

## **Метод расчёта индивидуального пожарного риска для крупных складских комплексов**

**А.С. Глуханов**

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, Россия

**Резюме. Цель.** Целью исследования является оценка соответствия крупного складского комплекса требованиям пожарной безопасности, проведения анализа уровня пожарной опасности. **Метод.** В статье представлен метод для вычисления количественных индикаторов, характеризующих уровень пожарной опасности для больших складских зданий. Разработанный метод предназначен для достоверной оценки вероятной угрозы появления и развития пожара в пределах крупного складского комплекса. Детально разбираются параметры, оказывающие влияние на образование пожарной опасности, такие как архитектурно-планировочные особенности, пожарная нагрузка, средства пожарной безопасности и прочие факторы. **Результат.** Определение пожарного риска основано на вычислении значений, отражающих пожарную опасность для рассматриваемого объекта. Полученные в результате расчетов данные сопоставляются с предельными значениями, определенными в нормативных документах. Вычисленные параметры пожарного риска представляют собой количественное выражение вероятности возникновения пожара на объекте, показывают возможные последствия для людей, находящихся в здании, и сохранности материальных ресурсов. **Вывод.** Метод расчета индивидуального пожарного риска может применяться для реализации мероприятий по предотвращению возгораний, гарантированию безопасности персонала и сохранности материальных ресурсов на складских объектах. Предлагаемый подход дает возможность оптимизировать расходы на пожарную безопасность объекта за счет выбора наиболее целесообразных и аргументированных решений. Автором предложены дополнительные меры для обеспечения противопожарных мероприятий в складском комплексе.

**Ключевые слова:** оценка пожарного риска, крупный складской комплекс, пожарная безопасность, индивидуальный пожарный риск, опасные факторы пожара, обеспечение противопожарной безопасности.

**Для цитирования:** А.С. Глуханов. Метод расчёта индивидуального пожарного риска для крупного складского комплекса. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2025;52(4):63-72. DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-4-63-72.

## **Method for calculating individual fire risk for a large warehouse complex**

**A.S. Glukhanov**

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,  
4 2-ya Krasnoarmeyskaya Str., St. Petersburg 190005, Russia

**Abstract. Objective.** The objective of this study is to assess a large warehouse complex's compliance with fire safety requirements and analyze its fire hazard level. **Method.** A method for calculating quantitative indicators of fire hazard levels for large warehouse buildings is presented. The developed method is designed to reliably assess the potential threat of a fire breaking out and developing in a large warehouse complex. Fire hazard generation parameters are examined in detail, including architectural and planning features, fire load, fire safety equipment, and more. **Result.** Fire risk determination is based on calculating values reflecting the fire hazard for the facility in question. The resulting data are compared with the limit values defined in regulatory

documents. The calculated fire risk parameters quantify the likelihood of a fire occurring at a facility and demonstrate the potential consequences for building occupants and the safety of material resources. **Conclusion.** The individual fire risk calculation method can be used to implement fire prevention measures, ensure personnel safety, and safeguard material resources at warehouse facilities. The proposed approach enables optimization of facility fire safety costs by selecting the most appropriate and well-reasoned solutions. The author proposes additional measures to ensure fire safety in warehouse facilities.

**Keywords:** fire risk assessment, large warehouse complex, fire safety, individual fire risk, fire hazards, fire safety

**For citation:** A.S. Glukhanov. Method for calculating individual fire risk for a large warehouse complex. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2025; 52(4):63-72. (In Russ) DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-4-63-72.

**Введение.** Значительный складской комплекс является собой логистический хаб, спроектированный для управления большими объемами товарного движения. Эти постройки, занимающие площадь более 5000 квадратных метров, представляют собой сложную систему специализированных зон. Обширные пожары, аналогичные тем, что произошли на складах компаний Ozon в Московском регионе и Wildberries в Санкт-Петербурге, влекут за собой серьезные материальные убытки, наносят ущерб экологии и вызывают широкий общественный отклик [1].

Указанные события подчеркивают острую необходимость соблюдения жестких стандартов противопожарной защиты на складских территориях. Оценка пожарных рисков является ключевым этапом в обеспечении безопасности крупного складского комплекса. Этот процесс включает в себя выявление потенциальных очагов возгорания, оценку вероятности их появления и определение возможных последствий для сотрудников, активов и окружающей среды [2]. Складские строения должны быть оборудованы многоуровневой системой противопожарной защиты, чья задача заключается в недопущении возгораний, обеспечении безопасности людей, находящихся на территории объекта, и сохранении материальных ценностей. Для гарантирования пожарной безопасности, согласно установленным нормам [3, 4], необходим всесторонний подход, нацеленный на предотвращение первичного появления очагов огня [5, 6]. Исходя из принципов, изложенных в [4], индивидуальный уровень пожарного риска в зданиях не должен превышать порог в  $10^{-6}$  в год для сотрудника склада.

