

Оптимизация мероприятий по пожарной безопасности на объекте защиты АПК с массовым пребыванием людей

Анатолий Петрович Савельев¹, Владимир Степанович Шкрабак², Роман Владимирович Шкрабак², Михаил Николаевич Чугунов¹, Сергей Викторович Глотов¹, Светлана Анатольевна Еналеева¹, Наталья Евгеньевна Повернова¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск, Россия.

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Санкт-Петербург-Пушкин, Россия
e-mail: tbsap52@mail.ru

Аннотация. Настоящая статья является логическим продолжением ранее опубликованных материалов на тему «Анализ пожарной безопасности на объектах защиты АПК с массовым пребыванием людей». Проведенными исследованиями установлено, что необходимым условием обеспечения пожарной безопасности является выполнение требований пожарной безопасности, предусмотренных техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», а достаточным – чтобы к тому же пожарный риск не превышал допустимых значений.

Ключевые слова: противопожарные мероприятия; пожарная безопасность; экономическая целесообразность; технические регламенты; технико-экономическое обоснование; риск; пожарный риск; индивидуальный пожарный риск.

Для цитирования: Савельев А. П., Шкрабак В. С., Шкрабак Р. В., Чугунов М. Н., Глотов С. В., Еналеева С. А., Повернова Н. Е. Оптимизация мероприятий по пожарной безопасности на объекте защиты АПК с массовым пребыванием людей // Аграрный научный журнал, 2022. № 7. С. 113–120. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i7pp113-120>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

Optimization of fire safety measures at the agribusiness protection facility with a mass stay of people

Anatoly P. Savelyev¹, Vladimir S. Shkrabak², Roman V. Shkrabak², Mikhail N. Chugunov¹, Sergey V. Glotov¹, Svetlana A. Enaleeva¹, Natalia E. Povernova¹

¹Mordovia State University named after N. P. Ogarev, Saransk, Russia

²St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg – Pushkin, Russia.

e-mail: tbsap52@mail.ru.

Abstract. This article is a logical continuation of previously published materials on the topic “Analysis of fire safety at the objects of protection of the agro-industrial complex with a mass stay of people”. The conducted studies have established that a necessary condition for ensuring fire safety is the fulfillment of the fire safety requirements provided for by the technical regulations adopted in accordance with the Federal Law “On Technical Regulation”, and sufficient – so that, moreover, the fire risk does not exceed acceptable values.

Keywords: fire prevention measures; fire safety; economic feasibility; technical regulations; feasibility study; risk; fire risk; individual fire risk.

For citation: Savelyev A. P., Shkrabak V. S., Shkrabak R. V., Chugunov M. N., Glotov S. V., Enaleeva S. A., Povernova N. E. Optimization of fire safety measures at the agribusiness protection facility with a mass stay of people // Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(7): 113–120. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i7pp113-120>.

Введение. Формирование перечня противопожарных мероприятий и последовательности их реализации следует проводить с учетом технико-экономического обоснования [1, 5]. Для минимизации затрат на противопожарную защиту, а также уменьшения размеров возможного экономического ущерба от пожара, необходимо использовать проверенные методики и нормативные документы, которые действуют в области обеспечения пожарной безопасности [11]. Эти документы регламентируют требования, выполнение которых позволяет повлиять на распространение пожара, а также позволяют рассчитать экономические последствия пожара, когда ущерб причиняется третьим лицам или имуществу организации.

Методика исследований. В работе применяли метод экспертной оценки, основанный на сравнении фактического состояния объектов защиты с требованиями пожарной безопасности нормативно-технической базы Российской Федерации [1, 2–8]; расчетный метод, основанный на расчете пожарного риска в соответствии с методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (Приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. №382) [9] и с учетом положений нормативных документов по пожарной безопасности [2–8].

Результаты исследований. Ранее был приведен анализ пожарной безопасности на одном из объектов защиты АПК (здание общественного питания, далее – кафе), который показал, что объект не соответствует требованиям пожарной безопасности.

