

УДК 614.849

А. И. Фомин, д. т. н., профессор кафедры аэрологии, охраны труда и
природы (КузГТУ)

Д. А. Бесперстов, аспирант (ФГБОУ ВПО «Кемеровский
технологический институт пищевой промышленности»)
г. Кемерово

ВЛИЯНИЕ СРЕДСТВ СПАСЕНИЯ С ВЫСОТЫ НА РИСК ГИБЕЛИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ В ЗДАНИЯХ

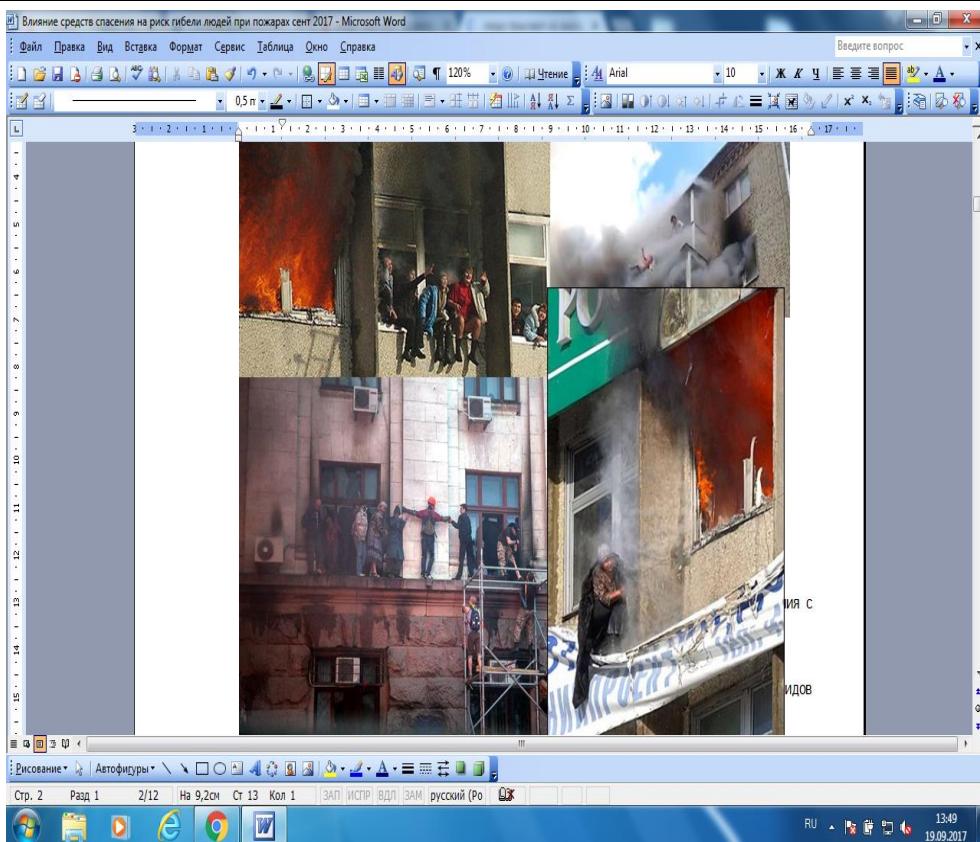
Изложена методика использования средств спасения людей при пожарах и их влияние на величину индивидуального пожарного риска. Согласно представленной методики возможно определение необходимого количества средств спасения людей исходя из технических характеристик данных устройств и времени наступления опасных факторов пожара. Представлен порядок расчета вероятности наступления события по недопущению гибели людей при использовании средств спасения и влияние данной вероятности на расчетную величину индивидуального пожарного риска. Методика позволила обосновать повышение уровня вероятности эвакуации (самоспасения) людей, не имеющих возможность покинуть здание в штатном режиме. Представлена возможность влияния технических характеристик спасательных устройств на расчетную величину индивидуального пожарного риска, используемого при оценке обеспечения пожарной безопасности на объектах защиты.

Ключевые слова: ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ, РИСК ГИБЕЛИ ЛЮДЕЙ, ВЕРОЯТНОСТЬ НЕГАТИВНЫХ СОБЫТИЙ, ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, СРЕДСТВА СПАСЕНИЯ ПРИ ПОЖАРАХ, ОПАСНЫЕ ФАКТОРЫ ПОЖАРА, ВЕРОЯТНОСТЬ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ СРЕДСТВ СПАСЕНИЯ.

Актуальность

Не смотря на ежегодное снижение количества пожаров и погибших от них, обеспечение пожарной безопасности объекта защиты и людей остается актуальным по причине значительного материального ущерба и высокого уровня гибели людей. Так по статистическим данным МЧС России за 2016 год в Российской Федерации произошло 139703 пожара, на которых погибло 8760 человек, травмировано 9909 человек. Прямой, безвозвратный материальный ущерб от пожаров составил более 14 млрд. рублей [1].

Ряд возникших пожаров показал, что пожарными подразделениями не всегда удается своевременно спасти людей с высоты. Имеет место гибели и травмирования людей не только от непосредственного воздействия опасных факторов пожара, но и в результате их падения со значительной высоты.



Зачастую, при пожарах люди сталкиваются с тем, что не представляется возможным безопасно эвакуироваться. В результате стремительного роста опасных факторов пожара люди становятся «отрезанными» от путей эвакуации. Особенно данная ситуация наиболее актуальна для многоэтажных зданий и сооружений, где при возникновении пожара на первых этажах люди не могут эвакуироваться из вышележащих. В подобных случаях средства спасения с высоты являются, чуть ли не единственным способом для обеспечения безопасности людей при возникновении пожара.

