

Время начала эвакуации в общественных зданиях: эксперименты и их практическое применение

Д.А. Самошин, И.Р. Белосохов
УНК ППБС Академии ГПС МЧС России

Время начала эвакуации¹ может достигать до 90% времени общей эвакуации людей, являясь при этом одним из наименее исследованных этапов в эвакуации людей. Значительные траты времени связаны с психологическими особенностями восприятия сигнала о пожаре (восприятие, проверка, сбор дополнительной информации, принятие решения/получение указаний и пр.), в том числе с эффективностью системы оповещения, и действиями, которые совершает человек (тушение пожара и ограничение его распространения, организация эвакуации). Значение времени начала эвакуации и математическая характеристика его распределения оказывает существенное значение на параметры формирующегося людского потока.

Исторически сложилось так, что эвакуация людей из зданий нормативно регулировалась опосредованно: не непосредственно как процесса, а через нормы строительного проектирования, устанавливающие размеры коммуникационных путей, которые во время пожара становятся эвакуационными путями и выходами. В разное время эти нормы имели различные названия, например в России XVII века - «Урочные положения», но их главная задача всегда состояла в обеспечении необходимой пропускной способности коммуникационных путей зданий для выхода людей во время пожара. Этим и объясняется практический интерес проектирующих архитекторов к эвакуации.

Первым, кто указал на недостаточность такого подхода к нормированию, оказался в начале 30-х годов прошлого столетия [1,2] профессор С.В. Беляев: «... возникает потребность **принятия за основу нормирования** не пропускной способности, а **времени эвакуации**, зависящего от совокупности факторов эвакуационного движения» [2, с.3]. Впервые время, в качестве критерия эвакуации, было использовано в 1943 году в «Временные нормы строительного проектирования театров», в которых необходимое время эвакуации из залов театров принималось равным 2 мин. При отсутствии в то время автоматических систем обнаружения и оповещения о пожаре, вопроса о времени начала эвакуации $t_{н.э.}$ ни у кого

не возникало. Фактически, 2 мин-это время с момента проникновения в зрительный зал опасных факторов пожара.

Поскольку наиболее опасным фактором для залов театров были температура и пламя, стремительно распространяющиеся в зал со стороны сцены, колосники которой перегружены горючими материалами (зрители первых рядов партера погибали в креслах, не успев начать эвакуироваться [3]), то был разработан противопожарный занавесь, а эвакуация в сторону сцены – запрещена.

Не возникало вопросов и о поведении людей до начала эвакуации – всё внимание было сосредоточено на наиболее загруженных помещениях общественных зданий, т.е. на залах собраний с наиболее массовым пребыванием людей. На их планировочных решениях отрабатывалась и методология проектирования коммуникационных путей на основе установленных кинематических закономерностей движения людских потоков [3,4,5,6,7]. Противопожарные нормы проектирования того времени содержали лишь требование: «"Суммарная ширина маршей лестничных клеток в зависимости от числа людей, находящихся на наиболее населенном этаже, кроме первого, а также ширина дверей, коридоров или проходов на путях эвакуации на всех этажах должны приниматься из расчета не менее 0,6 м на 100 человек... " [8]. (Многие зарубежные архитектурные фирмы, привлекаемые в последнее время для проектирования уникальных зданий в России, например, реконструкции здания Мариинского театра в Питербурге или строительства высотного здания Московского правительства и Мосгордумы, до сих пор, как не удивительно, руководствуются подобными нормами).

Анализ поведения людей до начала эвакуации впервые был предпринят в работе [9,10], но с целью мотивированного установления эмоционального уровня людей, приступающих к эвакуации. Тем не менее, на основании положений статистической психофизики впервые было показано, что люди, не имеющие оповещения от систем СОУЭ, ведут себя адекватно ситуации, стремясь минимизировать риск ложной тревоги.

Впервые время начала эвакуации ($t_{нэ}$), как показатель процесса эвакуации, впервые введён в противопожарное нормирование России в 1986 году ГОСТ 12.1.004: «Значение времени начала эвакуации $t_{нэ}$ для зданий (сооружений) без систем оповещения вычисляются по результатам исследования поведения людей при пожарах в зданиях конкретного назначения.