По результатам исследований также было выявлено, что в этом здании могут возникнуть следующие пожароопасные ситуации:

возгорание кухонного оборудования (кухонные плиты, печи, фритюрницы и котелки, духовки или микроволновые печи, вытяжки или трубы);



возгорание масла в помещении кухни в процессе приготовления пищи;
высыпка жировых отложений в вентиляционном коробе;
возникновение горения при проведении плановых ремонтных работ;
человеческий фактор (нарушение правил курения).

Для прогнозирования возможных потерь от пожара могут быть рассмотрены пять вариантов.

1. Существующее состояние объекта защиты, при котором на объекте отсутствуют система пожарной сигнализации (СПС), система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ), при пожаре подразделения пожарной охраны вызываются персоналом с помощью телефонной связи.

2. Объект защиты оборудован СОУЭ.

3. Объект защиты оборудован СПС.

4. Объект защиты оборудован СПС и СОУЭ.

5. Объект защиты оборудован той или иной системой пожарной безопасности, с учетом дополнительных мероприятий по улучшению условий эвакуации.

Для предварительной оценки влияния наличия систем противопожарной защиты на возможные потери от пожара рассмотрим два диаметрально противоположных варианта: при отсутствии на объекте защиты технических систем противопожарной защиты и при их наличии.

Определяем составляющие математического ожидания годовых потерь от пожаров при возникновении пожаров в наиболее пожароопасных помещениях [10].

Поскольку по первому варианту объект не оборудован системой пожарной сигнализации, принимаем время прибытия подразделений пожарной охраны в пределах до 20 минут [1]. Принимаем, что развитие пожара происходит по помещению склада в пределах размещения пожарной нагрузки [12]. Площадь пожара в этом случае определяется линейной скоростью распространения горения и временем до начала тушения

$$F'_{\text{пож}} = 3,14(v_{\text{л}}B_{\text{св}}r)^2, \quad (1)$$

где $v_{\text{л}}$ – линейная скорость распространения горения по поверхности, м/мин [14]; $B_{\text{св}}r$ – время свободного горения, мин.

$$F_{\text{пож}} = 3,14 \cdot (0,5 \cdot 20)^2 = 314 \text{ м}^2.$$

Учитывая однородность вида горючих веществ и материалов, наихудшим вариантом развития пожара принимается пожар в одном из помещений, в котором содержится наибольшее количество пожарной нагрузки – 1800 МДж/м². В помещении возможен объемный пожар, регулируемый вентиляцией.

Рассчитываем ожидаемые годовые потери при различных сценариях развития пожара в каждом варианте. При отсутствии статистических данных, ожидаемые потери рассчитываются исходя из стоимости здания и технологического оборудования, размеров повреждений, вероятности возникновения и тушения пожара средствами, предусматриваемыми для пожарной защиты объекта. Рассчитаем стоимость 1 м² здания вместе с оборудованием. Стоимость в первом варианте составляет 3200,00 руб./м², стоимость во втором варианте – 3900,00 руб./м², стоимость оборудования – 12000,00 руб./м² [11, 13]. При использовании на объекте первичных средств пожаротушения (стационарных и передвижных) и отсутствии систем автоматического пожаротушения материальные годовые потери рассчитываются по формуле [10]

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3), \quad (2)$$

где $M(\Pi_1)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения; $M(\Pi_2)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных привозными средствами пожаротушения; $M(\Pi_3)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения.

$$M(\Pi_1) = JF C_T F_{\text{пож}} (1 + k) \cdot p_1, \quad (3)$$

$$M(\Pi_2) = JF (C_T F'_{\text{пож}} + C_{\text{к}}) \cdot 0,52(1 + k) \cdot (1 - p_1) \cdot p_2, \quad (4)$$

$$M(\Pi_3) = JF (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_{\text{к}}) \cdot (1 + k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_2], \quad (5)$$

При оборудовании объекта средствами автоматического пожаротушения материальные годовые потери от пожара рассчитываются по формуле [12]

$$M(\Pi) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3) + M(\Pi_4), \quad (6)$$

где $M(\Pi_1)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения; $M(\Pi_2)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных автоматическими установками пожаротушения; $M(\Pi_3)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных привозными средствами пожаротушения; $M(\Pi_4)$ – математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения.

