248	Рюмін В.В.	105	Штерндок Е.С.	132
Дівізінюк М.М.	202	Мигаль Г.В.	20	Савісько С.А.	82	Яковчук Р.С.	171,187
Діденко К.В.	43	Михайлова Є.О.	223	Смоляк Д.В.	171		
Євдокімов А.А.	105	Михайлюк А.О.	165	Собина В.О.	159		

НАУКОВЕ ВИДАННЯ
КОМУНАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО МІСТ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК
Серія: «Технічні науки та архітектура». Том 1. Випуск 182

Технічний редактор Ю.В. Федяй
Дизайн обкладинки А.О. Богославець

З електронною версією статей НТЗ «Комунальне господарство міст» можна ознайомитися на сайті збірника: <http://khg.kname.edu.ua> та в цифровому репозиторії ХНУМГ ім. О.М. Бекетова: <http://eprints.kname.edu.ua>.

НТЗ «Комунальне господарство міст» пройшов індексацію в міжнародній базі **Index Copernicus International** та включений до бази даних **Index Copernicus International Journals Master List 2022**.

ICV 2022 становить 70.34

<https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=49313>

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

НТЗ «Комунальне господарство міст» включено до **Directory of Open Access Journals (DOAJ)** – міжнародного мультидисциплінарного каталогу журналів відкритого доступу.

Здано до склад. 10.03.2024 р.
Формат 60×84/8
Наклад 50 прим.
Ціна договірна

Підписано до друку 28.03.2024 р.
Папір офсетний
Зам. №

Гарнітура «Times New Roman»
Ум.-друк. арк. –
Обл.-вид. арк. –

Адреса редакції: 61002, місто Харків, вул. Маршала Бажанова, 17
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

ЗМІСТ

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

<i>Новожилова М.В., Карпенко М.Ю., Штельма О.М.</i> Програмна система оцінки ефективності технологій реалізації веб-застосунків	2
<i>Палєєв А.В., Котух В.Г.</i> До питання надійності та ремонтпридатності окремих елементів арматури газорозподільних систем	8
<i>Шевцов Р.С., Бредіхін В.М., Хорошилова І.О.</i> Рідкі нейронні мережі: принцип роботи та області застосування	14

МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

<i>Мигаль Г.В.</i> Трансформація інженерного мислення проєктувальника складних систем	20
---	----

ЕЛЕКТРИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

<i>Сорокін М.С., Гузенко В.В., Василенко Д.О.</i> Енерготехнологія оцінки якості молочної продукції з використанням імпедансометрії	30
---	----

АРХІТЕКТУРА ТА БУДІВНИЦТВО

<i>Апатенко Т.М., Безлюбченко О.С.</i> Пріоритети та недоліки квартальної забудови ...	35
<i>Гелла О.І., Діденко К.В.</i> Житлові будинки за Держпромом кінця 1920-х – початку 1930-х: квартали на схід від проспекту Науки	43
<i>Лян Ц.</i> Проблематика та особливості створення сучасного безбар'єрного архітектурного середовища Китаю	50
<i>Білим П.А., Фірсов П.М., Рогозін А.С., Петренко Д.Г.</i> Дослідження впливу галогеновмісних антипіренів на зниження горючості композитної арматури	55
<i>Бутенко А.А., Мозговий А.О.</i> Результати моніторингу осідань основ фундаментів силосів, армованих ґрунтоцементними елементами	61
<i>Єрмоленко Д.А., Усенко І.С., Усенко Д.В.</i> Встановлення рівня безвідмовності несучих конструкцій з кам'яної кладки на основі аналізу міцності її складових компонентів	74
<i>Золотов С.М., Пустовойтова О.М., Камчатна С.М., Савісько С.А., Литвинова Г.М.</i> Моделювання структурних параметрів клейової композиції та дослідження її адгезійної міцності	82
<i>Набока А.В., Резнік П.А., Петренко Д.Г., Фірсов П.М.</i> Дослідження напружено-деформованого стану залізобетонного перекриття гідростатичним методом	90
<i>Набока А.В., Фірсов П.М.</i> Дослідження деформативності конструктивної системи великопротітного покриття у вигляді асиметричної оболонки	97
<i>Рюмін В.В., Солодовник Ю.Ю., Євдокімов А.А.</i> Аналіз роботи комбінованого з'єднання на високоміцних болтах та зварюванні	105
<i>Стріжельчик Г.Г., Бондаренко О.І., Храпатова І.В., Пальченко О.Л., Ляпін О.Є.</i> Інженерна підготовка ґрунтової основи фундаментів споруд Дергачівського полігона твердих побутових відходів	112
<i>Афанасьєв О.В.</i> Проблеми використання земельних ресурсів	117
<i>Канівець О.М., Гой В.В.</i> Містобудівні чинники моніторингу використання земель об'єднаних територіальних громад	122

<i>Кондратюк І.В.</i> Науково обгрунтовані рекомендації щодо підвищення ефективності використання нерухомості на регіональному рівні	127
<i>Мамонов К.А., В'яткін Р.С., Штерндок Е.С., Штерндок А.В.</i> Математичне моделювання чинників використання земель об'єктів природно-заповідного фонду регіонів	132
<i>Наливайко Т.А., Наливайко Т.Т., Поморцева О.Є., Казаченко Д.А.</i> Основні проблеми цифровізації будівельних робіт. Шляхи вирішення	137
<i>Поморцева О.Є., Гамаюн І.В., Наливайко Т.А.</i> Використання геоінформаційних систем для оптимізації міського управління	143
<i>Удовенко І.О., Гой В.В., Харів В.В.</i> Міжнародний досвід та стандарти оцінки вартості землі та їх вплив на ринкову ціну земельних ділянок	151

ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА

<i>Абрамов Ю.О., Коломієць В.С., Собина В.О.</i> Оцінка ефективності систем пожежогасіння	159
<i>Абрамов Ю.О., Кривцова В.І., Михайлюк А.О.</i> Визначення часу відновлення пожежобезпечного стану систем зберігання та подачі водню	165
<i>Веселівський Р.Б., Яковчук Р.С., Смоляк Д.В., Петровський В.Л.</i> Методика дослідження вогнезахисної здатності вогнезахисного покриття на основі полісилоксану та оксидів алюмінію, титану і хрому для сталевих будівельних конструкцій	171
<i>Гаврилюк А.Ф.</i> Методика експериментальних досліджень пожежної небезпеки силових літій-іонних батарей електромобілів під дією нагрівальної панелі	180
<i>Гайдук М.О., Гаврилюк А.Ф., Яковчук Р.С.</i> Проблемні аспекти визначення вогнезахисту деревини	187
<i>Абракітов В.Е., Іващенко М.Ю., Мороз М.О., Нікітченко О.Ю.</i> Безпечно виконання робіт в будівництві та житлово-комунальному господарстві за допомогою оригінальної конструкції риштувань	195
<i>Азаренко О.В., Гончаренко Ю.Ю., Дівізінюк М.М., Хмирова А.О., Шевченко Р.І., Шевченко О.С.</i> Характеристика методів захисту критичної інфраструктури держави від терористичного впливу	202
<i>Данова К.В., Малишева В.В., Колибельнікова Л.С.</i> Методика оцінювання ризику травматизму на робочих місцях працівників з інвалідністю	210
<i>Петренко І.С., Ченчева О.О., Зозуля С.В., Шевченко В.Г., Логвінков С.М.</i> Методика визначення ризиків на основі аналізу травматизму працівників промислових підприємств	215
<i>Протасенко О.Ф., Михайлова Є.О.</i> Трансформація культури безпеки в умовах цифровізації	223
<i>Рашкевич Н.В., Шевченко Р.І., Вовчук Т.С.</i> Формування математичної моделі аналізу небезпечного впливу на стан ґрунтових вод міських агломерацій від ракетно-артилерійських уражень	229

