

УДК 614.84

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ  
НА ВОГНЕЗАХИСНУ ЗДАТНІСТЬ ПОКРИТТІВ ДЛЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ****В. М. Нуянзін, А. І. Ковальов, С. А. Ведула**

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

Національного університету цивільного захисту України

вул. Онопрієнка, 8, м. Черкаси, 18000, Україна. E-mail: Nuyanzin@gmail.com

Розкрито закономірності змінення вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів металевих конструкцій, що спучуються, під впливом кліматичних факторів. Реалізовано раніше розроблену методику дослідження впливу кліматичних факторів на вогнезахисну здатність вогнезахисних покриттів сталевих конструкцій, що спучуються. Сплановано та проведено пришвидшені кліматичні випробування вогнезахисного покриття в кліматичній камері з різною тривалістю впливу кліматичних факторів. Визначено вогнезахисну здатність зістарених вогнезахисних покриттів та порівняно ці значення з контрольними. В результаті досліджень встановлено, що після трьох років пришвидшеного кліматичного впливу спостерігались візуальні зміни вогнезахисного покриття. Намічено шляхи подальших досліджень.

**Ключові слова:** вогнестійкість, вогнезахист, старіння, сталь.**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
НА ОГНЕЗАЩИТНУЮ СПОСОБНОСТЬ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ****В. М. Нуянзин, А. И. Ковалев, С. А. Ведула**

Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля

Национального университета гражданской защиты Украины

ул. Оноприенка, 8, г. Черкассы, 18000, Украина. E-mail: Nuyanzin@gmail.com

Раскрыты закономерности изменения огнезащитной способности огнезащитных покрытий металлических конструкций, вспучивающихся под воздействием климатических факторов. Реализовано ранее разработанную методику исследования влияния климатических факторов на огнезащитную способность вспучивающихся огнезащитных покрытий стальных конструкций. Спланировано и проведено ускоренные климатические испытания огнезащитного покрытия в климатической камере с разной продолжительностью воздействия климатических факторов. Определено огнезащитную способность состаренных огнезащитных покрытий и сравнено эти значения с контрольными. В результате исследований установлено, что после трех лет ускоренного климатического воздействия наблюдались визуальные изменения огнезащитного покрытия. Намечено пути дальнейших исследований.

**Ключевые слова:** огнестойкость, огнезащита, старения, сталь.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** В останні роки наслідки від пожеж стають все більш масштабними та призводять до великих матеріальних збитків. Як показує практика, найбільша руйнація відбувається вразі втрати своїх якостей несучих сталевих конструкцій під дією пожежі. І якщо межа вогнестійкості залізобетонних конструкцій дозволяє їм деякий час протистояти тепловому впливу пожежі, то руйнація сталевих конструкцій відбувається досить швидко.

Оскільки метал володіє високою теплопровідністю, то це призводить до того, що в умовах пожежі незахищені сталеві будівельні конструкції швидко прогріваються до температур, які перевищують критичну. Під дією цих температур та прикладеного навантаження інтенсивно наростають температурні деформації та деформації текучості. Це сприяє швидкій руйнації сталевих колон, балок (у межах 5-15 хвилин), втраті теплоізолюючої та огорожувальної здатності.

Для захисту від впливу на сталеві конструкції високих температур використовують вогнезахисні речовини, облицьовують їх вогнезахисними матеріалами та встановлюють вогнезахисні екрани тощо.

Найбільш розповсюдженим методом вогнезахисту сталевих конструкцій є нанесення на конструкції вогнезахисних речовин (вогнетривких фарб), що при дії високих температур спучуються.

Терміни служби вогнезахисних покриттів виробники встановлюють самостійно і жоден нормативний документ в Україні не вимагає його перевірки.

Хоча як свідчать дослідження [1–5], вплив кліматичних факторів навколишнього середовища може призвести до зниження вогнезахисної здатності таких покриттів.

Тому експериментальні дослідження із визначення довговічності вогнезахисних покриттів сталевих конструкцій є актуальною науково-технічною задачею, вирішення якої створить передумови уникнення помилок при використанні вогнезахисних покриттів для захисту сталевих конструкцій будівель і споруд, виходячи з вимог пожежної безпеки.

