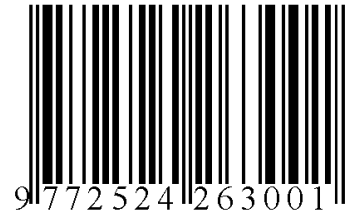


ISSN 2524-2636



**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ
З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**



**Збірник наукових праць
Черкаського інституту пожежної безпеки
імені Героїв Чорнобиля
Національного університету
цивільного захисту України**

«Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація»

Том 6 № 2 (2022)

DOI:<https://doi.org/10.31731/2524.2636.2022.6.2>

**Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової
інформації, Серія КВ № 22700-12600ПР,
видане 04.05.2017 Міністерством юстиції України**

Рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет
вченою радою Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв
Чорнобиля

Національного університету цивільного захисту України
(протокол № 3 від 25.11.2022)

Дозволяється публікація матеріалів збірника у відкритому доступі
комісією Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
НУЦЗ України
з питань роботи із службовою інформацією
(протокол № 12 від 22.12.2022)

**УДК 614.8
Н 17**

Збірник наукових праць Черкаського інституту
пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ
України «Надзвичайні ситуації: попередження та

ліквідація» : – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2022. – Том 6 № 2. – 144 с.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР – *Гвоздь Віктор Михайлович*, канд. техн. наук, проф., Заслужений працівник цивільного захисту України (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);
ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА – *Тищенко Олександр Михайлович*, д-р. техн. наук, проф., Заслужений працівник освіти України (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);
ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР – *Ножко Ігор Олегович*, канд. пед. наук (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);
ТЕХНІЧНИЙ РЕДАКТОР – *Рябоконт Вікторія Вікторівна*, канд. пед. наук (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);
РЕДАКТОР ТЕХНІЧНИХ ТЕКСТІВ ЗІ ЗНАННЯМ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ – *Хряпак Сергій Олександрович*, канд. філол. наук (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ

Абрамов Юрій Олексійович, д-р техн. наук, проф. Заслужений винахідник України (Національний університет цивільного захисту України (м. Харків));
Беліков Анатолій Серафимович, д-р техн. наук, проф. (ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (м. Дніпро));
Ватуля Гліб Леонідович, д-р техн. наук, доц. (Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків));
Ващенко Вячеслав Андрійович, д-р техн. наук, проф. (Черкаський державний технологічний університет);
Волянін Єжи, д-р техн. наук, проф. (Головна школа пожежної служби (м. Варшава, Республіка Польща));
Дия Хенрік, д-р техн. наук, проф. (Ченстоховський політехнічний університет (Республіка Польща));
Дівізійук Михайло Михайлович, д-р фіз.-мат. наук, проф. (Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України (м. Київ));
Землянський Олег Миколайович, д-р техн. наук, доц. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);
Кириченко Оксана Вячеславівна, д-р техн. наук, проф. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);
Ковалишин Василь Васильович, д-р техн. наук, проф. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності);
Костенко Тетяна Вікторівна, д-р техн. наук, проф. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);
Кнапінський Марцін, д-р техн. наук (Ченстоховський політехнічний університет (Республіка Польща));
Мазур Валерій Леонідович, д-р техн. наук, проф. (Фізико-технологічний інститут металів та сплавів Національної академії наук України (м. Київ));
Мирошник Олег Миколайович, д-р. техн. наук, проф. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);
Мізерський Анжей, д-р техн. наук, проф. (Головна школа пожежної служби (м. Варшава, Республіка Польща));
Мосов Сергій Петрович, д-р війс. наук, проф. (Національна академія державного управління при Президентові України (м. Київ));
Некора Ольга Валеріївна, канд. техн. наук, с. н. с. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);
Ніжник Вадим Васильович, д-р. техн. наук, с. н. с. (Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (м. Київ));
Нуязін Олександр Михайлович, канд. техн. наук, доц. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);
Осипенко Василь Іванович, д-р техн. наук, проф. (Черкаський державний технологічний університет);
Позоєв Сергій Валерійович, д-р техн. наук, проф. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);
Радомяк Хенрік, д-р техн. наук (Ченстоховський політехнічний університет (Республіка Польща));
Россіхін Василь Васильович, д-р юрид. наук, проф. Заслужений працівник освіти України (Харківський національний університету радіоелектроніки);
Рудницький Володимир Миколайович, д-р техн. наук, проф. (Черкаський державний технологічний університет);
Семерак Михайло Михайлович, д-р техн. наук, проф. (Національний університет «Львівська політехніка»);
Сідней Станіслав Олександрович, канд. техн. наук (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);
Тищенко Євген Олександрович, д-р техн. наук, проф. (Навчально-методичний центр цивільного захисту та безпеки життєдіяльності Черкаської області);

Тарасенко Олександр Андрійович, д-р техн. наук, с. н. с. (Національний університет цивільного захисту України (м. Харків));

Ясколовський Вальдемар, канд. техн. наук (Головна школа пожежної служби (м. Варшава, Республіка Польща)).