ТРАНСПОРТ

<i>Труфанова А.В.</i> До питання визначення виробничої собівартості капітально-відновлювального ремонту пасажирських вагонів	241
<i>Павленко О.В., Музильов Д.О., Медведєв Є.П.</i> Модель функціонування логістики для постачання спеціалізованих транспортних засобів в контейнерах із підприємств Північної Америки в Україну	248
<i>Постранський Т.М., Тюрдьо Н.О.</i> Зміна кількості дорожньо-транспортних пригод у Львівській області в період 2019–2023 років	254
<i>Чорногор Н.О., Лазарєва О.О., Лазарєв І.О.</i> Аналіз сучасних проблем розвитку пасажирських авіаперевезень в Україні в умовах воєнного часу	259

CONTENTS

INFORMATION TECHNOLOGY

<i>Novozhylova M., Karpenko M., Shtelma O.</i> Software system for evaluating the effectiveness of web application development technologies	2
<i>Palieiev A., Kotukh V.</i> On the reliability and maintainability of individual elements of gas distribution system valves	8
<i>Shevtsov R., Bredikhin V., Khoroshylova I.</i> Liquid neural networks: principle of work and areas of application	14

MECHANICAL ENGINEERING

<i>Mygal G.</i> Transformation of the engineering thinking of complex systems designer ...	20
--	----

ELECTRICAL ENGINEERING

<i>Sorokin M., Huzenko V., Vasylenko D.</i> Energy technology of dairy products quality assessment using impedancemetry	30
---	----

DESIGN AND ARCHITECTURE

<i>Apatenko T., Bezliubchenko O.</i> Priorities and disadvantages of city block development	35
<i>Gella O., Didenko K.</i> Residential buildings built behind the State Industry Building (Derzhprom) in the late 1920s and early 1930s: blocks east of Nauky avenue	43
<i>Lian J.</i> Problems and peculiarities of creating a modern barrier-free architectural environment in China	50
<i>Bilym P., Firsov P., Rohozin A., Petrenko D.</i> Study of the effect of halogenated fire retardants on reducing the flammability of composite reinforcement	55
<i>Butenko A., Mozhovyi A.</i> Results of monitoring the subsidence of silo foundations reinforced with soil-cement elements	61
<i>Yermolenko D., Usenko I., Usenko D.</i> Establishing the reliability level of masonry bearing structures based on its component strength analysis	74
<i>Zolotov S., Pustovoitova O., Kamchatna S., Savisko S., Lytvynova H.</i> Analysis of crack formation and deformability of bent concrete structures reinforced with composite reinforcement	82
<i>Naboka A., Reznik P., Petrenko D., Firsov P.</i> Study of the stress-strain state of a reinforced concrete slab using hydrostatic method	90
<i>Naboka A., Firsov P.</i> Study of deformability of the large-span roof structural system in the form of an asymmetrical shell	97
<i>Riumin V., Solodovnyk Yu., Yevdokimov A.</i> Analysis of the performance of a joint that combines high-strength bolts and welding	105
<i>Strizhelchuk H., Bondarenko O., Khrapatova I., Palchenko O., Liapin O.</i> The complex problem of expanding the capabilities of cadastral systems and ways to solve it	112
<i>Afanasiev O.</i> Problems of land resources use	117
<i>Kanivets O., Goi V.</i> Urban planning factors of land use monitoring of united territorial communities	122
<i>Kondratiuk I.</i> Scientifically based recommendations for increasing the efficiency of real estate use at the regional level	127

<i>Mamonov K., Viatkin R., Shterndok E., Shterndok A.</i> Mathematical modelling of the factors of land use of the objects of the nature reserve fund of the regions	132
<i>Nalyvaiko T., Nalyvaiko T., Pomortseva O., Kazachenko D.</i> Main problems of digitalisation of construction works. Solution ways	137
<i>Pomortseva O., Hamaiun I., Nalyvaiko T.</i> Use of geoinformation systems for optimisation of city management	143
<i>Udoenko I., Goi V., Khariv V.</i> International practice and standards of land valuation and their impact on the land plots market price	151

CIVIL SECURITY

<i>Abramov Yu., Kolomiiets V., Sobyna V.</i> Assessment of the efficiency of fire extinguishing systems	159
<i>Abramov Yu., Kryvtsova V., Mykhailiuk A.</i> Determining the recovery time of the fire-safe condition of hydrogen storage and supply systems	165
<i>Veselivskiy R., Yakovchuk R., Smoliak D., Petrovskiy V.</i> Methodology for studying the fire protection ability of a fire protection coating based on polysiloxane and oxides of aluminium, titanium, and chromium for steel building structures	171
<i>Havryliuk A.</i> Methodology for experimental research of the fire hazard of power lithium-ion batteries of electric vehicles under the influence of a heating panel	180
<i>Haiduk M., Havryliuk A., Yakovchuk R.</i> Problematic aspects of determining fire protection of wood	187
<i>Abrakitov V., Ivashchenko M., Moroz M., Nikitchenko O.</i> Safe performance of works in construction and housing and communal services using the original scaffolding design	195
<i>Azarenko O., Honcharenko Yu., Diviziniuk M., Khmyrova A., Shevchenko R., Shevchenko O.</i> Characterisation of methods of protecting the state's critical infrastructure from terrorist activities	202
<i>Danova K., Malysheva V., Kolybelnikova L.</i> A methodology for assessing the risk of injury at the workplace of employees with disabilities	210
<i>Petrenko I., Chencheva O., Zozulia S., Shevchenko V., Lohvinkov S.</i> A methodology for determining risks based on the analysis of injuries to employees of industrial enterprises	215
<i>Protasenko O., Mykhailova Ye.</i> Transformation of safety culture in the context of digitalisation	223
<i>Rashkevych N., Shevchenko R., Vovchuk T.</i> Development of a mathematical model for analysing the hazardous impact on the state of groundwater in city agglomerations from missile and artillery attacks	229

TRANSPORT

<i>Trufanova A.</i> On the issue of determining the production cost of the capital renewal of passenger cars	241
<i>Pavlenko O., Muzylov D., Medvediev Ye.</i> Model of functioning logistics for supply of specialised vehicles in containers from North American companies to Ukraine	248
<i>Postranskyi T., Tiurdo N.</i> Change in the number of traffic accidents in the Lviv region during 2019–2023	254
<i>Chornohor N., Lazariyeva O., Lazariyev I.</i> Analysis of the current problems of passenger air transport development in Ukraine in wartime condition	259

Р.Б. Веселівський, Р.С. Яковчук, Д.В. Смоляк, В.Л. Петровський

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ ПОЛІСИЛОКСАНУ ТА ОКСИДІВ АЛЮМІНІЮ, ТИТАНУ І ХРОМУ ДЛЯ СТАЛЕВИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Проаналізовано стандартизовані та альтернативні методики оцінки вогнезахисної здатності покриттів для сталевих будівельних конструкцій. Розроблено методику експериментальних досліджень ефективності вогнезахисних покриттів. Експериментально визначено час прогріву дослідних зразків сталевих пластин з вогнезахисним покриттям на основі полісилоксану та оксидів алюмінію, титану і хрому до критичної температури залежно від товщини покриття і сталеві пластини.