В Україні до цього часу діюче законодавство не вимагає здійснення перевірки залишкової вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів, які прослужили вже якийсь час. В УкрНДЦЗ було проведено дослідження стосовно довговічності вогнезахисних просочень [6] для дерев'яних конструкцій. У результаті досліджень встановлено, що зі збільшенням тривалості впливу кліматичних факторів вогнезахисна ефективність просочень знижується.

Для проведення досліджень з визначення довговічності вогнезахисних речовин необхідні зразки вогнезахисних покриттів із різною тривалістю впливу на них кліматичних факторів.

Для отримання зістарених зразків вогнезахисних покриттів використовуються дві методики [3–4], а саме: методика натурних випробувань вогнезахисних покриттів (старіння відбувається під дією природного середовища) та методика прогнозування терміну придатності вогнезахисного покриття за результатами пришвидшених кліматичних випробувань, які проводяться в спеціальних (кліматичних) камерах. Суть пришвидшених кліматичних випробувань полягає в циклічному впливі річної кількості кліматичних факторів заданого регіону в кліматичній камері. За різними методиками різна кількість циклів пришвидшених кліматичних випробувань відповідає одному року реального впливу кліматичних факторів.

У зв'язку з тим, що кожного року в Україні на ринку з'являються нові виробники вогнезахисної продукції, які пропонують принципово нові протипожежні засоби, а також життєвий цикл більшості вогнезахисних покриттів є меншим гарантійного терміну зберігання їх вогнезахисних властивостей, тому очевидно, що потрібно надавати перевагу методикам прогнозування довговічності вогнезахисних покриттів, які базуються на пришвидшених кліматичних випробуваннях.

Виходячи з аналізу літературних джерел і попередніх досліджень [7, 8], для отримання зразків з різною тривалістю впливу кліматичних факторів, найбільш доцільно використати методику, яка запропонована УкрНДІЦЗ [6].

Для визначення вогнезахисної здатності зістарених покриттів у літературі, пропонується приймати багато різних показників [3, 6, 9, 10], хоча деякі з них навіть не характеризують вогнезахисних властивостей. Проте більшість дослідників схильється до того, щоб розглядати основним (обов'язковим) критерієм, який характеризує збереження нормативних вогнезахисних властивостей, – це відповідність їх фактичній вогнезахисній здатності нормативним значенням.

Методів визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів для металу існує декілька. Проте, виходячи з наявного обладнання, простоти реалізації та матеріальної складової, обрано метод, викладений у [8].

Сутність методу випробувань полягає у визначенні проміжку часу від початку температурного впливу за стандартним температурним режимом на сталеву пластину з нанесеним засобом вогнезахисту, розташовану в умовах камери вогневої печі, до досягнення критичної температури з необігрівної поверхні.

Метою роботи є встановлення закономірностей зміння вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів для сталевих конструкцій, які зазнали впливу кліматичних факторів.

**МАТЕРІАЛІ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Для проведення досліджень було підготовлено чотири зразки (рис. 1), які становлять сталеві пластини зі стороною 500 мм і товщиною 5 мм із нанесеною на

одну поверхню пластини вогнезахисною речовиною. Вогнезахисна речовина наносилась згідно з технологією виробника на конкретну поверхню з дотриманням усіх вимог, у тому числі нанесенні ґрунту. Середня товщина вогнезахисного покриття на сталевих пластинах склала 0,3 мм. Дві сталеві пластини були контрольними [10] не піддавались кліматичному впливу.

Процес пришвидшеного штучного старіння сталевих пластин із нанесеним вогнезахисним покриттям, було проведено в кліматичній камері BINDER KBF 240 (рис. 2). Характеристики камери відображено в табл. 1.

Згідно із вибраною методикою пришвидшеного старіння було обрано режим, що відповідає приміщенню, яке не опалюється:

- 1) температура  $(40 \pm 2)$  °C, відносна вологість  $(90 \pm 3)$  % протягом 6 год.;
- 2) температура  $(20 \pm 2)$  °C, відносна вологість  $(90 \pm 3)$  % протягом 2 год.;
- 3) температура мінус  $(15 \pm 3)$  °C, відносна вологість не більше 80 % протягом 3 год.;
- 4) температура  $(60 \pm 2)$  °C, відносна вологість не більше 80 % протягом 7 год.;
- 5) температура  $(20 \pm 2)$  °C, відносна вологість не більше 80 % протягом 6 год.