ЗМІСТ

- Андрій Березовський, Ігор Маладика, Олег Куліца, Руслан Засць*
**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЗДАТНОСТІ
ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ МЕТАЛЕВИХ
КОНСТРУКЦІЙ 7**
Andrii Berezovskyi, Ihor Maladyka, Oleh Kulitsa, Zaiets Ruslan
**METHOD OF DETERMINING THE FIRE PROTECTION CAPACITY
OF A FIRE PROTECTION COATING FOR METAL STRUCTURES**
- Назарій Козяр, Оксана Кириченко, Вячеслав Ващенко, Євгеній Кириченко,
Вікторія Ковбаса, Сергій Колінько, Марина Томенко*
**ЗАПОБІГАННЯ ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ЗАЙМАНЬ
ПІРОТЕХНІЧНИХ МЕТАЛІЗОВАНИХ СУМІШЕЙ
З ДОБАВКАМИ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН 15**
*Nazar Kozyar, Oksana Kyrychenko, Vyacheslav Vashenko,
Yevhenii Kyrychenko, Victoria Kovbasa, Sergiy Kolinko, Maryna Tomenko*
**PREVENTION OF FIRE EXPLOSIONS AND UNSAFE IGNITIONS
PYROTECHNIC METALIZED MIXTURES WITH ADDITIVES OF
INORGANIC SUBSTANCES**
- Валерій Коробкін, Альона Михайлова, Сергій Парталіян*
**БІЛА КНИГА ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
ЯК АНАЛІТИЧНИЙ ДОКУМЕНТ ЩОДО ЗАВДАНЬ ТА ЛОГІКИ
ДІЙ РОЗВИТКУ ЄДИНОЇ ДЕРЖАВНОЇ СИСТЕМИ
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ 27**
Valerii Korobkin, Alona Mykhailova, Sergii Partalian
**THE WHITE PAPER OF THE CIVIL PROTECTION OF UKRAINE
AS AN ANALYTICAL DOCUMENT REGARDING THE TASKS
AND LOGIC OF ACTIONS FOR THE DEVELOPMENT
OF THE UNIFIED STATE SYSTEM OF CIVIL PROTECTION**
- Віктор Костенко, Сергій Цвіркун, Тетяна Костенко, Максим Удовенко*
**ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ
ІНДИКАТОРНИХ ГАЗІВ У ВИРОБКАХ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ 37**
Viktor Kostenko, Serhii Tsvirkun, Tetiana Kostenko, Maksym Udovenko
**STUDY OF THE DYNAMICS OF DISTRIBUTION
OF INDICATOR GASES IN COAL MINES**

- Марія Куценко, Георгій Єлагін, Олена Алексєєва, Ігор Ножко, Іван Несен, Анатолій Алексєєв, Дмитро Копитін, Євсюков Олександр*
**ЗНИЖЕННЯ КІЛЬКОСТІ ВИКИДІВ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН
ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ВТРАТ ВНАСЛІДОК ПОЖЕЖІ ГОРЮЧИХ
РІДИН, РОЗЛИТИХ НА ПОВЕРХНІ ВОДОЙМИ, ПРИ ГАСІННІ
ПОЖЕЖІ ПОВІТРЯНО-МЕХАНІЧНОЮ ПІНОЮ 46**
Mariia Kutsenko, Heorhii Yelagin, Olena Alekseeva, Ivan Nesen, Ihor Nozhko, Anatolii Alekseev, Dmytro Kopytin, Oleksandr Yevsjukov
**REDUCTION OF THE QUANTITY OF EMISSIONS OF HAZARDOUS
SUBSTANCES AND ENVIRONMENTAL LOSSES AS A RESULT OF FIRE
OF FLAMMABLE LIQUIDS SPILLED ON THE SURFACE OF WATER,
WHEN FIRE EXTINGUISHING WITH AIR-MECHANICAL FOAM**
- Сергій Мосов, Вадим Нероба*
**МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ ВИМОГ
ДО ВИДОВОЇ АПАРАТУРИ РОЗВІДКИ МІН,
ЩО ВСТАНОВЛЮЄТЬСЯ НА БПЛА 51**
Sergii Mosov, Vadym Neroba
**METHODOLOGICAL APPROACH TO SUBSTANTIATING
REQUIREMENTS FOR IMAGING MINE DETECTION EQUIPMENT
INSTALLED ON UNMANNED AERIAL VEHICLES**
- Альона М'ясоєдова, Віктор Гвоздь, Михайло Дівізінюк, Роман Шевченко*
**ФОРМУВАННЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ З ПЕРЕВІРКИ
ДОСТОВІРНОСТІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ВИЯВЛЕННЯ
БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ 63**
Alyona Myasoyedova, Viktor Hvozd, Mykhailo Divizinyuk, Roman Shevchenko
**DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL RESEARCH METHODS
FOR VERIFYING THE RELIABILITY OF MATHEMATICAL MODELS
FOR THE DETECTION OF UNMANNED AIRCRAFT**
- Іван Несен, Некора Ольга, Поздєєв Сергій, Бондар Андрій*
**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОГО ВПЛИВУ НА ЗАЛІЗОБЕТОННІ
СХОДОВІ МАРШІ В УМОВАХ ВОГНЕВИХ ВИПРОБУВАНЬ 73**
Ivan Nesen, Olha Nekora, Serhii Pozdieiev, Andrii Bondar
**STUDY OF THERMAL INFLUENCE ON REINFORCED CONCRETE
STAIRWAYS UNDER THE CONDITIONS OF FIRE TESTS**