$$M(\Pi_1) = JF C_T F_{\text{пож}} (1 + k) \cdot p_1, \quad (7)$$



$$M(\Pi_2) = JF C_T F_{\text{пож}}^* (1+k) \cdot (1-p_1) \cdot p_3, \quad (8)$$

$$M(\Pi_3) = JF (C_T F_{\text{пож}}' + C_K) \cdot 0,52(1+k) \cdot [1-p_1 - (1-p_1) \cdot p_3] \cdot p_2, \quad (9)$$

$$M(\Pi_4) = JF (C_T \cdot F_{\text{пож}}'' + C_K) \cdot (1+k) \cdot \{1-p_1 - (1-p_1) \cdot p_3 - [1-p_1 - (1-p_1) \cdot p_2] \cdot p_2\}, \quad (10)$$

где J – вероятность возникновения пожара, $1/\text{м}^2$ в год; F – площадь объекта, м^2 ; C_T – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./м^2 ;

$F_{\text{пож}}$ – площадь пожара на время тушения первичными средствами, м^2 ; P_1, P_2, P_3 – вероятность тушения пожара первичными, привозными и автоматическими средствами; 0,52 – коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами; C_K – стоимость поврежденных частей здания, руб./м^2 ; $F_{\text{пож}}'$ – площадь пожара за время тушения привозными средствами; $F_{\text{пож}}''$ – площадь пожара при отказе всех средств пожаротушения, м^2 ; k – коэффициент, учитывающий косвенные потери.

Вероятность возникновения пожара определяется по статистическим данным для аналогичных объектов как отношение общего числа пожаров к площади объекта. В нашем случае стоимость здания и технологической части определяется по проектным данным, при их отсутствии – по укрупненным показателям. Вероятность безотказной работы первичных средств тушения P_1 принимается в зависимости от скорости распространения горения по поверхности Y_1 [10]. Принимаем $P_1 = 0,79$. Вероятность тушения пожара привозными средствами P_2 , определяется в зависимости от нормативного расхода воды на наружное пожаротушение и на основании данных о бесперебойности водоснабжения пожарного водопровода или насосами пожарных машин из водоемов Q , и принимается в соответствии с МДС 21-3.2001 [10]. Принимаем $P_2 = 0,75$. Вероятность тушения пожара установками автоматического пожаротушения при отсутствии статистических данных принимается $P_3 = 0,86$. Остальные показатели рассчитываются и принимаются согласно МДС 21-3.2001 [10].

Подставив принятые и рассчитанные данные в формулы, получим следующее.

Вариант 1. Системы пожарной автоматики отсутствуют.

$$M(\Pi_1) = 0,0388 \cdot 623 \cdot 12000 \cdot 4 \cdot (1+0,98) \cdot 0,79 = 1\,814\,902,47 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_2) = 0,0388 \cdot 623 \cdot (12000 \cdot 314 + 3200) \cdot 0,52 \cdot (1+0,98) \cdot (1-0,79) \cdot 0,95 = 3\,783\,888,44 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_3) = 0,0388 \cdot 623 \cdot (12000 \cdot 623 + 3200) \cdot (1+0,98) \cdot [1-0,79 - (1-0,79) \cdot 0,75] = 18\,793\,142,8 \text{ руб./год.}$$

Вариант 2. Здание оборудовано техническими системами противопожарной защиты.

$$M(\Pi_1) = 0,0388 \cdot 623 \cdot 12000 \cdot 4 \cdot (1+0,98) \cdot 0,79 = 1\,814\,902,47 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_2) = 0,0388 \cdot 623 \cdot 12000 \cdot 19,625 \cdot (1+0,98) \cdot (1-0,79) \cdot 0,86 = 2\,035\,605,52 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_3) = 0,0388 \cdot 623 \cdot (12000 \cdot 314 + 3900) \cdot 0,52 \cdot (1+0,98) \cdot [1-0,79 - (1-0,79) \cdot 0,86] \cdot 0,75 = 2\,069\,936,73 \text{ руб./год.}$$

$$M(\Pi_4) = 0,0388 \cdot 623 \cdot (12000 \cdot 623 + 3900) \cdot (1+0,98) \cdot \{1-0,79 - (1-0,79) \cdot 0,86 - [1-0,79 - (1-0,79) \cdot 0,86] \cdot 0,75\} = 9\,558\,549,99 \text{ руб./год.}$$

