

В.В. Холицевников¹, А.П. Парфёненко²
 (¹Академия ГПС МЧС России; ²МГСУ;
 e-mail: parf01@inbox.ru)

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ВРЕМЕНИ ЭВАКУАЦИИ ДЕТЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ В ЗДАНИЯХ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Приведены результаты исследований эвакуации детей из зданий дошкольных образовательных учреждений при пожарах.

Ключевые слова: дети, эвакуация, пожарный риск.

V.V. Holchevnikov, A.P. Parfenenko ABOUT DETERMINING OF EVACUATION TIME OF CHILDRENS DURING FIRE IN BUILDINGS PRE-SCHOOL EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Given the results of research of the evacuation of children of preschool educational institutions during fires.

Key words: children, evacuation, fire risk.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 10 сентября 2014 г.

В целях оценки соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности проводится расчёт величины индивидуального пожарного риска Q_e [1], где основной составляющей является вероятность эвакуации P_e [2]. P_e рассчитывают по формуле:

$$P_e = \begin{cases} 0,999 \cdot \frac{0,8 \cdot t_{\text{бл}} - t_p}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{\text{бл}} < t_p + t_{\text{нэ}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин}; \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{\text{нэ}} \leq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин}; \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин}, \end{cases} \quad (1)$$

где t_p – расчётное время эвакуации детей, мин;

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

$t_{\text{бл}}$ – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин;

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

Для зданий детских дошкольных образовательных учреждений величину P_e обоснованно определить невозможно в связи с отсутствием расчётных параметров движения детей дошкольного возраста и значений времени начала эвакуации. Для установления параметров движения детей использовалась апроби-

рованная методология, разработанная в теории людских потоков [3], где зависимость изменения скорости от плотности описывается формулой:

$$\bar{V}_{Dj}^{\ominus} = \bar{V}_{0j}^{\ominus} \left(1 - a_j \ln \frac{D_{ij}}{D_{0j}} \right), \quad (2)$$

где \bar{V}_{Dj}^{\ominus} – случайная функция скорости потока на j -м виде пути (горизонтальный, проём, лестница вниз, лестница вверх, горизонтальный вне здания) при значении его плотности D_{ij} , чел./мин;

\bar{V}_{0j}^{\ominus} – случайная величина скорости свободного движения (при отсутствии влияния окружающих людей $D_{ij} < D_{0j}$), зависящая от вида пути (j) и уровня эмоционального состояния людей (\ominus);

$a_j \ln(D_{ij}/D_{0j})$ – математическое выражение реакции людей на увеличение плотности, в котором: a_j – коэффициент адаптации людей к движению по j -му виду пути при увеличении плотности;

D_{ij} – плотность людского потока на i -м участке пути j -го вида;

D_{0j} – пороговое значение плотности потока на участке пути j -го вида, по достижении которого плотность начинает оказывать влияние на скорость движения по нему людей.

Применение этой формулы к зданиям детских дошкольных учреждений выявило необходимость проведения натуральных наблюдений с целью установления величин (\bar{V}_{0j}^{\ominus} , a_j и D_{0j}), входящих в эту формулу.

Поэтому коллективом научной школы "Теория людских потоков", занимающимся проблемами эвакуации людей, были проведены натурные наблюдения и экспериментальные исследования особенностей поведения и движения детей в зданиях дошкольных образовательных учреждений. В результате было установлено около 4000 эмпирических значений скорости движения детей разных возрастных групп в интервалах плотности потоков до 5-6 чел./м² [4]. Статистическая обработка полученных эмпирических данных позволила установить расчётные значения величин \bar{V}_{0j}^{\ominus} , a_j и D_{0j} , приведённые в табл. 1, 2.

Таблица 1

Значения величин a_j и D_{0j} при движении возрастных групп детей по различным видам пути в зданиях дошкольных учреждений

Вид пути	Группа	Характер движения	a_j	D_{0j} , чел./м ²
Горизонтальный	Старшая	Бег	0,275	0,78
		Шаг	0,275	0,78
	Средняя	Бег	0,275	0,78
		Шаг	0,275	0,78
	Младшая	Бег	0,275	0,78
		Шаг	0,275	0,78
Проём	Старшая, средняя	Шаг	0,350	1,20
Лестница вниз	Старшая	Шаг	0,190	0,64
	Средняя	Шаг	0,190	0,64
	Младшая	Шаг	0,190	0,64
Лестница вверх	Старшая	Шаг	0,275	0,76
	Средняя	Шаг	0,275	0,76
	Младшая	Шаг	0,275	0,76

Скорости свободного движения возрастных групп детей дошкольного возраста по видам пути при категориях движения

Категории движения	Скорость свободного движения \bar{V}_{0j}^{\ominus} по видам пути, м/мин	
	Горизонтальный, проём	Лестница
Комфортное	< 40	< 29
Спокойное	40-60	29-47
Активное	60-100	47-84
Повышенной активности	100-190	-

Значения теоретического корреляционного отношения η_T (табл. 3), вычисляемые для оценки тесноты установленной связи между R_j^T и D_i , характеризуют её как практически функциональную ($\eta_T = 1$).