<i>Олександр Нуянзін, Петро Заїка, Роман Черниш, Сергій Ведула</i> РОЗРАХУНКОВА ОЦІНКА МЕЖИ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ БАЛКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВОГНЕВИХ ВИПРОБУВАНЬ БЕЗ МЕХАНІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ	82
<i>Oleksandr Nuianzin, Petro Zayika, Roman Chernysh, Serhiy Vedula</i> EVALUATION OF THE FIRE RESISTANCE LIMIT OF A REINFORCED CONCRETE BEAM ACCORDING TO THE RESULTS OF FIRE TESTS WITHOUT MECHANICAL LOAD	
<i>Ірина Рудешко, Наталія Заїка, Олег Куліца, Станіслав Сідней</i> ДОСЛІДЖЕННЯ РЕБРИСТОЇ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПАНЕЛІ ПОКРИТТЯ ЗА УМОВАМИ СТАНДАРТНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖІ	94
<i>Iryna Rudeshko, Nataliya Zayika, Oleh Kulitsa, Stanislav Sidnei</i> RESEARCH OF A RIBBED REINFORCED CONCRETE COATING PANEL UNDER THE CONDITIONS OF THE STANDARD FIRE TEMPERATURE REGIME	
<i>Лариса Хаткова, Вікторія Дагіль, Ілля Дагіль</i> КІЛЬКІСНА ОЦІНКА РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ НА РЕЗЕРВУАРАХ З НАФТОЮ І НАФТОПРОДУКТАМИ ВІД САМОЗАЙМАННЯ ПИРОФОРНИХ ВІДКЛАДЕНЬ	102
<i>Larisa Khatkova, Victoria Dagil, Ilya Dagil</i> QUANTITATIVE EVALUATION OF THE RISK OF FIRE ON THE OIL TANKS FROM THE FIRE FIGHTING OF PYROPHORIC DEPOSITS	
<i>Андрій Березовський, Артем Биченко, Богдан Копил, Наталія Саєнко</i> FIRE PROTECTION OF METAL STRUCTURES WITH INFLATING COATINGS (OVERVIEW)	109
<i>Андрій Березовський, Артем Биченко, Богдан Копил, Наталія Саєнко</i> ВОГНЕЗАХИСТ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОКРИТТЯМИ, ЩО СПУЧУЮТЬСЯ (ОГЛЯД)	
<i>Андрій Гаврись, Олександр Хлевной</i> SOFTWARE-BASED METHOD OF DETERMINING THE NECESSARY POPULATION EVACUATION ZONE IN CASE OF A CHEMICAL ACCIDENT	116
<i>Андрій Гаврись, Олександр Хлевной</i> МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ЗОНИ ЕВАКУАЦІЇ НАСЕЛЕННЯ У ВИПАДКУ ХІМІЧНОЇ АВАРІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ	

Viktor Hvozď, Oksana Kyrychenko, Yevhenii Tyshchenko, Oleh Zemlianskyi, Oleksandr Diadiushenko, Oleksiy Dibrova
**METHOD OF RESEARCHING THE FEATURES
OF THE INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS
ON THE CRITICAL VALUES OF THE COMBUSTION MODES
OF PYROTECHNIC MIXTURES BASED
ON SODIUM NITRATE, ALUMINUM AND ORGANIC ADDITIVES 129**
*Віктор Гвоздь, Оксана Кириченко, Євгеній Тищенко, Олег Землянський,
Олександр Дядюшенко, Олексій Діброва*
**МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВПЛИВУ
ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ НА КРИТИЧНІ ЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ
ГОРІННЯ ПІРОТЕХНІЧНИХ СУМІШЕЙ, ЩО МАЮТЬ В ОСНОВІ
НІТРАТ НАТРІЮ ТА АЛЮМІНІЙ**

Oleksandr Tyshenko, Oksana Kyrychenko, Oleg Myroshnyk, Oleksandr Diadiushenko, Valentyn Melnyk, Kostiantyn Myhalenko, Serhii Honchar
**APPLICATION OF THERMODYNAMIC ANALYSIS METHODS
IN DETERMINING THE TEMPERATURE OF COMBUSTION
PRODUCTS IN THE COMBUSTION PROCESS OF PYROTECHNIC
MIXTURES WITH ADDITIVES OF ORGANIC SUBSTANCES 135**
*Олександр Тищенко, Оксана Кириченко, Олег Мирошник,
Олександр Дядюшенко, Валентин Мельник, Костянтин Мигаленко,
Сергій Гончар*
**ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ТЕРМОДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ
ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ТЕМПЕРАТУРИ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ
В ПРОЦЕСІ ГОРІННЯ ПІРОТЕХНІЧНИХ СУМІШЕЙ
З ДОБАВКАМИ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН**

УДК 624.012

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2022.6.2.94-101>

*Ірина Рудешко,
Наталья Заїка (ORCID: 0000-0002-8757-5709),
Олег Куліца, кандидат технічних наук, доцент (ORCID: 0000-0003-2589-6520),
Станіслав Сідней, кандидат технічних наук (ORCID: 0000-0002-7664-6620),
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля
Національного університету цивільного захисту України*

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕБРИСТОЇ ЗАЛІЗОБЕТОННОЇ ПАНЕЛІ ПОКРИТТЯ ЗА УМОВАМИ СТАНДАРТНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖІ

У роботі проведений аналіз останніх досліджень і публікацій стосовно проведення розрахунків з оцінки вогнестійкості залізобетонних ребристих панелей покриттів. Висвітлена проблематика щодо визначення розподілу температури по даним конструкціям за умовами впливу високих температур від пожежі.

За допомогою програмного комплексу створена геометрична модель залізобетонної ребристої панелі покриття. Побудована кінцево-елементна сітка з використанням кінцевих елементів, що дозволяє розв'язувати нелінійну задачу поширення температури при впливі стандартного температурного режиму пожежі. Змодельовані теплові математичні моделі для визначення розподілу температури у залізобетонній ребристій панелі покриття при впливі пожежі не враховуючи напружено-деформований стан конструкцій. За результатами проведених обчислювальних експериментів побудовані температурні криві щодо визначення розподілу температури по ребристій залізобетонній панелі покриття за умови впливу стандартного температурного режиму пожежі протягом 30 хв, 45 хв, 60 хв.

***Ключові слова:** ребриста залізобетонна панель покриття, кінцево-елемента модель, розподіл температури, вогнестійкість, стандартний температурний режим пожежі.*

Постановка проблеми. Панелі покриттів призначені для сприйняття навантаження від покрівлі, снігу, вентиляційних та інших пристроїв і передають її на несучі конструкції покриттів або стіни. Широкий типовий асортимент виробів дозволяє підібрати ідеальний варіант для кожного випадку. Завдяки можливості витримувати навантаження при застосуванні на великій ширині прольотів залізобетонні панелі покриття з ребрами є досить популярними при монтуванні перекриття у одноповерхових промислових та складських будівлях. Наявність поздовжніх і поперечних ребер жорсткості в даних панелях дозволяє витримати навантаження без деформацій і руйнувань.