Таким образом, ожидаемые годовые потери составят:

1) при отсутствии технических систем противопожарной защиты:

$$M(\Pi) = 1\,814\,902,47 + 3\,783\,888,44 + 18\,793\,142,8 = 24\,391\,933,7 \text{ руб./год;}$$

2) при оборудовании технических систем противопожарной защиты:

$$M(\Pi) = 1\,814\,902,47 + 2\,035\,605,52 + 2\,069\,936,73 + 9\,558\,549,99 = 15\,478\,994,7 \text{ руб./год;}$$

Как видно из результатов расчетов материальные потери от возможного пожара при варианте, когда технические системы противопожарной защиты отсутствуют, выше, чем при варианте, когда здание оснащено соответствующими системами.

Рассчитаем индивидуальный пожарный риск, согласно Приказа МЧС России от 30 июня 2009 года № 382 «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [11], при фактическом противопожарном состоянии здания кафе, а также при оснащении здания кафе отдельными техническими системами противопожарной защиты.

Индивидуальный пожарный риск для зданий различных классов функциональной пожарной опасности, за исключением производственных, будет отвечать требуемому, если

$$Q_B \leq Q_B^H, \quad (11)$$

где Q_B^H – нормативное значение индивидуального пожарного риска, $Q_B^H 10^{-6} \text{ год}^{-1}$; Q_B – расчетная величина индивидуального пожарного риска.



Расчетная величина индивидуального пожарного риска Q_B в каждом здании рассчитывается по формуле

$$Q_B = Q_{\pi} (1 - K_{\text{ап}}) \cdot P_{\text{пр}} (1 - P_{\text{э}}) \cdot (1 - K_{\text{п.з}}), \quad (12)$$

где Q_{π} – частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных. При отсутствии статистической информации допускается принимать $Q_{\pi} = 4 \cdot 10^{-2}$ в год для каждого здания; $K_{\text{ап}}$ – коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения (далее – АУП) требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. Значение параметра принимается равным 0,9, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

здание оборудовано системой АУП, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

оборудование здания системой АУП не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях $K_{\text{ап}}$ принимается равным нулю;

$P_{\text{пр}}$ – вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения

$$P_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{функц}}}{24}, \quad (13)$$

где $t_{\text{функц}}$ – время нахождения людей в здании, ч; $P_{\text{э}}$ – вероятность эвакуации людей; $K_{\text{п.з}}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Вероятность эвакуации $P_{\text{э}}$ из зданий рассчитывают по формуле

$$P_{\text{э}} = \begin{cases} 0,999 \frac{0,8 \cdot t_{\text{бл}} - t_{\text{р}}}{t_{\text{нз}}}, & \text{если } t_{\text{р}} < 0,8 t_{\text{бл}} < t_{\text{р}} + t_{\text{нз}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_{\text{р}} + t_{\text{нз}} \leq 0,8 t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_{\text{р}} \geq 0,8 t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин} \end{cases}, \quad (14)$$

где $t_{\text{р}}$ – расчетное время эвакуации людей, мин; $t_{\text{нз}}$ – время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей м²/м²), мин; $t_{\text{бл}}$ – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин; $t_{\text{ск}}$ – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение 0,5).

Коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, $K_{\text{п.з}}$, рассчитывается по формуле

$$K_{\text{п.з}} = 1 - (1 - K_{\text{обн}} \cdot K_{\text{соуэ}}) \cdot (1 - K_{\text{обн}} \cdot K_{\text{пдз}}), \quad (15)$$

где $K_{\text{обн}}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы пожарной сигнализации (далее – АПС) требованиям нормативных документов по пожарной безопасности; $K_{\text{соуэ}}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы оповещения людей и управления эвакуацией людей при пожаре (далее – СОУЭ), требованиям нормативных документов по пожарной безопасности; $K_{\text{пдз}}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противодымной защиты (далее – ПДЗ), требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Значение параметра $K_{\text{обн}}$ принимается равным 0,8, если выполняется хотя бы одно из следующих условий: здание оборудовано АПС, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности; оборудование здания АПС не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях $K_{\text{обн}}$ принимается равным нулю.

