

УДК 614.841.33:69.032.22

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОН БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ ПРИ ПОЖАРЕ

Пастухов С.М., к.т.н., доцент, Зайчук К.К.
Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

e-mail: plamennyj98@gmail.com, scooter031@mail.ru

Представлены отличительные особенности с точки зрения пожарной опасности высотных зданий в сравнении со зданиями меньшей этажности. Обоснована актуальность применения зон безопасности в высотных зданиях. Разработаны рекомендации по обоснованию количества зон безопасности и их размещению в высотном здании, количества этажей в группе оповещения.

Distinct characteristics from point of view of the fire hazard of high-rise buildings are presented in comparison to less stored buildings. The urgency of the application of security zones in high-rise buildings is substantiated. The recommendations on the justification of security zones and their placement in a high-rise building, the number of floors in the group of notification are developed.

(Поступила в редакцию 21 июня 2013 г.)

ВВЕДЕНИЕ

В Республике Беларусь проектирование высотных зданий ведется сравнительно недавно. Строительство первых высотных зданий в нашей республике осуществляется по уникальным проектам из монолитного железобетона.

Необходимо отметить, что высотные здания в силу своей специфики обладают большей пожарной опасностью в сравнении со зданиями меньшей этажности. Отличительными особенностями высотных зданий являются:

- увеличение нагрузки на несущие конструкции здания с увеличением высоты;
- наличие различных функциональных отсеков (торгового, жилого, офисного, технического);
- наличие стилобатной части, подземных паркингов, развитых систем вентиляции и кондиционирования воздуха;
- большое количество людей, а также большая протяженность путей эвакуации.

Стоит отметить, что приведенные специфические особенности высотных зданий будут характерны и для высотных зданий Республики Беларусь.

Пожары в высотных зданиях могут привести к трагическим последствиям с большим числом жертв (таблица 1).

Как видно из таблицы 1, основными причинами возникновения пожара являются: короткое замыкание электропроводки и нарушение правил пожарной безопасности при проведении огневых работ.

Безопасность при эвакуации людей из высотных зданий в случае возникновения пожара достигается путем реализации комплекса специальных мероприятий: объемно-планировочных решений, эргономических, конструктивных, инженерно-технических и организационных [1]. В связи с этим, к основным объемно-планировочным решениям по обеспечению безопасной эвакуации людей из высотных зданий относится устройство зон безопасности, применяемых в качестве временного укрытия эвакуирующегося населения. Устройство зон безопасности является актуальным решением, поскольку проведенный анализ произошедших пожаров в высотных зданиях, показал, что люди не всегда успевают достичь эвакуационных выходов за необходимое время эвакуации.

Таблица 1 – Краткие сведения о пожарах в высотных зданиях

Дата и место	Причина	Количество погибших/ пострадавших	Ущерб
01.02.1974, Бразилия, Сан-Паулу, 25-этажное здание Joelma Building	короткое замыкание в системе кондиционирования воздуха	179/300	– ³
21.11.1980, США, Лас-Вегас, 26-этажный отель-казино MGM Grand Hotel (89 м)	короткое замыкание электропроводки	87/679	223 млн. долларов
31.12.1986, Пуэрто-Рико, Сан-Хуан, 30-этажный отель «Dupont Plaza»	поджог	97/140	4 млрд. долларов
15.11.2010, Китай, Шанхай, 28-этажное здание	нарушение правил пожарной безопасности при проведении огневых работ	53/100	здание полностью выгорело
17.07.2012, Турция, Стабмул, 42-этажный небоскреб «Polat Tower» (153 м)	короткое замыкание электропроводки в системе кондиционирования воздуха	– ¹ /– ²	– ³
03.04.2013, Чечня, Грозный, 40-этажная башня «Олимп» комплекса «Грозный-Сити» (145 м)	короткое замыкание электропроводки в системе кондиционирования воздуха	– ¹ /– ²	200 млн. рос. руб.
Примечания: ¹ – при пожаре люди не погибли; ² – при пожаре люди не пострадали; ³ – данные об ущербе не публиковались.			

Произошедшие пожары (США, Лас-Вегас, отель-казино MGM Grand Hotel; Китай, Гонконг, здание «Garley Building»; Россия, Москва, Останкинская телебашня и другие) в высотных зданиях показали, что люди погибают даже при наличии технических средств противопожарной защиты (системы противодымной вентиляции, системы пожарной сигнализации, установки пожаротушения и др.).

