

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ
МИНИСТЕРСТВА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»

**«ГРАЖДАНСКАЯ ЗАЩИТА: СОХРАНЕНИЕ ЖИЗНИ,
МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»**

*Сборник материалов
V Международной заочной научно-практической конференции*

1 марта 2020 года

Минск
УГЗ
2020

- Х. Е. Стерина ; Под ред. [и с предисл.] М. М. Сущинского. - Москва : Мир, 1964. – 628 с.
4. Ирха, В. А. Методы диагностики и анализа микро- и наноструктур: Краткий курс лекций/ Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2017 г.
 5. Barkoula, N. M, Garkhail S. K, Peijs T. Biodegradable composites based on flax/polyhydroxybutyrate and its copolymer with hydroxyvalerate. *Ind Crops Prod* 2010;31(1):34–42.
 6. Iijima, S. Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature* 1991;354:56–8.
 7. Kashiwagi T, Du F, Douglas JF, Winey KI, Harris RH, Shields JR. Nanoparticle networks reduce the flammability of polymer nanocomposites. *Nat Mater* 2005;4:928–33
 8. Ponomarevh, A. N., Shamesa, A. I. (February–March 2009). «Structural and magnetic resonance study of astralen nanoparticles», *Diamond and Related Materials*, 18: 505–510.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ СТАНДАРТНОГО И УГЛЕВОДОРОДНОГО ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ПОЖАРОВ

Вовк С.Я., Пазен О.Ю.

Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности

Одним из основных критериев для расчета огнестойкости строительных конструкции является определение температурно-временной зависимости развития пожара. Расчетные режимы пожаров выражают соотношение между распределением температуры в помещении и временем. В соответствии со стандартами испытания предела огнестойкости, применяют температурную кривую, которую называют «стандартной», что описывается выражением [1]

$$t(\tau) = 345 \cdot \lg(8\tau + 1) + 20,$$

где $t(\tau)$ – температура продуктов горения в помещении, °С; τ – время, мин.

Стандартный температурный режим отражает условную модель, используемую для оценки поведения изделий под воздействием полностью развитой пожара. Указанный температурный режим не отражает реального режима пожара, который значительно зависит от таких факторов как вид горючего материала, приток воздуха, площади возгорания. Принятие этой кривой, температура-время, является упрощенным представлением термического воздействия пожара.

Стандартная (целлюлозная) кривая используется на протяжении многих лет. Однако величина температуры сгорания некоторых материалов, таких как бензин, мазут, газ, химические вещества и т.д. значительно превышает значения, которые полученные, например, при сгорании древесины. Поэтому

возникла необходимость в альтернативных экспозициях, которые используют в нефтехимической отрасли. Для этого была предложена стандартизированная углеводородная кривая, которая описана выражением $t(\tau) = 1080 \cdot (1 - 0,325 \cdot e^{-0,167 \cdot \tau} - 0,675 \cdot e^{-2,5 \cdot \tau}) + 20$ [1]. При горении водорода используют водородный температурный режим $t(\tau) = 1927 - (1927 - 20)e^{-0,315 \cdot \tau}$. Для исследования конструкций на огнестойкость, которые находятся снаружи здания, где температура окружающей среды ниже, используют температурную кривую «внешнего пожара» – $t(\tau) = 660 \cdot (1 - 0,687 \cdot e^{-0,32 \cdot \tau} - 0,313 \cdot e^{-3,8 \cdot \tau}) + 20$. Кривые температурных режимов развития пожаров изображены графически на рисунке 1.

