

Ю. В., Гуцуляк к.т.н., доцент, Артеменко В.В. , (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності), Ковалишин В.В. к.т.н., доцент (Український науково-дослідний інститут цивільного захисту)

ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖ ВОГНЕСТІЙКОСТІ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПАНДУСУ СТАДІОНУ ЛЬВІВ-АРЕНА

В роботі визначено межі вогнестійкості залізобетонних пілонів, головних балок та перекриття пандусу. При розв'язку теплотехнічної задачі вважається, що пілони –обігріваються з чотирьох сторін, балки обігріваються з трьох сторін (коли перша і другі сторони паралельні, а третя їм перпендикулярна), а плита перекриття обігрівається з однієї сторони. Визначено дійсні межі вогнестійкості даних залізобетонних конструкцій і встановлено, що вони відповідають «Концепції забезпечення протипожежного захисту стадіону, який розташовано за адресою: вул. Стрийська – кільцева дорога у м. Львові під час його проектування»

Ключові слова: вогнестійкість, межа вогнестійкості, пілон, балки, перекриття, залізобетон.

З метою оцінювання вогнестійкості залізобетонних конструкцій пандусу стадіону розрахунковим методом використані моделі з врахуванням впливу теплового і напружено-деформованого процесів (температури, напруження і деформації) в конструкціях та використано сучасне програмне забезпечення. Розглянуто випадок виникнення пожежі на стадіоні, яка розвивається за стандартним температурним режимом. Причина виникнення та сценарій розвитку пожежі не розглядаються. Прийняті умови нагрівання залізобетонних конструкцій означають, що температура повітря змінюється в часі відповідно до стандартного температурного режиму пожежі і гаряче повітря нагріває нижні поверхні ригелів, балок, стін та перекриттів і балку шляхом радіаційно-конвекційного нагріву, а колони прогриваються з усіх чотирьох сторін. Відкриті поверхні охолоджуються навколишнім середовищем.

Задається початкова температура залізобетонних конструкцій до пожежі, та визначається температура прогріву бетону і арматури в задані моменти часу.

В загальному випадку для розрахунку межі вогнестійкості бетонних та залізобетонних конструкцій необхідно:

- провести теплотехнічний розрахунок температур прогріву перерізів бетонних та залізобетонних конструкцій при стандартному температурному режимі;
- виконати розрахунок за несучою здатністю бетонних та залізобетонних конструкцій при стандартному температурному режимі.

Момент часу впливу пожежі τ , при якому несуча спроможність конструкції стане рівною величині діючого нормативного навантаження буде фактичною межею вогнестійкості конструкції за втратою її несучої спроможності R .

Мета роботи – визначення мінімальних меж вогнестійкості несучих залізобетонних конструкцій пандусу розрахунковим методом стадіону «Арена Львів» в м. Львові на основі затвердженої методики розрахунку.

Розрахункова схема пандусу показана на рис.1. Розрахунок прогріву конструкцій пандусу проводимо відповідно до «Рекомендацій по расчету пределов огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций (НИИЖБ.-М.: Стройиздат, 1986. -40с.)».

