

*О.І. Башинський, канд. техн. наук, доцент, М.З. Пелешко, канд. техн. наук, доцент, О.Ю. Пазен, канд. техн. наук, Т.Г. Березанський (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

## **ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ПОЖЕЖ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

У статті розглянуто актуальну проблему щодо визначення межі вогнестійкості елементів будівельних конструкцій. На основі проведеного аналізу літературних джерел розглянуто основні температурні режими пожеж (стандартний температурний режим, режим зовнішньої, вуглеводневої та водневої пожеж), які використовують для дослідження вогнестійкості у країнах Європи. На основі проведених аналітичних досліджень встановлено, що межа вогнестійкості елементів будівельних конструкцій при різних температурних режимах є різною. Це дає змогу стверджувати, що при проектуванні будівель різного призначення (особливо складів для зберігання легкозаймистих та горючих рідин, машинних залів атомних електростанцій тощо) слід враховувати можливий сценарій розвитку пожежі, який може суттєво впливати на фактичну межу вогнестійкості.

**Ключові слова:** вогнестійкість, температурний режим пожежі, межа вогнестійкості.

*O.I. Bashynskiy, M.Z. Peleshko, O.Yu. Pazen, T.H. Berezhanyski*

## **THE INFLUENCE OF TEMPERATURE MODES OF FIRE ON FLEXIBILITY OF BUILDING CONSTRUCTIONS**

The article deals with the actual problem of the building constructions' fire resistance determination. Based on the analysis of literary sources, the main temperature regimes of fires (standard temperature regime, external, hydrocarbon and hydrogen), used in the countries of EU, are regarded. Conducted analytical studies showed that fire resistance of building constructions at different temperature regimes is different. This gives reason to consider that in the process of building designing (especially storage facilities for flammable and combustible liquids, engine rooms for nuclear power plants, etc.), a possible fire development scenario, which can significantly affect the actual fire resistance, should be taken into account.

**Key words:** fire resistance, temperature mode of fire, limit of fire resistance.

**Вступ.** Одним із важливих аспектів пожежної безпеки будинків і споруд у наш час є застосування будівельних конструкцій із чітко визначеними показниками межі вогнестійкості та межі поширення вогню в будівлях і спорудах різного ступеня вогнестійкості.

Основним класифікаційним показником, із точки зору пожежної безпеки, є ступінь вогнестійкості будинку. Залежно від цього показника, згідно з [1], нормуються його поверховість, площа забудови та відстані до інших будинків і споруд. Ступінь вогнестійкості будинку визначається межами вогнестійкості його будівельних конструкцій та межами поширення вогню цими конструкціями. Тому значення меж вогнестійкості будівельних конструкцій, із яких складається будинок, істотно впливають на його архітектурне рішення й параметри забудови в цілому.

Основного поширення у будівництві житлових, громадських і промислових будинків набули бетонні та залізобетонні конструкції, цегляні кладки, елементи каркасів покриття, які складаються з металевих конструкції. Згідно з [1, 2], нормативні значення меж вогнестійкості цих конструкцій можуть сягати 150 хв, а для несучих конструкцій висотних будинків — навіть 180 хв.

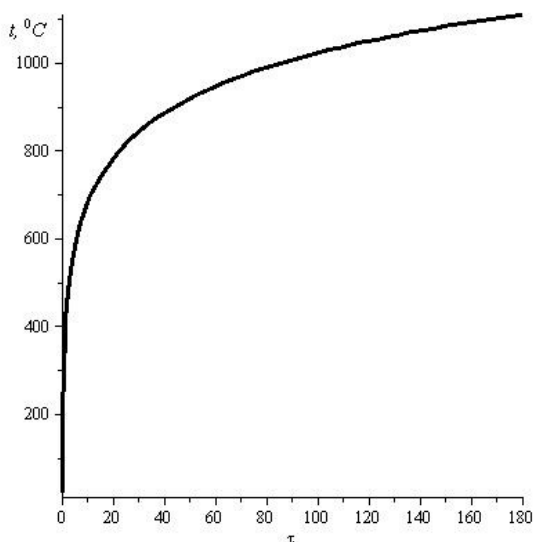
Виходячи з цього, забезпечення нормованих меж вогнестійкості конструкцій та врахування особливостей їх поведінки під впливом високих температур є досить актуальним.