Ребристі панелі покриттів виготовляються з важких або легких бетонів зі сталевим каркасом всередині [1]. Сталева арматура збільшує стійкість до вигину і стоншує готовий виріб, що дозволяє заощадити на бетоні. Для зручності застосування вказаний тип перекриттів виготовляється в збірному або консольному вигляді, що надає можливість використовувати ребристі панелі покриттів на різних об'єктах, що будуються.

Під час проведення проектування будь-яких будівель та споруд необхідно застосовувати будівельні конструкції, які спроможні необхідний час чинити опір підвищеним температурам від пожежі не переходячи у будь-який граничний стан з вогнестійкості. Подібні задачі розв'язуються завдяки проведенням оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій [2].

Найбільш точні показники вогнестійкості можливо отримати при проведенні спеціальних натурних вогневих випробувань у спеціальних організаціях [3, 4]. Але використання даного способу є суттєво трудомістким та вартісним. Існує інший варіант щодо проведення оцінки вогнестійкості – експериментальний метод [5, 6]. Цей метод також має певні обмеження, у тому числі і при відтворенні роботи конструкції у складі будівлі. У

відповідності до [2, 7] передбачається застосування ще одного методу – розрахункового. Цей метод полягає у проведенні певних розрахунків, що надає можливість врахувати всі умови роботи конструкцій, варіативність застосування будь-якого матеріалу, геометричних конфігурацій та параметрів, при цьому цей метод значно менш затратний та трудомісткий порівняно з попередніми методами [8].

Для реалізації розрахункового методу з проведення оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій на першому етапі, необхідно розв'язати теплову задачу, що пов'язана із визначенням поширення температури у конструкції при впливі пожежі.

Отже визначення розподілу температури у перерізі конструкції є один з головних параметрів при оцінюванні вогнестійкості конструкції, необхідність проведення дослідження по даному напрямку у перерізах залізобетонних ребристих панелях покриття є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує кілька видів розрахункових методів перевірки класів вогнестійкості: табличний, спрощений і уточнений [7, 9]. Однак отримані дані за табличним методом мають значний запас і не дають можливості визначити більш достовірніше показники вогнестійкості на відміну від зонного методу. При чому табличний метод можливий для застосування у разі товщини плити не менше 80 мм. Зонний метод можливо застосовувати для залізобетонних ребристих панелей покриття із висотою перерізу лише 200 мм, що унеможливує його використання для даних типів конструкцій у зв'язку із складністю перерізу та різними параметрами подібних конструкцій. Уточнений метод заснований на гіпотезах опору матеріалів і добре працює тоді, коли є чітке уявлення про поведінку будівельної конструкції в умовах пожежі. Відсутність такої інформації накладає обмеження на застосування даного методу, крім того розв'язання подібних задач потребує використання математичного моделювання із залученням складних комп'ютерних інженерних систем, заснованих на методі кінцевих елементів, оскільки дозволяє отримати великий обсяг даних, щодо поведінки будівельних конструкцій під час пожежі.

Даній тематиці присвячені декілька праць [10, 11], однак стосовно досліджень, щодо визначення розподілу температури у залізобетонних ребристих панелях покриття є недостатньою. Враховуючи, що без показників температури у перерізі будь-якої будівельної конструкції провести оцінку вогнестійкості за допомогою розрахункового методу неможливо, розв'язання теплової задачі при впливі пожежі на залізобетонну ребристу плиту є актуальною.

Постановка завдання. Метою роботи є визначення розподілу температури у ребристій залізобетонній панелі покриття серії 1.165 – 1 при пожежі, використовуючи уточнений розрахунковий метод. Для досягнення мети поставлено для розв'язання наступні завдання:

1. Створити геометричну модель залізобетонної ребристої панелі покриття у повному розмірі у відповідності до серії 1.165 – 1 із врахуванням розташування каркасів та стрижнів арматури відповідного діаметру та класу.

2. Побудувати кінцево-елементу сітку з використанням кінцевих елементів, що дозволяють розв'язати нелінійну задачу розподілу температури у залізобетонній ребристої панелі покриття при впливі стандартного температурного режиму пожежі протягом 30 хв., 45 хв., 60 хв.

3. Змоделювати теплові математичні моделі для визначення розподілу температури у залізобетонній ребристої панелі покриття при впливі стандартного температурного режиму пожежі за умови завдання граничних умов III роду.

4. Провести дослідження визначення розподілу температури по ребристій залізобетонній панелі покриття серії 1.165–1 за умовою впливу стандартного температурного режиму пожежі терміном 30 хв., 45 хв., 60 хв.

5. Побудувати температурні криві розподілу температури у перерізі ребристій залізобетонній панелі покриття серії 1.165–1 за умовою впливу стандартного температурного режиму пожежі терміном 30 хв., 45 хв., 60 хв.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів. На першому етапі була побудована геометрична модель залізобетонної ребристої панелі покриття із врахуванням розміщеного каркасу та стрижнів арматури в

середині конструкції (рис. 1). Для отримання найбільш достовірних результатів геометричні параметри змодельованої панелі ідентичні існуючій конструкції довжиною прольоту 6 м.

