

УДК 614.8

EDN [XNJGER](#)



Определение времени эвакуации людей с учетом распространения опасных факторов пожара

Ш.Р. Юлтыев

Академия гражданской защиты МЧС России, г. Химки, Россия

E-mail: shyultyev@yandex.ru

Аннотация. Актуальность представленной статьи обусловлена необходимостью диверсификации развития способов анализа пожарной опасности объектов защиты, моделирования распространения опасных факторов пожара, определения необходимого времени эвакуации людей при пожаре. В работе представлен численный эксперимент по определению всех вышеперечисленных параметров при помощи специализированного программного продукта. Такой подход обеспечил моделирование развития неконтролируемого горения минимизируя участие человека и исключая сложные математические расчеты. В результате эксперимента было установлено, что минимальное время, необходимое для эвакуации людей составляет 4,2 минуты. При таком подходе обеспечивается исключение воздействия опасных факторов (задымление, повышенная температура, пониженное содержание кислорода и т.д.) на людей. Полученные временные закономерности способствуют грамотному формированию организационных и технических решений, направленных на обеспечение пожарной безопасности людей, их здоровья, имущества.

Ключевые слова: время эвакуации, расчет, моделирование, анализ, пожарная опасность, распространение, опасные факторы, пожар.

Determining the time of evacuation of people taking into account the spread of fire hazards

Sh.R. Yultyev

Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moscow region, Khimki, Russia

E-mail: shyultyev@yandex.ru

Abstract. The relevance of the presented article is due to the need to diversify the development of methods for analyzing the fire hazard of protection objects, modeling the spread of fire hazards, determining the necessary time for evacuation of people in case of fire. The paper presents a numerical experiment to determine all of the above parameters using a specialized software product. This approach provided modeling of the development of uncontrolled gorenje minimizing human involvement and eliminating complex mathematical calculations. As a result of the experiment, it was found that the minimum time required for the evacuation of people is 4.2 minutes. With this approach, the exclusion of the impact of dangerous factors (smoke, elevated temperature, low oxygen content, etc.) on people is ensured. The obtained time patterns contribute to the competent formation of organizational and technical solutions aimed at ensuring the fire safety of people, their health, property.

Keywords: evacuation time, calculation, modeling, analysis, fire hazard, spread, dangerous factors, fire.

1. Введение

Согласно статистическим данным МЧС России частота реализации различных пожароопасных ситуаций на объектах класса функциональной пожарной опасности (далее - КФПО) - Ф 5, в частности в складских зданиях, сооружениях (КФПО-Ф5.2) может составлять $0,04 \text{ год}^{-1}$ [1, 2]. Поэтому построение логических деревьев - событий позволяют определять развитие возможных пожароопасных ситуаций и пожаров, возникающих в результате реализации какого-нибудь иницирующего события.

Однако существуют детерминированные вероятностные критерии воздействия на людей [3, 4]:

- действие давление взрывной волны - данный фактор может быть реализован в том случае, если в складском помещении в качестве горючей нагрузки выступают продукты, способные образовывать совместно с окислителем газо или паровоздушное (пыле) облако;
- воздействие теплового излучения пламени - данный фактор может быть реализован в случае складирования большого количества легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, возможно нахождение сжиженного (сжатого) газа.

Обобщая представленные выше критерии, можно отметить, что они показывают условную вероятность поражения человека и только при заданном числовом значении опасного фактора пожара [5].

Таким образом, комплексная оценка пожарной опасности объекта и ее количественная мера воздействия представляет собой превентивный подход, позволяющий оценить сложившуюся ситуацию и на ее основе разработать комплекс мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности людей и имущества.

2. Постановка задачи (Цель исследования)

Поэтому в качестве примера, проведен анализ пожарной опасности складского помещения и определим интенсивность развития и распространения опасных факторов пожара при помощи специального программного обеспечения: «СИТИС» «Флоутек ВД», «Блок», реализующие вычислительную модель тепломассопереноса при горении по формулам (1-4):

- по повышенной температуре

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70-t_0}{(273+t_0) \cdot z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

- по потере видимости:

$$t_{кр}^{П.В.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

- по пониженному содержанию кислорода:

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2} + 0,27}{V} \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} \quad (3)$$

- по каждому из газообразных токсичных продуктов горения:

$$t_{кр}^{Т.Г.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} \quad (4)$$

Q - низшая теплота сгорания материала, $МДж \cdot кг^{-1}$;

C_p - удельная изобарная теплоемкость газа $МДж \cdot кг^{-1}$ ($1,005 \times 10^{-3}$);

η - коэффициент теплопотерь;

φ - коэффициент полноты горения;

V - свободный объем помещения, $м^3$;

α - коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;

E - начальная освещенность, $лк$;

$l_{пр}$ - предельная дальность видимости в дыму, $м$;

D_m - дымообразующая способность горящего материала, $Нп \cdot м^2 \cdot кг^{-1}$;

L - удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, $кг \cdot кг^{-1}$;

X - предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, $кг \cdot м^{-3}$ ($X_{CO_2} = 0,11 \cdot кг \cdot м^{-3}$; $X_{CO} = 1,16 \times 10^{-3} \cdot кг \cdot м^{-3}$; $X_{HCL} = 23 \times 10^{-6} \cdot кг \cdot м^{-3}$);

L_{O_2} - удельный расход кислорода, $кг \cdot кг^{-1}$.

3. Методы и материалы исследования

Выбранным сценарием будет являться пожар, связанный с горением в складском помещении товаров в горючей упаковке, расположенных возле дверного проема, ведущего непосредственно наружу (Рис. 1). По условиям пожара примем данный выход заблокированным (рисунок 2). Опасные факторы пожара при данном сценарии наискорейшим образом блокирует эвакуационные проходы.