При наличии в здании системы оповещения о пожаре значение $t_{нэ}$ принимают равной (*вероятно, 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 $t_{нэ}$ следует принимать равной 0,5 мин – для этажа пожара и 2 мин – для вышележащих этажей». 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» [11].

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 году [12] и реализованы [13] при разработке МГСН 4.19-2005 в виде таблицы 1.

В редуцированном виде (максимальных детерминированных значений времени эвакуации) этот подход используется сегодня и методикой расчета пожарных рисков [14].

Таблица 1. Время начала эвакуации по МГСН 4.19-2005 "Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве"

Функциональный тип помещений и характеристики населения	IV – V типа		II - III типа		I типа	
	m(t н.э)	d (t н.э)	m(t н.э)	d (t н.э)	m(t н.э)	d(t н.э)
	мин.	мин.	мин.	мин.	мин.	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	1,0	0,3	3,0	0,5	4,0	0,3

и хорошо знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов.						
---	--	--	--	--	--	--

Примечание 1. Характеристика структурных элементов системы приведена в документе 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 - речевое оповещение, деление на зоны оповещения, и интегрирована в общую систему управления зданием. **Примечание 2.** $m(t_{н.э})$ – среднее значения времени, $d(t_{н.э})$ – среднеквадратическое отклонение. Таким образом, диапазон распределенных по нормальному закону значений времени начала эвакуации составит $m(t_{н.э}) \pm 3 d(t_{н.э})$.

Табл. 2. Время начала эвакуации в соответствии с методикой расчета пожарных рисков [12].

№ п/п	Класс функциональной пожарной опасности зданий и характеристика контингента людей	Значение времени начала эвакуации людей $t_{н.э}$, мин		
		Здания, оборудованные системой оповещения и управления эвакуацией людей		Здания, не оборудованные системой оповещения и управления эвакуацией людей
		I-II типа	III-V типа	
1	Здания детских дошкольных образовательных учреждений, специализированных домов престарелых и инвалидов (неквартирные), больницы, спальные корпуса образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений; многоквартирные жилые дома; многоквартирные жилые дома, в том числе блокированные. (Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4) Люди могут находиться в состоянии сна, но знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов.	6,0	4,0	9,0
2	Гостиницы, общежития, спальные корпуса санаториев и домов отдыха общего типа, кемпингов, мотелей и пансионатов. (Ф1.2) Жильцы могут находиться в состоянии сна и не достаточно знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов.	3,0	2,0	6,0
3	Здания зрелищных и культурно-просветительных учреждений; здания организаций по обслуживанию	3,0	1,0	6,0

	населения (Ф2, Ф3). Посетители находятся в бодрствующем состоянии, но могут быть не знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов			
4	Здания научных и образовательных учреждений, научных и проектных организаций, органов управления учреждений (Ф4). Посетители находятся в бодрствующем состоянии и хорошо знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов.	3,0	1,5	6,0

Такой подход Методики, на первый взгляд, может вызывать удивление. Но он вполне мотивирован практическими требованиями нормативно-технических документов: проектировщик должен получить инструмент, позволяющий ему решить возникающую задачу. А что он получает, например, в результате ознакомления с ISO/TR 16738 ? Практически - только перечень очевидных факторов, влияющих на формирование случайной величины времени начала эвакуации. Он понимает, что необходимо учесть их влияние. Но он оказывается безоружным в том, как это сделать.

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

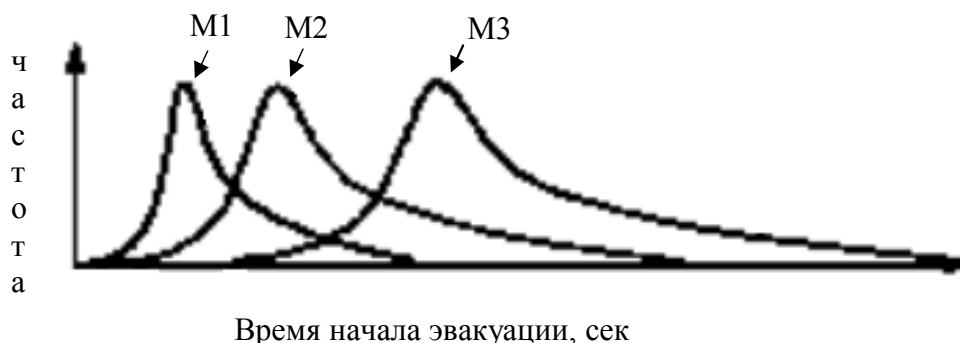


Рисунок 1. Влияния уровня противопожарного менеджмента на время начала эвакуации людей.

