



О. В. Кочнов,
заместитель
генерального директора
группы компаний ESCORT

109044, Москва, ул. Мельникова, д. 7, оф. 32,
8 (495) 937-5341/42, 663-9144 (многоканальные),
8 (800) 3333-005 (бесплатный),
info@escortpro.ru, support@escortpro.ru,
www.escortpro.ru



ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОУЭ. РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ О ПОЖАРЕ ПРИ ОЦЕНКЕ РИСКОВ. ЧАСТЬ 2

В данной статье мы продолжаем тему, начатую в предыдущем номере журнала [1]. Цель статьи – показать место системы оповещения о пожаре в общей структуре обеспечения безопасности зданий и сооружений, познакомить заинтересованные круги с некоторыми аспектами учета надежности, необходимой при определении величины индивидуального пожарного риска. Данная статья является расширенной версией доклада, прочитанного на XIV Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность», проходившей 12, 13 сентября 2019 года в Ивановской пожарно-спасательной академии России.

С бурным ростом технологического прогресса возникают многочисленные задачи и вопросы, разрешить которые можно только слаженным и профессиональным взаимодействием различных структур и ведомств. В данной статье показаны хоть и не многочисленные, но очень актуальные примеры такого взаимодействия, способные минимизировать урон, наносимый воздействием различного рода опасностей, в том числе опасных факторов пожара (ОФП). Основные требования пожарной безопасности к системам оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией (СОУЭ) в зданиях и сооружениях изложены в Статье 84 Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (от 22 июля 2008 г.) [2]. В области обеспечения комплексной безопасности действует не только ФЗ-123, но и, например, ФЗ №384 – «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [3]. При этом задачу объединения данных нормативных законов призван решать ФЗ №184 – «О техническом регулировании» [4]. Именно в нем первоначально появляется понятие «Риск». ФЗ-184, как идея создания единого регулятива, направлен на установление соответствий безопасности рискам причинения вреда и в этом смысле содействует ГОСТ-53195-ч.1, см. также [5]. СОУЭ принимает непосредственное и деятельное участие во всей структуре обеспечения безопасности, рис. 1.

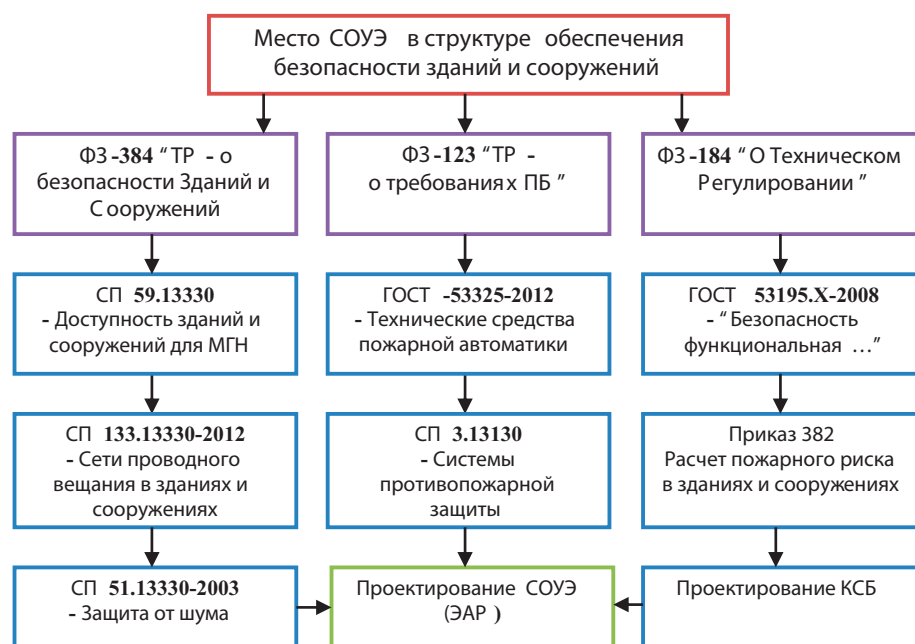


Рис. 1. Место СОУЭ в общей структуре обеспечения комплексной системы безопасности

Более подробно данная структура разбиралась в предыдущем номере журнала [1]. Здесь же мы дадим три кратких комментария:

1) В ГОСТ Р 53195.1-2008, ч.1 «Безопасность функциональная связанных с безопасностью зданий и сооружений систем» [6] сделан упор на интеграцию и скоординированное взаимодействие инженерных систем (СП 133.13330-2012) и КСБ.