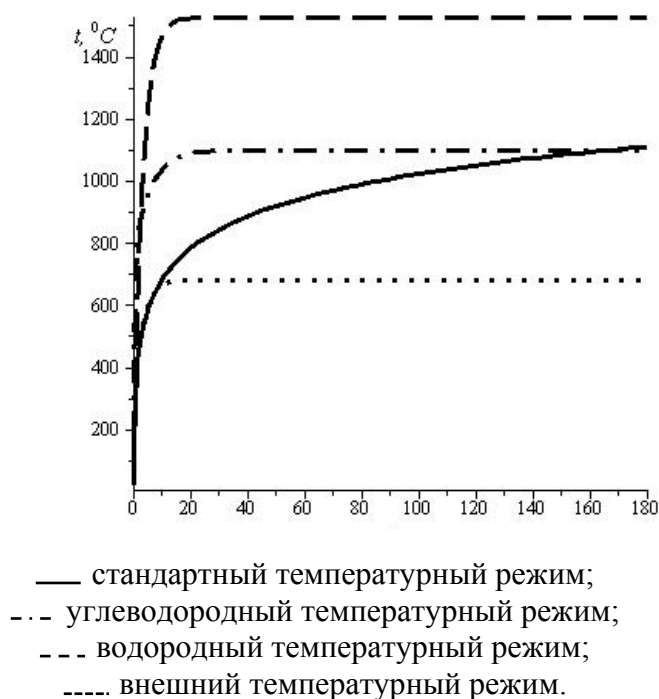


Рисунок 1. – Соотношение между температурными кривыми

Целью исследования является анализ пределы огнестойкости стальных конструкций в условиях воздействия стандартного и углеводородного температурных режимов пожаров. Рассмотрим стальную конструкцию, которая изготовлена из двутаврового профиля №20К1 (рисунок 2) на которую действует температура стандартного и углеводородного температурных режимов пожара.

Зная законы изменения температур среды пожара, исследуем распределение нестационарного температурного поля по толщине двутавровой балки, которую при аналитических исследованиях смоделируем пластиной. Поскольку балка нагревается со всех сторон, то приведенная толщина металла $\delta = 0,04571 м$ при площади поперечного сечения $S_n = 0,0052691 м^2$ и периметру обогреваемой поверхности $P_n = 1,152681 м$.

Начальная температура конструкции равна t_0 . С некоторого времени, который примем за начало отсчета $\tau = 0$, конструкция поддается воздействию пожара, температура которого изменяется по законам стандартного и соответственно углеводородного температурных режимов. Необходимо

определить распределение температуры по толщине конструкции в любой момент времени.

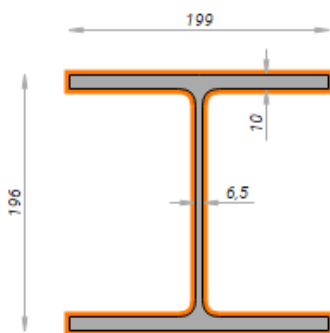


Рисунок 2. – Двутавровая балка №20К1

Для определения нестационарного температурного поля по толщине конструкции необходимо найти решение дифференциального уравнения теплопроводности

$$c\rho \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (\tau > 0),$$

при начальном условии

$$t(x, 0) = t_0 = const,$$

и условиями теплообмена между средой пожаров и поверхностью конструкции, изменяющихся по закону Ньютона-Римана