С учетом вышеизложенного при обеспечении людей средствами спасения необходимо учитывать время наступления опасных факторов пожара, а также технические характеристики устройств самоспасения.

Вместе с этим, в настоящее время недостаточно изучено влияние средств спасения с высоты на расчетную величину индивидуального пожарного риска, которая учитывается при оценке обеспечения пожарной безопасности объекта защиты [2].

Обеспечение и оценка пожарной безопасности людей

Обеспечение пожарной безопасности людей и имущества на объекте защиты достигается посредством разработки комплекса организационно-технических мероприятий направленных на развитие подсистем предотвращения пожара, противопожарной защиты и профилактической работы. В каждую подсистему входит разработка соответствующих ей мероприятий [2].

Система обеспечения пожарной безопасности представлена в виде блок – схемы (Рис. 1).

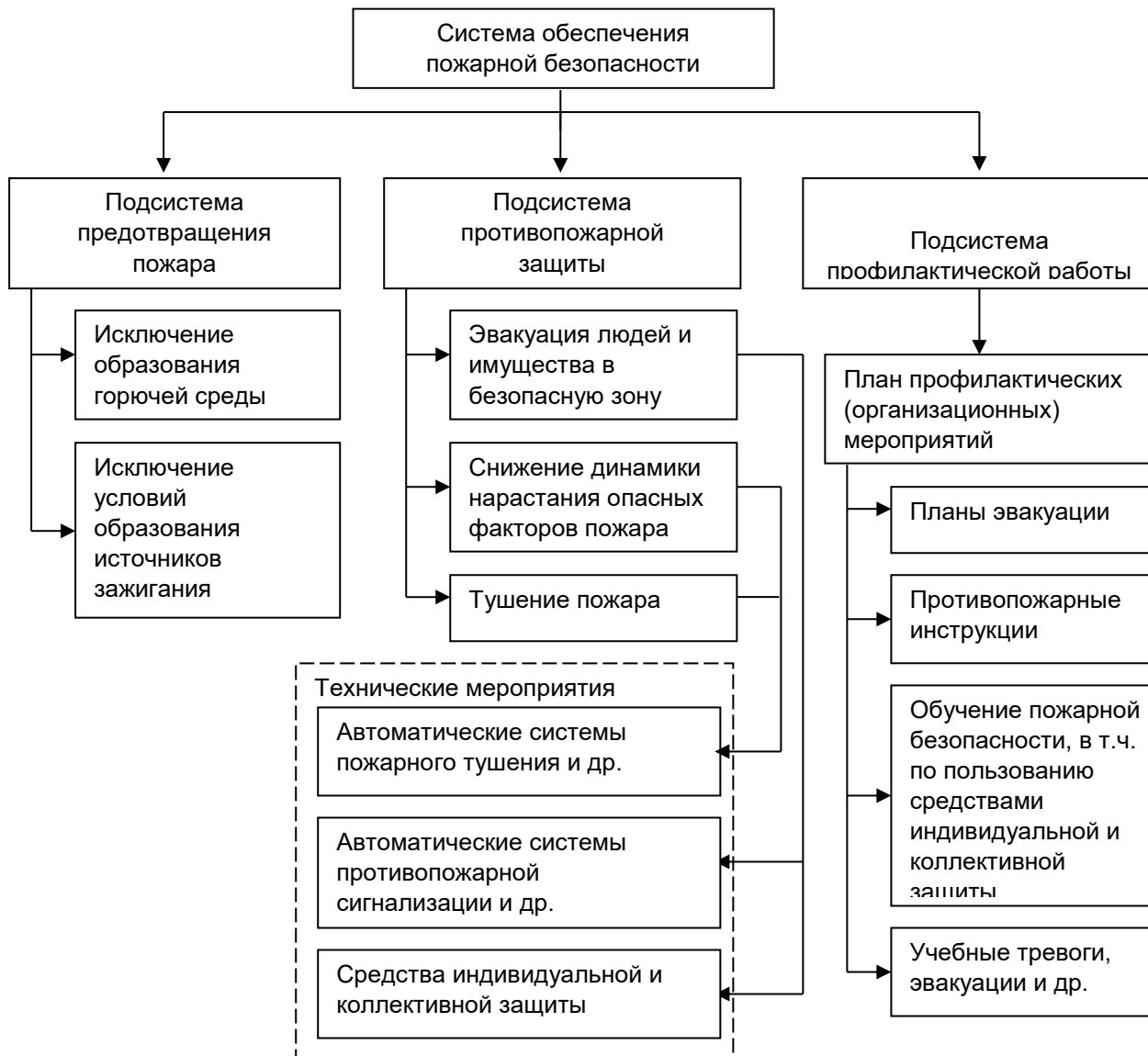


Рисунок 1 – Блок-схема системы обеспечения пожарной безопасности

В соответствии с действующим законодательством Российской Федерации система пожарной безопасности должна обеспечить допустимый уровень пожарной опасности для людей не более 10^{-6} , превышение которого не допустимо [2].