2) Сегодня все более пристальное внимание обращается на выполнение требований СП 59.13330 (доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения). Некоторые требования данного СП, между прочим, обеспечиваются СП 3.13130.2009 [7], в частности необходимостью оборудования зданий и сооружений с большой численностью посетителей (или при присутствии МГН) системой селекторной обратной связи.

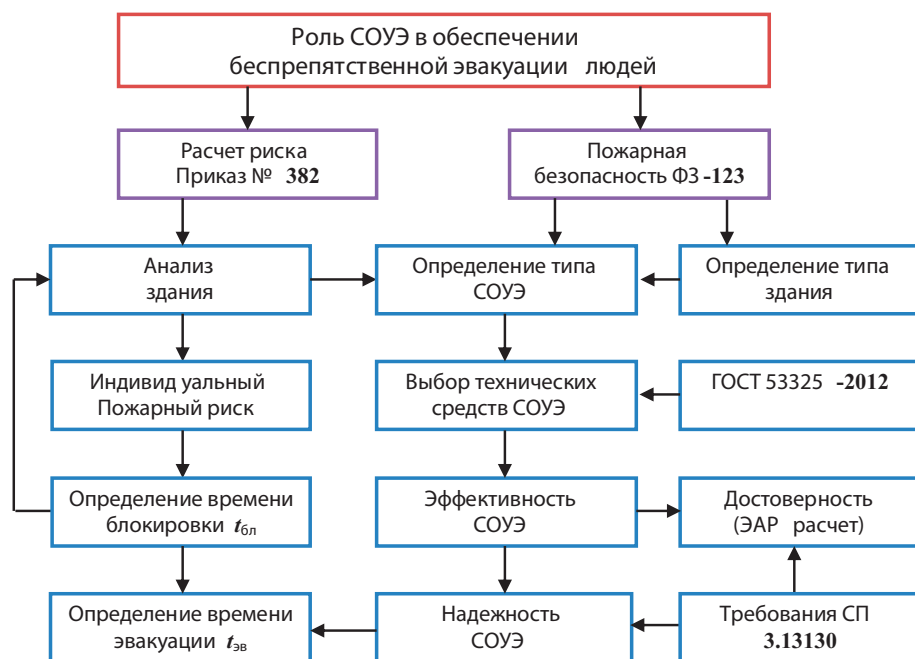


Рис. 2. Роль СОУЭ в обеспечении беспрепятственной эвакуации людей

3) В своде правил СП 51.13330-2003 приводятся шумовые параметры без которых невозможно обеспечение требований [7].

Общие требования (цели, методы и средства) к обеспечению безопасности зданий и сооружений были разработаны и изложены в [6]. Суть данного стандарта, опирающегося в свою очередь, на [4] в следующем: Современные здания и сооружения представляют собой сложные системы, включающие в себя как систему конструкций, так и ряд других: инженерные системы жизнеобеспечения; системы энерго-, ресурсосбережения; КСБ. Рассматриваемый стандарт указывает на три вида опасностей:

1) **Природная опасность** – землетрясение, наводнение, сильные ветра, ураганы, грозы, ливни, оползни и т.д.

2) **Техногенная опасность** – механическая (прочность конструкций), пожар, промышленная опасность, электрическая, химическая, биологическая, радиационная и т.д.

3) **Антропогенная опасность** – неправильная эксплуатация оборудования, действия криминального и террористического характеров.

Кроме того, в состав КСБ входят: аварийные системы; системы контроля; охранные системы. К аварийным относятся: системы аварийного освещения, пожарной сигнализации и мн. др., а также система оповещения и управления эвакуацией людей (СОУЭ) и система оперативной обратной связи.