Вісім повторень даного циклу відповідає одному року служби вогнезахисного покриття в реальних умовах.

У результаті проведення процедури пришвидшеного старіння отримано зразки, які зістарені на один та три роки відповідно.

У ході проведення пришвидшеного старіння спостерігалось не значне «змивання» вогнезахисного покриття з поверхні сталеві пластини (рис. 3).

Дослідження з визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних покриттів, що досліджувались, було проведено на випробувальному полігоні УкрНДІЦЗ. Спочатку було проведено вогневі випробування на контрольних зразках. Товщина шару вогнезахисного покриття одного контрольного зразка була на 10 % менше, а іншої - на 10 % більше середньої товщини покриття на зразки, що досліджуються.

Після проведення вогневих випробувань порівнювались значення часу досягнення критичної температури нагріву контрольних зразків із часом настання критичної температури нагріву зразків, що перевіряється. Якщо значення температури прогріву зразків, що досліджуються, менше на 10 % значення критичної температури контрольних зразків, то вогнезахисні властивості засобу вогнезахисту зразка вважаються втраченими [10].

При нагріванні зразків у камері печі використовувався стандартний температурний режим. Контроль температури здійснювався за допомогою хромель-алюмелевих термопар ТХА VIII.

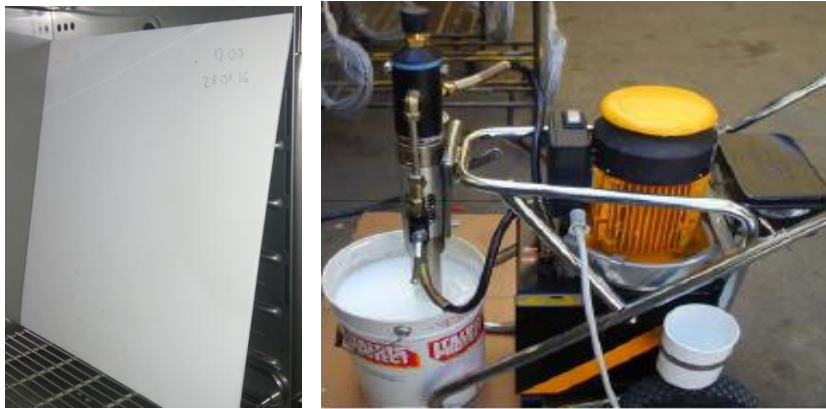


Рисунок 1 – Металеві пластини з утвореним вогнезахисним покриттям

Таблиця 1 – Характеристика кліматичної камери BINDER KBF 240

BINDER KBF 240	Діапазон температур, °С	Діапазон вологості, %
	(-10) – (+60)	0 – 100



Рисунок 2 – Проведення пришвидшених кліматичних випробувань вогнезахисного покриття в кліматичній камері BINDER KBF 240



Рисунок 3 – Процес пришвидшеного старіння вогнезахисного покриття

На дослідні зразки встановлювались по три термомпари на необігрівну поверхню по центру (рис. 4). З необігрівної поверхні пластина закривалась теплоізоляційною плитою, яка складається з двох шарів: нижній шар – керамічна вата товщиною 20 мм, вер-

хній шар – базальтова плита товщиною 100 мм та щільністю 100 кг/м<sup>3</sup>. Пластину було встановлено на отвір опорної конструкції через теплоізоляційну вставку з керамічної вати.