Вместе с этим, стоимость мероприятий, входящих в систему обеспечения пожарной безопасности, направленных на достижение допустимого уровня пожарной опасности должны отвечать требованиям целесообразности и экономической эффективности. Не требуется выполнение всех имеющихся требований, изложенных в нормативно-

правовой документации, которые не всегда являются эффективными и соответствующими требованиям Федерального закона Российской Федерации «О техническом регулировании» [3], а также Федерального закона Российской Федерации «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2], являющихся основополагающими законодательными актами при квалификации нарушений обязательных и рекомендательных требований пожарной безопасности. Фактически всегда на практике существует возможность снижения затрат на противопожарные мероприятия для достижения минимально необходимого уровня риска.

Вышеизложенное учитывается и при проведении оценок соответствия объектов защиты установленным требованиям в области пожарной безопасности, т.е. оценок обеспечения безопасности людей и имущества при возникновении пожаров. Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности установлено, что на объекте защиты обеспечивается безопасность людей и имущества при выполнении одного из следующих условий:

1) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности;

2) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и нормативными документами по пожарной безопасности [2].

С учетом данных условий обеспечения пожарной безопасности на объекте, при невозможности выполнения всех требований в области пожарной безопасности или экономической нецелесообразности их реализации расчет пожарных рисков является единственным решением, по оценке пожаробезопасности объекта.

Перед тем как определить влияние средств спасения на расчетную величину индивидуального пожарного риска необходимо рассмотреть возможность применения средств защиты и (или) средства спасения, обосновать необходимое их количество, определить их воздействие на вероятность эвакуации (самоспасения) людей при возникновении пожара.

Средства защиты и спасения людей с высоты, обоснование их выбора

Для определения области эффективности использования средств защиты и спасения людей при пожаре необходимо проанализировать данные средства.

В настоящее время средства защиты в зависимости от характера их применения подразделяют на две категории:

- средства коллективной защиты;

- средства индивидуальной защиты.

Средства индивидуальной и коллективной защиты - технические средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения [4].

Средства защиты должны способствовать полной или минимально необходимой безопасной эвакуации людей. Они должны обеспечивать их пожарную безопасность при невозможности применения других систем противопожарной защиты.

Средства спасения – средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека от опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для выхода из горящих зданий, сооружений, помещений, производственных объектов [5].

Как видно из определений для средств защиты и спасения ставятся практически одинаковые задачи – достижение пожарной безопасности людей.

Количество средств защиты и спасения, их размещение в зданиях и сооружениях должны обеспечивать безопасность людей в течение времени, необходимого для эвакуации в безопасную зону, или в течение времени, необходимого для проведения специальных работ по тушению пожара. При этом возникает ряд вопросов: как выполнить данные требования? Как подобрать, а главное, как выбрать наиболее эффективные средства защиты и спасения людей?

Вместе с этим для людей, находящихся в зданиях и сооружениях, имеющих высокую пожарную опасность (производственные объекты, объекты с деревянными и пустотными стенами и перекрытиями) средства защиты, а также средства спасения являются подчас единственным путем для достижения их безопасности при пожаре. Это обусловлено тем, что наступление опасных факторов пожара в зданиях и сооружениях данной категории происходит значительно быстрее беспрепятственной эвакуации людей, а внедрение дорогостоящих систем обеспечения пожарной безопасности людей экономически малоэффективно и социально не целесообразно.

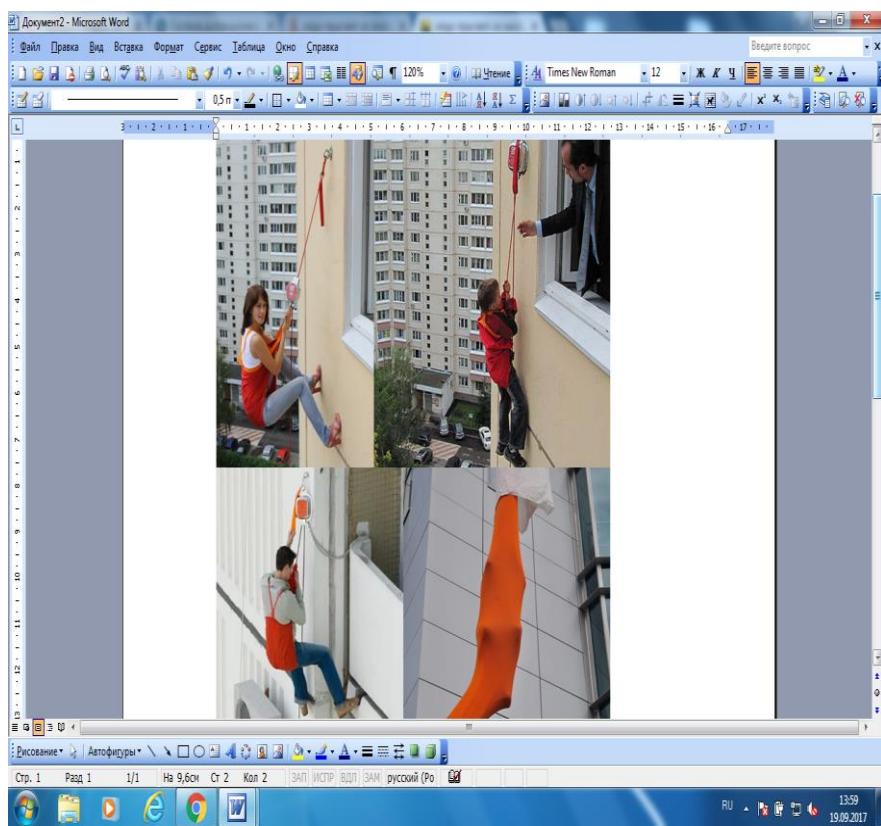
Средства защиты и спасения людей предназначены для обеспечения их безопасности при эвакуации или самоспасании.