Проектирование высотных зданий в Республике Беларусь ведется в соответствии с требованиями ТКП 45-3.02-108-2008 «Высотные здания. Строительные нормы проектирования». Однако в данном документе отсутствуют четкие требования к количеству и местам размещения зон безопасности. Для решения данного вопроса необходимо разработать сценарии эвакуации людей в лестничных клетках высотных зданий, учитывающие наличие (либо отсутствие) технических средств противопожарной защиты (систем оповещения и управления эвакуацией людей, систем противодымной вентиляции и других). По результатам расчетов устанавливаются основные параметры движения людских потоков в лестничных клетках, а также определяются конечные значения времени эвакуации людей из высотных зданий наружу непосредственно либо входа их в зону безопасности. Таким образом, разработка рекомендаций по расположению и определению количества зон безопасности в высотном здании является актуальной задачей.

Сценарии эвакуации людей из высотных зданий

В качестве объекта для проведения расчетов параметров движения людских потоков был принят проект одного из строящихся высотных зданий в Республике Беларусь.

Для эвакуации людей из здания предусмотрены 3 лестничные клетки: типа Н1 – с входом в лестничную клетку с этажа через наружную воздушную зону по открытым переходам; Н2 – с подпором воздуха в лестничную при пожаре; Л1 – с естественным освещением через заполненные светопрозрачными элементами проемы в наружных стенах.

Разработка сценариев эвакуации людей проводилась с учетом достижения ими выхода непосредственно наружу, входа в помещение зоны безопасности, а также наличия системы оповещения о пожаре типа СО-5, предусматривающей зонное оповещение групп помещений. Сценарии учитывают неблагоприятное развитие пожара и возможные непредвиденные обстоятельства (блокирование отдельных эвакуационных путей и выходов, отказ в работе технических средств противопожарной защиты) [2]. Характеристика разработанных сценариев представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика расчетных сценариев эвакуации людей

	ЛК типа Н1	ЛК типа Н2	ЛК типа Л1	СО-5	Зона безопасности
Сценарий 1	+	+	+	-	-
Сценарий 2	+	+	-	-	-
Сценарий 3	+	-	+	-	-
Сценарий 4	+	+	+	+	-
Сценарий 5	+	+	-	+	-
Сценарий 6	+	-	+	+	-
Сценарий 7	+	+	+	+	+
Сценарий 8	+	+	+	+	+

Как видно из таблицы 1, **сценарий 1** предполагает эвакуацию людей по лестничным клеткам типа Н1, Н2 и Л1. При разработке сценария принято, что люди не осведомлены о наличии зоны безопасности в здании, система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре не сработала по причине технической неисправности.

Сценарий 2 предполагает эвакуацию людей по лестничным клеткам типа Н1 и Н2. При разработке сценария принято, что лестничная клетка типа Л1 заблокирована, люди не осведомлены о наличии зоны безопасности в здании, система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре не сработала по причине технической неисправности.

Сценарий 3 предполагает эвакуацию людей по лестничным клеткам типа Н1 и Л1. При разработке сценария принято, что лестничная клетка типа Н1 заблокирована, люди не осведомлены о наличии зоны безопасности в здании, система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре не сработала по причине технической неисправности.

Сценарий 4 предполагает поэтапную эвакуацию с использованием системы оповещения и управления эвакуацией людей типа СО-5 для исключения образования высокой плотности людских потоков в лестничной клетке. Эвакуация людей происходит по лестничным клеткам типа Н1, Н2 и Л1. При разработке сценария принято, что люди не осведомлены о наличии зоны безопасности в здании.