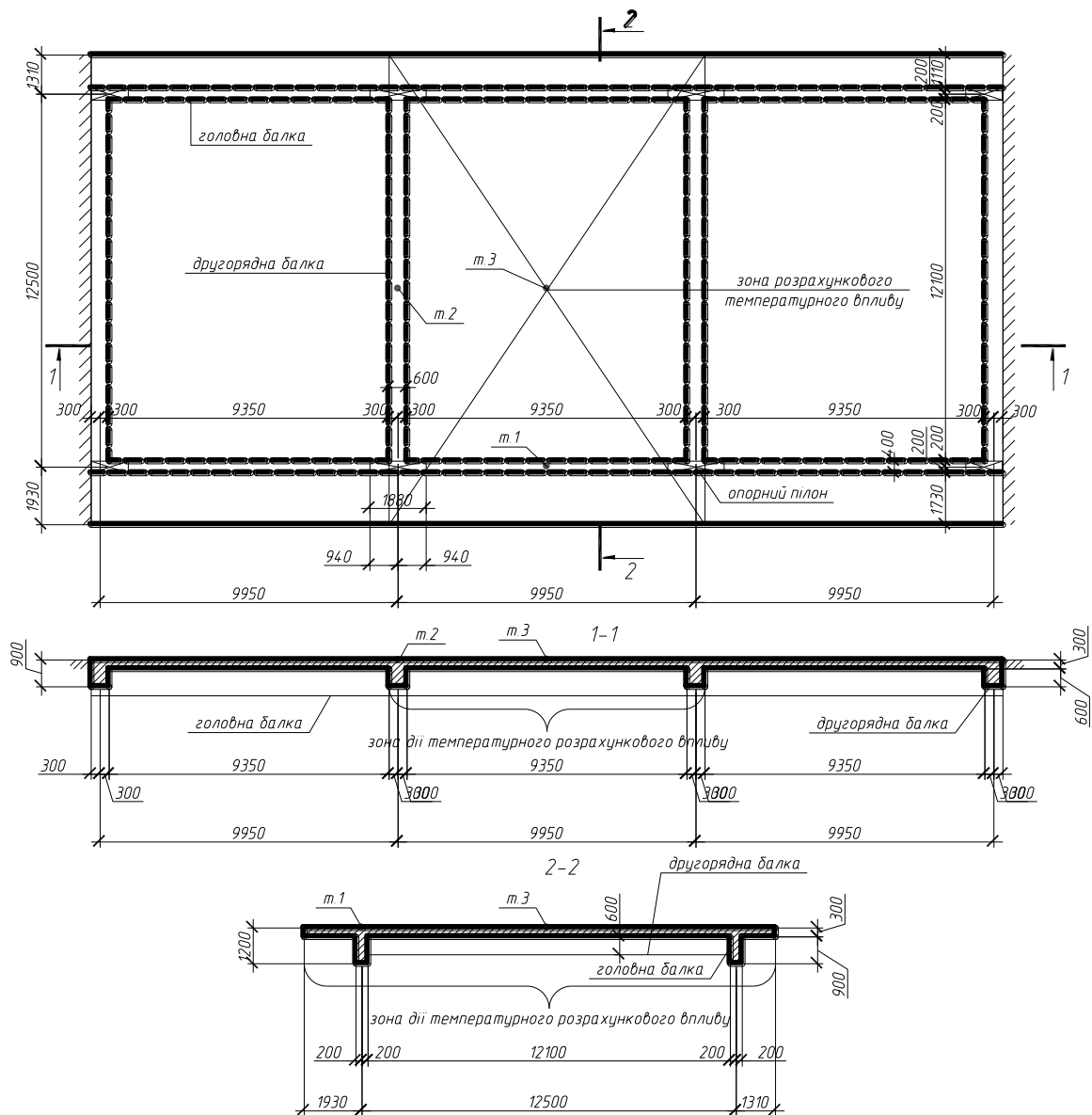


Рис.1. Розрахункова схема пандусу стадіону Львів-Арена

При цьому вважається, що пілони –обігріваються з чотирьох сторін і при чотирьох обігрівальних поверхнях конструкції:

$$T_A = 1220 - 1200 \cdot \left[1 - (1 - r_1)^2 - (1 - r_2)^2 \right] \cdot \left[1 - (1 - r_3)^2 - (1 - r_4)^2 \right] \quad (1)$$

$$\text{де: } r_i = x_i^* / h_{red} \leq 1,0, \quad (2)$$

$$h_{red} - \text{товщина прогрітого шару бетону в м., } - h_{red} = \sqrt{0,2\alpha_{red}\tau}. \quad (3)$$

Параметр x_i^* визначається із виразів:

а) при визначенні температури прогріву бетону:

$$x_i^* = x_i + \varphi_1 \cdot \sqrt{\alpha_{red}}; \quad (4)$$

б) при визначенні температури прогріву арматури:

$$x_i^* = Y_i + \varphi_1 \cdot \sqrt{\alpha_{red}} + \varphi_2 d_s, \quad (5)$$

тут: x_i - відстань в м. від заданої точки в перерізі бетону до i -тої обігрівальної поверхні; Y_i - відстань в м. від i -тої обігрівальної поверхні до найближчого до неї краю арматури; φ_1 і φ_2 - коефіцієнти, які залежать від густини бетону і визначаються згідно табл.; d_s - діаметр арматури, в м.