Значение параметра $K_{\text{соуэ}}$ принимается равным 0,8, если выполняется хотя бы одно из следующих условий: здание оборудовано СОУЭ, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности; оборудование здания СОУЭ не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях $K_{\text{соуэ}}$ принимается равной нулю.

Значение параметра $K_{\text{пдз}}$ принимается равным 0,8, если выполняется хотя бы одно из следующих условий: здание оборудовано ПДЗ, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности; оборудование здания ПДЗ не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях $K_{\text{пдз}}$ принимается равным нулю.

Исходными данными для оценки индивидуального пожарного риска для рассматриваемого объекта защиты будут следующие: класс функциональной пожарной опасности – Ф3.2; частота возникновения пожара на исследуемом объекте в течение года Q_{π} принимается равной $3,88 \cdot 10^{-2}$ в год; коэффициент $K_{\text{ап}}$, учитывающий соответствие АУП требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, принимается равным 0,9, поскольку исследуемый объект не подлежит оборудованию системой АУП в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности; вероятность присутствия людей на исследуемом объекте $P_{\text{пр}}$ с учетом режима работы кафе (с 11:00 до 01:00 без перерыва) равна



$$P_{np} = 15/24 = 0,583;$$

вероятность эвакуации людей P_z принимается равной нулю, так как в ходе осмотра установлено, что имеются выходы и участки движения людей шириной менее 0,7 м, в связи с этим провести расчет времени эвакуации людей в соответствии с Методикой [11] не представляется возможным; коэффициенты $K_{обн}$ и $K_{СОУЭ}$ принимаются равными нулю, поскольку исследуемый объект в соответствии с требованиями пожарной безопасности должен быть оборудован АПС и СОУЭ, однако данные системы отсутствуют; коэффициент $K_{ПДЗ}$, учитывающий соответствие ПДЗ требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, принимается равным 0,8, поскольку исследуемый объект не подлежит оборудованию ПДЗ в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности;

Коэффициент $K_{п.з.}$, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, составит

$$K_{п.з.} = 1 - (1 - 0 \cdot 0) \cdot (1 - 0 \cdot 0,8) = 0.$$

Результаты оценки индивидуального пожарного риска, при его фактическом противопожарном состоянии, приведены в табл. 1.

Величина индивидуального пожарного риска для людей, находящихся в рассматриваемом кафе, составляет $2,262 \cdot 10^{-3}$ в год, т.е. превышает нормативное значение, установленное Техническим регламентом (10^{-6} в год).

Проведем расчет индивидуального пожарного риска на объекте при наличии системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре [11]. Результаты оценки индивидуального пожарного риска, при наличии СОУЭ приведены в табл. 2.

$$Q_B = 2,26 \cdot 10^{-3} > Q_B^H = 10^{-6} \text{ и соотношение } Q_B \leq Q_B^H \text{ не выполняется.}$$

Проведем расчет индивидуального пожарного риска на объекте при наличии систем пожарной сигнализации [11]. Результаты оценки индивидуального пожарного риска, при наличии СПС приведены в табл. 3.

$$Q_B = 2,26 \cdot 10^{-3} > Q_B^H = 10^{-6} \text{ и соотношение } Q_B \leq Q_B^H \text{ не выполняется.}$$

Проведем расчет индивидуального пожарного риска на объекте при наличии системы пожарной сигнализации и системы оповещения и управления эвакуации людей при пожаре [11]. Результаты оценки индивидуального пожарного риска, при наличии СПС и СОУЭ приведены в табл. 4.

$$Q_B = 2,93 \cdot 10^{-4} > Q_B^H = 10^{-6} \text{ и соотношение } Q_B \leq Q_B^H \text{ не выполняется.}$$

Величина индивидуального пожарного риска для людей, находящихся в здании кафе при фактическом режиме работы составляет от $2,26 \cdot 10^{-3}$ до $2,93 \cdot 10^{-4}$ в год и во всех случаях превышает нормативное значение, установленное Федеральным законом от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (не более 10^{-6} в год).