**Постановка задачи.** Предлагаемый метод для вычисления количественных показателей, характеризующих уровень пожарной опасности больших складских зданий, основывается на комплексном анализе множества факторов, влияющих на возникновение и распространение пожара. Результатом применения предложенного метода является получение количественных оценок уровня пожарной опасности для каждого конкретного складского здания. Эти оценки могут быть использованы для разработки и реализации эффективных мер по предотвращению пожаров и минимизации их последствий, служить основой для принятия управленческих решений, направленных на повышение уровня пожарной безопасности складских помещений.

**Методы исследования.** Для изучения прогрессирующего пожара использовалась полевая модель, реализованная в программном обеспечении FDS (Fire Dynamic Simulator) [7]. Процесс эвакуации смоделирован с применением индивидуально-поточной модели перемещения людей, реализованной в программном комплексе Fenix+ (Подтверждено заключением Академии ГПС МЧС РФ №34/25-2013 от 01.04.2013). Для определения степени вероятности наступления пожароопасной ситуации используется индикатор риска летального исхода, обусловленного воздействием опасных факторов пожара [8]. Этот индикатор включает в себя: возможность гибели сотрудников, присутствующих на территории производственного объекта; возможность гибели лиц, временно находящихся на объекте; возможность гибели населения, проживающего в окрестностях объекта. Оценка вероятного риска

$P_i$  (год<sup>-1</sup>) для конкретного помещения склада определяется с использованием следующего выражения (1) [8]:

$$P(a) = \sum_{j=1}^J Q_{dj}(a) \cdot Q_j \quad (1)$$

где  $J$  – число вероятных вариантов развития пожара в пределах помещения склада;  
 $Q_j$  – частоту возникновения определенного сценария развития пожара, год<sup>-1</sup>;  
 $Q_{dj}(a)$  – вероятность причинения вреда здоровью человека, находящегося в пространстве  $i$ , при реализации пожарной ситуации  $j$ .

Условная вероятность нанесения ущерба здоровью человека под воздействием опасных факторов пожара рассчитывается на основе следующих критериев (2):

$$Q_{dj}(a) = 1 - \prod_{k=1}^h (1 - Q_k \cdot Q_{djk}(a)) \quad (2)$$

где  $h$  – количество анализируемых опасных происшествий;  
 $Q_k$  – вероятность возникновения опасного происшествия;  
 $Q_{djk}(a)$  – вероятность нанесения ущерба здоровью человека опасным происшествием.  
 Оценка возможности благополучной эвакуации определяется выражением (3):

$$P_{\text{Э}ij} = 1 - (1 - P_{\text{Э.П}ij}) \cdot (1 - P_{\text{Д.В}ij}) \quad (3)$$

где  $P_{\text{Э.П}ij}$  – возможность успешной эвакуации сотрудника из  $i$  помещения здания, использующих пути эвакуации;

$P_{\text{Д.В}ij}$  – возможность покинуть сотрудником  $i$  пространство посредством путей эвакуации.

Оценка возможности осуществления эвакуации по заданным эвакуационным путям производится с использованием следующей методологии расчета [9, 10]:

$$P_{\text{Э.П}ij} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot \tau_{\text{бл}ij} - t_{Pij}}{\tau_{\text{Н.Э}}}, & \text{если } t_{Pij} < 0,8 \cdot \tau_{\text{бл}ij} < t_{Pij} + \tau_{\text{Н.Э}ij} \\ 0,999, & \text{если } t_{Pij} + \tau_{\text{Н.Э}ij} \leq 0,8 \cdot \tau_{\text{бл}ij} \\ 0,001, & \text{если } t_{Pij} \geq 0,8 \cdot \tau_{\text{бл}ij} \end{cases} \quad (4)$$

где  $\tau_{\text{бл}ij}$  – интервал, измеряемый с момента инициации  $j$  сценария пожара до момента, когда эвакуационные маршруты становятся недоступны, мин;

$t_{Pij}$  – временной интервал для осуществления полной эвакуации персонала из  $i$  участка при возникновении пожара в соответствии с  $j$  сценарием развития событий, мин;

$\tau_{\text{Н.Э}ij}$  – временной отрезок, охватывающий период от момента начала пожара, соответствующего  $j$  сценарию, до начала активной фазы эвакуации людей из  $i$  участка, мин.

Вероятность  $D_{ij}$  успешной работы противопожарных систем в  $i$  помещении при развитии пожара по  $j$  варианту развития событий определяется с использованием следующего математического выражения:

$$D_{ij} = 1 - \prod_{k=1}^K (1 - D_{ijk}) \quad (5)$$

где  $K$  – количество имеющихся технических средств, предназначенных для защиты от пожара;

$D_{ijk}$  – вероятность успешного функционирования  $k$  технического средства при реализации  $j$  сценария пожара в  $i$  помещении здания.

Индивидуальный риск  $R_m$  (год<sup>-1</sup>) для сотрудника  $m$ , находящегося в здании, который обусловлен пожарной опасностью, рассчитывается по следующей формуле:

$$R_m = \sum_{i=1}^N P_i \cdot q_{im} \quad (6)$$

где  $P_i$  - уровень потенциальной опасности, измеренный для  $i$  пространства в пределах здания, год<sup>-1</sup>

$q_{im}$  - вероятность присутствия сотрудника в пространстве;

$N$  - общее число помещений в здании.