**Температурні режими пожеж.** Основним стандартом, який регламентує загальні методи до визначення вогнестійкості будівельних конструкцій, є ДСТУ Б В. 1.1-4-98. «Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги» [3]. Згідно з цим документом, *межа вогнестійкості* – це інтервал часу (у хвиликах) від по-

чатку вогневого випробування зразків, за стандартним температурним режимом до настання одного із трьох граничних станів конструкції (REI). Математично стандартний температурний режим моделюється у вигляді [2]

$$t_{cm.}(\tau) = 345 \lg(8\tau + 1) + 20 \quad (1)$$

де  $t$  – температура,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\tau$  – час у хв.



*Рисунок 1 – Стандартний температурний режим пожежі*

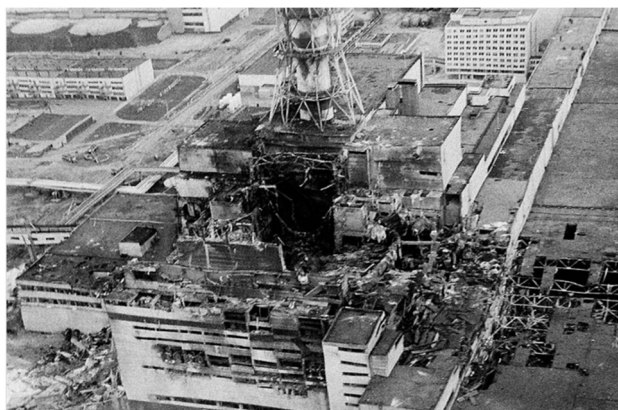
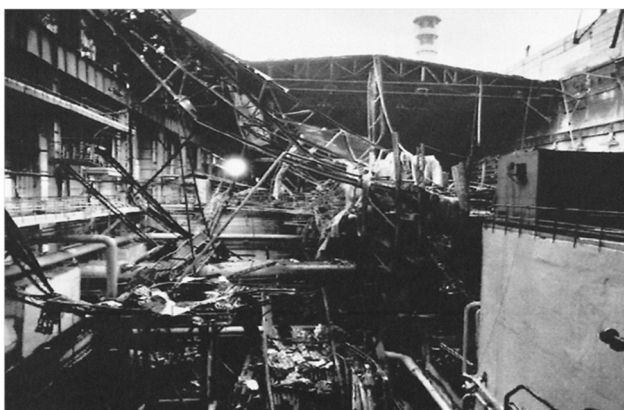
Графічно цей режим можна подати у вигляді графіка (рис. 1). Хоча цей режим використовується упродовж багатьох років, очевидно, що величини згоряння деяких матеріалів, таких, як бензин, газ, хімікати значно перевищують значення стандартної кривої.

Для прикладу 11 жовтня 1991 року на турбогенераторі № 4 другого енергоблоку Чорнобильської атомної електростанції, через пошкодження ізоляції кабельного монтажу несанкціоновано було подано номінальну напругу мережі на практично зупинений генератор, який був переведений в непроектний «моторний» режим.

У результаті значної вібрації відбулось розщільнення підшипників і системи ущільнення генератора, викид з подальшим займанням водню і мастила в районі підшипників генератора. У машинному залі виникла пожежа. Приблизно

через 20 хв після початку пожежі відбулось руйнування металевих ферм покрівлі машинного залу, що спричинило пошкодження обладнання, яке забезпечувало охолодження реактора. Хоча межа вогнестійкості такого конструктивного елемента повинна становити не менше 45 хв. Причиною передчасного руйнування була висока температура спричинена горінням водню та турбінної оливи, а межа вогнестійкості цих елементів встановлювалась за стандартним температурним режимом.

У результаті аварії було пошкоджено турбогенератор № 4 і збудник генератора, вигоріло 180 т турбінного мастила і 500 м<sup>3</sup> водню, обвалилося 2448 м<sup>2</sup> покрівлі машинного залу, маса завалених конструкцій перевищувала 100 т.



*Рисунок 2 – Аварія на Чорнобильській АЕС 11 жовтня 1991 року*

Сценарій можливого розвитку пожежі у машинному залі атомної електростанції можна описати температурним режимом горіння воднево-повітряної суміші (рис.3), який моделюється у вигляді такої формули [4]