При этом необходимо обратить внимание на то, что во всех случаях вероятность безопасной эвакуации людей P_z была равна 0.

Для изменения этой величины, которая напрямую влияет на величину индивидуального пожарного риска, необходимы дополнительные мероприятия, обеспечивающие безопасную эвакуацию людей: применение дополнительных объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара; устройство дополнительных эвакуационных путей и выходов; ограничение количества людей в здании до значений, обеспечивающих безопасность их эвакуации из здания; оборудование здания техническими средствами противопожарной защиты (СПС, СОУЭ, возможно противодымной защитой или АУПТ).

Анализ путей эвакуации в здании кафе показал, что вероятность эвакуации людей P_z будет равной 0,999 при изменении ширины одного из дверных проемов на пути эвакуации с 0,7 до 0,8 м.

Результаты оценки индивидуального пожарного риска, при его фактическом противопожарном состоянии, с учетом изменения ширины дверного проема [11] приведены в табл. 5.

$$Q_B = 2,26 \cdot 10^{-6} > Q_B^H = 10^{-6} \text{ и соотношение } Q_B \leq Q_B^H \text{ не выполняется.}$$

Результаты оценки индивидуального пожарного риска, при наличии СОУЭ [11] приведены в табл. 6.

Таблица 1

Результаты оценки индивидуального пожарного риска

$Q_{п.}$	$K_{ап}$	P_{np}	P_z	$K_{пз}$	Индивидуальный пожарный риск
$3,88 \cdot 10^{-2}$	0,9	0,583	0	0	$2,26 \cdot 10^{-3}$

Таблица 2

Результаты оценки индивидуального пожарного риска

$Q_{п.}$	$K_{ап}$	P_{np}	P_z	$K_{пз}$	Индивидуальный пожарный риск
$3,88 \cdot 10^{-2}$	0,9	0,583	0	0	$2,26 \cdot 10^{-3}$





$Q_B = 2,26 \cdot 10^{-6} > Q_B^H = 10^{-6}$ и соотношение $Q_B \leq Q_B^H$ не выполняется.

Результаты оценки индивидуального пожарного риска, при наличии СПС [11] приведены в табл. 7.

$Q_B = 2,26 \cdot 10^{-6} > Q_B^H = 10^{-6}$ и соотношение $Q_B \leq Q_B^H$ не выполняется.

Величина индивидуального пожарного риска для людей, находящихся в рассматриваемом кафе (при наличии на объекте защиты СПС, а также изменении ширины дверного проема с 0,7 до 0,8 м), составляет $0,81 \cdot 10^{-6}$ в год, т.е. соответствует нормативному значению.

Результаты оценки индивидуального пожарного риска, при наличии СПС и СОУЭ [11] приведены в табл. 8.

$Q_B = 0,29 \cdot 10^{-6} < Q_B^H = 10^{-6}$ и соотношение $Q_B \leq Q_B^H$ выполняется.

Величина индивидуального пожарного риска для людей, находящихся в рассматриваемом кафе (при наличии на объекте защиты СПС и СОУЭ, а также изменении ширины дверного проема с 0,7 до 0,8 м), составляет $0,29 \cdot 10^{-6}$ в год, т.е. соответствует нормативному значению.

В табл. 9 представлены результаты расчетов затрат на технические системы противопожарной защиты, материальных потерь в случае возникновения пожара, а также значений величины индивидуального пожарного риска, после изменения ширины дверного проема с 0,7 до 0,8 м.

Из табл. 9 видно, что величина индивидуального пожарного риска не превышает нормативного значения только при наличии СПС и СОУЭ.

То есть для достижения нормативного значения индивидуального пожарного риска (10^{-6}) в здании кафе требуется выполнить ряд противопожарных мероприятий: на рассматриваемом объекте защиты потребуется увеличить дверной проем с 0,7 м до 0,8 м. и здание системами СОУЭ и СПС, при этом индивидуальный пожарный риск составит $0,29 \cdot 10^{-6}$ год.