Расчетное время эвакуации людей из здания устанавливается по времени выхода из него последнего человека. Перед началом моделирования процесса эвакуации задается схема эвакуационных путей в здании. Все эвакуационные пути подразделяются на эвакуационные участки длиной  $a$  и шириной  $b$ . Эвакуационные участки могут быть горизонтальные и наклонные (лестница вниз, лестница вверх и пандус). Координата каждого человека в момент времени  $t$  представлена на рис. 1 и определяется по формуле (7):

$$x_i(t) = x_i(t-\Delta t) - V_i(t) \cdot \Delta t, \quad (7)$$

где  $x_i(t-\Delta t)$  – координата  $i$ -го человека в предыдущий момент времени, м;

$V_i(t)$  – скорость  $i$ -го человека в момент времени  $t$ , м/с;

$\Delta t$  – промежуток времени, с.

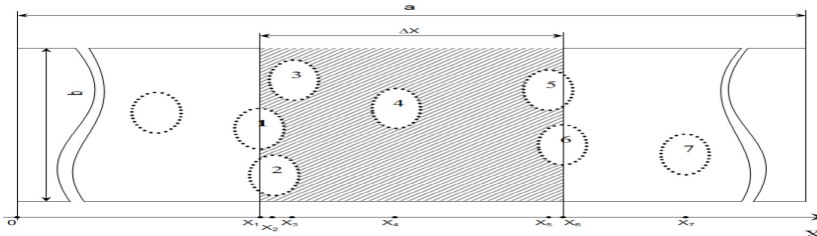


Рис. 1 – Координатная схема размещения людей на путях эвакуации

Fig. 1 – Coordinate diagram of the placement of people on evacuation routes

Скорость перемещения сотрудника склада  $i$  в момент времени  $t$ , обозначаемая как  $V_i(t)$ , рассчитывается, исходя из данных, представленных в [8]. Указанная скорость является зависимой величиной, определяемой двумя существенными факторами: концентрацией людского потока в непосредственной близости от индивидуума,  $D_i(t)$ , а также параметрами выбранного им маршрута эвакуации. Объем людского потока, покидающего один эвакуационный участок и направляющегося на другой за единицу времени, определяется пропускной способностью выхода с конкретного участка, обозначаемой как  $Q_j(t)$ . Данная пропускная способность рассчитывается по следующей формуле [8, 11]:

$$Q_j(t) = q_j(t) \cdot c_j \cdot dt / (f \cdot 60) \text{ чел.}, \quad (8)$$

где  $q_j(t)$  – интенсивность перемещения людского потока, покидающего  $j$  эвакуационный сектор, м/мин;

$c_j$  – ширина эвакуационного проема в рассматриваемой части здания, м;

$dt$  – временной интервал, с;

$f$  – величина поверхности, на которую проецируется силуэт человека в горизонтальной плоскости, м<sup>2</sup>.

**Обсуждение результатов.** Для проведения анализа пожарной безопасности в качестве примера выбран универсальный склад, предназначенный для хранения продовольственных и непродовольственных товаров (рис. 2). Объект отличается следующим набором функциональных возможностей: обработка входящих поставок, размещение и содержание разнообразного ассортимента продовольственных и непродовольственных товаров в изначальной таре; распределение прибывающих партий продукции по категориям; формирование заказов в соответствии с запросами клиентов; предоставление офисных площадей для осуществления управленческих и административных функций логистического складского комплекса. Проектируемый объект состоит из 5 блоков разной площади. Степень огнестойкости здания – II. Класс конструктивной пожарной опасности здания – С0. Категория здания по взрывопожарной и пожарной опасности – В. Максимальная отметка высоты здания

– не более 24 метров. Площадь застройки здания – не более 90 000 м<sup>2</sup>. Строительный объем здания – не более 1 500 000 м<sup>3</sup>. Всего людей на объекте – 1534 человек.

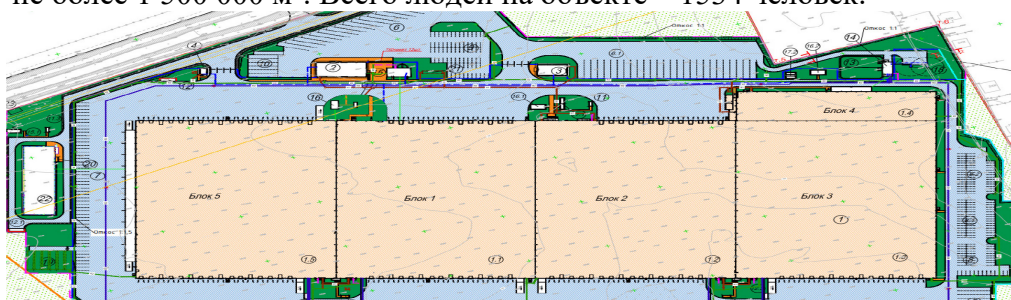


Рис. 2 – План универсального склада продовольственных и непродовольственных товаров  
Fig. 2 – Plan of a universal warehouse for food and non-food products

