

**И.Р. Белосохов**

(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;  
e-mail: belosokhov86@mail.ru)

## **К ПРОБЛЕМЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВРЕМЕНИ НАЧАЛА ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ**

*Проведён анализ нормативных документов, учитывающих величину времени начала эвакуации людей при пожаре и показана проблема формирования продолжительности этого времени.*

*Ключевые слова: время начала эвакуации, действия при пожаре, риск, вероятность.*

**I.R. Belosokhov**

## **THE PROBLEM OF FORMING THE DURATION OF PRE-MOVEMENT TIME OF PEOPLE IN CASE OF FIRE**

*The analysis of the regulatory documents was carried out, that took into account pre-movement time of people and show the problem of forming time duration.*

*Key words: pre-movement time, action in case of fire, risk, probability.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 28 февраля 2011 г.

Своевременность и беспрепятственность эвакуации – два основных критерия безопасности людей при пожаре. Проектирование зданий и сооружений должно быть направлено на создание максимально возможных благоприятных условий для обеспечения безопасности человека при эвакуации. Такие требования содержат ФЗ №123 [1] и разработанные в соответствии с ним "Методика определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности" [2] и СП 1.13130 [3], как, впрочем, и предшествующие им нормативные документы: СНиП 21-01 [4], ГОСТ 12.1.004-91\* [5]. Их практическая реализация требует обоснованных данных, полученных в результате натуральных наблюдений и теоретических исследований. Однако такая важнейшая составляющая общего времени эвакуации  $t_{э}$ , как время начала эвакуации  $t_{нэ}$ , значение которого может превышать расчётное время эвакуации  $t_p$ , до сих пор не имеет ни достаточной статистической базы результатов натуральных наблюдений, ни, тем более, теоретических исследований его формирования.

Согласно Методике [2], о безопасности людей можно говорить только лишь в том случае, когда вероятность эвакуации  $P_{э}$ , рассчитываемая по формуле (1), составляет не менее 0,999. Об этом свидетельствуют несложные расчёты, приведенные в [6].

$$P_{э} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{нэ}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нэ} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин.} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{нэ} \leq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин.} \\ 0, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ или } t_{ск} > 6 \text{ мин.} \end{cases} \quad (1)$$

Как известно, расчётное время эвакуации людей  $t_p$  из помещений и зданий устанавливается по времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей [2]. Закономерности движения людских потоков, лежащие в основе нормирования  $t_p$ , установлены на основании многочисленных натуральных наблюдений и многоаспектных теоретических исследований [7-11]. Время же начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), определяемое в соответствии с пунктом 1 приложения № 5 Методики, не имеет столь глубоких обоснований.

Время начала эвакуации ( $t_{н.э}$ ), как показатель процесса эвакуации, впервые введено в противопожарное нормирование России в 1986 г. ГОСТом 12.1.004. Значение времени начала эвакуации  $t_{н.э}$  для зданий (сооружений) без систем оповещения вычисляется по результатам исследования поведения людей при пожарах в зданиях конкретного назначения.

При наличии в здании системы оповещения о пожаре значение  $t_{н.э}$  принимают равным времени срабатывания системы с учётом её инерционности. При отсутствии необходимых исходных данных для определения времени начала эвакуации в зданиях (сооружениях) без систем оповещения величину  $t_{н.э}$  следует принимать равной 0,5 мин. – для этажа пожара и 2 мин. – для вышележащих этажей. Если местом возникновения пожара является зальное помещение, то  $t_{н.э}$  допускается принимать равным нулю.

Очевидно, авторы сами не имели "необходимых исходных данных для определения времени начала эвакуации в зданиях (сооружениях)" и не учитывали психологии поведения людей до начала эвакуации, поскольку не располагали данными "исследования поведения людей при пожарах в зданиях".

Нетрудно понять, что при назначении подобных нормативов психофизическое состояние людей и иные факторы вообще не были учтены. Исходя из требований ГОСТа, любой человек, находящийся в здании, где начался пожар, получив сообщение о возгорании, мгновенно приступает к эвакуации. При этом не учитывался тот факт, что у каждого человека существует индивидуальное время реакции, а различные системы оповещения обладают неодинаковой эффективностью по степени воздействия на человека.