$$t_{\text{вод.}}(\tau) = 1527 - (1527 - 20)e^{-0,315\tau} \quad (2)$$

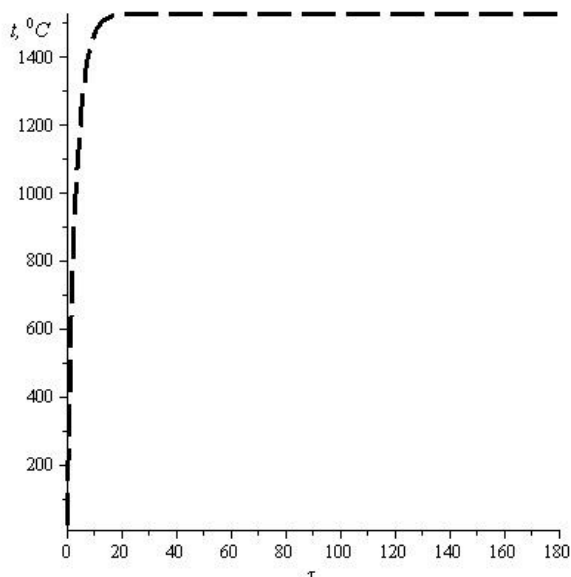


Рисунок 3 – Режим водневої пожежі

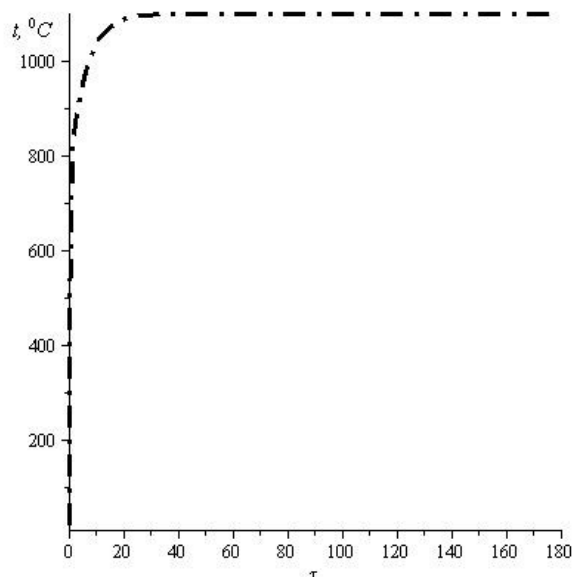


Рисунок 4 – Режим вуглеводневої пожежі

Інші режими пожеж, такі як пожежі на об'єктах нафтохімічної галузі (склади зберігання нафти та нафтопродуктів, пожежа у нафтовій цистерні тощо) описує вуглеводнева температурна крива (рис.4) [2]

$$t_{\text{вуг.}}(\tau) = 1080(1 - 0,325e^{-0,167\tau} - 0,675e^{-2,5\tau}) + 20 \quad (3)$$

Для конструкцій, щодо яких визначається вогнестійкість ззовні будівлі, де температура довкілля є нижчою, може застосовуватись температурна крива зовнішньої пожежі [2]

$$t_{\text{з.}}(\tau) = 660(1 - 0,687e^{-0,32\tau} - 0,313e^{-3,8\tau}) + 20 \quad (4)$$

Для порівняння, вищенаведені температурні режими пожеж зображено на рис. 5.