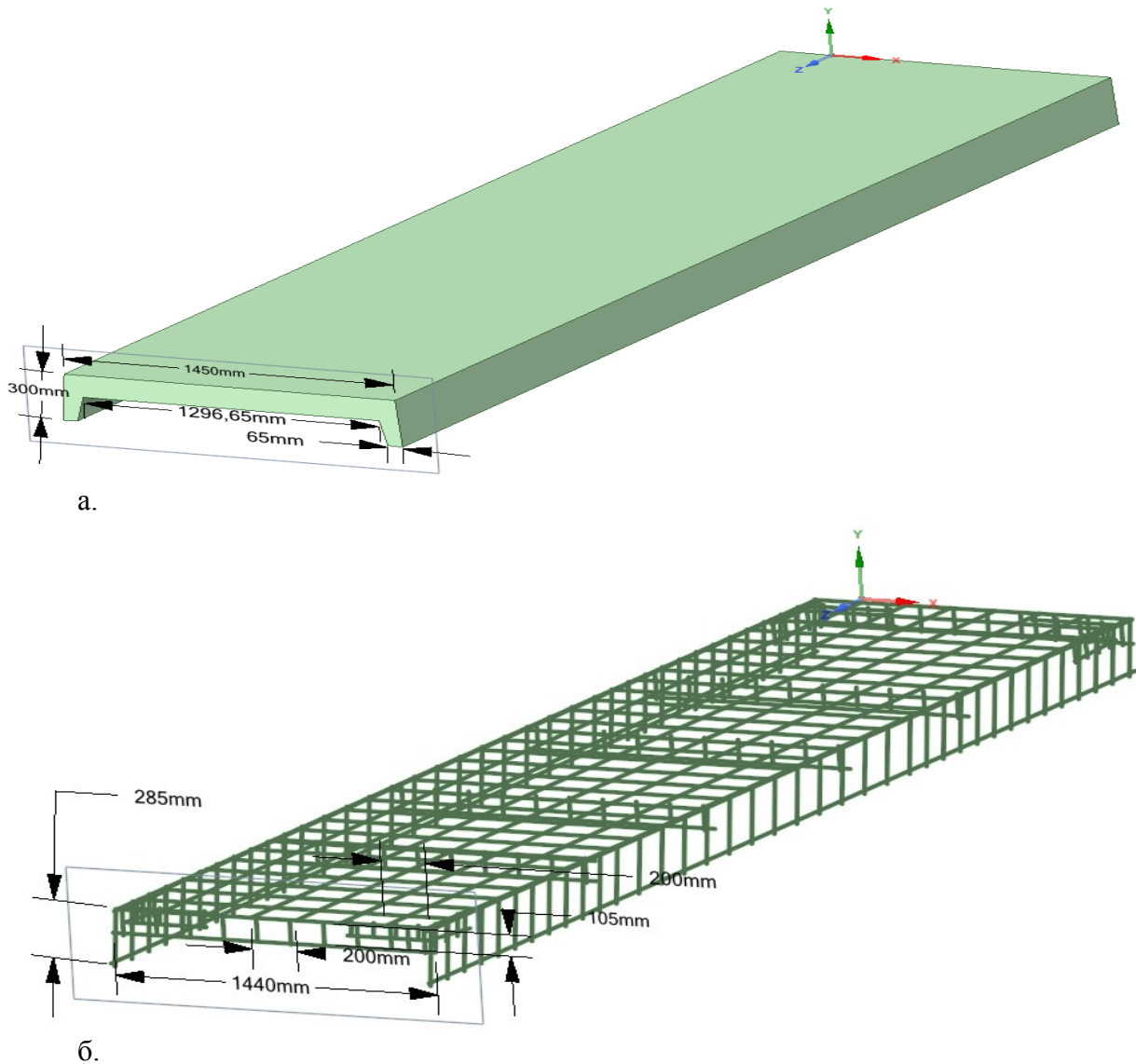


Рисунок 1 – Геометрична модель плити із врахуванням розміщеного каркасу та стрижнів арматури в середині конструкції (а – геометрична модель залізобетонної ребристої панелі покриття, б – сталевий каркас арматури, що змонтований у середині досліджуваної конструкції).

За результатами створеної геометрії побудована кінцево-елементна модель. З метою отримання найбільш точних результатів застосовано понад 1.200.000 кінцевих елементів у вигляді тетраєдерів (рис. 2).



Рисунок 2 – Кінцево-елементна модель залізобетонної ребристої панелі покриття.

Вплив високих температур від пожежі на досліджувану залізобетонну ребристу панель покриття здійснювався у відповідності до стандартного температурного режиму, який визначається залежністю [5]:

$$\Theta_s = \dot{t} \quad (1)$$

де t – час, що відраховується від початку випробування, хв;

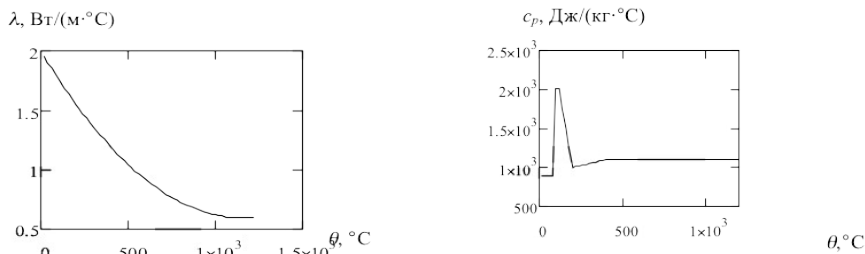
Θ_s – температура, яка відповідає часу t , °C.

Для розв’язання теплової задачі використовується нестационарне двовимірне квазілінійне рівняння теплопровідності, допускаючи, що напружено-деформований стан на не впливає на розподіл температури. Задані граничні умови III-го роду представлені у табл. 1. [7, 9].