Роль и значение СОУЭ при расчете рисков

СОУЭ, эффективно взаимодействуя с другими (в т.ч. инженерными) системами, а также с внешними средствами, должна обеспечи-

вать снижение остаточного риска, обусловленного природными, техногенными и антропогенными опасностями, возникающими из-за внешних и внутренних воздействий на комплекс конструкций и другие инженерные системы, до уровня приемлемого риска, установленного в утвержденных технических условиях. Для этого СОУЭ должна обладать эффективностью. Под эффективностью следует понимать следующие положения:

- полное соответствие нормативным требованиям,
- выполнение каждой из подсистем своих заявленных функций,
- полная информационная совместимость; поддержка единых унифицированных протоколов обмена данными,
- отсутствие взаимовлияния, в том числе, на предмет электромагнитной совместимости всех действующих подсистем.

Следует заметить, что одной из наиболее важных составляющих эффективности СОУЭ является ее надежность. Категория надежности и степень исполнения СОУЭ, применяемые в зданиях и сооружениях в свою очередь, зависят от категорий риска объектов и вероятной тяжести последствий при реализации опасных событий. Надежность СОУЭ определяется на стадии проектирования с учетом свойств систем и требований, установленных отдельными стандартами на эти системы («Методика по расчету показателей надежности СОУЭ», РНД -73-16-90) [8].

Покажем место СОУЭ в модели обеспечения беспрепятственной эвакуации людей (индивидуальных рисков), рис. 2.

Степень обеспечения безопасности здания, сооружения, пожарных отсеков различных классов функциональной пожарной опасности определяется расчетом пожарных рисков согласно приказу №382 (методике) [9] и сравнению их с максимально-допустимыми (нормативными) значениями, определяемыми техническим регламентом. При этом: расчетная величина индивидуального пожарного риска определяется как максимальное значение пожарного риска из возможных сценариев пожара. Сценарий пожара представляет собой вариант развития пожара с учетом принятого места возникновения и характера его развития, см. далее рис. 3. Сценарий пожара определяется на основе данных об объемно-планировочных решениях, о размещении горючей нагрузки и людей на объекте. При расчете рассматриваются сценарии пожара, при которых реализуются наихудшие условия для обеспечения безопасности людей. В качестве сценариев с наихудшими условиями пожара следует рассматривать сценарии, характеризующие наиболее затрудненными условиями эвакуации людей и (или) наиболее высокой динамикой нарастания опасных факторов пожара (ОФП). Именно для этих ситуаций системы оповещения (СОУЭ) наиболее эффективны.



Рис. 3. Порядок проведения расчета индивидуального пожарного риска

Расчет величины индивидуального риска

При невозможности безопасной эвакуации людей должна быть обеспечена их защита посредством применения систем коллективной защиты. Для обеспечения безопасной эвакуации людей должно быть установлено необходимое количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей и эвакуационных выходов, обеспечено беспрепятственное движение людей по эвакуационным путям и через эвакуационные выходы; организованы оповещение и управление движением людей по эвакуационным путям при помощи СОУЭ. Безопасная эвакуация людей из зданий и сооружений при пожаре считается обеспеченной, если интервал времени от момента обнаружения пожара до завершения процесса эвакуации людей в безопасную зону не превышает необходимого времени эвакуации людей при пожаре.

Упрощенный порядок проведения расчета индивидуального пожарного риска представлен на рис. 3.

Для обеспечения требований, изложенных в [9], проводится комплекс мероприятий с целью получения объективных данных о состоянии пожарной безопасности объекта защиты. При расчетах по оценке пожарного риска проверяется соответствие исходных данных объекта защиты, применяемых в расчете, фактическим данным, полученным в ходе обследования; соответствие требованиям, установленным методикой расчета.

В процессе получения расчетной величины пожарного риска для конкретного сценария определяются две основных составляющие: определение вероятности эвакуации и определение расчетной величины пожарного риска – определение вероятности эвакуации, которая в свою очередь включает: определение времени блокирования $t_{\text{бл}}$ путей эвакуации опасными факторами пожара (ОФП) и определение времени эвакуации людей $t_{\text{эв}}$ из отдельных частей здания и сооружения в целом (расчет величины пожарного риска производится только для сценариев при которых безопасная эвакуация не обеспечивается).