Более того, он по своему жизненному опыту может сказать, что и вид распределения вероятностей этой величины будет изменяться в зависимости от того, какой контингент населяет его здание и от того, какое влияние может быть оказано на него организаторами эвакуации. Но он не знает, как это выразится количественно, например, в изменении числовых характеристиках случайной величины и в форме 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 учитывать, прежде всего. Он хочет получить от норм или «учёных мужей» конкретные ответы на эти интуитивно возникающие у него вопросы. И, как видим, ... не получает их!

Причина бессилия учёных мужей и дам, которые пишут нормы, состоит в том, что они не обладают необходимыми для ответов не только теоретическими разработками, но и достаточной эмпирической базой, отображающей влияние множества перечисляемых ими факторов. Поэтому первостепенной задачей на сегодня является создание такой эмпирической базы данных времени начала эвакуации и её факторный анализ.

Исходя из создавшегося положения, кафедрой Пожарная безопасность в строительстве Академии ГПС МЧС России начаты натурные наблюдения и эксперименты по формированию времени начала эвакуации в помещениях общественных зданий различного функционального назначения, в первую очередь в зданиях учреждений детского дошкольного воспитания, среднего и высшего образования, в зданиях с помещениями для конторского типа труда (офисные, административные и т.п.). В настоящее время проведено 946 (не учтены детские сады) замеров времени начала эвакуации в зданиях различного назначения.

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:

$$t_{н.э.} = t_{ин.} + t_{р.в.} + t_{п.д.} \quad (1.1)$$

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,

$t_{п.д.}$ - время подготовки детей к эвакуации:

$$t_{п.д.} = t_{р.д.} + t_{ф.г.}$$

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

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

Специфика возрастного состава эвакуирующихся (дети) определяет «жесткую» организацию их начала эвакуации со стороны воспитателя и определяет его решающую роль в формировании всего периода времени начала эвакуации. 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 (рисунки 2,3).



Рисунок 2. Пример формирования продолжительности реагирования детей на сигнал воспитателя.

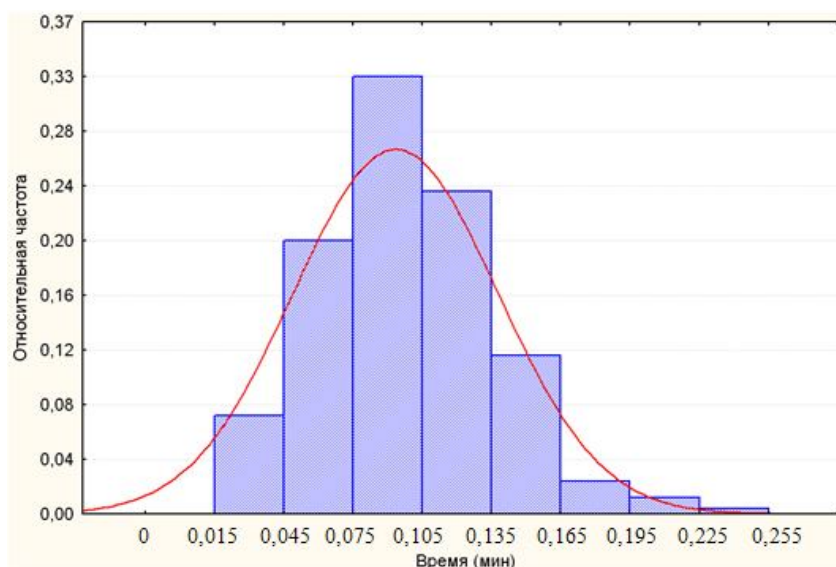


Рисунок 3. Гистограмма распределения времени реагирования детей на сигнал воспитателей.

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 0,5мин летом до 8мин зимой.

Такая «жесткая» организация начала эвакуации возможна в различной мере и в зданиях другого назначения, особенно учебных учреждений, где в

силу организации основного функционального процесса (обучение) педагог может оказать решающее влияние на продолжительность времени начала эвакуации.