Таблиця 1 – Параметри граничних умов

Параметри граничних умов теплотехнічної задачі	Одиниці виміру	Величина
Коефіцієнт конвекційного теплообміну на поверхні, що обігрівається	Вт/(м ² ·К)	25
Коефіцієнт конвекційного теплообміну на поверхні, що не обігрівається	Вт/(м ² ·К)	9
Ступінь чорноти	-	0.7
Стала Стефана-Больцмана	Вт/(м ² ·К ⁴)	5.67·10 ⁻⁸

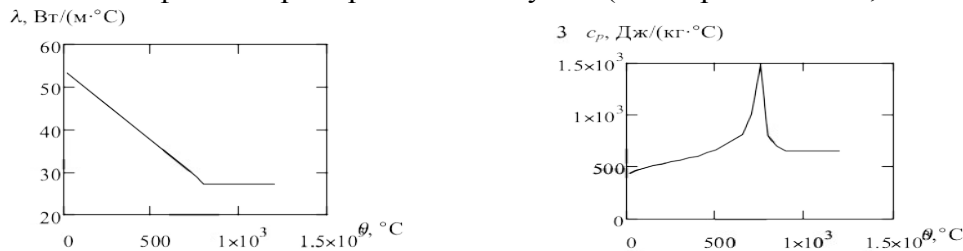
При проведенні обчислювальних експериментів використовувались теплофізичні характеристики бетону та сталі, залежні від температури [7]. Температурні залежності даних показників представлені на рис. 3, 4. Клас бетону змодельованої панелі покриття С30/35. Клас арматури, що застосований у каркасах досліджуваної конструкції А240, верхній каркас та допоміжна арматура та А500 робочі арматурні стрижні.



а.

б.

Рисунок 3 – Теплофізичні характеристики бетону С35 (теплопровідність – а, теплоємність – б).



а.

б.

Рисунок 4 – Теплофізичні характеристики сталі С240 (теплопровідність – а, теплоємність – б).

За результатами отриманих показників розподілу температури встановлено, що максимальна температура у досліджуваній ребристій залізобетонній панелі покриття складає 942,29 °C при 60 хв., 896,55 °C – при 45 хв. та 830,22 °C – при 30 хв. впливу стандартного температурного режиму пожежі (рис. 5).

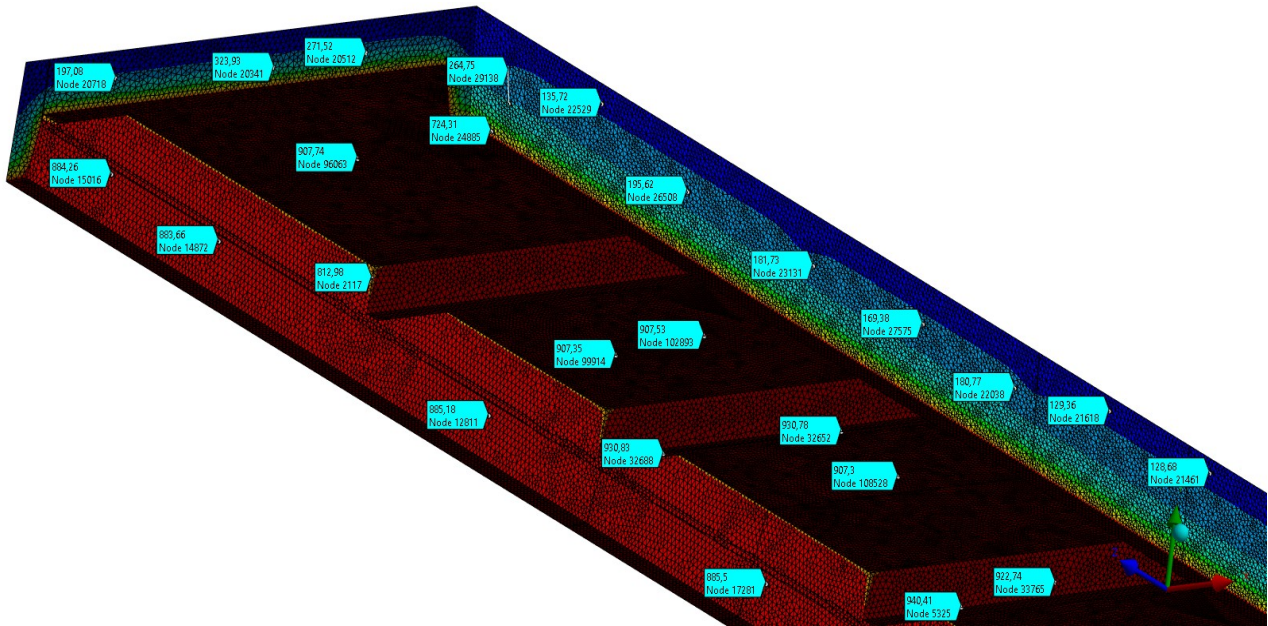


Рисунок 5 – Показники розподілу температури по ребристій залізобетонній панелі покриття при впливі стандартного температурного режиму пожежі протягом 60 хв.

Враховуючи складність та різну висоту перерізу залізобетонної ребристій панелі покриття, у тому числі відсутність товщини у будь-якому місці 200 мм, провести порівняльний тепловий аналіз за номограмами по залізобетонних плитах за рекомендаціями [7] не передбачається можливим.

Провести аналіз щодо розподілу температури за стандартним температурним режимом пожежі по частині досліджуваної конструкції, а саме одного з поперечних ребер плити висотою перерізу 140 мм у вигляді балки, також не передбачається можливим. У зв'язку з тим, що температурні криві по балках, що рекомендовані [7, 12] з максимально наближеним перерізом 150 мм x 80 мм представлені лише за умови впливу пожежі лише терміном 30 хв. Геометричні параметри поперечного ребра залізобетонної ребристій панелі покриття представлені на (рис. 6).