**Оценка величины пожарного риска.** Здание разделено на пять пожарных отсеков (ПО) противопожарными стенами 1-го типа. Оценку величины пожарного риска рассмотрим на примере ПО №1 (Блок 5, АБЧ 5). Показатели ПО №1 (Блок 5, АБЧ 5) - склад с зоной сортировки товаров народного потребления с устройством мезонина с четырехэтажной административно бытовой встройкой:

- класс функциональной пожарной опасности ПО №1 - Ф 5.2;
- класс функциональной пожарной опасности административно-бытовой встройки – Ф4.3;
- административно-бытовой блок состоит из 4 этажей;
- количество ярусов мезонина - не более 5.
- площадь этажа в пределах пожарного отсека 10400 м<sup>2</sup>.
- количество людей на объекте – 310 человек.

Сценарий пожара (пожарный отсек № 1) – пожар возникает в помещении сортировочного центра, в непосредственной близости к эвакуационному выходу. Максимальная фактическая площадь горения не менее 366,38 м<sup>2</sup>. При расчете приняты следующие условия [11, 12, 13]:

- для обеспечения безопасности объекта необходимо предусмотреть автоматизированные системы пожаротушения и сигнализации, систему оповещения и управления эвакуацией людей при возникновении пожара не ниже второго типа, а также системы вентиляции для удаления дыма;
- контрольные точки, в которых будут фиксироваться значения опасных факторов пожара и расчетное время эвакуации, расположены непосредственно на путях эвакуации людей;
- моделирование сценариев пожара проведено с помощью дифференциальной модели.

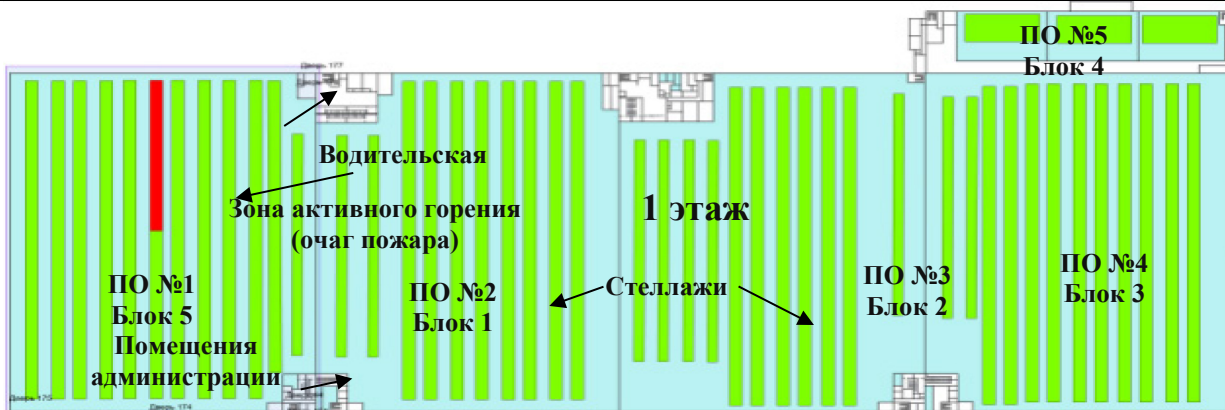
В табл. 1 представлены параметры, характеризующие пожарную нагрузку. Критическое время по каждому из опасных факторов пожара определяется как время достижения этим фактором предельно допустимого значения на путях эвакуации на высоте 1,7 м от пола. Критически допустимые показатели, определяющие опасные факторы пожара, установлены на следующих уровнях [14]:

- предел высокой температуры окружающей среды – 70 °С;
- интенсивность теплового излучения не должна превышать 1400 Вт/м<sup>2</sup>;
- минимальная дистанция видимости в задымленной среде – 20 м;
- концентрация кислорода в воздухе не должна опускаться ниже – 0,226 кг/м<sup>3</sup>;
- предельно допустимая концентрация токсичных газообразных веществ при горении: CO<sub>2</sub> - 0,11 кг/м<sup>3</sup>; CO - 1,16·10<sup>-3</sup> кг/м<sup>3</sup>; HCl - 23·10<sup>-6</sup> кг/м<sup>3</sup>.

При выполнении расчета проводилось моделирование динамики развития пожара в течение 590 с в пределах блока 5 (пожарного отсека №1) в различные моменты времени от начала возникновения пожара. Зона активного горения представлена на рис. 3.