Технический регламент о безопасности средств индивидуальной защиты прописывает общие требования к средствам защиты, из которых следует, что данные средства должны соответствовать минимально необходимым требованиям по обеспечению механической, термической, электрической и радиационной безопасности [6].

Средства индивидуальной защиты для предприятий малоэффективны, не смотря на то, что они по своему назначению должны обеспечивать снижение недопустимого пожарного риска до допустимого. Во-первых, в

зданиях опасные факторы пожара в большинстве случаев наступают по потере видимости. Данные средства основаны на защите органов дыхания от сильнодействующих отравляющих веществ выделяемых в результате пожара, как правило, это противогазы, маски, костюмы малоэффективные при задымлении помещений и путей эвакуации. Учреждения отличаются массовым пребыванием людей, особенно в дневное и рабочее время суток. Хотелось бы отметить, что проблема еще кроется в сохранности данных средств. Если за каждым работником предприятия не представляются трудности по закреплению (выделению) средств, то как решить вопрос с посетителями??? Если организовать выдачу их в определенных местах зданиях, из складского помещения, то существует риск возникновения пожара вблизи места выдачи средств. Скопление людей у склада, также отрицательно влияет на общее время эвакуации, так как потребуется дополнительное время на прохождение пути до средств, а затем еще и на его получение.

На основании вышеизложенного средства индивидуальной защиты малоэффективны для людей, находящихся в зданиях и (или) сооружениях при возникновении пожара. В данном случае проблемы могут решаться при применении средств спасения с высоты, так как для большинства предприятий характерны многоэтажные здания от 2-х и более этажей.



Обоснование необходимого количества средств спасения

В общем случае тип и количество спасательных устройств, необходимых для спасения людей из здания при пожаре, определяются следующими факторами:

- контингентом людей, находящихся в здании и (или) сооружении (объектовом пункте пожаротушения или посту безопасности), с учетом их возраста и физического состояния;
- количеством людей, по тем или иным причинам не имеющих возможности покинуть здание и (или) сооружение за расчетное время эвакуации, пользуясь основными путями эвакуации;
- временем движения человека от наиболее удаленного помещения до спасательного устройства, мин;
- временем подготовки спасательного устройства к работе, мин;
- временем спуска первого человека на (в) спасательном устройстве, мин;
- пропускной способностью спасательного устройства, чел/мин;
- предельно допустимым временем проведения спасания, мин.

Необходимое количество однотипных спасательных устройств, установленных в одном месте, рассчитывается по формуле 1:

$$n = \frac{N}{Q \cdot t_{спас}}, \quad (1)$$

где n – количество спасательных устройств одного типа;

N – расчетное количество людей, не имеющих возможности покинуть здание и (или) сооружение в штатном режиме;

Q – пропускная способность (производительность) спасательного устройства, чел./мин;

$t_{спас}$ – время спасения, при котором опасные факторы пожара не успеют достичь критических значений в зоне нахождения спасаемых.

Производительность канатно-спусковых устройств Q , чел./мин. является переменной величиной в зависимости от высоты и может быть определена по формуле 2:

$$Q = \frac{1}{t_{подг} + t_{спуск}}, \quad (2)$$

где $t_{подг}$ - время подготовки человека к спуску (прыжку) на спасательном устройстве после спуска (прыжка) предыдущего человека, мин;

$t_{спуск}$ - время спуска человека на спасательном устройстве до безопасного уровня, мин.

где, в свою очередь, $t_{спуск} = H_{спуск} / V_{спуск}$; $H_{спуск}$ - высота спуска в метрах; $V_{спуск}$ - скорость спуска, м/мин.

Время спасения людей, при котором на них перестанут действовать опасные факторы пожара, определяется по формуле 3:

$$t_{спас} = t_b + t_{подг} + t_{спуск} + t_{актив}, \quad (3)$$

где t_b - время от начала движения людей до места применения средства спасения, мин;

$t_{\text{подг}}$ - время подготовки человека к спуску (прыжку) на спасательном устройстве после спуска (прыжка) предыдущего человека, мин;

$t_{\text{спуск}}$ - время спуска человека на спасательном устройстве до безопасного уровня, мин [4].

ГОСТом Р 12.3.047-12 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля» установлено расчетное время эвакуации людей в случае пожара (t_p) – это время от начала движения людей до выхода в безопасную зону (далее t_b) – время выхода. Безопасная зона – зона, в которой люди защищены от воздействия опасных факторов пожара или в которой опасные факторы пожара отсутствуют. Также данным ГОСТом установлено необходимое время эвакуации людей в случае пожара (t_h) – это время, которое возможно предварительно рассчитать для типичных объектов, от начала пожара до наступления опасных факторов пожара, имеющих предельно допустимые для людей значения (далее $t_{p \text{ офф}}$). Эвакуация - процесс организованного самостоятельного движения людей непосредственно наружу или в безопасную зону из помещений, в которых имеется возможность воздействия на людей опасных факторов пожара [7].

На основании выше изложенного можно сделать вывод о том, что эвакуация людей должна завершиться до наступления опасных факторов пожара, т.е. расчетное время эвакуации должно быть меньше необходимого.