Для расчета необходим набор минимально-необходимых исходных данных, таких как:

- информация об объекте, включающая: класс функциональной пожарной опасности; объемно-планировочное решение; данные по системам противопожарной защиты (АУПС, СОУЭ, АУПТ),
- данные, характеризующие сценарий эвакуации при пожаре,
- геометрические данные, описывающие расчетную область для моделирования развития пожара.

Важность и необходимость расчета рисков не подвергается сомнению, однако, некоторые аспекты расчета хотелось бы все-таки обсудить. Так, рассматривая базовую формулу (ф-ла (3) приказа 382), можно увидеть, что при задержке начала эвакуации на 3 минуты, индивидуальный риск (резко) возрастает (вероятность эвакуации уменьшается с 0,999 до 0,666). В связи с этим необходимо сделать важные критические замечания, для чего рассмотрим базовые формулы [9]:

Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому значению, если находится в пределах:

$$Q_B \leq Q_H \quad (1)$$

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

Расчетная величина индивидуального пожарного риска Q_B рассчитывается (в каждом i -ом здании) по формуле:

$$Q_B = Q_{\text{пл}} \cdot P_{\text{пр}} \cdot (1 - P_{\text{э}}) \cdot (1 - R_{\text{АП}}) \cdot (1 - P_{\text{ПЗ}}) \quad (2)$$

где $Q_{\text{пл}}$ – частота возникновения пожара в здании в течение года; $P_{\text{пр}}$ – вероятность присутствия людей в здании; $P_{\text{э}}$ – вероятность эвакуации людей; $R_{\text{АП}}$ – вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения (АУПТ). Значение данного параметра определяется технической надежностью элементов АУПТ, приводимых в технической документации. При отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать $R_{\text{АП}} = 0,9$. При отсутствии в здании систем автоматического пожаротушения $R_{\text{АП}}$ принимается равной нулю; $P_{\text{ПЗ}}$ – вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

Вероятность эвакуации людей $P_{\text{э}}$ рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{\text{э}} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{\text{бл}} - t_{\text{эв}}}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_{\text{эв}} < 0,8 \cdot t_{\text{бл}} < (t_{\text{эв}} + t_{\text{нэ}}) \text{ и } t_{\text{СК}} < 6 \text{ мин.} \\ 0,999, & \text{если } t_{\text{эв}} + t_{\text{нэ}} \leq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{СК}} \leq 6 \text{ мин.} \\ 0,000, & \text{если } t_{\text{эв}} \geq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{СК}} > 6 \text{ мин.} \end{cases} \quad (3)$$

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

Из формулы расчета (3) вероятности эвакуации легко увидеть, что для успешной эвакуации людей, кроме, собственно, времени эвакуации (это конечно основное), должны быть учтены еще два параметра – время скопления людей, $t_{\text{СК}}$ и время начала эвакуации, $t_{\text{нэ}}$, мин.

Понятно, что обе величины $t_{\text{нэ}}$ и $t_{\text{СК}}$ являются случайными, тем не менее величина $t_{\text{нэ}}$ все-таки присутствует в аналитическом выражении, а $t_{\text{СК}}$ – нет.

Так, согласно формуле, при $t_{\text{эв}} + t_{\text{нэ}} \leq 0,8 \cdot t_{\text{бл}}$ и $t_{\text{СК}} \leq 6$ мин, $P_{\text{э}} = 0,999$.

Пусть $t_{\text{бл}} = 20$ мин, $t_{\text{эв}} = 14$ мин. Даже для задержки $t_{\text{нэ}} = 2$ мин, условие также выполняется: $P_{\text{э}}$ все также = 0,999. Однако, при скоплении $t_{\text{СК}} > 3$ минут, для которого вероятность эвакуации также максимальна, общее время эвакуации будет > 19 минут, а это достижение ОФП предельно опасного значения.