Ключові слова: методика досліджень, стандартний температурний режим, вогнезахисне покриття, сталева будівельна конструкція.

Постановка проблеми

Пожежі та їх негативні наслідки є великою проблемою сьогодення. Заключний звіт Всесвітнього центру статистики пожеж 2023 року [1] свідчить, що у період з 1993 по 2021 рік в середньому виникало 3,7 млн пожеж щороку. Кількість загиблих внаслідок пожеж налічується десятками тисяч людей, а матеріальні збитки становлять мільярди доларів.

У відсотковому співвідношенні близько 30 % від загальної кількості пожеж виникають та поширюються у будівлях і спорудах виробничого, громадського та житлового призначення. Очевидним є той факт, що найважливіше значення та вплив на розвиток і поширення пожеж в будівлях і спорудах має вогнестійкість будівельних конструкцій, яка повинна враховуватись на етапі проектування. Будівельними нормами як в Україні, так і у світі передбачено, що усі будівельні конструкції, котрі застосовують при зведенні будівель і споруд, повинні мати визначені межі (класи) вогнестійкості. Особливу увагу при застосуванні у будівництві необхідно приділяти саме металевим конструкціям, оскільки їх межа вогнестійкості становить близько 15 хв залежно від профілю та перерізу конструкції, а це, зі свого боку, обмежує їх застосування у будівлях і спорудах, де передбачено клас вогнестійкості конструкцій > REI 15 (ДБН В.1.1-7:2016). Способами підвищення класу вогнестійкості сталеві будівельні конструкції є її вогнезахист [2], що може бути реалізований з використанням спеціальних засобів, які захищають сталеву конструкцію від впливу високих температур пожежі. До таких засобів відносять інтумесцентні (реактивні) вогнезахисні покриття [3, 4] та так звані пасивні вогнезахист, тобто облицювання чи штукатурення будівельних конструкцій негорючими вогнестійкими матеріалами [5, 6].

Тому розроблення нових вогнезахисних речовин та дослідження ефективності їх складів є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження систем вогнезахисту сталевих будівельних конструкцій сьогодні відіграють важливу роль. Так, з метою визначення впливу елементів конструкцій на вогнестійкість стандартом ДСТУ EN 13381-8:2022 (EN 13381-8:2013, IDT) передбачено процедури оцінювання діапазону значень товщини нанесених реактивних вогнезахисних матеріалів, що включають вогневі випробування набору (від 13 до 38) колон та балок, що, очевидно, є надзвичайно трудомістким та вартісним. Метою такого оцінювання є охоплення діапазону значень товщини нанесеного вогнезахисного матеріалу, діапазону значень площі поперечного перерізу сталевих конструкцій, діапазону значень проектної температури та діапазону забезпечуваних класів за вогнестійкістю. Стандартом ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010 попередньо, під час сертифікаційних, типових чи періодичних випробувань (під час розроблення технічних умов на вогнезахисний засіб) передбачено визначення часу прогріву двох сталевих пластин до критичної температури (480 °C від початкового значення). У роботі [7] викладено методику попередньої оцінки вогнезахисної здатності покриттів для сталевих конструкцій розрахунково-експериментальним методом в умовах вогневого впливу за температурного режиму вуглеводневої пожежі. Автором [8] обґрунтовано параметри зразків для експериментального визначення температури сталевих пластин з вогнезахисним покриттям в умовах вогневого впливу за стандартним температурним режимом пожежі. У роботі встановлено, що експерименти на зразках зменшених розмірів доцільно проводити із застосуванням

сталевих пластин, які мають дві товщини (мінімальну 5 мм та максимальну 10 мм), і шару вогнезахисного покриття на них, який має три значення товщини: мінімальне, середнє та максимальне. У роботі [9] проведено серію експериментальних досліджень з визначення температури прогріву вогнезахисних сталевих конструкцій. Як дослідні зразки автори використали зразки зменшених розмірів у вигляді сталевих пластин з нанесеною на обігрівну поверхню вогнезахисною речовиною. На основі отриманих даних розв'язанням обернених задач теплопровідності авторами визначено теплофізичні характеристики вогнезахисного покриття, які в подальшому пропонується використовувати для теплотехнічного розрахунку при нестационарному прогріві вогнезахисних сталевих конструкцій при довільних температурних режимах пожежі. Авторами [10, 11] з використанням електричної печі проведено серію високотемпературних дрібномасштабних випробувань, спрямованих на дослідження впливу гальванізації на температуру сталевих пластин зі змінними коефіцієнтами перерізу (A_m/V). Як дослідні зразки, що піддавались стандартному температурному впливу, були використані квадратні сталеві пластини розміром 50x50 мм. У роботі [12] проведено вогневі випробування двох сталевих пластин розмірами 500x500x5 мм із нанесеним вогнезахисним складом, що слухується, та досліджено вплив помилок у вимірюванні температур на необігрітій поверхні сталевих пластин з вогнезахисним покриттям на похибку визначення теплофізичних характеристик.

Зважаючи на трудомісткість та вартість проведення стандартизованих випробувань набору зразків сталевих конструкцій, доцільною є попередня оцінка вогнезахисної ефективності розроблених вогнезахисних покриттів на зразках зменшених розмірів. Отримані значення температур прогріву сталевих пластин дадуть можливість визначити теплофізичні характеристики вогнезахисного покриття та встановити їх залежність від товщини покриття, товщини пластини та критичної температури сталевих конструкцій.

З огляду на результати отримані у [13], для екс-

периментального визначення вогнезахисної здатності розробленого покриття для сталевих конструкцій на основі полісилоксану та оксидів алюмінію, титану та хрому пропонується використати метод визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів для будівельних конструкцій з металу, регламентований ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010.

Мета статті

Розробити методуку та визначити час прогріву дослідних зразків сталевих пластин з вогнезахисним покриттям на основі полісилоксану та оксидів алюмінію, титану, хрому [14] до критичної температури залежно від товщини покриття (0,3 мм, 0,45 мм, 0,6 мм, 0,8 мм) та товщини сталевих пластин (0,3 см, 0,5 см, 0,8 см).

Виклад основного матеріалу

Методика експериментальних досліджень.

Для визначення вогнезахисної здатності композиції високотемпературного та вогнезахисного покриття на основі полісилоксану та оксидів алюмінію, титану, хрому для сталевих будівельних конструкцій (далі – покриття) використано метод, регламентований п. 7.4 ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010.