Условия эвакуации людей выполняются при реализации следующего неравенства: $t_b < t_{p \text{ офф}} \Rightarrow t_b/t_{p \text{ офф}} < 1$. Из данного неравенства следует, что $1-t_b/t_{p \text{ офф}} > 0$. В данном случае эвакуация выполняется до наступления опасных факторов пожара при значении $1-t_b/t_{p \text{ офф}}$ выше нуля.

Условия эвакуации людей не выполняются при реализации следующего неравенства: $t_b \geq t_{p \text{ офф}} \Rightarrow t_b/t_{p \text{ офф}} \geq 1$. Из данного неравенства следует, что $1-t_b/t_{p \text{ офф}} \leq 0$. В данном случае эвакуация не выполняется до наступления опасных факторов пожара при значении $1-t_b/t_{p \text{ офф}}$ ниже (равно) нуля.

С учетом вышеизложенных условий эвакуации, введем коэффициент пожаробезопасности K равный $1-t_b/t_{p \text{ офф}}$, т.е. равенство примет следующий вид:

$$K = 1 - \frac{t_b}{t_{p \text{ офф}}} \quad (4)$$

Из условия (4) следует следующее условие:

$$t_b = t_{p \text{ офф}} \cdot (1-K) \quad (5)$$

Преобразовав формулы (1, 2, 3 и 5), необходимое количество однотипных спасательных устройств (n) определяется по следующему выражению:

$$n = \frac{N \cdot (t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}})}{t_{\text{пожар}} \cdot (1-K) + t_{\text{выход}} + t_{\text{спуск}} + t_{\text{подъем}}} \quad (6)$$

При условии минимально необходимого количества средств спасения для обеспечения безопасности людей, при $K=0$, формула (6) примет вид:

$$n = \frac{N \cdot (t_{\text{подг}} + t_{\text{спуск}})}{t_{\text{пожар}} + t_{\text{выход}} + t_{\text{спуск}} + t_{\text{подъем}}} \quad (7)$$

Как мы видим, выражение (7) позволило обосновать необходимое количество средств спасения исходя из расчетных значений опасных факторов пожара и технических характеристик спасательных устройств.

Влияние средств спасения с высоты на вероятность эвакуации (самоспасения) людей при возникновении пожара

Риск – сочетание вероятности и последствий наступления неблагоприятных событий. Знание вероятности неблагоприятного события позволяет определить вероятность благоприятных событий по формуле $P_+ = 1 - P_-$. В свою очередь, вероятность — степень (относительная мера, количественная оценка) возможности наступления некоторого события.

В теории вероятностей и математической статистике понятие вероятности формализуется как числовая характеристика события — вероятностная мера (или её значение) — мера на множестве событий (подмножества множества элементарных событий), принимающая значения от 0 до 1. Значение 1 соответствует достоверному событию. Невозможное событие имеет вероятность 0. Если вероятность наступления события равна p , то вероятность его не наступления равна $1 - p$ [8].

С учетом вышеизложенного, безопасность людей обеспечивается при значении вероятности события по недопущению их гибели от 0,999999 до 0, где при 0,999999 или 10^{-6} – уровень пожарной безопасности людей обеспечивается безусловно (максимально).

Как мы видим, формулировка вероятности наступления события по недопущению гибели людей идентична определению коэффициента пожаробезопасности K , рассчитываемый по формуле (4).

Преобразовав формулу (6), вероятность наступления события по недопущению гибели людей с использование средств спасения с высоты K' определяется по формуле:

$$K' = \frac{N(t_{\text{спас}} + t_{\text{эвак}})}{n \cdot t_{\text{спас}}} - \frac{t_{\text{спас}} + t_{\text{эвак}} + t_{\text{запазд}}}{t_{\text{спас}}}, \quad (8)$$

В соответствии с существующими методиками, вероятность эвакуации P_3 из зданий (за исключением зданий классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4), рассчитывают по формуле [9]:

$$P_3 = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{\text{бл}} - t_p}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{\text{бл}} < t_p + t_{\text{нэ}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{\text{нэ}} \leq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин} \end{cases} \quad (9)$$

где t_p - расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{\text{нэ}}$ – время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин;

$t_{бл}$ – 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;

$t_{ск}$ – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

Расчетное время эвакуации людей t_p из помещений и зданий определяется на основе моделирования движения людей до выхода наружу.

Как мы видим из формулы (9), вероятность эвакуации людей, не имеющих возможность покинуть сооружение в штатном режиме, равна нулю. Вместе с этим, специальные средства позволяют спастись данным людям, при условии отсутствия воздействия на них опасных факторов пожара, исходя из технических характеристик используемых устройств самоспасения.