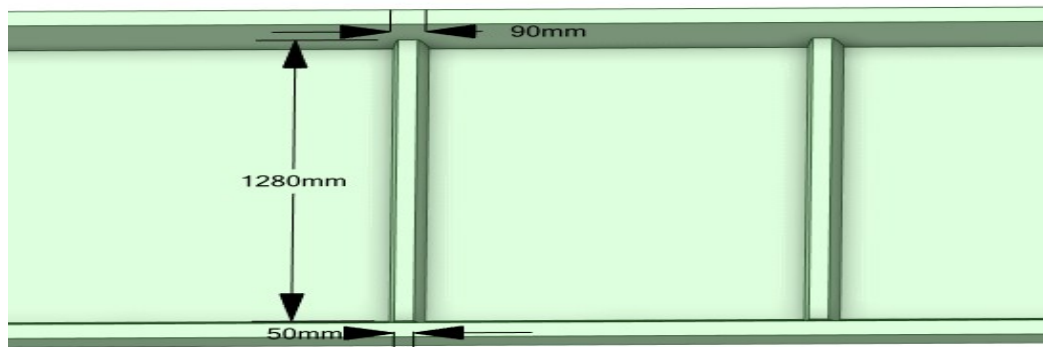


Рисунок 6 – Геометричні параметри поперечного ребра залізобетонної ребристій панелі покриття.

Передбачається використання температурних кривих по залізобетонних балках протягом часу впливу стандартного температурного режиму пожежі 30 хв., 60 хв., 90 хв. [7,

12], але переріз цих конструкцій 300 мм x 160 мм, що суттєво відрізняється від геометричних параметрів поперечного ребра досліджуваної конструкції.

За результатами проведених досліджень побудовані три типи температурних кривих, щодо розподілу температури у перерізі залізобетонної ребристої панелі покриття за результатами впливу стандартного температурного режиму терміном 30 хв., 45 хв., 60 хв. (рис. 7).

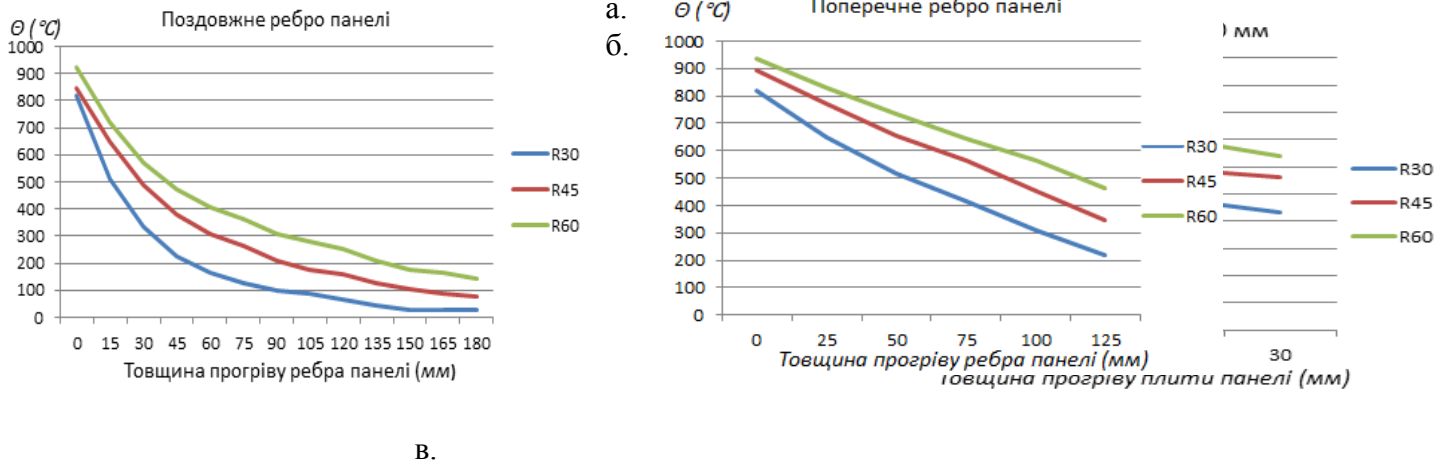


Рисунок 7 – Температурні криві, одержані в результаті досліджень протягом 30 хв., 45 хв., 60 хв. (а – розподіл температури у поздовжніх ребрах, б – розподіл температури у поперечних ребрах, в – розподіл температури у плиті панелі).

Дані температурні криві (рис. 7) надають можливість визначити розподіл температури у перерізі залізобетонної ребристої панелі покриття за результатами впливу стандартного температурного режиму терміном 30 хв., 45 хв., 60 хв., враховуючи поперечні та поздовжні ребра, а також безпосередньо плиту.

Таким чином, розв'язавши теплову задачу використовуючи температурні криві (рис. 7) у подібних конструкціях передбачається вирішення механічної задачі, що є передумовою для проведення оцінки вогнестійкості подібних конструкцій.

Висновки. З метою проведення обчислювальних експериментів створена геометрична модель залізобетонної ребристої панелі покриття. Побудована кінцево-елементна сітка з використанням кінцевих елементів, що спроможні розв'язувати нелінійну задачу поширення температури у досліджуваній конструкції при впливі стандартного температурного режиму пожежі терміном 30 хв, 45 хв, 60 хв. Змодельовані теплові математичні моделі для визначення розподілу температури у залізобетонній ребристої панелі покриття при впливі стандартного температурного режиму пожежі. За результатами проведених обчислювальних експериментів представлені температурні криві розподілу температури за складовими ребристої залізобетонної панелі покриття, а саме: поздовжні та поперечні ребра та безпосередньо плита за умовою впливу стандартного температурного режиму пожежі протягом 30 хв., 45 хв. та 60 хв. Використовуючи побудовані температурні криві, передбачається можливим визначати розподіл температури у подібних конструкціях, що є передумовою для розв'язання задачі, пов'язаної з оцінкою вогнестійкості ребристих залізобетонних панелей покриття.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ Б В.2.6-66:2008 Конструкції будинків і споруд. Плити перекриттів залізобетонні для житлових і промислових будівель. Технічні умови. [Чинний від 2010-01-01.] – К.: ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 2009. – 46 с – (Національний стандарт України).

2. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги ДБН В.1.1-7-2016 Міністерство регіонального розвитку та будівництва – 2017. – 35 с.