В этом случае потери от пожара могут составить 15 478 995 руб. при вложениях в сумму 252 652 руб.

Потери от пожара в случае невыполнения предложенных мероприятий могут составить 24 391 934 руб.

То есть вложение средств в размере 252 652 руб. позволяет снизить возможный ущерб от пожара на сумму около 9 млн руб. То есть на один вложенный рубль получаем снижение потерь в размере 35,6 руб.

Анализ приведенных результатов расчетов является основанием для принятия управленческого решения по обеспечению пожарной безопасности.

Заключение. Результаты проведенной работы показывают, что на величину индивидуального пожарного риска влияет как состояние путей эвакуации, так и наличие на объекте защиты технических систем противопожарной защиты.

Таблица 3

Результаты оценки индивидуального пожарного риска

Q_n	$K_{ан}$	$P_{пр}$	$P_э$	$K_{пз}$	Индивидуальный пожарный риск
$3,88 \cdot 10^{-2}$	0,9	0,583	0	0	$2,26 \cdot 10^{-3}$

Таблица 4

Результаты оценки индивидуального пожарного риска

Q_n	$K_{ан}$	$P_{пр}$	$P_э$	$K_{пз}$	Индивидуальный пожарный риск
$3,88 \cdot 10^{-2}$	0,9	0,583	0	0,8704	$2,93 \cdot 10^{-4}$

Таблица 5

Результаты оценки индивидуального пожарного риска

Q_n	$K_{ан}$	$P_{пр}$	$P_э$	$K_{пз}$	Индивидуальный пожарный риск
$3,88 \cdot 10^{-2}$	0,9	0,583	0,999	0	$2,26 \cdot 10^{-6}$

Таблица 6

Результаты оценки индивидуального пожарного риска

Q_n	$K_{ан}$	$P_{пр}$	$P_э$	$K_{пз}$	Индивидуальный пожарный риск
$3,88 \cdot 10^{-2}$	0,9	0,583	0,999	0	$2,26 \cdot 10^{-6}$

Таблица 7

Результаты оценки индивидуального пожарного риска

Q_n	$K_{ан}$	$P_{пр}$	$P_э$	$K_{пз}$	Индивидуальный пожарный риск
$3,88 \cdot 10^{-2}$	0,9	0,583	0,999	0	$2,26 \cdot 10^{-6}$

Результаты оценки индивидуального пожарного риска

$Q_{\text{п}}$	$K_{\text{ап}}$	$P_{\text{пр}}$	$P_{\text{з}}$	$K_{\text{пз}}$	Индивидуальный пожарный риск
$3,88 \cdot 10^{-2}$	0,9	0,583	0,999	0,8704	$0,29 \cdot 10^{-6}$

Таблица 9

Результаты исследования

Наименование системы пожарной безопасности	Затраты на проектирование, оборудование и монтаж, руб.	Потери при пожаре, руб./год	Значение индивидуального пожарного риска, год ⁻¹
СОУЭ	Проектирование ≈29 534 Оборудование ≈97 738,19 Монтаж ≈10 000 Итого: 137 272,19	15 478 994,7	$2,26 \cdot 10^{-6}$
СПС	Проектирование ≈30 355,56 Оборудование ≈21 475,12 Монтаж ≈63 550 Итого: 115 380,68	15 478 994,7	$2,26 \cdot 10^{-6}$
СОУЭ+СПС	Проектирование ≈59 889,56 Оборудование ≈119 213,31 Монтаж ≈73 550 Итого: 252 652,87	15 478 994,7	$0,29 \cdot 10^{-6}$

Были проведены расчеты материальных потерь от возможного пожара в двух вариантах: при наличии и отсутствии соответствующих систем. Показано, что материальные потери возможны даже при полном соответствии объекта требованиям пожарной безопасности. Вместе с тем, отсутствие систем противопожарной защиты приводит к их существенному увеличению.