Сутність методу випробувань полягає у визначенні проміжку часу від початку температурного впливу за стандартним температурним режимом, згідно з ДСТУ Б В.1.1-4-98*, на квадратну сталеву пластину зі стороною (500 ± 5) мм з нанесеним засобом вогнезахисту (вогнезахисні фарби, штукатурки та облицювання) до підвищення її температури на 480 °С від початкового значення (критична температура).

Для проведення експериментальних досліджень покриття було використано установку для визначення вогнезахисної здатності (ефективності) вогнезахисних покриттів, принцип роботи якої полягає у нагріванні внутрішнього простору камери установки з використанням електричних нагрівальних елементів. Схему установки представлено на рис. 1.

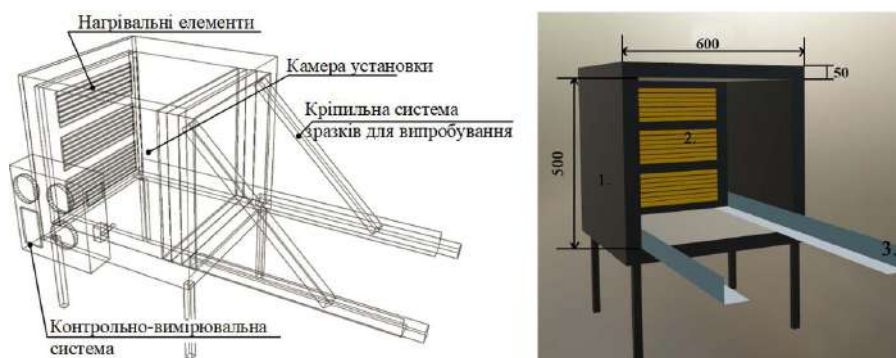


Рис. 1. Конструктивна схема випробувальної установки:

- 1 – корпус теплоізоляційний з вермикулітових плит (товщ. 50 мм), обшитих металевими листами;
- 2 – радіаційна нагрівна панель; 3 – напрямні для встановлення та руху дослідного зразка

Температура у внутрішньому просторі камери контролюється термопарами із фіксацією результатів за допомогою контрольно-вимірювального пристрою. Цей пристрій дозволяє регулювати потужність нагрівальних елементів залежно від температури, забезпечуючи відповідність температурного режиму нагрівання камери установки відповідно до стандартного температурного режиму пожежі. Для контролю температури всередині камери використано дві термопари, одна з яких розташована на відстані 10–15 см від електричних нагрівальних елементів, а друга – на такій ж відстані від дослідного зразка.

Дослідний зразок для випробування закріплюється за допомогою спеціальних кронштейнів, що у сукупності утворюють кріпильну систему. Зразок для випробування являє собою сталеву квадратну пластину (розмір сторони 500 мм) із вогнезахисним покриттям [14] з боку теплового впливу випробувальної камери. З іншого боку зразок ізолюється шарами теплоізолювальних матеріалів згідно зі схемою, поданою на рис. 2.

Для контролю температури з боку необігрівної сторони зразка для випробування встановлені п'ять термопар. На рис. 3 наведено схему розташування термопар (Т1–Т5 – номер термопари).

Експериментальні дослідження проведено із дослідними зразками різної товщини сталеві пластини та товщини вогнезахисного покриття. Виготовлено 11 типів зразків (по два однакових), параметри та характеристики яких наведено у табл. 1.

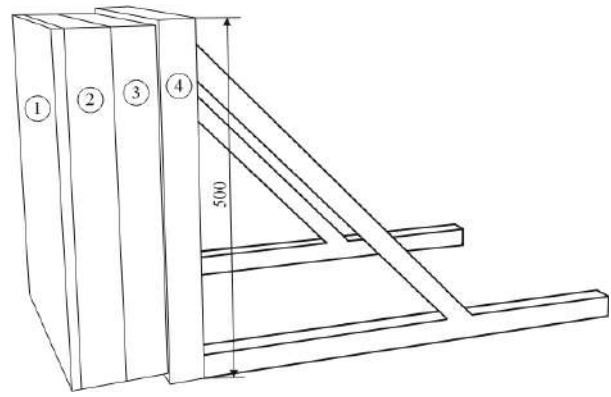


Рис. 2. Конструктивна схема зразка для випробувань: 1 – сталеві пластина (товщ. 3–8 мм); 2 – перлітова плита (товщ. 50 мм); 3 – плита з мінеральної вати (товщ. 40 мм); 4 – каркас напрямної шахти (товщ. 38 мм)

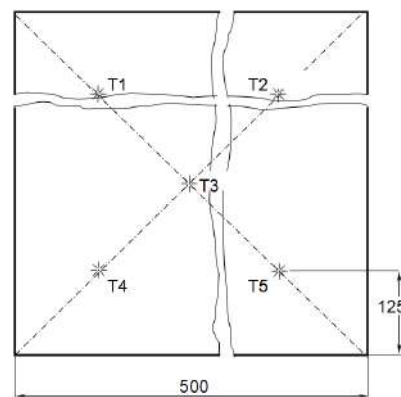


Рис. 3. Схема розташування термопар

Таблиця 1

Номенклатура дослідних зразків

№ зразка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Товщина сталеві пластини, мм	3				5				8			
Товщина покриття, мм	0,3	0,45	0,6	0,8	0,3	0,45	0,6	0,3	0,45	0,6	0,8	

Нанесення вогнезахисного покриття на сталеві пластини проводилось з використанням валика та здійснювалось в опалювальному приміщенні при температурі повітря 18–20 °С. На оброблювальній поверхні пластини була відсутня волога чи конденсат. Досліджуване покриття наносилось пошарово та рівномірно, а товщина мокрого шару становила до 0,5 мм. Час сушіння вогнезахисного покриття перед нанесенням наступного шару становив не менше 1 доби. Повне висихання покриття відбувалось протягом 10 діб. Контроль рівномірності товщини нане-

сеного покриття на сталеві пластини, здійснювався інструментальними методом у 10 рівновіддалених точках, що рекомендовано НАПБ Б.01.012-2019.

Результати експериментальних досліджень. Згідно вищезазначеної методики та номенклатури дослідних зразків (табл. 1) було проведено 22 експерименти та встановлено час прогріву сталевих пластин (близнюків) до їх критичної температури прогріву – 480 °С від початкового значення (температура навколишнього середовища – 15–18 °С). Результати експериментів представлено на рис. 4–6.