Балки обігриваються з трьох сторін (коли перша і другі сторони паралельні а третя їм перпендикулярна)

$$T_A = 1220 - 1200 \cdot \left[1 - (1 - r_1)^2 + (1 - r_2)^2 \right] \cdot \left[1 - (1 - r_3)^2 \right]. \quad (6)$$

Плита перекриття обігривається з однієї сторони і прогрів визначається за формулою:

$$T_A = 20 + 1200 \cdot \left[(1 - r_1)^2 + (1 - r_2)^2 \right] \quad (7)$$

За критичну температуру прогріву для бетону і арматури приймалася температура 500°C .

Силу задачу вогнестійкості пілона - визначаємо як несучу здатність пілона в момент часу впливу пожежі τ . При цьому визначаємо значення коефіцієнта повздовжнього згину пілона з врахуванням зменшення робочого січення пілона $\frac{l}{h_{b,(\tau)}}$ при впливі пожежі.

Несуча здатність $\Phi_{\tau=2,200}$ пілона в момент часу впливу пожежі τ визначається за формулою:

$$\Phi_{\tau=2,200} = \varphi \cdot (R_{s,u} \cdot \gamma_{st} \cdot A_{s,tot} + R_{b,u} \cdot A) \quad (8)$$

В результаті проведених розрахунків встановлено, що:

межа вогнестійкості пілона за ознакою втрати несучої здатності більше від мінімального необхідного значення R120. Необхідна межа вогнестійкості R120 для з/б пілона забезпечена.

Несуча здатність поперечного перерізу головної балки M , розраховується для наступних параметрів:

- робоча висота перерізу: $h_{01} = h - a_1$; $h_{02} = h - a_2$;

- стиснута зона перерізу бетону: $x = \frac{R_s \gamma_{st} A_s}{R_b \gamma_{bt} b}$; $z_1 = h_{01} - \frac{x}{2}$; $z_2 = h_{02} - \frac{x}{2}$

Несуча здатність розрахункового перерізу при пожежі складає:

$$M_{t=0} = \sum R_{s,i} \cdot \gamma_{st,i} \cdot z_i \cdot A_{s,i} \cdot$$

Встановлено, що мінімальна необхідна межа вогнестійкості залізобетонної головної балки R60 для даного перерізу забезпечується.

Виконано розрахунок межі вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності плити пандусу шириною 1м. та встановлено, що мінімальна межа вогнестійкості (R), для монолітного перекриття пандусу монолітної з/б плити перекриття, REI45 забезпечена.

Також виконано розрахунок межі вогнестійкості за ознакою втрати несучої здатності (R) за деформаціями (прогинами) від силових дій та теплового нагріву за стандартною температурною кривою. Для важкого бетону класу B35 відповідно: $E = 34\,500$ МПа – модуль пружності; $\nu = 0,2$ – коефіцієнт Пуассона; $w = 1\%$ - експлуатаційна масова вологість; $\rho = 2350$ кг/м³ – об’ємна вага важкого бетону з крупним заповнювачем з гранітних порід; коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 1,2 - 0,00035T$ Вт/м °; C – коефіцієнт теплоємності; $C = 0,71 + 0,00083T$ кДж/°С.