С учетом применения средств спасения, вероятность эвакуации P_e из зданий (за исключением зданий классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4), определяемой по формуле (9), с учетом выражения (8), примет вид:

$$P_e = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{бл}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и } t_p + t_{ск} \leq \text{бмин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{ск} \leq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и } t_{бл} \leq \text{бмин} \\ \frac{N_e(t_{ск} + t_{перев}) - t_{ск} - t_{перев}}{N_e t_{бл}} \cdot \frac{t_{ск} + t_{перев} + t_{перев}}{t_{бл}}, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и при } t_{бл} > \text{бмин} \text{ но } t_{ск} + t_{перев} + t_{перев} \leq t_{бл} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и при } t_{бл} > \text{бмин} \text{ и } t_{ск} + t_{перев} + t_{перев} > t_{бл} \end{cases} \quad (10)$$

По существующим методикам, вероятность эвакуации P_e из зданий класса функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4 рассчитывают по формуле:

$$P_e = \frac{N_e - N_{неэ}}{N_e} \cdot 0,999 \quad (11)$$

где N_e – общее количество людей, эвакуирующихся в рассматриваемом сценарии;

$N_{неэ}$ – количество не эвакуировавшихся людей. Определяется путем суммирования по всем участкам путей эвакуации людей, не успевших покинуть указанный участок до его блокирования опасными факторами пожара (для которых $t_p + t_{неэ} \geq 0,8 \cdot t_{бл}$), и людей, попавших в скопление продолжительностью более 6 мин ($t_p > 6\text{мин}$);

t_p – расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{неэ}$ – время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин;

$t_{бл}$ – 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;

$t_{ск}$ – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

В данном случае, вероятность наступления благоприятного события для не эвакуировавшихся людей применяющих средства спасения также не учитываются.

Вероятность эвакуации P_e из зданий класса функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4, определяемой по формуле (11), с учетом вероятности самоспасения людей K' , определяемой по формуле (8), примет вид:

$$P_e = \frac{N_1 - N_{\text{эвак}}(1 - K')}{N_1} 0,999, \quad (12)$$

Расчетная величина индивидуального пожарного риска с учетом вероятности самоспасения людей

Расчетная величина индивидуального пожарного риска Q_b , согласно нормативно-правовых актов [9], рассчитывается по формуле:

$$Q_b = Q_p (1 - K_{ap}) P_{pr} (1 - P_e) (1 - K_{p,z}), \quad (13)$$

где Q_p – частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных, приведенных в справочнике. При отсутствии статистической информации допускается принимать $Q_p = 410^{-2}$ для каждого здания;

K_{ap} – коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения (далее – АУТ) требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. Значение параметра K_{ap} 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_{ap} принимается равной нулю.

P_{pr} – вероятность присутствия людей в объекте защиты, определяемая из соотношения $P_{pr} = t_{\text{функция}}/24$, где $t_{\text{функция}}$ – время нахождения людей в здании, в часах, $t_{\text{функция}} \leq 24$ ч. Для многофункциональных зданий, в которых находится более 50 человек можно предположить, что $P_{pr} = 1$;

P_e – вероятность эвакуации людей, определяемая по формуле (10);

$K_{p,z}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, $K_{p,z}$ рассчитывается по формуле:

$$K_{p,z} = 1 - (1 - K_{obn} \cdot K_{coy}) \cdot (1 - K_{obn} \cdot K_{pdz}), \quad (14)$$

где $K_{обн}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы пожарной сигнализации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

$K_{соуэ}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

$K_{пдз}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противодымной защиты, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Порядок оценки параметров $K_{обн}$, $K_{соуэ}$ и $K_{пдз}$:

Значение параметра $K_{обн}$ принимается равным 0,8, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

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

- оборудования здания системой пожарной сигнализации не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

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

Значение параметра $K_{соуэ}$ принимается равным 0,8, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано системой оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- оборудование здания системой оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

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

Значение параметра $K_{пдз}$ принимается равным 0,8, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано системой противодымной защиты, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- оборудования здания системой противодымной защиты не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

В остальных случаях $K_{пдз}$ принимается равным нулю [9].

Расчетная величина индивидуального пожарного риска Q_B , в зданиях класса функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4, для людей, использующих средства спасения, будет рассчитываться по формуле:

$$Q_B = Q_{п} \cdot [1 - (P_3 + (1 - P_3) \cdot P_{сп})], \quad (15)$$

где $Q_{\text{п}}$ - частота возникновения пожара в здании в течение года определяется на основании статистических данных, приведенных в справочных данных;

$P_{\text{э}}$ – вероятность эвакуации людей, определяемая по формуле (12);

$P_{\text{сп}}$ – вероятность спасения людей.

Вероятность спасения $P_{\text{сп}}$ определяется по формуле:

$$P_{\text{сп}} = 1 - (1 - K_{\text{п.з}}) \cdot (1 - K_{\text{ФПС}}) \cdot (1 - K_{\phi}) \cdot (1 - K_{\text{эв}}), \quad (16)$$

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

$K_{\text{ФПС}}$ – коэффициент, учитывающий дислокацию подразделений пожарной охраны на территории поселений и городских округов, принимается равным 0,95 в случае соответствия ее требованиям Технического регламента и нормативных документов по пожарной безопасности. В остальных случаях $K_{\text{ФПС}}$ принимается равной нулю.

K_{ϕ} – коэффициент, учитывающий класс функциональной пожарной опасности здания. Значение параметра K_{ϕ} принимается равным 0,75 в следующих случаях:

для зданий класса Ф1.1 в случае соблюдения требований нормативных документов по пожарной безопасности к оснащению первичными средствами пожаротушения;

для зданий класса Ф1.3 в случае соблюдения требований нормативных документов по пожарной безопасности к устройству аварийных выходов;

для зданий класса Ф1.4 – во всех случаях;

В остальных случаях для зданий классов Ф1.1. Ф1.3 K_{ϕ} принимается равной нулю;

$K_{\text{эв}}$ – коэффициент, учитывающий соответствие путей эвакуации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Значение параметра $K_{\text{эв}}$ принимается равным 0,8 в случае соблюдения требований нормативных документов по пожарной безопасности к путям эвакуации.