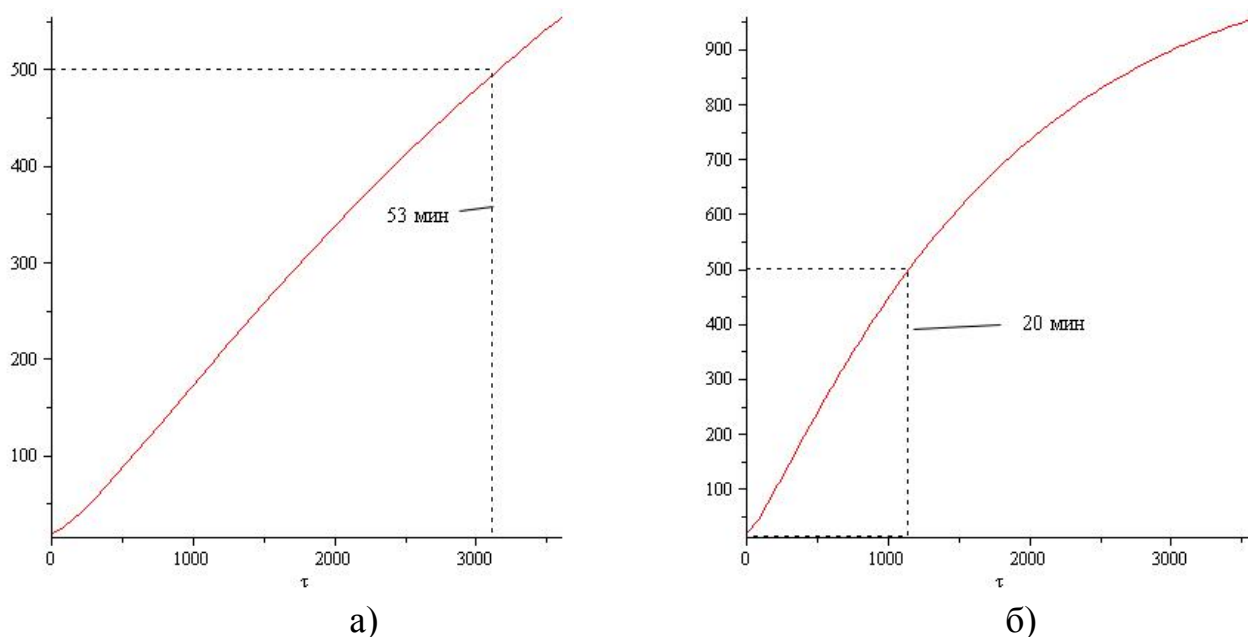
$$\begin{cases} \alpha_0 t(0, \tau) - \lambda \frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} = \alpha_0 \psi_0(\tau), \\ \alpha_n t(x_n, \tau) - \lambda \frac{\partial t(x_n, \tau)}{\partial x} = \alpha_n \psi_n(\tau), \end{cases}$$

где, α_0, α_n – коэффициенты теплообмена, Вт/(м²·К); τ – время, с; λ – коэффициент теплопроводности Вт/(м·К); $\psi_0(\tau), \psi_n(\tau)$ – законы изменения температур на поверхностях конструкции (стандартный или углеводородный температурные режимы пожаров).

Применив прямой метод расчета нестационарного температурного поля, который подробно описано в работах [2, 3] получим решение задачи в виде

$$t(x, \tau) = \frac{\alpha_0 \alpha_n}{\Delta} \left(\psi_0(\tau) \sigma_n + \frac{\psi_n(\tau)}{\alpha_0} + \frac{\psi_0(\tau)}{\alpha_n} + (\psi_n(\tau) - \psi_0(\tau)) \left(\frac{x - x_i}{\lambda_i} + \sigma_i \right) \right) + \sum_{k=1}^{\infty} \left[f_k \cdot e^{-\omega_k \tau} - \int_0^{\tau} e^{-\omega_k(\tau-s)} u_k(s) ds \right] \cdot X_k(x, \omega_k).$$

Проведенные аналитические исследования распределения нестационарного температурного поля по толщине стальной конструкции в условиях воздействия стандартного и углеводородного температурных режимов пожаров изображены на рисунке 3.



**а) стандартного температурного режима пожара;
б) углеводородного температурного режима пожара**

Рисунок 3 – Нагрев двутаврового профиля №20 при воздействии:

Проведенный анализ (рисунок 3) показывает, что нагревание двутавровой стальной колонны профиля №20К1 до критической температуры 500°C происходит за:

- 53 мин в условиях воздействия стандартного температурного режима пожара;
- 20 мин при условиях влияния углеводородного температурного режима пожара.

Результаты исследований показывают, что не всегда целесообразно определять пределы огнестойкости элементов строительных конструкций только при воздействии стандартного температурного режима, поскольку они в реальных условиях могут быть значительно завышенными. Особенно это касается объектов, где могут находиться легковоспламеняющиеся и горючие жидкости. Реальный пожар на таких объектах может привести к преждевременному разрушению несущих элементов конструкций, травмирования и гибели людей.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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].
2. Таций Р. М., Пазен О. Ю. Общие краевые задачи для уравнения теплопроводности с кусочно-непрерывными коэффициентами. Инженерно-физический журнал. 2016. Т. 89, № 2. С. 350–362.
3. Таций Р. М., Пазен О. Ю. Прямой метод расчета нестационарного температурного поля при условиях пожара. Пожарная безопасность. 2015. № 26. С. 135–141.