Приведений коефіцієнт температурної деформації важкого бетону взято залежним від температури як для важкого бетону на гранітному заповнювачі (проміжні значення обраховано шляхом лінійної інтерполяції). Приведеним коефіцієнтом температурної деформації враховано деформації від температурної усадки бетону, значення якого наведені у таблиці 1

Таблиця 1

Значення коефіцієнту температурної деформації важкого бетону на гранітному заповнювачі

Коефіцієнт	Температура бетону, °С				
	20-50	100	300	500	700-1000
Коефіцієнт температурної деформації бетону $\alpha_{bt} \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	9,0	9,0	8,0	11,0	14,5
Коефіцієнт температурної усадки бетону $\alpha_{cs} \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	0,5	1,0	1,0	-1,8	-6,8
Приведений температурної деформації бетону $\alpha_{red} \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	9,5	10,0	9,0	9,2	7,7

Розрахунковий фрагмент пандусу змодельовано в програмному комплексі "Ліра". Фрагмент поділено на об'ємні кінцеві елементи. Вигляд розрахункової моделі показано на рис. 2.

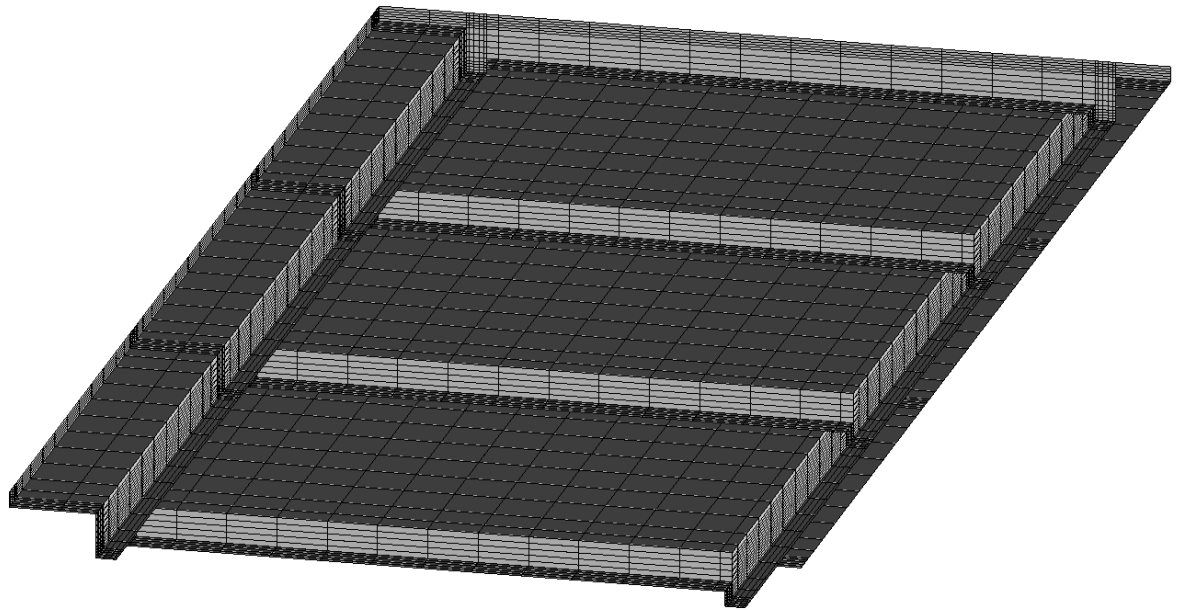


Рис. 2. Розрахункова модель фрагменту пандусу

На рис.2 показані точки спостереження за розрахунковими прогинами: 1 – посередині прольоту головної балки, 2 – посередині прольоту другорядної балки, 3 – посередині прольоту плити перекриття.

За результатами розрахунків (рис. 3) побудовано графік прогинів та (рис. 4) графік швидкості наростання прогинів від температурного нагріву залізобетонного перекриття в точках 1, 2 та 3 у часі.