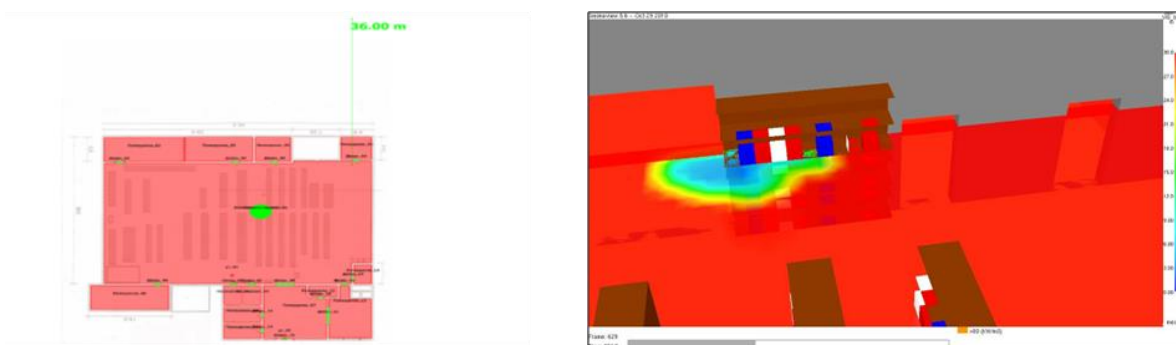


Рисунок 1. Сценарий развития пожара и блокировки выхода.

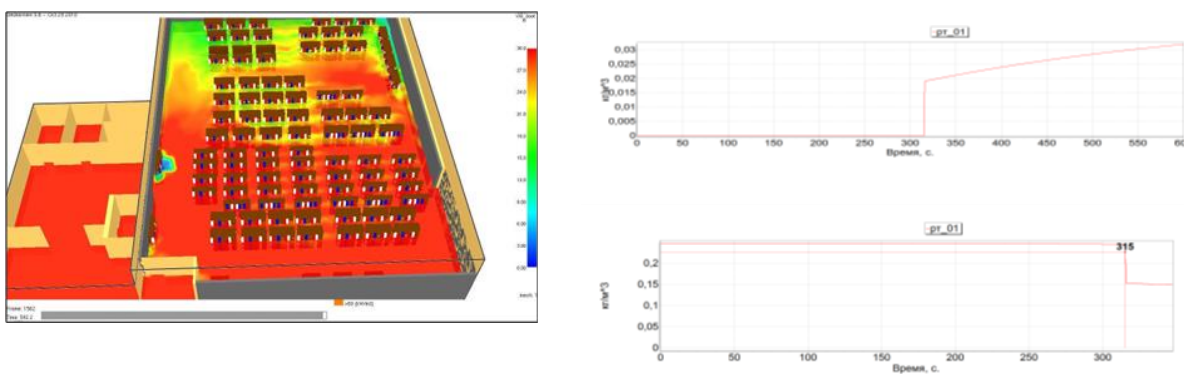


Рисунок 2. Динамика распространения ОПФ.

Определяем критическую продолжительность пожара для рассматриваемой группы складских помещений, заполняемого дымом для выбранного сценария пожара:

$$t_{крj} = \min\{t_{крj}^T, t_{крj}^{ПВ}, t_{крj}^{O_2}, t_{крj}^{ТГ}\};$$

$$t_{кр1} = \min\{315\} = 315 \text{ с.}$$

Необходимое время эвакуации людей из рассматриваемого помещения ($t_{нб}$), рассчитывается по формуле (5):

$$t_{\text{нб}} = k_{\text{б}} \cdot t_{\text{кр}}/60 = 0,8 \cdot 315/60 = 4,2 \text{ мин.}$$

$k_{\text{б}}$ - коэффициент безопасности, $k_{\text{б}} = 0,8$.

4. Полученные результаты

Таким образом, компьютерное моделирование в оперативном порядке позволило спрогнозировать распространение опасных факторов пожара по объекту защиты, с учетом параметров самого неблагоприятного сценария. Было установлено, что минимальное время эвакуации людей при возникновении неконтролируемого горения составит 4,2 минуты. Представленный временной критерий исключает воздействие опасных факторов на людей.

5. Выводы

Применение современных компьютерных технологий, обеспечивающих моделирование сложных процессов, представляют собой численные эксперименты, исключающие затраты (финансовые, временные, производственные и т.д.). Такой подход может быть реализован множество раз, анализируя различные сценарии, начиная от банальных и заканчивая сложными деструктивными ситуациями.

Список литературы

1. Королев Д.С. Анализ возможных рисков пожарной опасности на действующем объекте защиты нефтегазовой отрасли / Д.С. Королев, А.В. Вытовтов, Е.А. Сушко // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». – 2021. – № 2. – С. 44-51.
2. Статистика пожаров и их последствий за 2022 год. Статистический сборник: Пожары и пожарная безопасность в 2022 году. – Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. – 154 с.
3. Анализ обстановки с пожарами и их последствия на территории Российской Федерации за 12 месяцев 2022 г. – М.: Департамент надзорной деятельности и профилактической работы МЧС России, 2022. – 54 с.
4. Королев Д.С. Разработка предиктивного способа поведения цифрового оборудования, применяемого в нефтегазовой отрасли / Д.С. Королев // Сибирский пожарно-спасательный вестник. – 2021. – № 2 (21). – С. 7-12.

5. Юлтыев Ш.Р. Снижение риска возникновения чрезвычайных ситуаций на взрывоопасных объектах // Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны в год 90-летия со дня образования Академии ГПС МЧС России. В 5-ти частях. – Москва, 2023. – С. 28-32.