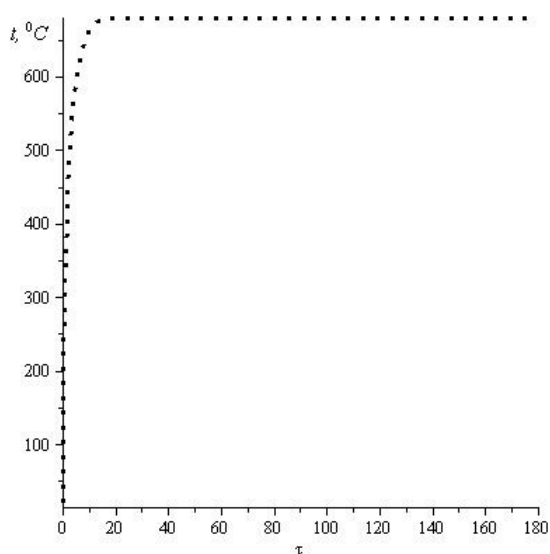


Рисунок 4 – Температурний режим зовнішньої пожежі

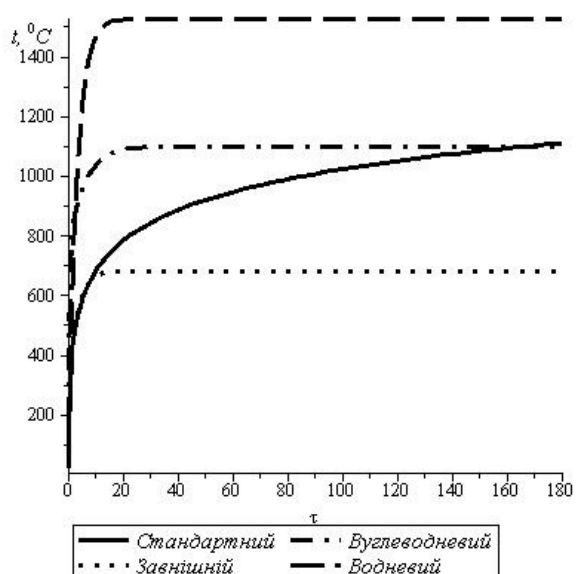
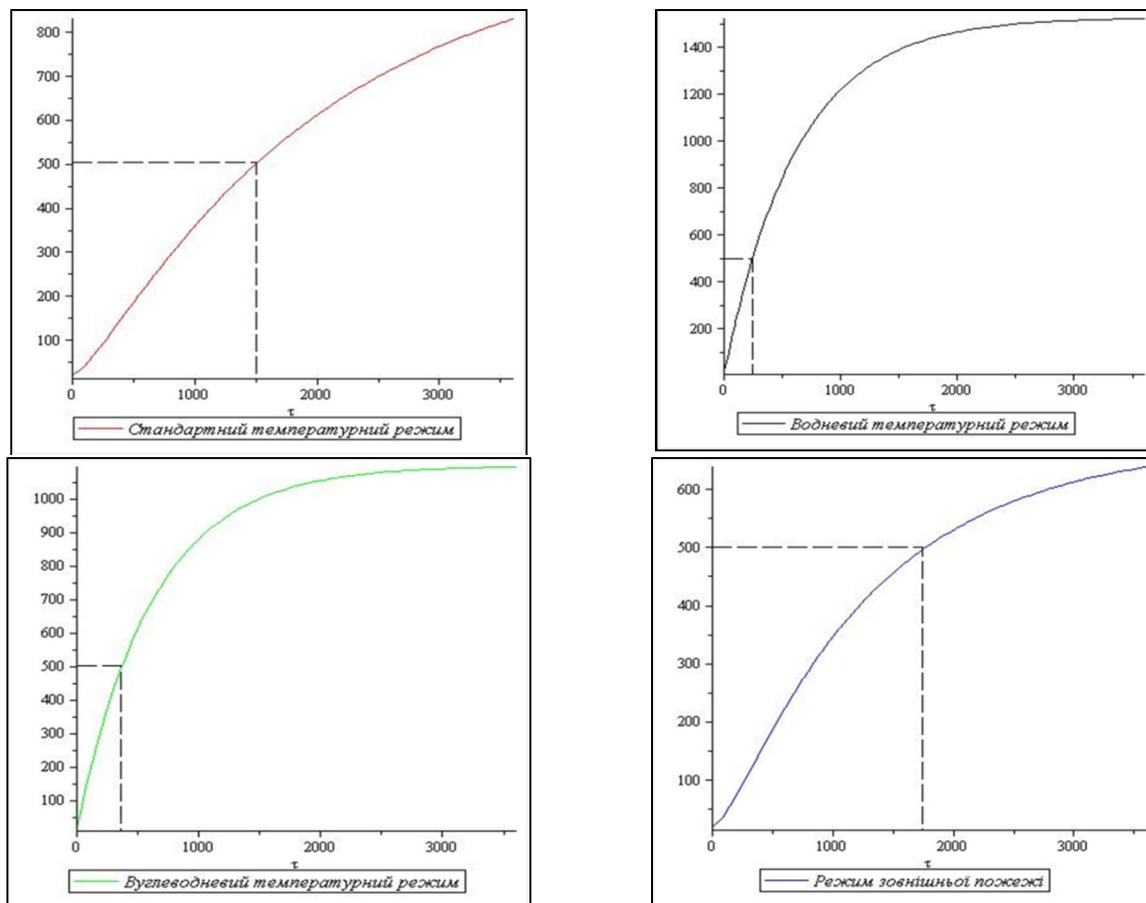
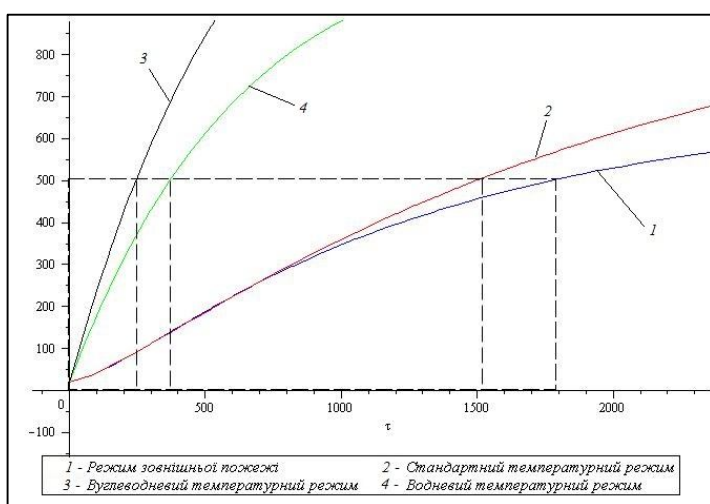