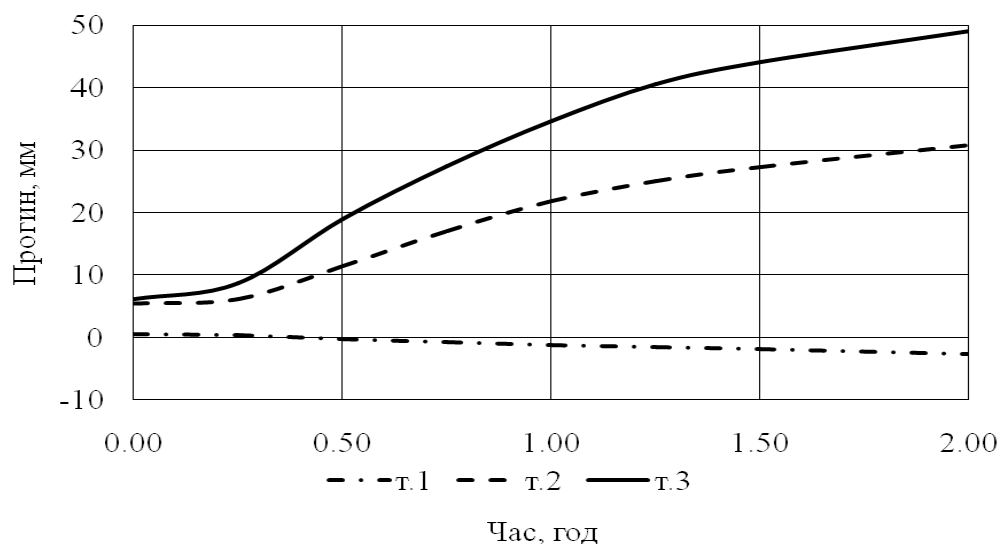


Рис. 3 Прогини залізобетонного перекриття пандусу

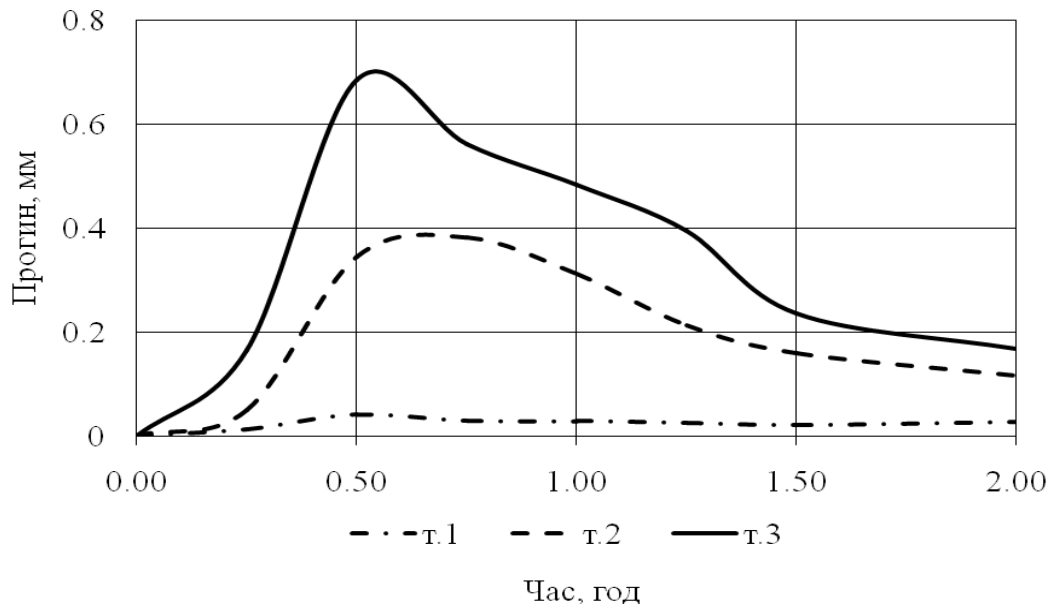


Рис.4.. Швидкість наростання прогинів залізобетонного перекриття пандусу

Граничним станом за ознакою втрати несучої здатності є руйнування зразка або виникнення граничних деформацій. Для горизонтальної конструкції залізобетонного монолітного перекриття, що досліджується, граничними деформаціями є:

- граничне значення прогину:

$$D = \frac{L^2}{400 \cdot b}, \text{ мм};$$

де: L – розрахунковий прогін, мм; b – розрахункова висота конструкції, мм;

- граничне значення швидкості наростання прогинів:

$$\frac{dD}{dt} = \frac{L^2}{9000 \cdot b}, \text{ мм/хв.};$$

тут: t – час, хв.