Проведённый анализ данных требований позволяет сделать вывод о том, что имеющиеся показатели  $t_{н.э}$  являются очень заниженными. Нулевых значений  $t_{н.э}$  на практике просто не существует [12]. Это справедливо как по отношению к ситуации со срабатыванием системы оповещения и управления эвакуации людей (СОУЭ), так и при реальном обнаружении пожара в каком-либо помещении здания. Причина, в первую очередь, заключается в том, что подобный показатель "ноль" попросту невозможен, с точки зрения психофизических возможностей, присущих любому человеку.

Если же в здании отсутствует СОУЭ, то ситуацию спрогнозировать еще сложнее, и в этом случае показатели времени начала эвакуации, которые представлены во всех нормативных документах, согласно [15] не могут учитываться при расчёте времени эвакуации. Кроме того, имеется еще одно упущение в ГОСТ [5] – отсутствие показателей для этажей, которые находятся ниже этажа пожара.

Влияние на величину времени начала эвакуации многочисленных факторов (видов деятельности в зданиях различного назначения, возрастного состава находящихся в здании людей, их физического и физиологического состояния, инерционности систем обнаружения и оповещения) показывает, что время начала эвакуации должно нормироваться как случайная величина, поскольку только так становится возможным учет влияния перечисленных факторов на разброс его значений. Принципы нормирования времени начала эвакуации как случайной величины, зависящей от перечисленных факторов, впервые предложены в 2004 г. [13] и реализованы в [14] при разработке МГСН 4.19-2005 в виде табл. 2.

Таблица 2

**Время начала эвакуации по МГСН 4.19-2005 [14]**

Функциональный тип помещений и характеристики населения	IV-V типа		II-III типа		I типа	
	$m(t_{н.э.})$ , мин.	$d(t_{н.э.})$ , мин.	$m(t_{н.э.})$ , мин.	$d(t_{н.э.})$ , мин.	$m(t_{н.э.})$ , мин.	$d(t_{н.э.})$ , мин.
Жилые квартиры (апартаменты) для длительного проживания. Жильцы могут находиться в состоянии сна, но знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	2,0	0,5	4,0	0,5	5,0	0,5
Номера гостиниц. Жильцы могут находиться в состоянии сна и недостаточно знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	2,0	0,5	4,0	0,5	6,0	0,5
Магазины, выставки, досуговые центры и другие помещения массового посещения. Посетители находятся в бодрствующем состоянии, но могут быть не знакомы с планировкой здания и структурой эвакуационных путей и выходов	2,0	0,5	2,0	0,5	6,0	0,5
Административные, торговые и другие помещения. Посетители находятся в бодрствующем состоянии и хорошо знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	1,0	0,3	3,0	0,5	4,0	0,3

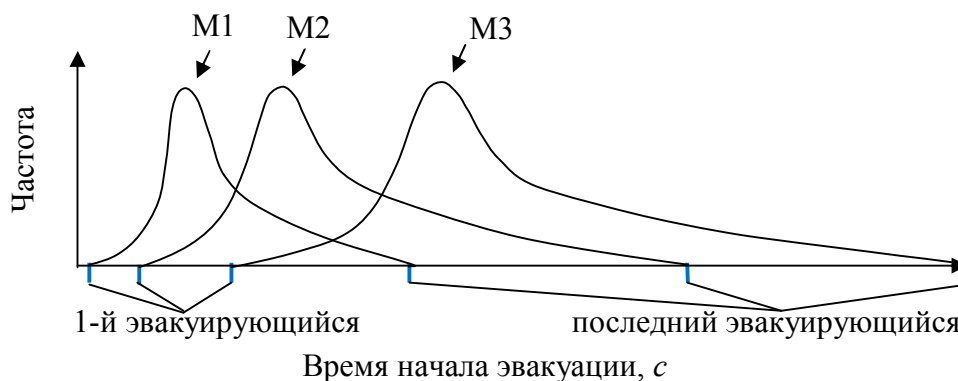
**Примечание 1.** Характеристика структурных элементов системы приведена в СП 3.13130.2009 "Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре". В качестве примера можно указать, что система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре I типа включает в себя звуковое оповещение и световые указатели "Выход", а самая сложная, типа V – речевое оповещение, деление на зоны оповещения и интегрирована в общую систему управления зданием.