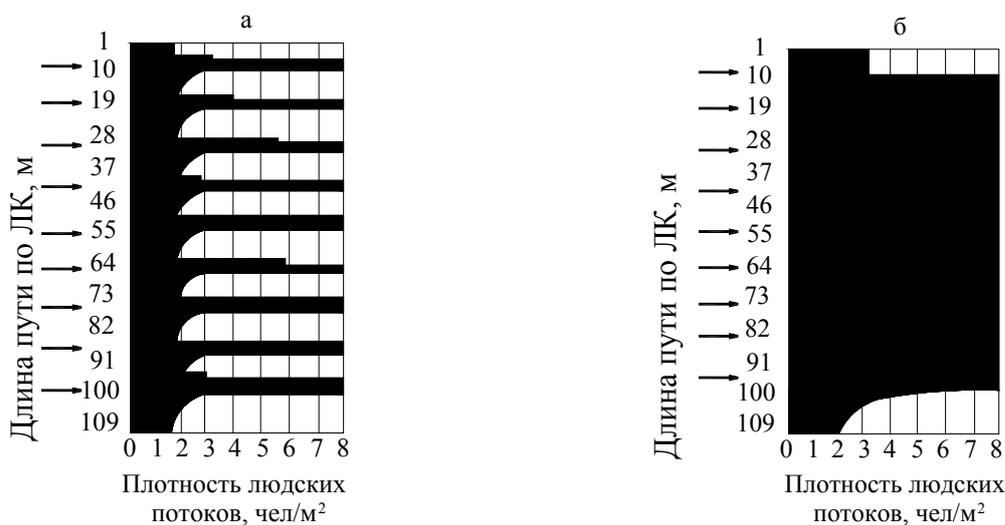
Сценарий 5 предполагает поэтапную эвакуацию с использованием системы оповещения и управления эвакуацией людей типа СО-5, эвакуация людей происходит по лестничным клеткам типа Н1 и Н2. При разработке сценария принято, что люди не осведомлены о наличии зоны безопасности в здании.

Сценарий 6 предполагает поэтапную эвакуацию с использованием системы оповещения и управления эвакуацией людей типа СО-5, эвакуация людей происходит по лестничным клеткам типа Н1 и Л1. При разработке сценария принято, что люди не осведомлены о наличии зоны безопасности в здании.

Сценарий 7 предполагает поэтапную эвакуацию с использованием зоны безопасности и системы оповещения и управления эвакуацией людей типа СО-5, эвакуация людей происходит по лестничным клеткам типа Н1, Н2 и Л1.

Сценарий 8 (с учетом предложенных рекомендаций) предполагает поэтапную эвакуацию с использованием 2-х зон безопасности и системы оповещения и управления эвакуацией людей типа СО-5, эвакуация людей происходит по лестничным клеткам типа Н1, Н2 и Л1.

Следует отметить, что при эвакуации по лестничной клетке в результате скопления людей, выходящих с этажей и спускающихся по лестнице, образуются части потока, которые не успевают достигать малой плотности до того, как они приближаются к месту выхода людей с нижележащего этажа. В результате, на участках слияния образуются потоки такой величины, что пропускной способности сечений общего пути оказывается недостаточно для обеспечения беспрепятственного движения. В таком случае происходят продолжительные скопления людей высокой плотности, что отражено на рис. 1 (стрелками показаны места выхода людей с этажа в ЛК) [3].



а – скопления происходят в местах выхода людей с этажа;
б – продолжительные скопления по всей ЛК

Рисунок 1 – Плотность людских потоков в ЛК [3]

При поэтапной эвакуации людей в общем случае с использованием системы оповещения и управления эвакуацией людей типа СО-5 рекомендуется выделять следующие группы оповещений исходя из представленных условий:

1. при $N > 100$: 1 зона оповещения – 1 этаж [2];
2. при $N < 100$ и $t_p^2 < t_p^3$: 1 зона оповещения – группа 2 этажа;
3. при $N < 100$ и $t_p^2 > t_p^3$: 1 зона оповещения – группа 3 этажа;

где t_p^2 – расчетное время эвакуации группы людей по 2 этажа;

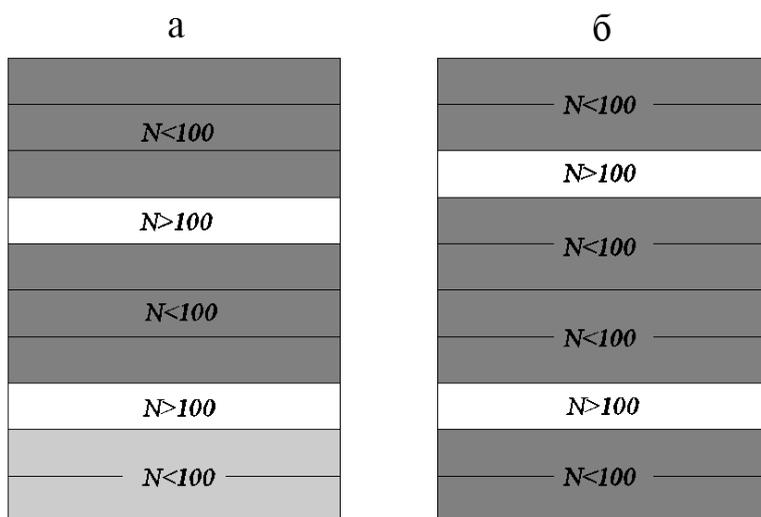
t_p^3 – расчетное время эвакуации группы людей по 3 этажа.