В остальных случаях $K_{\text{эв}}$ принимается равной нулю [9].

Значение времени начала эвакуации $t_{\text{нэ}}$ (с) для помещения очага пожара следует определять по формуле:

$$t_{\text{нэ}} = 5 + 0,01 \cdot F, \quad (17)$$

где F – площадь помещения, м².

В случае если время начала эвакуации, рассчитанное по указанной формуле, превышает время начала эвакуации, определенное в справочных данных, время начала эвакуации из помещения очага пожара следует принимать по справочным данным.

Для остальных помещений значение времени начала эвакуации $t_{н\mathcal{E}}$ следует определять по справочным данным [9].

В свою очередь на величину расчетного времени эвакуации (t_p) людей влияют следующие параметры:

l – длина путей эвакуации, м;

b – ширина путей эвакуации, м;

N – количество людей на первоначальных участках, чел.;

f – площадь горизонтальной проекции человека, м²/чел.

На величину скопления людей на участках пути ($t_{ск}$) влияет следующее:

N – количество людей попавших в скопление, чел.;

f – площадь горизонтальной проекции людей, попавших в скопление, м²/чел.

b_{i+1} – ширина путей эвакуации на последующем участке, м;

$q_{приD=0,9}$ – интенсивность движения людей при максимальной их плотности м²/ м².

На значение наступления опасных факторов пожара на путях эвакуации ($t_{б.л}$) влияет:

t_0 – начальная температура воздуха в помещении, °C;

h – высота рабочей зоны, м;

Q_h – низшая теплота сгорания материала, МДж/кг;

C_p – удельная изобарная теплоемкость газа, МДж/кг;

– коэффициент теплопотерь (принимается по данным справочной литературы, при отсутствии данных может быть принят равным 0,3);

– коэффициент полноты горения;

V_{cb} – свободный объем помещения, м³. Допускается принимать 80 % от геометрического объема;

α – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;

E – начальная освещенность, лк;

l_{pr} – предельная дальность видимости в дыму, м;

D_m – дымообразующая способность горящего материала, Нпм²/кг;

L – удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, кг/кг;

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

L_{O_2} – удельный расход кислорода, кг/кг и т.д [9].

Из формул (13) и (15) видно, что расчеты пожарных рисков проводятся для объектов защиты, за исключением зданий с детьми и маломобильных групп населения, а также жилых домов согласно

стандартной методики определения расчетных величин индивидуального пожарного риска (Q_b), основанной на статистических данных возникновения пожара в здании в течение года (Q_n), соответствии систем противопожарной защиты (K_{ap} , K_{pz}), присутствии людей в здании (P_{pr}) и вероятности эвакуации людей в безопасную зону до наступления опасных факторов пожара (P_e). В свою очередь вероятность эвакуации людей зависит от расчетного времени их эвакуации (t_p), времени начала эвакуации (t_{ne}), времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара (t_{bl}), а также времени существования скопления людей на участках пути (t_{sk}).

Для зданий с детьми и маломобильных групп населения, а также многоквартирных и одноквартирных жилых домов вместе с вышеприведенными параметрами учитывается дислокация подразделений пожарной охраны на территории поселений и городских округов (K_{fpc}), соблюдение требований нормативных документов по пожарной безопасности к оснащению здания первичными средствами пожаротушения и аварийным выходам (K_f), а также соответствие требований к путям эвакуации (K_{ev}).

Как мы видим, стандартной методикой расчета величины индивидуального пожарного риска не предусмотрено влияние на него средств спасения.

В связи с тем, что средства спасения с высоты используются людьми, не имеющими возможность покинуть здание и (или) сооружение в штатном режиме, и их применение влияет на параметр эвакуации (самоспасения) людей, то для расчета величины индивидуального пожарного риска по формулам (13), (15), при определении вероятности эвакуации людей, необходимо применять формулы (10), (12).

Выводы и предложения

Предлагаемая методика позволила раскрыть потенциал применения средств спасения с высоты, связать их характеристики с расчетной величиной индивидуального пожарного риска, используемого при оценке обеспечения пожарной безопасности на объекте защиты.

В связи с тем, что технические характеристики средств спасения, такие как время подготовки человека к спуску (прыжку) на спасательном устройстве ($t_{подг}$), время спуска человека на спасательном устройстве до безопасного уровня ($t_{спуск}$) и время активации спасательного устройства ($t_{актив}$), напрямую влияют на необходимое количество средств спасения и вероятность самоспасения людей, то для производителей данных устройств появилось дополнительное основание для их модернизации и повышения технических характеристик.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Официальный сайт МЧС России. URL: <http://www.mchs.gov.ru/> (дата обращения: 19.09.2017).
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федеральный закон РФ от 22.07.2008 № 123 ([ред. от 29.07.2017](#)). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 20.09.2017).
3. О техническом регулировании [Электронный ресурс]: Федеральный закон РФ от 27.12.2002 № 184 ([ред. от 29.07.2017](#)). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/ (дата обращения: 20.09.2017).
4. Методические рекомендации по применению средств индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, утвержденные главным государственным инспектором Российской Федерации по пожарному надзору генерал-полковником Кирилловым Г.Н. от 11.10.2011г. №2-4-60-12-19. – М.: МЧС России, 2011. – 20 с.
5. Техника пожарная. Самоспасатели изолирующие для защиты органов дыхания и зрения людей при эвакуации из помещений во время пожара. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]: НПБ 169-2001 ([утв. Приказом ГУГПС МВД РФ от 07.09.2001 № 65](#)). URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=584#0> (дата обращения: 20.09.2017).
6. О принятии технического регламента Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» [Электронный ресурс]: Решение Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 878 (ред. от 13.11.2012). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124953/ (дата обращения: 20.09.2017).
7. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 12.3.047-2012 ([утв. и введены в действие Приказом Росстандарта от 27.12.2012 № 1971-ст](#)). URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=17479#0> (дата обращения: 20.09.2017).
8. Гнedenko B. V. Курс теории вероятности. М., 2007. 42 с.
9. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Электронный ресурс]: Приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 (ред. от 02.12.2015). URL: <http://base.garant.ru/12169057/#ixzz4U0fq6wO7> (дата обращения: 20.09.2017).