3. Захист від пожежі. Споруди та фрагменти будівель. Метод натурних вогневих випробувань. Загальні вимоги. ДСТУ Б В.1.1-18:2007 [Чинний від 2008-04-01.] –

Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки (УкрНДІПБ) МНС України – 2007. – 10 с – (Державний Стандарт України).

4. R. P. Johnson, Y. C. Wang, Composite Structures of Steel and Concrete: Beams, Slabs, Columns and Frames for Buildings (2019).

5. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Пожежна безпека. (ISO 834: 1975) ДСТУ Б В.1.1-4-98*. [Чинний від 1998-10-28.] – К.: Укрархбудінформ, 2005. – 20 с – (Національний стандарт України).

6. EN 13501 Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire tests.

7. EN 1992-1-2 (2004) Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].

8. T. Shnal, S. Pozdieiev, R. Yakovchuk, O. Nekora, Development of a Mathematical Model of Fire Spreading in a Three-Storey Building Under Full-Scale Fire-Response Tests (Lecture Notes in Civil Engineering, 2021), 100 LNCE, pp. 419–428.

9. EN 1992-1-1 : Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].

10. T. Shnal, S. Pozdieiev, O. Nuianzin, S. Sidnei, Improvement of the Assessment Method for Fire Resistance of Steel Structures in the Temperature Regime of Fire under Realistic Conditions (Materials Science Forum, 2020), 1006, pp. 107 – 116.

11. Determination of features of composite steel and concrete slab behavior under fire condition. Valeriia Nekora, Stanislav Sidnei, Taras Shnal, Olga Nekora, Iryna Dankevych, Serhii Pozdieiev" S. Eastern-European Journal of Enterprise Technologiethis, 6/7 (114) 2021 p. 59.

12. ДСТУ-Н Б В.2.6-196:2014 Настанова з проектування залізобетонних балок. Розрахунок на вогнестійкість. [Чинний від 2015-07-01.] – К.: ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 2014. – 45 с – (Національний стандарт України).

REFERENCE

1. DSTU B V.2.6-66:2008 Structures of buildings and structures. Reinforced concrete floor slabs for residential and industrial buildings. Specifications. [Effective from 2010-01-01.] – К.: SE "State Research Institute of Building Structures", 2009. – 46 p. – (National Standard of Ukraine).

2. Fire safety of construction objects. General requirements of DBN V.1.1-7-2016 Ministry of Regional Development and Construction – 2017. – 35 p.

3. Fire protection. Buildings and fragments of buildings. The method of natural fire tests. General requirements. DSTU B V.1.1-18:2007 [Effective from 2008-04-01.] – Ukrainian Research Institute of Fire Safety of the Ministry of Emergencies of Ukraine – 2007. – 10 p. – (National Standard of Ukraine).

4. R. P. Johnson, Y. C. Wang, Composite Structures of Steel and Concrete: Beams, Slabs, Columns and Frames for Buildings (2019).

5. Building structures. Fire resistance test methods. General requirements. Fire Security. (ISO 834: 1975) DSTU B V.1.1-4-98*. [Effective from 10-28-1998.] – К.: Ukrakhbudinform, 2005. – 20 p. – (National Standard of Ukraine).

6. EN 13501 Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire tests.

7. EN 1992-1-2 (2004) Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].

8. T. Shnal, S. Pozdieiev, R. Yakovchuk, O. Nekora, Development of a Mathematical Model of Fire Spreading in a Three-Storey Building Under Full-Scale Fire-Response Tests (Lecture Notes in Civil Engineering, 2021), 100 LNCE, pp. 419–428.

9. EN 1992-1-1 : Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].

10. T. Shnal, S. Pozdieiev, O. Nuianzin, S. Sidnei, Improvement of the Assessment Method for Fire Resistance of Steel Structures in the Temperature Regime of Fire under Realistic Conditions (Materials Science Forum, 2020),1006, pp. 107 – 116.

11. Determination of features of composite steel and concrete slab behavior under fire condition. Valeriia Nekora, Stanislav Sidnei, Taras Shnal, Olga Nekora, Iryna Dankevych, Serhii Pozdieiev" S. Eastern-European Journal of Enterprise Technologiethis, 6/7 (114) 2021 p. 59.

12. DSTU-N B V.2.6-196:2014 Guidelines for the design of reinforced concrete beams. Calculation of fire resistance. [Effective from 2015-07-01.] – K.: SE "State Research Institute of Building Structures" (NDIBK), 2014. – 45 p. – (National Standard of Ukraine).

Iryna Rudeshko,

Nataliya Zayika,

Oleh Kulitsa, Candidate of technical sciences, docent,

Stanislav Sidnei, Candidate of technical sciences,

*Cherkassy Institute of Fire Safety Named after Chernobyl Heroes
of National University of Civil Defense in Ukraine*

RESEARCH OF A RIBBED REINFORCED CONCRETE COATING PANEL UNDER THE CONDITIONS OF THE STANDARD FIRE TEMPERATURE REGIME

The work includes an analysis of the latest research and publications related to the calculation of the fire resistance assessment of reinforced concrete ribbed panels. The issue of determining the temperature distribution of these structures under the conditions of exposure to high temperatures from a fire is highlighted.

With the help of the software complex, a geometric model of a reinforced concrete ribbed covering panel was created. A finite-element mesh was constructed using finite elements, which allows solving the nonlinear problem of temperature distribution under the influence of the standard fire temperature regime. Simulated thermal mathematical models for determining the temperature distribution in the reinforced concrete ribbed panel of the coating under the influence of fire, not taking into account the stress-deformed state of the structures. According to the results of the computational experiments, temperature curves were constructed to determine the temperature distribution on the ribbed reinforced concrete panel under the condition of exposure to the standard fire temperature regime for 30 min, 45 min, 60 min.

Key words: *ribbed reinforced concrete covering panel, finite element model, temperature distribution, fire resistance, standard fire temperature regime*