Для устранения данного конфуза, формулу (3) можно легко скорректировать заменив $t_{\text{нэ}}$ на $t_{\text{р}}$, где $t_{\text{р}} = t_{\text{нэ}} + t_{\text{СК}}$, мин, тогда:

$$P_{\text{э}} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{\text{бл}} - t_{\text{эв}}}{t_{\text{р}}}, & \text{если } t_{\text{эв}} < 0,8 \cdot t_{\text{бл}} < (t_{\text{эв}} + t_{\text{р}}). \\ 0,999, & \text{если } t_{\text{эв}} + t_{\text{р}} \leq 0,8 \cdot t_{\text{бл}}. \\ 0,000, & \text{если } t_{\text{эв}} \geq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{СК}} > 6 \text{ мин.} \end{cases} \quad (4)$$

Эта формула демонстрирует более критичное отношение к параметру $t_{\text{СК}}$.

Давайте воспользуемся формулой (4) и построим зависимости вероятности эвакуации $P_{\text{э}}$ от времени задержки начала эвакуации, для примера выше ($t_{\text{бл}} = 20$ мин, $t_{\text{эв}} = 12$ мин), рис. 4.

То, что формула (3) работает можно наблюдать по плавным спадам кривых, характерным для вероятностных законов. Так, легко видеть, что для классического случая (согласно формуле 2, пунктирная линия, рис. 4), независимо от времени скопления, что для нуля, что для шести минут, вероятность эвакуации максимальная. Некоторый спад начинается только при $t_{\text{нэ}} > 4$ мин. Формула (3) устраняет данный недостаток.

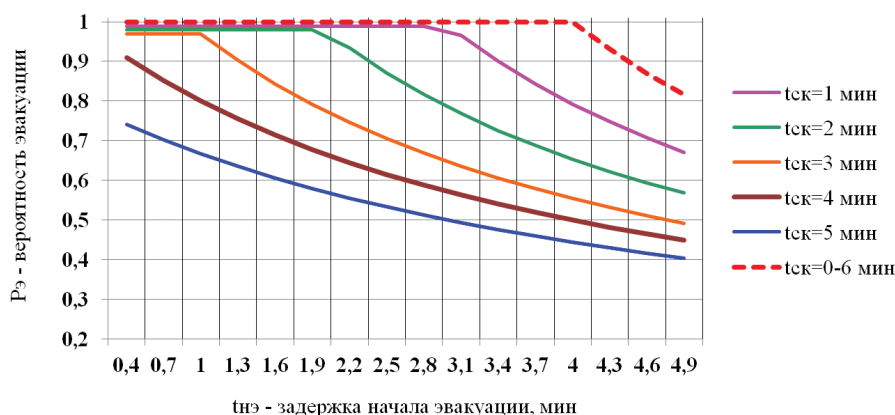


Рис. 4. Зависимость вероятности эвакуации людей $P_{э}$ от времени задержки начала эвакуации и времени скопления для $t_{об} = 20$ мин, $t_{эв} = 12$ мин

Учет надежности СОУЭ

Оба эти параметра – время начала эвакуации и время скопления в сильной мере определяются не только формальным присутствием СОУЭ, но также и ее эффективностью – надежностью и достоверностью передаваемой информации [5].

Действие СОУЭ, являющейся частью системы противопожарной защиты, направлено на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре. Вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты согласно [9]:

$$P_{пз} = (1 - R_{обн}) \cdot R_{соуэ} \cdot (1 - R_{пдз}) \quad (5)$$

где $R_{обн}$ – вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации. Значение параметра $R_{обн}$ определяется технической надежностью элементов системы пожарной сигнализации, приводимых в технической документации. $R_{соуэ}$ – условная вероятность эффективного срабатывания СОУЭ в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации; $R_{пдз}$ – условная вероятность эффективного срабатывания системы противопожарной защиты в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

Примечание. При отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать: $R_{обн} = R_{соуэ} = R_{пдз} = 0,8$.

Вопрос о параметрах надежности СОУЭ в рискованной модели не раз обсуждался, например, на форуме «0-1 РУ», адресовался он и ВНИИПО, но так и не получил своего должного разрешения. Хотелось бы внести некоторую лепту в его прояснение и привести некоторые цифры.

Итак, согласно нормативной документации (НД) значение параметра надежности $R_{соуэ}$ принимается равным 0,8, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

- здание оборудовано СОУЭ, соответствующей требованиям НД по пожарной безопасности;
- оборудование здания СОУЭ людей не требуется в соответствии с требованиями

нормативных документов по пожарной безопасности.