Рисунок 5 – Температурні режими пожежі

**Межа вогнестійкості елемента будівельної конструкції.** Для більш наочного ефекту застосування можливих сценаріїв пожеж проведено числові дослідження, щодо визначення межі вогнестійкості металевої конструкції двотаврового перерізу з приведеною товщиною 17 мм, на яку діють вищенаведені температурні режими пожеж. Числові дослідження проводились шляхом використання прямого методу дослідження процесів теплопереносу у багатшарових плоских конструкціях у програмному середовищі Maple 13 [5,6]. Час, за який конструкція прогріється до критичної температури (для сталі – 500 °С.), наведено на рис. 6.



**Рисунок 6** – Нагрівання металевої конструкції до критичної температури



**Рисунок 7** – Порівняння значень критичної температури при різних температурних режимах

Графік порівняння отриманих результатів нагрівання металевої конструкції за умов різних температурних режимів наведено на рис. 7

**Висновки.** Аналіз рисунка 7 дає можливість зробити висновок, що визначати межу вогнестійкості будівельних конструкцій лише за умов стандартного температурного режиму не завжди доцільно, оскільки межі вогнестійкості у реальних умовах можуть бути значно завищеними. Особливо це стосується складів зберігання нафти та нафтопродуктів, машинних залів атомних електростанцій тощо. Реальна пожежа на таких об'єктах може призвести до передчасного руйнування несучих елементів конструкцій, травмування та загибелі людей.

### Список літератури:

1. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1.7-2016.
2. EN 1991-1-2 (2002) (English): Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].
3. Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги: ДСТУ Б В. 1.1-4-98.
4. Субота А. В. Визначення та дослідження температурного поля в елементах металевих конструкцій за умов температурного режиму горіння водню / А. В. Субота, М. М. Семерак, О. В. Стокалюк // Пожежна безпека : зб. наук. пр. – Львів : ЛДУБЖД, 2014. – № 24. – С. 120-123.
5. Тацій Р. М. Прямий метод розрахунку нестационарного температурного поля за умов пожежі / Р. М. Тацій, О. Ю. Пазен // Пожежна безпека : Зб. наук. пр. – Львів : ЛДУБЖД, 2015. – № 26. – С. 135-141.
6. O. Y. Pazen and R. M. Tatsii, "General boundary-value problems for the heat conduction equation with piecewise-continuous coefficients," Journal of Engineering Physics and Thermophysics, vol. 89, no. 2, pp. 357-368, March 2016. <https://doi.org/10.1007/s10891-016-1386-8>

### References:

1. Fire protection. Zakhyst vid pozhezhi. Pozhezhna bezpeka obyektiv budivnytstva: DBN V.1.1.7-2016 [Fire safety of construction objects: DBN V.1.1.7-2016].
2. EN 1991-1-2 (2002) (English): Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].
3. Zakhyst vid vohnyu. Budivelni konstruktsiyi. Metody vyprobuvannya vohnestiykosti. Zahalni vymohy: DSTU B.V. 1.1-4-98. [Fire protection. Building constructions. Test methods for fire resistance. General requirements: DSTU B.V. 1.1-4-98].
4. Subota A.V. Vyznachennya ta doslidzhennya temperaturnoho polya v elementakh metalevykh konstruktsiy za umov temperaturnoho rezhymu horinnya vodnyu [Definition and study of the temperature field in the elements of metal constructions under the conditions of the temperature mode of hydrogen combustion] / A.V. Subota, M.M. Semerak, O.V. Stokalyuk // Pozhezhna bezpeka : Zb. nauk. pr. – Lviv : LDU BZHD, 2014. - No. 24. - P. 120-123.
5. Tatsiy R. M. Pryamyi metod rozrakhunku nestatsionarnoho temperaturnoho polya za umov pozhezhi [Direct method for calculating a non-stationary temperature field under fire conditions] / R. M. Tatsiy, O. Y. Pazen // Pozhezhna bezpeka : Zb. nauk. pr. – Lviv : LDU BZHD, 2015. – № 26. – P. 135-141.
6. O. Y. Pazen and R. M. Tatsii, "General boundary-value problems for the heat conduction equation with piecewise-continuous coefficients," Journal of Engineering Physics and Thermophysics, vol. 89, no. 2, pp. 357-368, March 2016. <https://doi.org/10.1007/s10891-016-1386-8>