Рисунок 4 – Підготовка зразків до вогневих випробувань

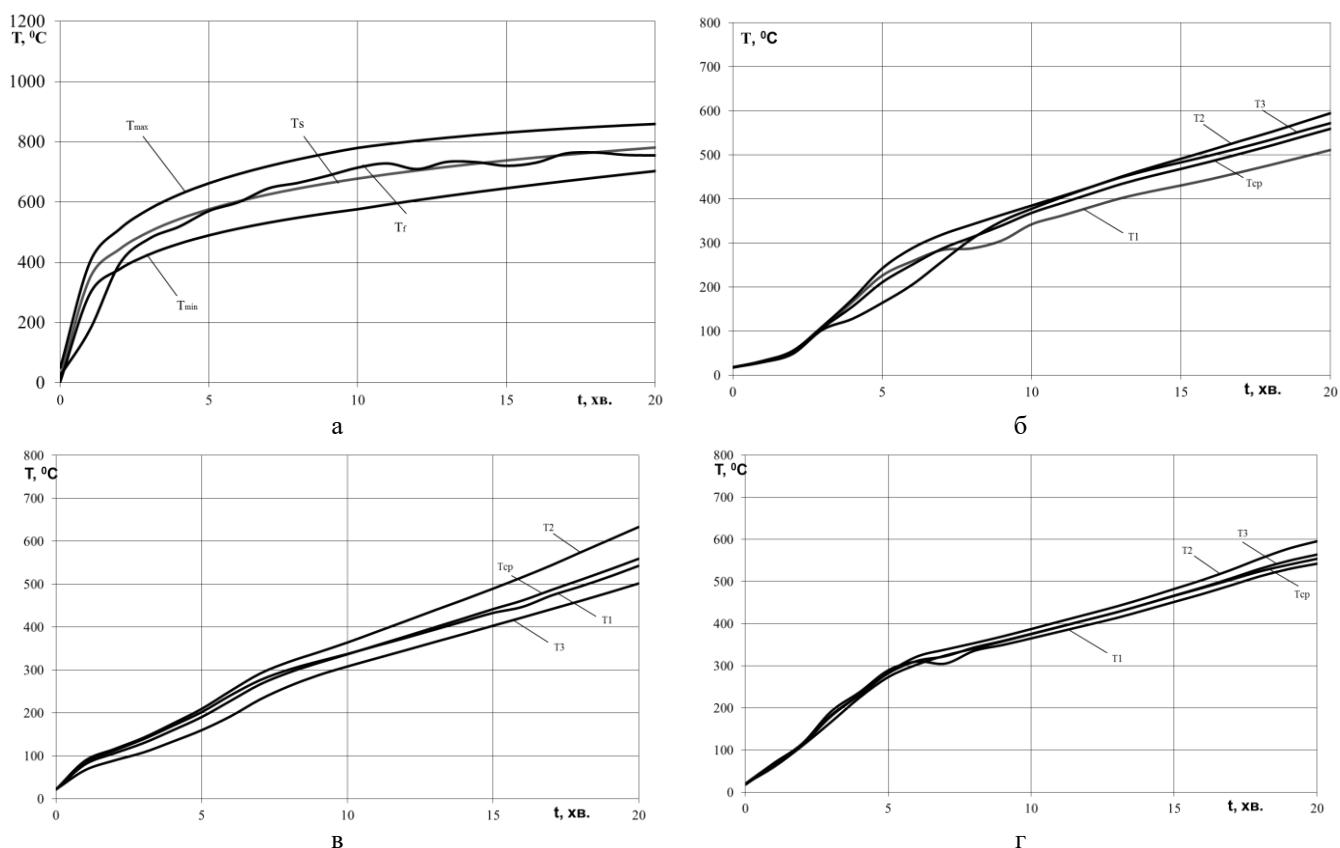


Рисунок 5 – Залежність температури від тривалості вогневого впливу: а – камера печі; б – середні значення контрольних зразків; в – зразок, зістарений на один рік; г – зразок, зістарений на три роки

Вогневі випробування тривали до досягнення критичної температури (500 °С) із необігрівної поверхні сталевих пластин. На рис. 5 ( $T_{max}$  – максимальне значення температури за «стандартним» режимом пожежі,  $T_{min}$  – мінімальне значення температури за «стандартним» режимом пожежі,  $T_s$  – середнє значення температури за «стандартним» режимом пожежі,  $T_f$  – фактичне значення температури в ка-

мері печі,  $T_1$  – значення температури зразка на рівні термомпари один (рис. 4),  $T_2$  – значення температури зразка на рівні термомпари два,  $T_3$  – значення температури зразка на рівні термомпари три,  $T_{cp}$  – середнє значення температури зразка за показниками трьох термомпар) показано динаміку зміни температур у печі та на зразках, що досліджувались.

З рис. 5, а видно, що «стандартний» температурний режим у печі дотримувався в допустимих межах.

Досягнення критичної температури (500 °С) на необігрівній поверхні контрольних пластин і пластин із зістареним вогнезахисним покриттям сталося майже одночасно. Ці результати збігаються з даними виробника вогнезахисної речовини про її довговічність, що свідчить про адекватність запропонова-

ної методики визначення довговічності вогнезахисних покриттів сталевих конструкцій.