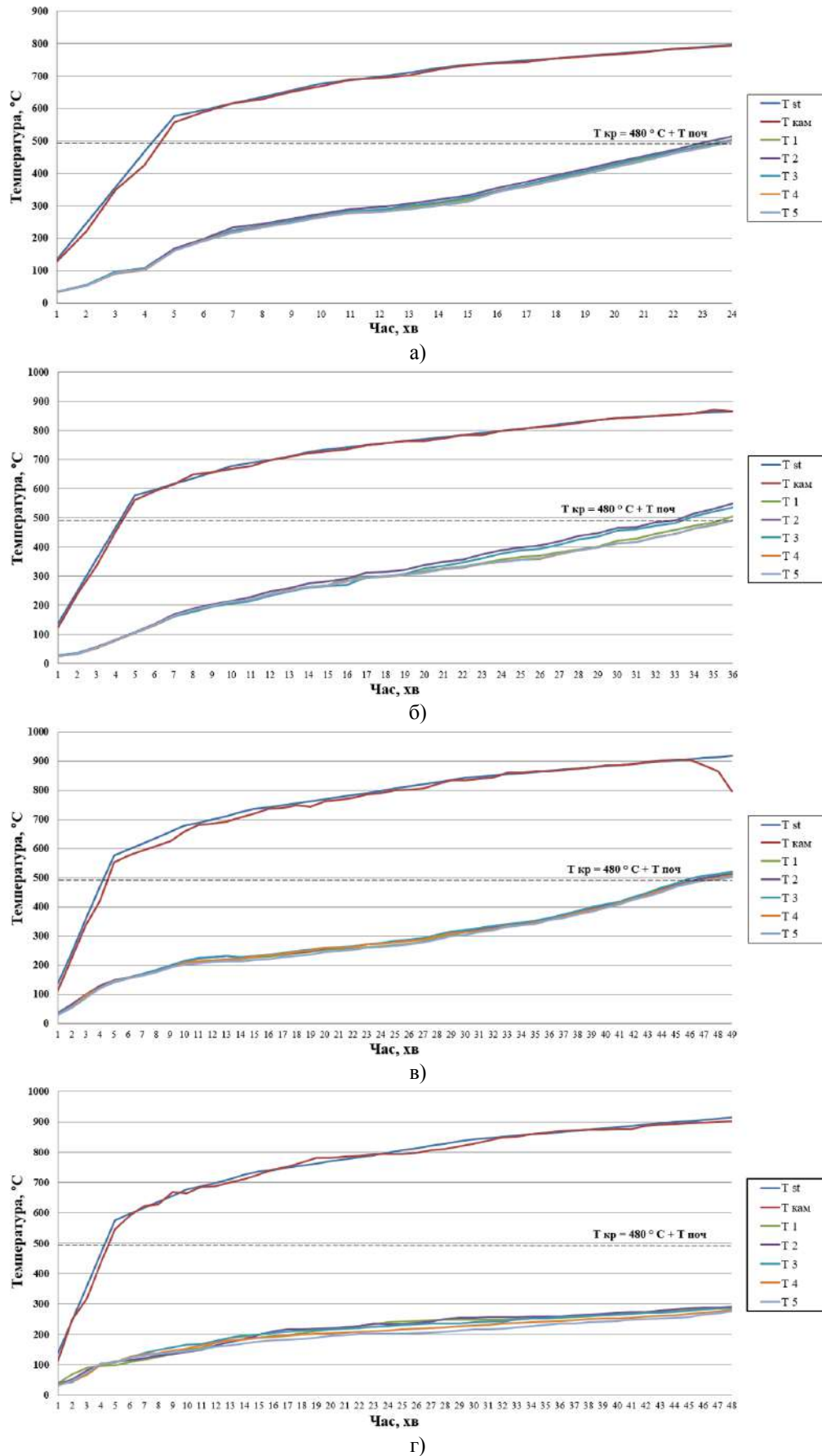
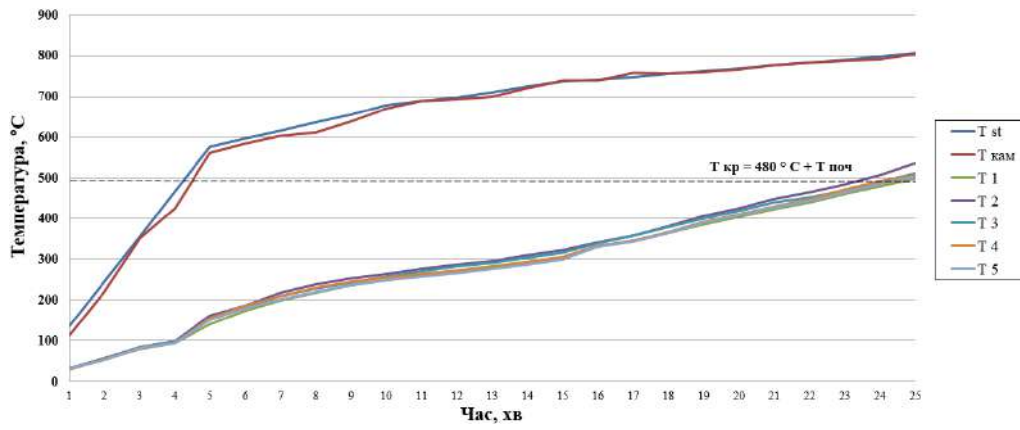
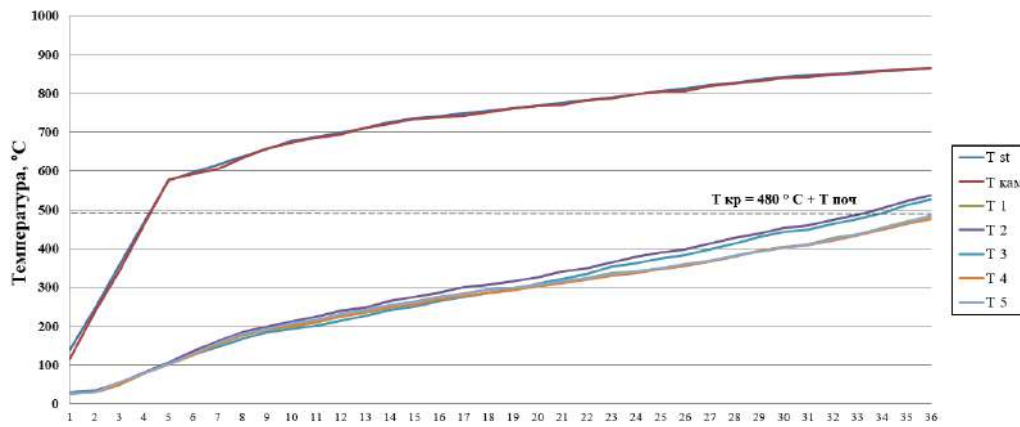


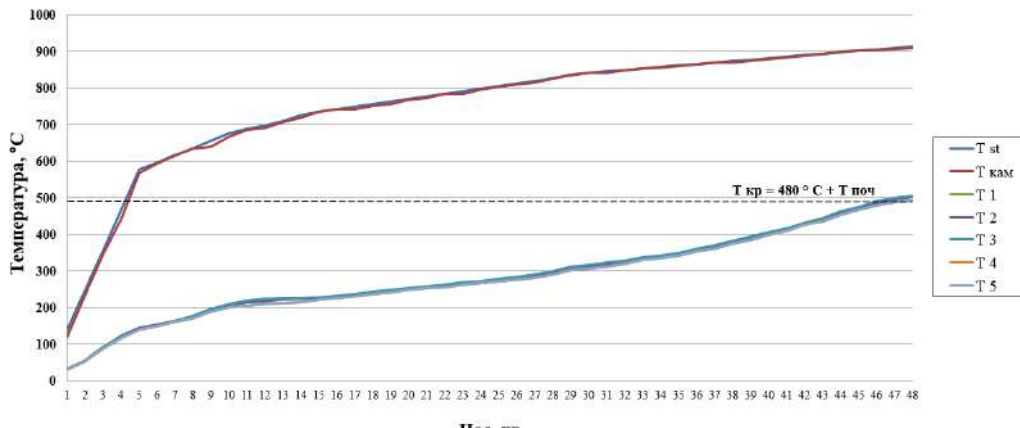
Рис. 4. Розподіли температури по металевій пластині товщиною 0,3 см:
 а) – при товщині вогнезахисного покриття 0,3 мм; б) – при товщині вогнезахисного покриття 0,45 мм;
 в) – при товщині вогнезахисного покриття 0,6 мм; г) – при товщині вогнезахисного покриття 0,8 мм