Таблица 3

Значения η_T для различных видов пути

Вид пути	Горизонтальный	Лестница вниз	Лестница вверх	Проём
η_T	0,9987	0,9954	0,9993	0,9532

Столь высокие значения η_T свидетельствуют о корректности принятого описания искомой зависимости (2) в виде элементарной случайной функции, которая представляет собой произведение случайной величины \bar{V}_{0j}^{\ominus} на неслучайную функцию

$$\left(1 - a_j \ln \frac{D_i}{D_{0j}} \right).$$

Так как в отечественном нормировании [2, 5] принято выражать плотность через площадь проекции людей, она была установлена и для детей разных возрастных групп. Проверка полученных выборочных совокупностей на однородность показала незначительные различия между ними. Поэтому в качестве расчётного значения для всех находящихся в здании детей рекомендуется принимать $0,03 \text{ м}^2/\text{чел.}$

Также было установлено [6], что структура затрат времени на начало эвакуации в зданиях дошкольных образовательных учреждений формируется из следующих составляющих:

$$t_{нэ} = t_{c..i} + t_{p..i} + k_i \cdot t_{под..i}, \quad (3)$$

где t_c – время, оценивающее состояние бодрствования или сна детей (время пробуждения);

$t_{p..v}$ – время реакции воспитателя;

$t_{под..}$ – время подготовки группы;

i – возможные варианты.

В чрезвычайных ситуациях значение t_c следует принимать равным: 0 мин – для состояния бодрствования; 4,5 мин – в тихий час днём; 7 мин – ночной сон.

Значения k_i следует принимать в зависимости от возрастной группы: младшая группа – 1,5; средняя – 1,0, старшая – 0,8.

Расчётные значения $t_{p..v}$ и $t_{под..}$ приведены в табл. 4.

Значения величин $t_{р.в.}$ и $t_{под.}$

Работоспособность систем СОУЭ	$t_{р.в.}$ (мин) при уровне подготовки		$t_{под.}$ (мин) в различное время года от количества воспитателей в группе:											
	Неудовл.	Удовл.	Лето			Осень, весна			Зима			Укутывание в одеяла		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Функционирует	1,0	0,3	1,4	0,7	0,5	9,0	4,5	3,3	15,0	7,5	5,3	2,6	1,3	0,7
Не функционирует	3	2,3												

Значения времени начала эвакуации для различных сценариев эвакуации с учётом вышеперечисленных факторов, влияющих на изменения значений этого параметра, представлены в табл. 5.

Таблица 5

Варианты сценариев времени начала эвакуации при $t_c = 0$

Время года	Количество воспитателей	Время начала эвакуации с учётом работоспособности систем СОУЭ в зависимости от уровня противопожарной подготовки воспитателей для каждой возрастной группы детей, мин											
		Младшая группа				Средняя группа				Старшая группа			
		СОУЭ функционирует		СОУЭ не функц.		СОУЭ функционирует		СОУЭ не функц.		СОУЭ функционирует		СОУЭ не функц.	
		Неуд.	Уд.	Неуд.	Уд.	Неуд.	Уд.	Неуд.	Уд.	Неуд.	Уд.	Неуд.	Уд.
Лето	1	3,1	2,4	5,1	4,4	2,4	1,7	4,4	3,7	2,1	1,4	4,1	3,4
	2	2,1	1,4	4,1	3,4	1,7	1,0	3,7	3,0	1,6	0,9	3,6	2,9
	3	1,8	1,1	3,8	3,1	1,5	0,8	3,5	2,8	1,4	0,7	3,4	2,7
Осень, весна	1	14,5	13,8	16,5	15,8	10,0	9,3	12,0	11,3	8,2	7,5	10,2	9,5
	2	7,8	7,1	9,8	9,1	5,5	4,8	7,5	6,8	4,6	3,9	6,6	5,9
	3	6,0	5,3	8,0	7,3	4,3	3,6	6,3	5,6	3,6	2,9	5,6	4,9
Зима	1	23,5	22,8	25,5	24,8	16,0	15,3	18,0	17,3	13,0	12,3	15,0	14,3
	2	12,3	11,6	14,3	13,6	8,5	7,8	10,5	9,8	7,0	6,3	9,0	8,3
	3	9,0	8,3	11,0	10,3	6,3	5,6	8,3	7,6	5,2	4,5	7,2	6,5
Укутывание в одеяла	1	4,9	4,2	6,9	6,2	3,6	2,9	5,6	4,9	3,1	2,4	5,1	4,4
	2	3,0	2,3	5,0	4,3	2,3	1,6	4,3	3,6	2,0	1,3	4,0	3,3
	3	2,1	1,4	4,1	3,4	1,7	1,0	3,7	3,0	1,6	0,9	3,6	2,9