На рис. 6 показано товщину вогнезахисного покриття в різних точках нанесення до початку вогневих випробувань (верхнє число) та після спучування під дією високої температури (нижнє число).

Після проведення вогневих випробувань пластини з нанесеним вогнезахисним покриттям мали вигляд, як показано на рис. 7.

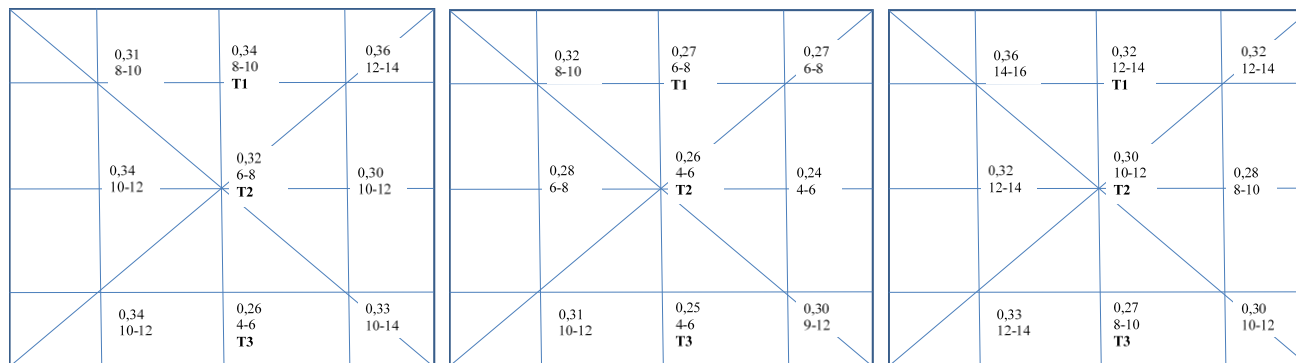


Рисунок 6 – Товщини вогнезахисних покриттів до та після проведення вогневих випробувань



Рисунок 7 – Характерний вигляд спученого вогнезахисного покриття після вогневого впливу

**ВИСНОВКИ.** У результаті проведених досліджень апробовано методику дослідження впливу кліматичних факторів на вогнезахисну здатність вогнезахисних покриттів сталевих конструкцій, що спучуються.

Сплановано та проведено пришвидшені кліматичні випробування вогнезахисного покриття в кліматичній камері з різною тривалістю впливу кліматичних факторів.

Визначено вогнезахисну здатність зістарених вогнезахисних покриттів і порівняно ці значення з контрольними.

У результаті досліджень встановлено, що після трьох років пришвидшеного кліматичного впливу спостерігались візуальні зміни вогнезахисного покриття після впливу на них кліматичних факторів і після вогневих випробувань. Проте втрати вогнеза-

хисної здатності покриття не відбулося, і в цьому вбачається перспектива подальших досліджень у цій галузі.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Gleick, P H. 1989. The Implications of Global Climate Changes for International Security. *Climate Change* 15 (October 1989): PP. 303–325.
2. EnvironmentalPerformanceIndex – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://epi.yale.edu/>
3. Баженов С.В. Прогнозирование срока службы огнезащитных покрытий. Проблемы и пути решения // *Пожарная безопасность*. – 2005. – № 5. – С. 97–102.
4. Определение срока службы огнезащитных покрытий по результатам натуральных и ускоренных климатических испытаний / С.В. Баженов, Ю.В. Нау-

мов // Пожарная безопасность. – 2005. – № 6. – С. 59–67.

5. Срок службы огнезащитных покрытий вспучивающегося типа F+S / Л.Н. Вахтова, М.П. Лапушкин, К.В. Калафат // Технологии безопасности и противопожарной защиты. – 2011. – № 2 (50) – С. 58–61.

6. Жартовський В.М., Жартовський С.В., Корнієнко О.В. Визначення строку збереження ефективного вогнезахисту виробів з деревини, які оброблені просочувальними засобами ДСА-1 та ДСА-2, за результатами натурних випробувань // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2009. – № 2 (20) – С. 26–33.

7. Нуянзін В.М. Проблеми визначення довговічності вогнезахисних покриттів металевих конструкцій в Україні // Пожежна безпека: теорія і практика: збір. наук. праць. – Черкаси: АПБ, 2014 – Вип. 16. – С. 77–82.