а)



б)



в)

Рис. 5. Розподіли температури по металевій пластині товщиною 0,5 см:
 а) – при товщині вогнезахисного покриття 0,3 мм;
 б) – при товщині вогнезахисного покриття 0,45 мм;
 в) – при товщині вогнезахисного покриття 0,6 мм

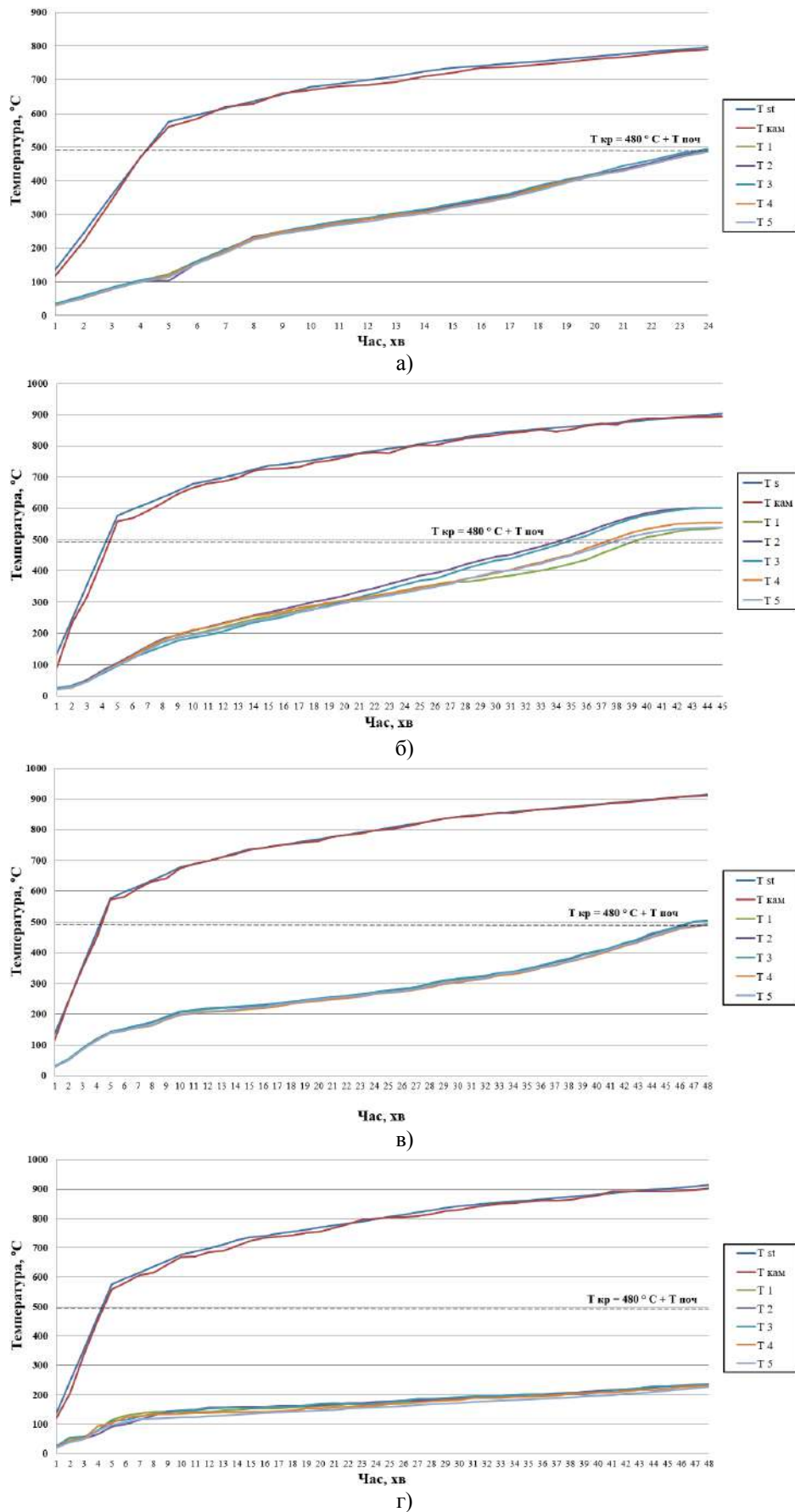


Рис. 6. Розподіли температури по металевій пластині товщиною 0,8 см:
 а) – при товщині вогнезахисного покриття 0,3 мм; б) – при товщині вогнезахисного покриття 0,45 мм;
 в) – при товщині вогнезахисного покриття 0,6 мм; г) – при товщині вогнезахисного покриття 0,8 мм

Вигляд дослідного зразка сталеві пластина до та після температурного впливу представлено на рис. 7. Оглядом зразків після випробувань встанов-

лено ефект спучення покриття, його добру адгезію зі сталевими пластинами, а відповідно, ефективність вогнезахисту.



Рис. 7. Вигляд дослідного зразка сталеві пластина товщиною 0,3 см із товщиною вогнезахисного покриття 0,3 мм: а) – до випробувань; б) – після випробувань

Як видно із отриманих результатів прогріву дослідних зразків 1–4, критична температура з необігрівної поверхні сталеві пластина була досягнута при товщині вогнезахисного покриття 0,3 мм – на 23 хв, при товщині покриття 0,45 мм – на 34 хв, при товщині покриття 0,6 мм – на 46 хв. При товщині покриття 0,8 мм середня температура прогріву сталеві пластина товщиною 0,3 см на 48 хвилину становила 284 °С, що значно нижче критичної. Отримані результати дають підстави стверджувати про високу вогнезахисну ефективність розробленого покриття.

Результати прогріву дослідних зразків 5–7 та 8–11 показують, що товщина пластина не суттєво впливає на час досягнення критичної температури на необігрівній поверхні. Так, при збільшенні товщини пластина від 0,3 см до 0,8 см при однакових значеннях товщини вогнезахисного покриття час досягнення критичної температури збільшується орієнтовно на 1 хв.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Досліджено вогнезахисну здатність композиції високотемпературного та вогнезахисного покриття на основі полісілоксану та оксидів алюмінію, титану, хрому для сталевих будівельних конструкцій за стандартного температурного режиму пожежі, зокрема:

1. Розроблено методику проведення експериментальних досліджень ефективності вогнезахисного покриття з використанням установки для визначення вогнезахисної здатності (ефективності) вогнезахис-

них покриттів, принцип роботи якої полягає у нагріванні внутрішнього простору камери установки з використанням електричних нагрівальних елементів.