**Примечание 2.**  $m(t_{н.э.})$  – среднее значение времени,  $d(t_{н.э.})$  – среднеквадратическое отклонение. Таким образом, диапазон распределенных по нормальному закону значений времени начала эвакуации составит:  $m(t_{н.э.}) \pm 3d(t_{н.э.})$ .

Эвакуация при пожаре, возникшем в ночное время, происходит в еще более сложных условиях. Людям, отреагировавшим на срабатывание системы оповещения, в любом случае требуется время на пробуждение, и в этом случае показатель времени начала эвакуации, безусловно, будет увеличен.

Ознакамливаясь с зарубежными данными, например, с новым стандартом ISO/TR 16738 2009 г. [15], который мало чем отличается от предшествующего ему Британского стандарта PD7974-9:2004 [16], видно, что он дает, практически, только перечень очевидных факторов, влияющих на формирование случайной величины времени начала эвакуации. Проектировщик при этом понимает, что необходимо учесть их влияние. Но он оказывается безоружным в том, как это сделать, поскольку существует лишь перечень факторов, которые определенным образом влияют на формирование показателя времени начала эвакуации. Ему становится очевидно, что их влияние следует обязательно учитывать, но ... каким образом? Разработчики стандарта [15] прямо указывают на ограниченность базы данных, которая должна быть учтена при проведении инженерных оценок поведения людей.

При более внимательном ознакомлении проектировщик начинает понимать, что перед ним сырой материал: отсутствует многофакторный анализ, который должен установить взаимное влияние перечисленных факторов и определённую структуру иерархии их влияния в конкретных ситуациях. Ему не требуется "высокого" образования, чтобы понять, что уровень менеджмента (организации) будет влиять не только на сдвиг момента начала эвакуации (рис. 1), но и на вероятность значений самой случайной величины времени начала эвакуации.



**Рис. 1.** Влияния уровня противопожарного менеджмента (M) на время начала эвакуации людей

Более того, он по своему жизненному опыту может сказать, что и вид распределения вероятностей этой величины будет изменяться в зависимости от того, какой контингент людей населяет здание, и от того, какое влияние может быть оказано на этих людей организаторами эвакуации. Но он не знает, как это выразить количественно, например, в изменении числовых характеристиках случайной величины и закона её распределения. Более того, он, как человек опытный, понимает, что из множества влияющих факторов практически всегда выделяется ограниченное число ведущих факторов, которые и следует учиты-

вать, прежде всего. Он хочет получить от норм или "учёных мужей" конкретные ответы на эти интуитивно возникающие у него вопросы. Однако на сегодняшний день у проектировщика таких ответов нет.

Основная проблема разработчиков нормативных документов заключается в том, что они не обладают необходимыми для ответов на вопросы проектной практики не только теоретическими разработками, но и достаточной эмпирической базой, отображающей влияние множества перечисляемых ими факторов. Поэтому первостепенной задачей на сегодня является создание необходимой эмпирической базы данных времени начала эвакуации и её факторный анализ.

Исходя из создавшегося положения, Кафедрой пожарной безопасности в строительстве Академии ГПС МЧС России начаты натурные наблюдения и эксперименты по исследованию формирования времени начала эвакуации в помещениях общественных зданий различного функционального назначения, в первую очередь, в зданиях учреждений детского дошкольного воспитания (рис. 2), среднего и высшего образования, в зданиях с помещениями для конторского типа труда (офисные, административные и т.п.).



**Рис. 2.** Пример формирования продолжительности реагирования детей на сигнал воспитателя

Широкий круг функциональных видов обследованных зданий заставляет обратить внимание, прежде всего, на различный состав величин, формирующих время начала эвакуации. Так, в зданиях учреждений дошкольного воспитания продолжительности времени начала эвакуации складывается из следующих составляющих:

$$t_{н.э.} = t_{ин.} + t_{р.в.} + t_{н.д.} + t_{с.д.}, \quad (2)$$

где  $t_{н.э.}$  – интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей в безопасную зону;

$t_{ин.}$  – интервал времени от возникновения пожара до формирования командного сигнала на включение СОУЭ;

$t_{р.в.}$  – время, затраченное воспитателем на восприятие сигнала от СОУЭ, принятие решения и указания детям готовиться к эвакуации;

$t_{н.д.}$  – время подготовки детей к эвакуации:  $t_{н.д.} = t_{р.д.} + t_{ф.г.}$ ,