То есть получается, если СОУЭ формально присутствует и имеет сертификат, то это является достаточным основанием (условием) для принятия в качестве параметра $R_{соуэ} = 0,8$. В остальных случаях $R_{соуэ}$ принимается равным нулю. Во всем этом непонятном моменте есть два нюанса – фактический и нормативный. Фактический – апелляция к здравому смыслу. Даже если надежность никто не считал, не проводил испытаний (без разницы из каких элементов она сделана), все это – не важно, но важно, что есть сертификат. Нормативный сводится к необходимости выполнения требований ФЗ. Так, в части 1 статьи 6 ФЗ-123 говорится о необходимости подтверждения условий соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности расчетам пожарного риска. Пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной, если все требования пожарной безопасности (установленные техническим регламентом) выполнены в полном объеме.

Точная оценка надежности СОУЭ может либо обеспечить, либо не обеспечить индивидуальный пожарный риск (1). Для пояснения приведем пример:

В Методике по расчету показателей надежности СОУЭ [8] дано примерное техническое задание на проектирование, в котором указаны следующие показатели надежности:

- коэффициент оперативной готовности СОУЭ, $K(t_{эв}) = 0,95$;
- вероятность безотказной работы выполнения целевой функции $P(t_{эв}) = 0,999$;
- время восстановления, $t_{эв} = 1$ час.

В результате расчетов (в примере) обеспечить вероятность безотказной работы – не удалось! Это было сопряжено с учетом этапа управления (человеческого фактора). Результирующая вероятность оказалась гораздо ниже 80%, а именно, $P_{э} = 0,66$ (см. пример расчета РНД 73-16-90 [8]).

Вернемся к методике 382. Эвакуация обеспечена, если нормативное значение индивидуального пожарного риска, $Q_{н} \leq 10^{-6}$ год⁻¹. Рассмотрим еще один пример:

Для гипермаркетов $Q_{н} = 0,0293$, при $P_{э} = 0,999$, $P_{пр} = 0,5$ и стандартных значениях ($R_{соуэ} = 0,8$) согласно формуле (2):

$Q_{н} = 0,13 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹ – **эвакуация обеспечена!** Однако, уже при незначительном уменьшении вероятности эвакуации, $P_{э} = 0,989$, $Q_{н} = 1,47 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹ – **эвакуация не обеспечена!** При этом, при некотором увеличении надежности СОУЭ, $R_{соуэ} = 0,88$, **эвакуация снова обеспечена** ($Q_{н} = 0,989 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹).

Возвращаясь к формуле (3) и примеру на рис. 4. Для реальной ситуации, $t_{нэ} > 1$ мин, $t_{эк} > 3$ минут, вероятность эвакуации составит, $P_{э} = 0,9$, что в свою очередь потребует от всех систем противопожарной защиты надежности не менее – $P_{э} = 0,97$ (97%). А такую надежность еще нужно обеспечить.

Если учесть важность и трудоемкость расчета времени эвакуации, а также реалии, на которые мы попытались вам указать, точное значение надежности СОУЭ может существенно скорректировать результаты ваших расчетов. В следующих статьях мы планируем обратиться к аналитическому и программному способу расчета (учета) надежности СОУЭ.

Список литературы

- 1) Кочнов О. В. «Особенности проектирования СОУЭ. Место и значение СОУЭ в вопросе обеспечения комплексной безопасности зданий и сооружений». Часть 1. Всероссийский специализированный журнал «Безопасность» №1 (2021 год).
- 2) Федеральный закон ФЗ-123 ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
- 3) Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
- 4) Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании».
- 5) Кочнов О. В. «Роль системы оповещения в задаче эвакуации людей». Алгоритм Безопасности, №6, 2019 г.
- 6) ГОСТ Р 53195.1-2008, ч.1 «Безопасность функциональная связанных с безопасностью зданий и сооружений систем».
- 7) Свод правил № СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты: система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре: требования пожарной безопасности».
- 8) «Методика по расчету показателей надежности СОУЭ», РНД -73-16-90, Новосибирск, 1990 г.
- 9) Приказ №382. «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».