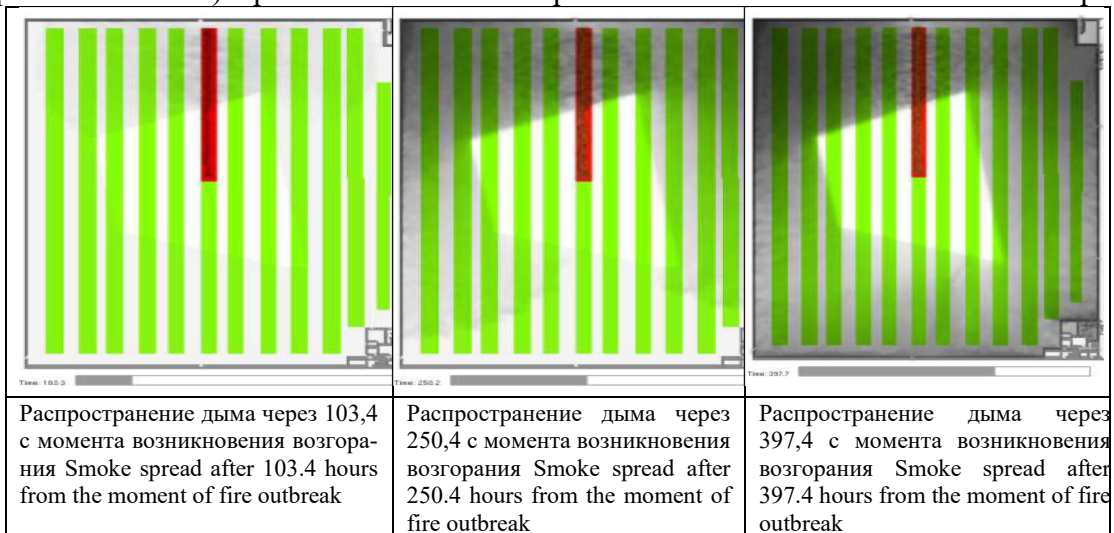
**Таблица 1. Параметры, характеризующие пожарную нагрузку**  
**Table 1. Parameters characterizing the fire load**

Параметр Parameter	Единица измерения Unit of measurement	Значение Value
Низшая теплота сгорания Net heating value	кДж/кг	14000
Линейная скорость распространения пламени Linear flame velocity	м/с	0,042
Удельная массовая скорость выгорания Specific mass burnout rate	кг/(м <sup>2</sup> · с)	0,0129
Коэффициент полноты сгорания Combustion efficiency	—	0,93
Удельная мощность Specific power	кВт/м <sup>2</sup>	167,958
Дымообразующая способность Smoke-forming capacity	Нп · м <sup>2</sup> /кг	53
Потребление кислорода (O <sub>2</sub> ) Oxygen consumption (O <sub>2</sub> )	кг/кг	1,161
Выделение углекислого газа (CO <sub>2</sub> ) Carbon dioxide production (CO <sub>2</sub> )	кг/кг	0,642
Выделение угарного газа (CO) Carbon monoxide production (CO)	кг/кг	0,0317
Выделение хлористого водорода (HCl) Hydrogen chloride production (HCl)	кг/кг	0



**Рис. 3 – Пожарная модель**  
**Fig. 3 – Fire model**

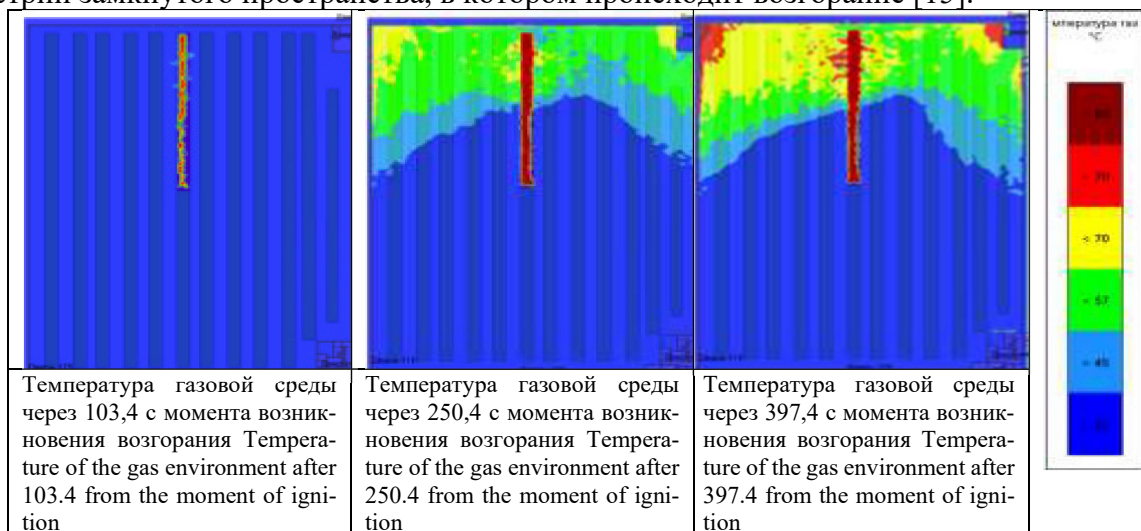
На рис. 4 продемонстрирована динамика распространения дыма в пределах блока 5 (пожарный отсек № 1) в различные моменты времени от начала возникновения пожара.