При $t_c = 4,5$ мин и $t_c = 7,0$ мин количество возможных вариантов увеличивается в 2 и 3 раза, достигая соответственно 288 и 432.

Следует также учесть, что максимально наблюдаемая плотность при проведении натуральных наблюдений и экспериментальных исследований не превышает $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ – по горизонтальному пути и перед проёмом, а также $0,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$ – по лестницам, поэтому в качестве максимума следует принять именно эти значения, что должно быть учтено в расчётах.

С учётом установленных закономерностей поведения и движения детей для оценки вероятности эвакуации в случае возникновения пожара расчётные параметры движения детей дошкольного возраста рекомендуется принимать согласно табл. 6.

Таким образом, полученные зависимости между параметрами людских потоков различных возрастных групп детей подчиняются общей закономерности, вид которой описывается функцией (1). Возрастные особенности реакции людей на увеличение плотности потока и психологической напряжённости при движении в различных условиях находят своё отражение в соответствующих изменениях значений входящих в неё величин \bar{V}_{0j} , a_j и D_{0j} . Эти значения могут

быть учтены в практике проектирования и нормирования. Прежде всего, это относится к разработке и обоснованию объёмно-планировочных решений путей эвакуации для зданий дошкольных образовательных учреждений.

Таблица 6

Расчётные значения параметров движения детей дошкольного возраста

$D, \text{ м}^2/\text{м}^2$	Горизонтальный путь		Проём	Лестница вниз		Лестница вверх	
	$V, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м/мин}$	$V, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м/мин}$	$V, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м/мин}$
0,01	60,00	0,60	0,60	47,00	0,47	47,00	0,47
0,05	47,19	2,36	2,66	38,36	1,92	36,96	1,85
0,1	35,75	3,58	3,85	32,17	3,22	28,00	2,80
0,2	24,31	4,86	4,80	25,98	5,20	19,05	3,81
0,3	17,62	5,29	4,64	-	-	-	-
0,4	12,88	5,15	3,77	-	-	-	-
0,5	9,19	4,60	2,37	-	-	-	-

В действующей редакции методика [2] предполагает в основном "двоичную" (0 или 0,999) оценку параметра P_3 , вероятности эвакуации людей при пожаре (соотношение (3) методики). Изложенные результаты исследований позволят в дальнейшем более точно и дифференцированно определять параметр P_3 . Это, в свою очередь, обеспечит необходимые предпосылки для выполнения более корректной оценки величины индивидуального пожарного риска, позволив обоснованно разрабатывать противопожарные мероприятия.

Результаты проведённых исследований акцентируют внимание на необходимости повышения надёжности и эффективности систем противопожарной защиты, устанавливаемых в зданиях дошкольных учреждений, так как даже установленные достаточно высокие скорости движения детей не могут компенсировать больших затрат времени на начало эвакуации и тем самым гарантировать выполнения условия $t_p + t_{нб} < 0,8 t_{бл}$.

Образование скоплений детей при эвакуации недопустимо, поэтому значение $t_{ск}$ в формуле (1) при расчёте пожарного риска в зданиях дошкольных учреждений следует принимать равным 0.

Литература

1. **Технический регламент** о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: принят Гос. Думой 4 июля 2008 г.
2. **Методика** определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приложение к приказу МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 // Российская газета. 2009. № 161.
3. **Закономерность** связи между параметрами людских потоков: диплом № 24-S Открытие в области социальной психологии (авт. открытия В.В. Холщевников) // Научные открытия. М.: РАЕН; МААНОИ; МААНО, 2006.
4. **Парфёненко А.П.** Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в зданиях детских дошкольных образовательных учреждений: дис. ... канд. техн. наук (научный рук. Холщевников В.В.). М.: Академия ГПС МЧС России, 2012.
5. **ГОСТ 12.1.004–91*** ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
6. **Белосохов И.Р.** К проблеме формирования продолжительности времени начала эвакуации // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. 2 (36). 2011. 9 с. <http://ipb.mos.ru/ttb>.