В зданиях другого назначения с массовым пребыванием людей, например, в торговых комплексах роль регуляторов времени начала эвакуации приходится выполнять персоналу здания [15]. Оно становится зависимым не только от физических и психологических качеств основного функционального контингента, степени подготовленности к такой роли коллектива персонала, но от личных морально-этических качеств каждого из его членов.

Для зданий иного функционального назначения выявляется значительное влияние на формирование случайной величины времени начала эвакуации структуры здания. Так в офисных зданиях с помещениями со значительным числом сотрудников время подготовки к эвакуации из этих помещений имеет распределение близкое к нормальному. 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 той или иной степени (как известно степень этого закона отражает влияние последствия в потоке событий).

Во всех случаях большое влияние на фиксируемое время начала эвакуации оказывает её анонсированность. При анонсированных эвакуациях распределение плотности вероятности времени начала эвакуации имеет ярко выраженную левостороннюю асимметрию. При не анонсированных эвакуациях распределение приближается к нормальному закону.

Следует отметить, что при ознакомлении с эмпирическими данными некоторых исследований приходится встречаться с распределениями, в которых максимальные значения в несколько раз превосходят средние значения. Это настораживает в отношении корректности выполненных исследований, поскольку максимальное значение выборки случайной величины не может превышать удвоенного среднего. Поэтому, когда обнаруживаются данные столь значительно отклоняющимися крайними значениями следует искать фактор, вызывающий их, по-видимому, не учтённый при постановке исследований.

Мы осознаём, что начатые нами натурные исследования времени начала эвакуации – только начало пути в теоретическом осмыслении механизмов его формирования и призываем коллег к совместному, скоординированному, движению к результатам, необходимым практике работ по обеспечению реальной безопасности людей при организации эвакуации при пожаре.

1. Беляев С.В. Принципы планировки зал собраний. – М.: ОНТИ СТРОЙИЗДАТ,1934.
2. Беляев С.В. Эвакуация зданий массового назначения. – М.: Издательство Всесоюзной академии архитектуры, 1938.
3. Предтеченский В.М., Милинский А.И. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. - М.: изд. лит. по строительству, 1969, 1979; издание 2-е - М., 1979.
- Predtechenskii V.M., Milinskii A.I.. Personenstrome in Gebauden - Berechnungsmethoden fur die Projektierung. Koln Braunsfeld, 1971.
- Predtechenskii V.M., Milinskii A.I..Evakuace osobs budov. – Cescoslovensky Svaz pozarni ochrany. Praha, 1972.
- Predtechenskii V.M., Milinskii A.I.. Planning for the foot traffic flow in buildings. New Delhi, 1978.
4. Калинин В.А. Проектирование кинотеатров с учётом движения людских потоков: Дис...канд. техн. наук. (науч. рук. Предтеченский В.М.). –М.: МИСИ,1966.
- 5.Дувидзон Р.М. Проектирование спортивных сооружений с учётом движения людских потоков: Дис...канд. техн. наук. (науч. рук. Предтеченский В.М.). –М.: МИСИ,1966.
6. Алексеев Ю.В. Формирование движения людских потоков в проходах зрелищных сооружений: Дис...канд. техн. наук. (науч. рук. Предтеченский В.М.). –М.: МИСИ,1976.
7. Овсянников А.Н Закономерности формирования структуры коммуникационных путей в крытых зрелищных сооружениях: Дис...канд. техн. наук. (науч. рук. Холщевников В.В.). –М.: МИСИ,1983.
8. СНиП II –А.5-70: Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.
- 9 Холщевников В.В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов: Дис... д-ра техн. наук. - М., 1983.
10. Холщевников В. В. Исследования людских потоков и методология нормирования эвакуации из зданий при пожаре. – М.: МИПБ МВД России, 1999.
11. ГОСТ 12.1.004-86: Пожарная безопасность. Общие требования. 1992.
12. 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.

13. МГСН 4.19-2005: Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий – комплексов в городе Москве.

14. Приказ МЧС России от 30 июня 2009 г. №382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

15. Шильдс Д., Бойс К.Е., Холщевников В.В., Самошин Д.А. 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. Пожаровзрывобезопасность №1, 2005, с. 44-52.