2. Визначено час прогріву дослідних зразків сталевих пластина з розробленим вогнезахисним покриттям до критичної температури залежно від товщини покриття та товщини сталеві пластина.

3. Встановлено, що критична температура у сталеві пластина товщиною 0,3 см досягається на 23 хв, 34 хв та 46 хв при товщині покриття – 0,3 мм, 0,45 мм та 0,6 мм, відповідно. Експериментальні дослідження сталевих пластина товщиною 0,5 та 0,8 см показали, що при збільшенні товщини пластина при однакових значеннях товщини вогнезахисного покриття час досягнення критичної температури збільшується орієнтовно на 1 хв. При товщині покриття 0,8 мм для сталевих пластина товщиною 0,3 та 0,8 см критична температура на необігрівній поверхні дослідного зразка не була досягнута.

Зважаючи на отримані результати, актуальним буде розв'язання оберненої задачі теплопровідності для визначення теплофізичних характеристик покриття на основі числових даних експериментальних досліджень. Розв'язок оберненої задачі теплопровідності дасть змогу встановити залежність зміни коефіцієнта теплопровідності та часу досягнення критичної температури у вогнезахисних сталевих конструкціях залежно від товщини вогнезахисного покриття та температури нагріву.

Література

1. *World Fire Statistics. Report No. 28 / P. Wagner, B. Messerschmidt, N. Brushlinsky, S. Sokolov. – Ljubljana*

(Slovenia) : Center of Fire Statistics, International Association of Fire and Rescue Services (CTIF), 2023. – 102 p.

2. Веселівський Р. Б. Способи вогнезахисту металевих будівельних конструкцій / Р. Б. Веселівський, Д. В. Смоляк // Пожежна безпека. – 2021. – № 39. – С. 63–76. – DOI: [10.32447/20786662.39.2021.08](https://doi.org/10.32447/20786662.39.2021.08).

3. Development of Low Smoke Environmental friendly Fire Retardant Intumescent Coatings for GI and Steel Structures / C. Mehta, A. Kumar, M. K. Tiwari, R. Kumar, M. A. Shoeb // Research Square. – 17 January 2024. – Preprint (Version 1). – DOI: [10.21203/rs.3.rs-3621335/v1](https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3621335/v1).

4. Silicone Resin-Based Intumescent Paints / M. Zielecka, A. Rabajczyk, K. Cygańczuk, Ł. Pastuszka, L. Jurecki. – Materials. – 2020. – Vol. 13, Issue 21. – Article 4785. – DOI: [10.3390/ma13214785](https://doi.org/10.3390/ma13214785).

5. Alkali activated lightweight mortars for passive fire protection: A preliminary study / L. Carabba, R. Moricone, G. E. Scarponi, A. Tugnoli, M. C. Bignozzi // Construction and Building Materials. – 2019. – Vol. 195. – P. 75–84. – DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2018.11.005](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.005).

6. Zehfuß J. Gypsum plasterboards under natural fire—Experimental investigations of thermal properties / J. Zehfuß, L. Sander // Civil Engineering Design. – 2021. – Vol. 3, Issue 3. – P. 62–72. – DOI: [10.1002/cend.202100002](https://doi.org/10.1002/cend.202100002).

7. Ковальов А. І. Методика попередньої оцінки вогнезахисної здатності покриттів для сталевих конструкцій в умовах температурного режиму вуглеводневої пожежі / А. І. Ковальов, Н. В. Зобенко // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – 2016. – № 1 (1). – С. 59–65. – Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17998>, вільний (дата звернення: 10.03.2024).

8. Новак С. В. Обґрунтування параметрів зразків для експериментального визначення температури сталевих пластин з вогнезахисним покриттям в умовах вогневого впливу за стандартним температурним режимом пожежі / С. В. Новак // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – 2016. – № 2 (2). – С. 18–24. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/sbcfps_2016_2_5, вільний (дата звернення: 10.03.2024).

9. Оцінювання вогнезахисної здатності новостворених вогнезахисних покриттів сталевих конструкцій / А. І. Ковальов, Ю. А. Отрош, В. І. Томенко, О. Б. Васильєв // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2021. – № 85. – С. 79–88. – DOI: [10.31650/2415-377X-2021-85-79-88](https://doi.org/10.31650/2415-377X-2021-85-79-88).

10. Experimental investigation on galvanized steel elements at elevated temperature / D. de Silva, M. Autiero, A. Bilotta, E. Nigro // Fire Safety Journal. – 2023. – Vol. 138. – Article 103803. – DOI: [10.1016/j.firesaf.2023.103803](https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103803).

11. Galvanization effect on steel frames exposed to fire / M. Autiero, D. de Silva, A. Bilotta, E. Nigro // Proceedings of the 12th International Conference on Structures in Fire (SiF 2022), Hong Kong (China), November 30 – December 2, 2022 yr. / ed. by L. Jiang, P. V. Real, X. Huang, M. A. Orabi, J. Qiu, T. Chu, Z. Nan, C. Chen, Z. Wang, A. Usmani. – Hong Kong (China) : The Hong Kong Polytechnic University, 2022. – P. 74–85. – DOI: [10.6084/m9.figshare.22153568](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.22153568).

12. Ковальов А. І. Дослідження точності визначення параметрів покриттів для вогнезахисту сталевих конструкцій / А. І. Ковальов // Промислове будівництво та інженерні споруди. – 2017. – № 3. – С. 1–5. – Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17872>, вільний (дата звернення: 10.03.2024).

13. Веселівський Р. Б. Експериментальні дослідження вогнезахисної здатності вогнезахисного покриття на основі полісилоксану та алюмінію оксиду для сталевих будівельних конструкцій / Р. Б. Веселівський, Д. В. Смоляк // Пожежна безпека. – 2022. – № 41. – С. 31–37. –

DOI: [10.32447/20786662.41.2022.04](https://doi.org/10.32447/20786662.41.2022.04).

14. Композиція для високотемпературного та вогнезахисного покриття : пат. 71300 Україна, МПК C09D 5/18 / М. М. Гивлюд, Д. В. Смоляк (Україна). – № u2011 15337 ; заявл. 26.12.2011 ; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13. – Режим доступу: <https://uapatents.com/4-71300-kompoziciya-dlya-visokotemperaturnogo-ta-vognexakhisnogo-pokrittya.html>, вільний (дата звернення: 10.03.2024).