**Рис. 4 – Распространение дыма в блоке 5 (ПО №1) на разных промежутках времени**  
**Fig. 4 – Smoke spread in block 5 (PO No. 1) at different time intervals**

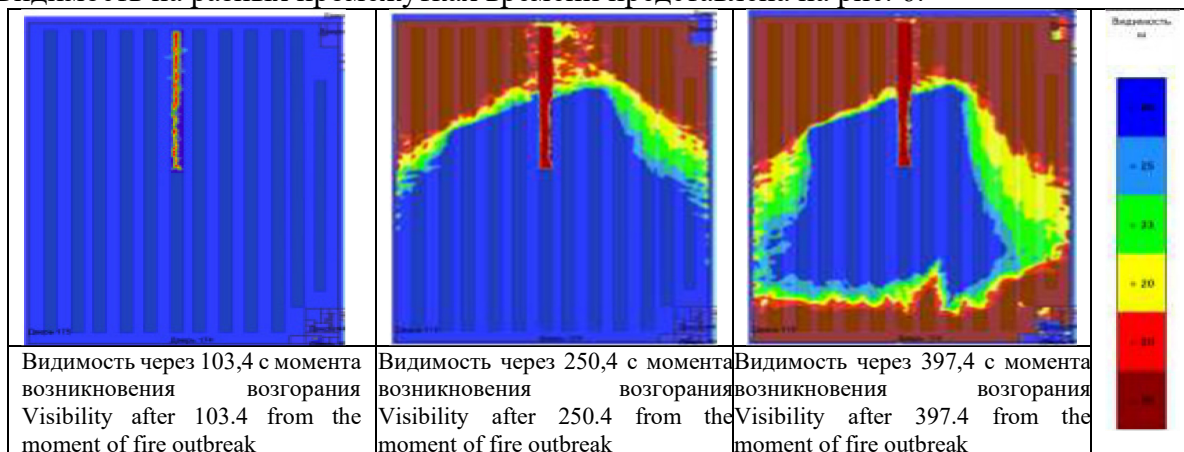
На 4 минуте пожара происходит значительное увеличение плотности дыма, что существенно затрудняет видимость и ориентирование в пространстве. Дым заполняет пространство блока 5, достигая соседние помещения. Температура в эпицентре пожара резко возрастает, что приводит к ускорению процесса пиролиза и усилению дымообразования. К шестой минуте после начала пожара задымление охватывает весь ПО №1, ограничивая возможность безопасной эвакуации. Концентрация токсичных веществ в дыме достигает опасных для жизни значений. Повышение температуры газов на разных промежутках времени

с момента возникновения возгорания представлено на рис. 5. Анализ представленных данных позволяет установить закономерности, характеризующие динамику нарастания температурных показателей на различных этапах развития пожара. Скорость повышения температуры, а также достигаемые максимальные значения, напрямую зависят от ряда факторов, в частности, от характеристик горючего материала, интенсивности притока кислорода и геометрии замкнутого пространства, в котором происходит возгорание [15].



**Рис. 5 – Повышение температуры газов в блоке 5 (ПО № 1) на разных промежутках времени**  
**Fig. 5 – Increase in gas temperature in block 5 (PO No. 1) at different intervals of time**

Видимость на разных промежутках времени представлена на рис. 6.



**Рис. 6 – Видимость в блоке 5 (ПО № 1) на разных промежутках времени с момента возникновения возгорания**

**Fig. 6 – Visibility in block 5 (PO No. 1) at different time intervals from the moment the fire started**

В первые минуты после возникновения возгорания в блоке 5 (ПО № 1) видимость снижается. Это обусловлено интенсивным выделением дыма, образующегося в результате термического разложения различных материалов, присутствующих в помещении. Дым быстро заполняет пространство, рассеивая свет и значительно снижая дальность видимости. В табл. 2 показано через какое время после начала пожара в блоке 5 (ПО № 1) достигаются предельно допустимые значения по каждому из опасных факторов пожара. Анализ этих данных позволяет установить критические временные интервалы для активации систем противопожарной защиты и эвакуации персонала. Временная задержка до достижения предельных значений по температуре и концентрации токсичных продуктов горения дает определенный запас для принятия мер по локализации пожара и минимизации ущерба. Однако, следует учитывать, что развитие пожара является динамическим процессом, и скорость нарастания опасных факторов может значительно увеличиваться при определенных условиях, таких как наличие легковоспламеняющихся материалов или нарушение работы систем вентиляции.

**Таблица 2. Время достижения критических параметров опасных факторов пожара в зоне 5 (ПО № 1)**

**Table 2. Time to reach critical parameters of hazardous fire factors in zone 5 (PO No. 1)**

Помещение Premises	Температура газов (70°C) Gas temperature	Видимость Visibility	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	HCl	Тепловой поток Heat flow
Водительская Driver's room	557	348,7	487	493	501	515	549
Сортировочный центр Sorting center	>590	252,9	459	465	476	496	>590
Помещение администрации Administrative office	>590	367,8	502	518	526	535	>590

Временная задержка до достижения предельных значений по температуре и концентрации токсичных продуктов горения дает определенный запас для принятия мер по локализации пожара и минимизации ущерба. Однако, следует учитывать, что развитие пожара является динамическим процессом, и скорость нарастания опасных факторов может значительно увеличиваться при определенных условиях, таких как наличие легковоспламеняющихся материалов или нарушение работы систем вентиляции [15].