$t_{р.д.}$  – время реагирования детей на сигнал воспитателя;

$t_{ф.г.}$  – время формирования группы детей, готовой к эвакуации;

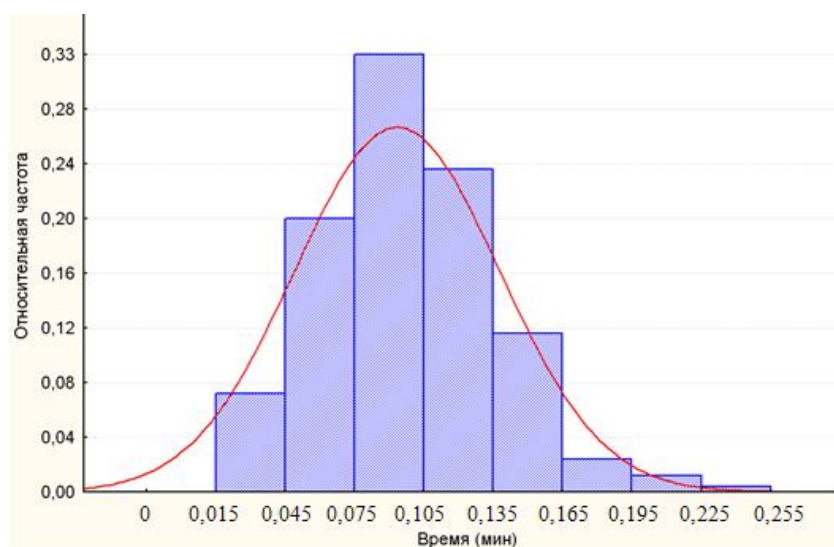
$t_{с.д.}$  – время подачи воспитателем сигнала детям начать движение после того, как он убедился, что вся группа собралась.



Специфика возрастного состава эвакуирующихся (дети) определяет "жесткую" организацию начала их эвакуации со стороны воспитателя и определяет его решающую роль в формировании всего периода времени начала эвакуации. Составляющие  $t_{ин}$ ,  $t_{р.в}$  и определяют тот сдвиг времени начала эвакуации, который фиксируется при различном уровне менеджмента (рис. 1).

Проведённые исследования показали, что противопожарная подготовка персонала может быть двух уровней: удовлетворительная ( $t_{р.в} = 0,5 \text{ мин.}$ ) и неудовлетворительной ( $t_{р.в} > 1,5 \text{ мин.}$ ).

Время же реагирования детей на сигнал воспитателя зависит от психофизических качеств детей. Естественно ожидать, и данные натурных наблюдений подтверждают, что оно будет иметь нормальное распределение (рис. 3).



**Рис. 3.** Гистограмма распределения времени реагирования детей на сигнал воспитателей

Время же формирования группы детей к эвакуации ( $t_{ф.г.}$ ) зависит от сезона года, поскольку дети затрачивают различное время на одевание уличной одежды. Оно изменяется в среднем от 0,5 мин. летом до 8 мин. зимой.

Такая "жесткая" организация начала эвакуации возможна в различной мере и в зданиях другого назначения, особенно учебных учреждений, где педагог может оказать решающее влияние на продолжительность времени начала эвакуации. Здесь интересными представляются комментарии к одному из проведенных экспериментов в школьном учреждении, данные в анкете одним из педагогов: *"Если бы детей было больше, и если бы... не слух, что будет учебная эвакуация – я бы вообще бездействовала"*. Это позволяет предположить, что персонал не готов к действиям при пожаре. На это указывает также то, что текущая система подготовки недостаточно совершенна, так как этот же педагог указал в анкете, что проходил обучение мерам пожарной безопасности и неоднократно. Другой случай. При учебной эвакуации в высшем учебном заведении преподаватель игнорировал сигналы системы оповещения (не веря в достоверность пожара) и тем самым задержал начало эвакуации более, чем на 1 мин. Кроме того, дав указание приступить к эвакуации, лектор эвакуировался с са-

мой дисциплинированной частью студентов, оставив оставшуюся часть без контроля, что привело к росту времени начала эвакуации еще более чем на 1 минуту.

В зданиях другого назначения с массовым пребыванием людей, например, в торговых комплексах, роль организаторов времени начала эвакуации приходится выполнять персоналу здания. Оно становится зависимым не только от физических и психологических качеств основного функционального контингента, степени подготовленности к такой роли персонала, но и от личных морально-этических качеств каждого из его членов.