8. Нуянзін В.М., Ковальов А.І. Обґрунтування методики дослідження впливу кліматичних факторів на вогнестійкість залізобетонної колони // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського – 2014. – Вип. 6/(89). – С. 153–157

9. Гудович О.Д., Корнієнко О.В. Дослідження зміни ефективності вогнезахисту деревини залежно від часу та умов зберігання // Вісник КНУТД: науковий журнал. – К.: КНУТД, 2012, – № 5 – С. 50–55.

10. Захист від пожежі. Вогнезахисне оброблення будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання: ДСТУ-Н-П Б В.1.1 – 29:2010. – [Чинний від 2007-11-25]. – К.: Мінгеріонбуд України. – 16 с. – (Національний стандарт України).

### EXPERIMENTAL RESEARCHES OF INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON FLAME RETARDANT ABILITY OF COATINGS FOR STEEL STRUCTURES

V. Nuyanzin, A. Kovalev, S. Vedula

Cherkassy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes

National University of Civil Defense of Ukraine

vul. Onoprienka, 8, Cherkassy, 18000, Ukraine. E-mail: Nuyanzin@gmail.com

**Purpose.** Disclosure of regularities of changing of fireproof ability to fire protective coatings of metal constructions, which bubble under the influence of climatic factors. **Methodology.** The article presents outcomes of only experimental researches. An accelerated climatic testing of fire protective coatings in the climatic chamber was conducted. After that fire tests of the aged coatings were conducted. The obtained results were compared with the results obtained for new coatings. **Results.** The methodology of research of influence of climatic factors on the ability flame retardant coatings fireproof steel constructions which bubble was tested. At the result of studies it was found that after 3 years of accelerated climatic impact there were visual changes of fire-proof coatings after being exposed to climatic factors and after fire tests. However, there was not any loss of fireproof ability of the coating and that fact is assumed to be the prospect for further research in this area. **Originality.** For the first time in Ukraine experimental research of influence of climatic factors on flame retardant ability of fireproof coatings for metal structures were conducted. The dependence between the duration of impact of climatic factors and changing their fireproof ability was determined. **Practical value.** Usage of the results obtained in this study will help to avoid mistakes of conformity assessment of fire protective coatings by conformity assessment authorities based on the fire safety requirements and to improve fire safety of objects that use such coatings.

**Key words:** fire resistance, fire protection, aging, steel.

#### REFERENCES

1. Gleick, P.H. (1989), The Implications of Global Climate Changes for International Security. *Climate Change* 15 (October 1989): pp. 303–325.

2. Environmental Performance Index – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://epi.yale.edu/>

3. Bazhenov, S.V. (2005), "Prediction of flame retardants life. Problems and solutions", *Fire safety*, vol. 5, pp. 97–102.

4. Bazhenov, S.V., Naumov, Y.V. (2005), "Determination of the service life of flame retardant coverages based on the results of field trials and accelerated climate", *Fire safety*, vol. 6, pp. 59–67.

5. Vakhitova, L.N., Lapushkin, M.P., Calafat, K.V. (2011), "The term of service of intumescent fire protective coatings such as F + S", *Technology safety and fire protection*, vol. 2/(50), pp. 58–61.

6. Zhartovskyy, V.M. Zhartovskyy, S.V., Corniyenko, O.V. (2009), "The timing of the effective conservation-foot fire protection of wood, which means processed impregnating SJA SJA 1 and 2, the results of field testing", *Fire safety*, vol. 2/(20), pp. 26–33.

7. Nuyanzin, V.M. (2014), "Problems determining the durability of fire protective coatings of metal constructions in Ukraine", *Fire safety*. vol. 16, pp. 77–82.

8. Nuyanzin, V.N., Kovalev, A.I. (2014) "Rationale for research methodology Influence of climatic factors on the fire resisting property of reinforced concrete columns" // *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, vol. 6/(89), pp. 153–157.

9. Gudovich, O.D., Korniyenko, O.V. (2012) "Research flameproof efficiency changes depending on the time and storage conditions". *Science-headed journal*, vol. 5, pp. 50–55.

10. GOST-N-P B V.1.1–29: 2010. *Protection from fire. Fire retardant treatment of building structures. General requirements and methods of control.* // p. 16.

Стаття надійшла 17.11.2016.