Граничне значення прогину та швидкості буде складати відповідно:

- для головної балки з розрахунковим прольотом 8070 мм та розрахунковою висотою 1200 мм – 135,68 мм та 6,030 мм/хв.;
- для другорядної балки з розрахунковим прольотом 12 100 мм та розрахунковою висотою 900 мм – 406,69 мм та 18,075 мм/хв.;
- для плити з розрахунковим прольотом 9350 мм та розрахунковою висотою 300 мм – 728,52 мм та 32,378 мм/хв.;
- для консолі вильотом 1310 мм та розрахунковою висотою 300 мм – 14,30 мм та 0,636 мм/хв.;
- для консолі вильотом 1930мм та висотою 300 мм – 31,04 мм та 0,253 мм/хв.

Встановлено, що граничних величин не досягнуто ні в одній точці.

Граничних значень втрати несучої здатності (R) за деформаціями для балок на 1,0 год. (60 хв) і для плити 0,75 год. (45 хв.) не досягнуто. Вогнестійкість балок пандусу за несучою здатністю R 60 і перекриття (плити) пандусу R 45 забезпечена.

Висновок. Межі вогнестійкості запроєктованих конструкцій за ознаками втрати несучої здатності (R), цілісності (E) та теплоізолювальної здатності (I) забезпечені:

- пілони пандусу стадіону – R 120;
- балки перекриття пандусу стадіону – R 60;
- плита перекриття пандусу стадіону – REI 45.

Список літератури:

1. ДБН В.1.1.7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
2. ДБН В.1.2-7-2008. Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека.
3. ДСТУ Б.В.1.1-4-98 . Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги.
4. ДСТУ 2272:2006. Пожежна безпека. Терміни та визначення.
5. СНиП 2.03.04-84 Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур
6. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи.
7. Рекомендации по расчету пределов огнестойкости бетонных и железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1986. – 40с.
8. Методика оцінки вогнестійкості залізобетонних конструкцій стадіону "Арена-Львів" розрахунковим методом. – Львів: 2011. Затверджена на засідання науково-технічної ради ЛДУ БЖД протокол №7 від 07.11.2011р. та на засідання вченої ради інституту будівництва та інженерії довідки НУ "Львівська політехніка" протокол №8 від 11.10.2011р.
9. Комплект креслень марки 02-2012 КЗ. Вихідні дані для виконання розрахунків щодо визначення межі вогнестійкості монолітних залізобетонних конструкцій на об'єкті "Будівництво стадіону по вул. Стрийській – Кільцевій у м. Львові".

REINFORCED CONCRETE STRUCTURES FIRE-RESISTANCE OF LVIV ARENA STADIUM RAMPS

The article deals with fire-resistance defining of reinforced concrete piers, main beam and floor ramp. During solving the problem it was considered that the pylons are heated from four sides, beams are heated from three sides (when the first and second sides are parallel, and the third is perpendicular to them), and the floor slabs are heated from one side. The valid data of reinforced concrete structures fire resistance are defined and their accordance "Fire Protection Concept of the Stadium, which is located at Stryis'ka st.- Lviv Ring Road During its Design" is determined.

Key words: fire resistance, fire resistance limit, pylon, beams, floors, reinforced concrete.

Ю.В. Гуцуляк, В.В. Артеменко, В.В. Ковальшин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ОГНЕСТОЙКОСТИ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПАНДУСА СТАДИОНА ЛЬВОВ-АРЕНА

В работе определены пределы огнестойкости железобетонных пилонов, главных балок и перекрытия пандуса. При решении теплотехнической задачи считается, что пилоны обогреваются с четырех сторон, балки обогреваются с трех сторон (когда первая и вторая стороны параллельны, а третья им перпендикулярна), а плита перекрытия обогревается с одной стороны. Определены действительные пределы огнестойкости данных железобетонных конструкций и установлено, что они соответствуют «Концепции обеспечения противопожарной защиты стадиона, который расположен по адресу: ул. Стрыйская - Кольцевая дорога во Львове во время его проектирования».

Ключевые слова: огнестойкость, предел огнестойкости, пилон, балки, перекрытия, железобетон.