Интересно обратиться к работе [17] и услышать ответы на вопросы персонала одного из торговых комплексов компании Маркс энд Спенсер, что они должны делать при пожаре? Варианты ответов:

- *...мы не должны эвакуировать посетителей, мы должны просто покинуть здание;*

- *услышав сирену пожарной сигнализации, мы должны покинуть магазин;*

- *...покинуть магазин, нам не говорили, что делать с покупателями.*

Иными причинами такого поведения персонала (игнорирование необходимости эвакуировать посетителей) являются вовлеченность в действия по тушению пожара, попытки найти руководство с целью оповещения или получения инструкций и т.п. Однако один из участников сказал, что он просто не хочет рисковать:

- *мы должны покинуть здание, увидев пожар;*

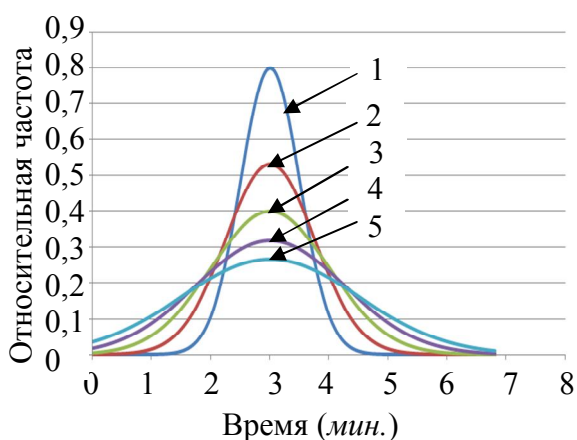
- *нам говорили: "покинуть здание при обнаружении пожара".*

Вышеперечисленное указывает на крайне плохую противопожарную подготовку работников торгового комплекса, где проводился опрос.

В зданиях различного функционального назначения при проведении исследований, организованных Кафедрой пожарной безопасности в строительстве Академии ГПС МЧС России, было выявлено, что формирование случайной величины времени начала эвакуации зависит от такого фактора, как структура и функциональное назначение здания. Так, в офисных помещениях со значительным количеством людей время подготовки к эвакуации имеет распределение, близкое к нормальному (рис. 4). В качестве примера на рисунке представлены кривые нормального закона распределения с параметрами  $m(t_{н.э})$  – среднее значение времени,  $s(t_{н.э})$  – среднеквадратическое отклонение. В зданиях же с кабинетной системой, так же, как и в гостиницах, время эвакуации из помещений, если их рассматривать в совокупности, описывается законом, близким к закону Эрланга (рис. 5) в той или иной степени (как известно, степень этого закона отражает влияние последствия в потоке событий). Необходимо отметить, что параметры нормального закона распределения, а также параметры распределения закона Эрланга зависят от уровня противопожарной подготовки персонала, а также посетителей в здании, поскольку соответственно изменяется разброс значений времени подготовки и вид кривой.

### Параметры нормального закона распределения

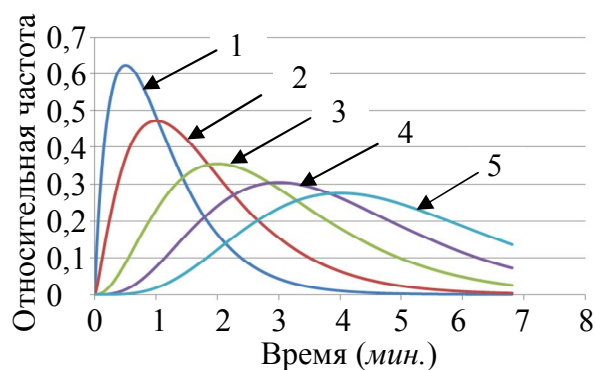
№ п/п	1	2	3	4	5
$m$ (мин.)	3	3	3	3	3
$s$	0,5	0,75	1	1,25	1,5



**Рис. 4.** Распределения времени подготовки к эвакуации людей в офисных зданиях с помещениями со значительным числом сотрудников

### Параметры распределения закона Эрланга

№ п/п	1	2	3	4	5
$m$ (мин.)	0,5	1	2	3	4
$S^2$	0,3	0,8	1,8	2,8	3,8
$\lambda$	1,66	1,25	1,11	1,07	1,05
$K$	0,83	1,25	2,22	3,21	4,21



**Рис. 5.** Распределения времени подготовки к эвакуации людей в зданиях с кабинетной системой

Наглядно заметно, что закон распределения с параметрами  $m$  и  $S^2$ , который описывает натурные наблюдения, позволяет понять, что формирование продолжительности времени начала эвакуации влияет и на формирование величины людских потоков, выходящих из помещений и на последующих участках эвакуационных путей. Однако работ, посвящённых анализу этого влияния, ни у нас в стране, ни за рубежом не известно.