Результаты определения вероятности эвакуации по эвакуационным путям представлены в табл. 3. Анализ данных позволяет установить, что ключевым фактором, влияющим на успех эвакуации, является соответствие пропускной способности маршрутов потенциальному потоку эвакуируемых лиц. В случаях, когда пропускная способность значительно превышает ожидаемый поток, вероятность успешной эвакуации оценивается как высокая, что отражается в значениях, приближающихся к единице.

**Таблица 3. Значения вероятности эвакуации сотрудников**  
**Table 3. Employee evacuation probability values**

Помещение Premises	Время блокирования, тбл, с Blocking time,	Необходимое время эвакуации, 0,8 тбл, с Required evacuation time	Время начала эвакуации, тнэ, с Evacuation start time	Время эвакуации, тэ = тнэ + тп, с Evacuation time	Вероятность эвакуации по эвакуационным путям, Рэ.п. Probability of evacuation along evacuation routes
Водительская Driver's room	>590	>472	30,0	42,6	0,999
Сортировочный центр Sorting center	272,9	285,3	30,0	231,4	0,999
Помещение администрации Administrative office	322,8	258,2	30,0	72,6	0,999

На рис. 7 представлен график, отображающий численность персонала, покинувшего блок 5 (ПО №1) в динамике относительно времени.



**Рис. 7 – График отображающий численность персонала, покинувшего блок 5 (ПО № 1) с момента возникновения возгорания**  
**Fig. 7 – Graph showing the number of personnel who left block 5 (PO No. 1) since the fire broke out**

Полученное графическое отображение иллюстрирует изменение числа эвакуированных из складского блока 5 в заданный период времени. Анализ графика позволяет получить представление об эффективности принятых мер по обеспечению безопасности и оперативной эвакуации персонала. Значения индивидуального риска для работника в блоке 5 (ПО № 1) представлены в табл. 4.

**Таблица 4. Значения рисков для сотрудника в блоке 5 (ПО № 1)**  
**Table 4. Risk values for an employee in block 5 (PO No. 1)**

Профессия Profession	Вероятность присутствия, $q_{im}$ , Probability of presence	Индивидуальный риск, Individual risk $R_m$ , год <sup>-1</sup>
Сотрудник Employee	$22,82 \cdot 10^{-3}$	$5,522 \cdot 10^{-7}$

**Вывод.** Анализ расчетных данных продемонстрировал, что величина индивидуального пожарного риска остается в пределах допустимого нормативного значения при условии внедрения дополнительных мероприятий, направленных на повышение уровня противопожарной защиты, так как выполняется следующее условие [4]:

$$R_m^{max} = 0,5522 \cdot 10^{-6} \leq R_m^H = 10^{-6}$$

Оценка риска смертельного исхода в результате воздействия опасных факторов пожара проведена с учетом работоспособности систем противопожарной защиты, установленных на рассматриваемом объекте. Для обеспечения противопожарных мероприятий на складском комплексе необходимо выполнить дополнительные противопожарные мероприятия [2, 14, 15]:

1. Произвести разделение здания складского комплекса на пять отдельных пожарных отсеков посредством установки противопожарных стен первого типа.

2. При определении этажности здания учесть ярусы мезонина, площадь которых на любой отметке превышает 40% площади этажа здания. Мезонин организовать не более чем в 5 ярусов. Хранение на каждом уровне мезонина не предусматривать высокостеллажным более 5,5 метра.

3. Пожарный отсек разделить на пожарные секции площадью не более 10 400 м<sup>2</sup> одним из следующих способов или их комбинацией: противопожарными перегородками 1-го типа с повышенным пределом огнестойкости не менее EI 90 с противопожарным заполнением проемов.

4. Каждый ярус (уровень) мезонина оборудовать автоматическими установками пожаротушения и сигнализации, внутренним противопожарным водопроводом.

5. Подачу товаров и материалов на уровень хранения допускается предусматривать вертикальными подъемниками с ограждением из негорючих материалов с ненормируемым пределом огнестойкости (например, сетчатое ограждение), в том числе без шахт. Перемещение людей на данных подъемниках исключается.

6. В местах пересечения конвейерными линиями противопожарных стен (противопожарных перегородок), разделяющих пожарные отсеки (секции), проемы следует защищать одним из следующих способов: дренчерной завесой с оросителями, выполненной в одну нитку с каждой из сторон проема; противопожарными шторами с пределом огнестойкости не ниже EI60 с любой из сторон проема.