Список авторов: *Фомин Анатолий Иосифович*
e-mail: ncovostnii@yandex.ru

*Бесперстов Дмитрий
Александрович*
e-mail: gpnbesperstov@yandex.ru

Фомин Анатолий Иосифович – докт. техн. наук, проф. каф.
аэробиологии, охраны труда и природы ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева», г.
Кемерово, ул. Весенняя, 28, телефон/факс 396370, E-mail:
aotp2012@yandex.ru

Бесперстов Дмитрий Александрович аспирант кафедры
«Безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВПО «КемТИПП», г.
Кемерово. Россия, 650024 г. Кемерово, ул. Институтская, д 7.
тел. раб. (3842)771245, 396846
e-mail: gpnbesperstov@yandex.ru

A. I. Fomin (doctor. tech. Sciences, prof. DEP. aerology, labor protection
and nature of the "Kuzbass state technical University named after T. F.
Gorbachev"

D. A. Besperstov (graduate student of FGBOU VPO "Kemerovo
technological Institute of food industry")

THE INFLUENCE OF THE MEANS OF RESCUE FROM HEIGHT THE RISK OF DEATH OF PEOPLE IN FIRES IN BUILDINGS

The technique of use of means of rescue of people in fires and their impact
on the value of individual fire risk. According to the presented methodology it is
possible to define necessary number of means of rescue of people on the basis of
the technical characteristics of these devices and the time of the occurrence of
dangerous factors of a fire-RA. The procedure of calculation of the probability of
occurrence of the event to prevent the deaths of people while using bailout funds
and the impact of this probability on the calculated value of the individual in
garnago risk. The method allowed to justify the increase in the level of ve-
probability of evacuation (self-rescue) of people not having the opportunity to
leave the building in normal mode. The opportunity influence the technical
characteristics of safety devices on the calculated value of individual fire risk used
in the assessment of fire safety on objects of protection.

Keywords: FIRE DANGER, RISK of DEATH, the PROBABILITY of NEGATIVE EVENTS, FIRE SAFETY, means of escape in case of FIRE, hazards of FIRE, PROBABILITY of EVACUATION, the effectiveness of the MEANS of SALVATION.

REFERENCES

1. The official website of EMERCOM of Russia. URL: <http://www.mchs.gov.ru/> (accessed: 19.09.2017).
2. Technical regulations about requirements of fire security of the Russian Federation [Electronic resource]: the Federal law of the Russian Federation of 22.07.2008 № 123 (as amended on 29.07.2017). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (accessed: 20.09.2017).
3. On technical regulation [Electronic resource]: the Federal law of the Russian Federation of 27.12.2002 № 184 (ed. by 29.07.2017). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/ (accessed: 20.09.2017).
4. Guidelines for use of the funds individual system of protection and rescue of people in case of fire approved by the chief state inspector of the Russian Federation on fire supervision Colonel General Kirillov G. N. from 11.10.2011 №2-4-60-12-19. – M.: the Ministry of emergency situations of Russia, 2011. – 20 C.
5. Techniques of fire. Insulating self-rescuers for protection of respiratory organs and sight of people during the evacuation of the premises during a fire. General technical requirements. Test methods [Electronic resource]: NPB 169-2001 (app. Order gugps the Ministry of internal Affairs of the Russian Federation of 07.09.2001 no. 65). URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=584#0> (date accessed: 20.09.2017).
6. About adoption of the technical regulations of the Customs Union "About safety of means of individual protection" [Electronic resource]: Commission Decision Customs Union of 09.12.2011 № 878 (ed. by 13.11.2012). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124953/ (accessed: 20.09.2017).
7. National standard of the Russian Federation. The system Stan-the standards of occupational safety. Fire safety of technological processes. General requirements. Inspection methods [Electronic resource]: GOST R 12.3.047-2012 (app. and put into effect by Rosstandart-TA from 27.12.2012 № 1971-St). URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=STR&n=17479#0> (date accessed: 20.09.2017).
8. Gnedenko B. V. Course of probability theory. M., 2007. 42 C.

9. On approval of the methodology for determining calculated values in
garnago risk in buildings, structures and buildings of various classes of functional
fire danger [Electronic resource]: the Order of EMERCOM of Russia from
30.06.2009 № 382 (as amended on 02.12.2015). URL:
<http://base.garant.ru/12169057/#ixzz4U0fq6wO7> (date accessed: 20.09.2017).