Согласно ФЗ № 123 ст. 81, часть 2, величина индивидуального пожарного риска в зданиях с массовым пребыванием людей должна обеспечиваться, прежде всего, системами предотвращения пожара, а также **комплексом организационно-технических мероприятий**. Согласно ГОСТу 12.1.004, организационно-технические мероприятия должны включать:

- организацию обучения работающих правилам пожарной безопасности на производстве, а населения – порядку, установленному правилами пожарной безопасности соответствующих объектов пребывания людей;
- разработку и реализацию норм и правил пожарной безопасности, инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и действиях людей при возникновении пожара;
- изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности;
- нормирование численности людей на объекте по условиям их безопасности при пожаре;
- разработку мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей.



Из всего вышеперечисленного несложно понять, что время начала эвакуации напрямую зависит еще и от того, насколько квалифицированно организована работа по эвакуации людей. И этот фактор необходимо обязательно учитывать в расчётах.

Время начала эвакуации относится к очень сложно прогнозируемым параметрам и достоверные результаты о нём крайне необходимы практике работ по обеспечению реальной безопасности людей при организации эвакуации при пожаре.

### Литература

1. **Федеральный** закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
2. **Приказ** МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 "Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности". Зарегистрирован в Минюсте 6 августа 2009 г. Регистрационный № 14886.
3. **СП 1.13130.2009.** Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы. Требования пожарной безопасности.
4. **СНиП 21- 01- 97\***. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
5. **ГОСТ 12.1.004-91\***. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.
6. **Холщевников В.В., Кудрин И.С.** Анализ условий обеспечения требуемого уровня индивидуального пожарного риска в высотных зданиях // "Жилищное строительство". № 1. 2010.
7. **Беляев С.В.** Эвакуация зданий массового назначения. М.: изд. Всесоюзной академии архитектуры, 1938.
8. **Копылов В.А.** Исследование параметров движения людей при вынужденной эвакуации: Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. МИСИ, 1974.
9. **Предтеченский В.М., Милинский А.И.** Проектирование зданий с учётом организации движения людских потоков. М.: Изд. лит. по строительству, 1969; Berlin, 1971; Koln, 1971; Praha, 1972; U.S., New Delhi, 1978. Изд. 2. М.: Стройиздат, 1979.
10. **Ерёмченко М.А.** Движение людских потоков в школьных зданиях.: Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. МИСИ, 1979.
11. **Холщевников В.В.** Исследования людских потоков и методология нормирования эвакуации из зданий при пожаре. М.: МИПБ МВД России, 1999.
12. **Холщевников В.В., Самошин Д.А.** Эвакуация и поведение людей при пожарах: Учеб. пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009.
13. **Холщевников В.В.** Требования к техническим средствам и системам комплексного обеспечения безопасности, автоматизации и связи многофункциональных высотных зданий и комплексов. – Пособие для специалистов. М.: ВАНКБ, Университет комплексных систем безопасности и инженерного обеспечения, 2004.
14. **МГСН 4.19-2005.** Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве.
15. **ISO/TR 16738** "Fire-safety engineering – Technical information on methods for evaluating behavior and movement of people", 2009.
16. **PD 7974-9:2004.** Published document. The application of fire safety engineering to fire safety design of buildings – Part 6. Human factors: Life safety strategies – Occupant evacuation (Sub-system 6).
17. **Поведение** персонала торговых комплексов при пожаре. Часть 1. Анализ реальных пожаров и видеозаписей неаносированных эвакуаций с целью количественного и качественного описания влияния персонала на ход эвакуации / Шильдс Д., Бойс К.Е., Холщевников В.В., Самошин Д.А. // Пожаровзрывобезопасность. № 1, 2005. С. 44-52.