#### **Библиографический список:**

1. Вагин А.В., Гамаюнов Р.В., Моделирование опасных факторов пожара на объекте складского назначения // Вестник науки №12 (81) том 4, 2024. – С. 1990 - 1995.
2. Беляков Г. И. Пожарная безопасность: учебник для вузов / Г. И. Беляков. — 2-е изд. – М.: Издательство Юрайт, 2025. — 282 с.
3. Широков Ю.А. Пожарная безопасность на предприятии: Учебное пособие для вузов, 4-е изд., стер. | М.: Лань, 2025. — 364 с.
4. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. №123-ФЗ.
5. ГОСТ 12.1.004-91. «Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования». — М.: Стандартиформ, 2006. – 68 С.
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 июля 2020 г. №1084 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».
7. Применение полевого метода математического моделирования пожаров в помещениях: Методические рекомендации. – М.: ВНИИПО, 2003. – 35 С.
8. Приказ МЧС России № 533 от 26.06.2024 «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».
9. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие. — М.:

Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 С.

10. СП 505.1311500.2021 «Расчет пожарного риска. Требования к оформлению».
11. Пособие по применению «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности». 2-ое изд., / А.А. Абашкин [и др.]. М.: ВНИИПО, 2014. – 226 с.
12. Глуханов А.С., Цаплин В.В. Расчетные величины пожарного риска при авариях на наружных газопроводах // Промышленное и гражданское строительство. – Москва: Издательство ПГС, Выпуск 5, 2022. – С. 50-54.
13. Беляков Г.И. Пожарная безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях и оказание первой помощи: учебник для вузов / Г. И. Беляков. — 5-е изд. — М.: Издательство Юрайт, 2025. – 530 с.
14. Собурь С.В. Пожарная безопасность предприятия: курс пожарно-технического минимума: учебно-справочное пособие / С. В. Собурь. - 19-е изд., перераб. – М.: Издательство ПожКнига, 2021. – 201 с.
15. Горев В.А. Теория горения и взрыва: учебное пособие / М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2010. – 201 с.

#### References:

1. Vagin A.V., Gamayunov R.V., Modeling Fire Hazards at a Warehouse Facility. *Science Bulletin*. 2024;4(12 (81)): 1990-1995. (In Russ)
2. Belyakov G.I. Fire Safety: Textbook for Universities- 2nd ed. - Moscow: Yurait Publishing House, 2025: 282. (In Russ)
3. Shirokov Yu.A. Fire Safety at the Enterprise: Textbook for Universities, 4th ed., reprinted. Moscow: Lan, 2025: 364. (In Russ)
4. Federal Law "Technical Regulations on Fire Safety Requirements" dated July 22, 2008, No. 123-FZ.
5. GOST 12.1.004-91. "Interstate Standard. Occupational Safety Standards System. Fire Safety. General Requirements." Moscow: Standartinform, 2006: 68. (In Russ)
6. Resolution of the Government of the Russian Federation dated July 22, 2020, No. 1084 "On the Procedure for Conducting Fire Risk Assessment Calculations." (In Russ)
7. Application of the Field Method of Mathematical Modeling of Fires in Premises: Methodological Recommendations. Moscow: VNIPO, 2003: 35. (In Russ)
8. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia No. 533 dated June 26, 2024, "Methodology for Determining Fire Risk Estimates at Industrial Facilities." (In Russ)
9. Koshmarov Yu. A. Forecasting Fire Hazards in Premises: A Tutorial. Moscow: Academy of the GPS of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2000:118. (In Russ)
10. SP 505.1311500.2021 "Fire Risk Calculation. Design Requirements." (In Russ)
11. Manual for the Application of the "Methodology for Determining Calculated Fire Risk Values in Buildings, Structures, and Constructions of Various Functional Fire Hazard Classes." 2nd ed.. A.A. Abashkin et al. Moscow: VNIPO, 2014: 226. (In Russ)
12. Glukhanov A. S., Tsaplin V. V. Fire Risk Estimates in Accidents on External Gas Pipelines. *Industrial and Civil Engineering*. Moscow: PGS Publishing House, 2022;5: 50-54. (In Russ)
13. Belyakov G. I. Fire Safety, Safety in Emergencies, and First Aid: a textbook for universities. 5th ed. Moscow: Yurait Publishing House, 2025:530. (In Russ)
14. Sobur S. V. Fire Safety at an Enterprise: a Course in Fire-Technical Minimum: a textbook and reference manual. 19th ed., revised. — Moscow: PozhKniga Publishing House, 2021:201(In Russ)
15. Gorev V. A. Combustion and Explosion Theory: a textbook. Moscow: Moscow State University of Civil Engineering, EBS ASV, 2010: 201. (In Russ)

#### Сведения об авторе:

Александр Сергеевич Глуханов, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Техносферная безопасность»; [promo19\\_78@mail.ru](mailto:promo19_78@mail.ru); ORCID ID: 0000-0002-0897-8690.

#### Information about authors:

Alexander S. Glukhanov, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Assoc. Prof., Department of Technosphere Safety; [promo19\\_78@mail.ru](mailto:promo19_78@mail.ru); ORCID ID: 0000-0002-0897-8690.

#### Конфликт интересов/Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/ Received 30.10.2025.

Одобрена после рецензирования /Revised 20.11.2025.

Принята в печать /Accepted for publication 25.11.2025.