References

1. Wagner, P., Messerschmidt, B., Brushlinsky, N., & Sokolov, S. (2023). *World Fire Statistics. Report No. 28*. Center of Fire Statistics, International Association of Fire and Rescue Services (CTIF).
2. Veselivskiy, R. B., & Smoliak, D. V. (2021). Methods of fire protection of metal building structures. *Fire Safety*, (39), 63–76. <https://doi.org/10.32447/20786662.39.2021.08> [in Ukrainian]
3. Mehta, C., Kumar, A., Tiwari, M. K., Kumar, R., & Shoeb, M. A. (2024). *Development of Low Smoke Environmental friendly Fire Retardant Intumescent Coatings for GI and Steel Structures*. Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3621335/v1>
4. Zielecka, M., Rabajczyk, A., Cygańczuk, K., Pastuszka, Ł., & Jurecki, L. (2020). Silicone Resin-Based Intumescent Paints. *Materials*, 13(21), 4785. <https://doi.org/10.3390/ma13214785>
5. Carabba, L., Moricone, R., Scarponi, G. E., Tugnoli, A., & Bignozzi, M. C. (2019). Alkali activated lightweight mortars for passive fire protection: A preliminary study. *Construction and Building Materials*, 195, 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.005>
6. Zehfuß, J., & Sander, L. (2021). Gypsum plasterboards under natural fire—Experimental investigations of thermal properties. *Civil Engineering Design*, 3(3), 62–72. <https://doi.org/10.1002/cend.202100002>
7. Kovalov, A. I., & Zobenko, N. V. (2016). Preliminary assessment technique of coating flame retardant capacity for steel structures under hydrocarbon fire temperature conditions. *Scientific bulletin: Civil protection and fire safety*, 1(1), 59–65. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17998> [in Ukrainian]
8. Novak, S. V. (2016). Parameters reasoning of samples for experimental determination of the temperature of the steel plates that are fire-retardant coating in conditions of fire exposure under standard temperature fire regime. *Scientific bulletin: Civil protection and fire safety*, 2(2), 18–24. http://nbuv.gov.ua/UJRN/sbcfps_2016_2_5 [in Ukrainian]
9. Kovalov, A. I., Otrosh, Yu. A., Tomenko, V. I., & Vasyliov, O. B. (2021). Evaluation of fire-protective ability of newly created fire-protective coatings of steel structures. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, (85), 79–88. <https://doi.org/10.31650/2415-377X-2021-85-79-88> [in Ukrainian]
10. De Silva, D., Autiero, M., Bilotta, A., & Nigro, E. (2023). Experimental investigation on galvanized steel elements at elevated temperature. *Fire Safety Journal*, 138, 103803. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103803>
11. Autiero, M., de Silva, D., Bilotta, A., & Nigro, E. (2022). Galvanization effect on steel frames exposed to fire. In L. Jiang, P. V. Real, X. Huang, M. A. Orabi, J. Qiu, T. Chu, Z. Nan, C. Chen, Z. Wang, & A. Usmani (Eds.), *Proceedings of the 12th International Conference on Structures in Fire (SiF 2022)* (pp. 74–85). The Hong Kong Polytechnic University. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.22153568>
12. Kovalov, A. I. (2017). Study of the accuracy of determining the parameters of coatings for fire protection of steel structures. *Promyslove budivnytstvo ta inzhenerni sporudy*, (3), 1–5. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17872> [in Ukrainian]

13. Veselivskiy, R. B., & Smoliak, D. V. (2022). Experimental studies of the fire protection ability of fire protection coating based on polysiloxane and aluminum oxide for steel building structures. *Fire Safety*, (41), 31–37. <https://doi.org/10.32447/20786662.41.2022.04> [in Ukrainian]
14. Hyvliud, M. M., & Smoliak, D. V. (2012). *Composition for heat- and fire-resistant coating* (Ukraine Patent No. 71300). The State System of Intellectual Property of Ukraine, State Enterprise “Ukrainian Institute of Intellectual Property”. <https://uapatents.com/4-71300-kompoziciya-dlya-visokotemperaturnogo-ta-vognезakhisnogo-pokrittva.html> [in Ukrainian]

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.В. Ковалишин, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна.

Автор: ВЕСЕЛІВСЬКИЙ Роман Богданович
кандидат технічних наук, доцент, докторант
денної форми навчання
Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності
E-mail – roman-veselivskiy@yahoo.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3266-578X>

Автор: ЯКОВЧУК Роман Святославович
доктор технічних наук, доцент, начальник кафедри
цивільного захисту та протимінної діяльності
Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності
E-mail – yakovchukrs@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5523-5569>

Автор: СМОЛЯК Дмитро Володимирович
старший викладач кафедри спеціально-рятувальної
підготовки та фізичного виховання
Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності
E-mail – Smolyak.Dmitro@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5458-326X>

Автор: ПЕТРОВСЬКИЙ Віталій Львович
завідувач науково-дослідної лабораторії пожежної
безпеки
Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності
E-mail – vital.petrovskiy@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5323-7824>

METHODOLOGY FOR STUDYING THE FIRE PROTECTION ABILITY OF A FIRE PROTECTION COATING BASED ON POLYSILOXANE AND OXIDES OF ALUMINIUM, TITANIUM, AND CHROMIUM FOR STEEL BUILDING STRUCTURES

R. Veselivskiy, R. Yakovchuk, D. Smoliak, V. Petrovskiy
Lviv State University of Life Safety, Ukraine

Fires and their negative consequences are a significant problem today. The final report of the World Fire Statistics Centre in 2023 shows that an average of 3.7 million fires occurred annually between 1993 and 2021. The fire resistance of building structures has paramount importance and influence on the development and spread of fires in buildings and structures, which needs consideration at the design stage. Particular attention should be paid to metal structures when used in construction since their fire resistance limit is about 15 minutes, depending on the profile and cross-section of the structure, and this, in turn, limits their use in buildings and structures where the fire resistance class of structures is REI 15. A way to increase the fire resistance class of a steel building structure is its fire protection implemented using dedicated means that protect the steel structure from the effects of high fire temperatures.

The study aims to develop a methodology and determine the heating time of prototypes of steel plates with a fire-retardant coating based on polysiloxane and oxides of aluminium, titanium, and chromium to a critical temperature depending on the coating thickness (0.3, 0.45, 0.6, 0.8 mm) and the thickness of the steel plate (0.3, 0.5, 0.8 cm). To determine the fire protection capacity of the developed fireproof coating, we used the method regulated by clause 7.4 of DSTU-N-P B V.1.1-29:2010 'Fireproof treatment of building structures. General requirements and control methods'.

The authors have developed a methodology for conducting experimental studies of the effectiveness of fire protection coatings using an installation for determining the fire protection capacity (effectiveness) of fire protection coatings, the principle of which is to heat the interior of the installation chamber using electric heating elements. The heating time of the prototypes of steel plates with the developed fire protection coating to the critical temperature was determined, depending on the coating thickness and the thickness of the steel plate. We found that the extreme temperature in a steel plate with a thickness of 0.3 cm is reached at 23, 34, and 46 minutes with a coating thickness of 0.3, 0.45, and 0.6 mm, respectively. Experimental studies of steel plates with thicknesses of 0.5 and 0.8 cm have shown that with an increase in plate thickness at the same values of the thickness of the fire protection coating, the time to reach the extreme temperature increases by about 1 minute. At a coating thickness of 0.8 mm, for steel plates with thicknesses of 0.3 and 0.8 cm, the temperature on the unheated surface of the prototype did not reach the extreme value.

Given the results obtained, it will be relevant to solve the inverse problem of thermal conductivity to determine the thermal and physical characteristics of the coating based on numerical data from experimental studies.

Keywords: research methodology, standard temperature regime, fire protection coating, steel building structure.