Сравнительный анализ затрат на обеспечение пожарной безопасности, возможных потерь от пожара и индивидуального пожарного риска показал, что для приведения объекта в противопожарное состояние, при котором индивидуальный пожарный риск будет соответствовать нормативным требованиям, необходим монтаж системы пожарной сигнализации, системы оповещения и управления эвакуацией при пожаре, и изменение ширины одного из дверных проемов. При этом, на один вложенный рубль получаем снижение потерь в размере 35,6 руб., что свидетельствует об оптимизации мероприятий по пожарной безопасности на объекте защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». М., 2008.
2. СП 1.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы». М., 2020.
3. СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты». М., 2020.
4. СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности». М., 2009.
5. СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям». М., 2013.
6. СП 112.13330.2011 «Пожарная безопасность зданий и сооружений». М., 2011.
7. СП 486.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности». М., 2020.
8. «Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации». М., 2020.
9. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденная приказом МЧС России от 30.06.2009 г. №382. М., 2009.
10. МДС 21-3.2001 «Методика и примеры технико-экономического обоснования противопожарных мероприятий», М., 2001.
11. Яковлев В. А., Семенова А. Н. Экономическая целесообразность противопожарных мероприятий // Московский экономический журнал. 2019. № 11.
12. Ефимова М. С. Вопросы противопожарной безопасности // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2014. № 4-2 (14). С.159–170.
13. Жуков Р. И., Демененко И. А. Экономическая целесообразность противопожарных действий // Вектор экономики. 2019. № 2 (32). С. 77.
14. Ермилов А. В., Белорожев О. Н., Никишов С. Н., Баканов М. О. Тактика тушения пожаров. Иваново, 2020. 102 с.



REFERENCES

1. Federal Law No. 123-FZ of July 22, 2008 «Technical Regulations on Fire safety requirements». Moscow, 2008. (In Russ.)
2. SP 1.13130.2009. Fire protection systems. Escape routes and exits. Moscow, 2009. (In Russ.)
3. SP 2.13130.2012. Fire protection systems. Ensuring fire resistance of protection objects. Moscow, 2012. (In Russ.)
4. SP 3.13130.2009. Fire protection systems. Warning system and management of evacuation of people in case of fire. Fire safety requirements. Moscow, 2009. (In Russ.)
5. SP 4.13130.2013. Fire protection systems. Limiting the spread of fire on protection objects. Requirements for space-planning and structural solutions. Moscow, 2013. (In Russ.)
6. SP 112.13330.2011 «Fire safety of buildings and structures». Moscow, 2011. (In Russ.)
7. SP 486.1311500.2020 «Fire protection systems. The list of buildings, structures, premises and equipment subject to protection by automatic fire extinguishing installations and fire alarm systems. Fire Safety Requirements». Moscow, 2020. (In Russ.)
8. «Decree of the Government of the Russian Federation No. 1479 of September 16, 2020 «On approval of the Rules of the Fire Protection Regime in the Russian Federation». Moscow, 2020. (In Russ.)
9. Methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and fire compartments of various classes of functional fire hazard, approved by the Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 30.06.2009 No. 382. Moscow, 2009. (In Russ.)
10. MDS 21-3. 2001 «Methodology and examples of a feasibility study of fire-fighting measures», Moscow: 2001. (In Russ.)
11. Yakovlev V. A., Semenova A. N. Economic feasibility of fire-fighting measures. *Moscow Economic Journal*. 2019; 11. (In Russ.)
12. Efimova M. S. Questions of fire safety. *Bulletin of the Don State Agrarian University*. 2014; 4-2 (14): 159-170. (In Russ.)
13. Zhukov R. I., Demenenko I. A. Economic expediency of fire-fighting actions. *Vector of economics*. 2019; 2 (32): 77. (In Russ.)
14. Ermilov A. V., Belorozhev O. N., Nikishov S. N., Bakanov M. O. Fire extinguishing tactics: a practical course. Ivanovo, 2020. 102 p. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 20.02.2022; одобрена после рецензирования 18.03.2022; принята к публикации 05.04.2022.

The article was submitted 20.02.2022; approved after reviewing 18.03.2022; accepted for publication 05.04.2022.

120