На рис. 2 представлены возможные группы оповещения людей при пожаре в высотном здании.

Расчет времени эвакуации проведен по методике, приведенной в ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» [4]. При определении количества эвакуируемых этажей в группе сравнивалось время эвакуации однотипных этажей с равным количеством людей по лестничной клетке типа Н1 между 3 группами по 2 этажа (1 слияние людских потоков в пределах группы), 2 группами по 3 этажа (2 слияния людских потоков в пределах группы) и 6 этажами по отдельности (слияние людских потоков в пределах группы не образуется). Время задержки оповещения групп эвакуируемых этажей определено, исходя из расстояния между группами, исключающее слияние людских потоков. Данное расстояние определено по следующему алгоритму:

– в зависимости от интенсивности найдена плотность людского потока группы при движении по лестничной маршу вниз;

– зная расчетное количество людей, которое движется в группе, определена необходимая длина участка при постоянной ширине, который вмещает расчетное количество людей.



а – группы оповещения по 3 этажа;
б – группы оповещения по 2 этажа

Рисунок 2 – Возможные группы оповещения людей при пожаре

В результате проведенных расчетов в таблице 3 представлено время эвакуации людей для различных групп в пределах 6 этажей.

Таблица 3 – Расчетное время эвакуации людей группами этажей

Группы	3 группы по 2 этажа	2 группы по 3 этажа	6 групп по 1 этажу
Время эвакуации, мин.	10,48	10,08	7,89

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод, что рационально проводить поэтапную (последовательную) эвакуацию группами по 1 этажу с целью исключения слияния людских потоков в лестничной клетке.

Для того, чтобы определить этажи, из которых необходимо направлять людей в зону безопасности при их эвакуации, было рассмотрено 2 случая:

- эвакуация в зону безопасности трех вышележащих этажей поэтапно;
- эвакуация в зону безопасности двух вышележащих и одного нижележащего этажей поэтапно (нижележащий этаж эвакуируется вверх).

С учетом времени эвакуации людей в пределах этажа расчетное время эвакуации на этаж с помещением зоны безопасности для первого случая составило 7,63 мин., для второго – 8,17 мин., соответственно.

Исходя из приведенных расчетов, можно сделать вывод, что в зону безопасности эффективно эвакуировать людей из 3 вышележащих этажей.

Типовая расчетная схема эвакуации людей по лестничной клетке представлена на рис. 3.

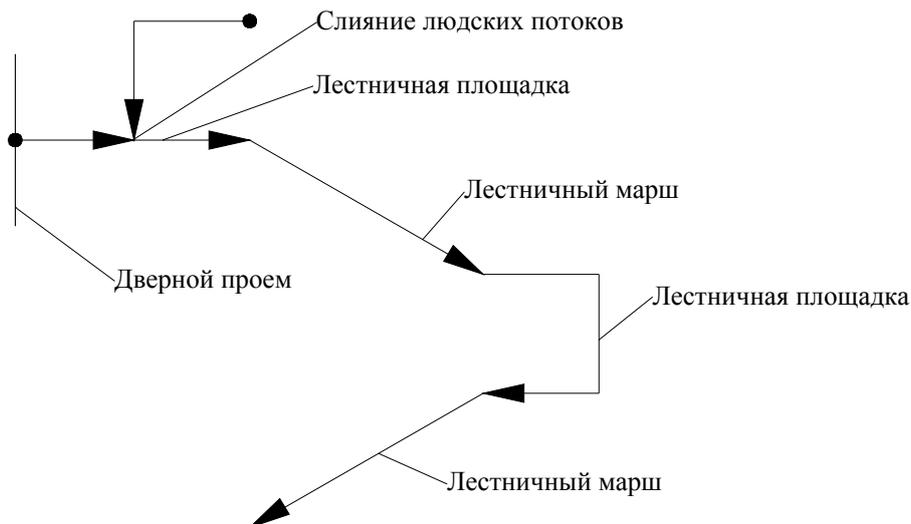


Рисунок 3 – Типовая расчетная схема эвакуации людей по лестничной клетке

Расчетное время эвакуации людей по 8 приведенным сценариям представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Расчетное время эвакуации людей по 8 сценариям

Расчетное время эвакуации, мин.	Сценарий эвакуации							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	109,11	110,46	187,29	35,59	35,59	42,94	34,61	29,2

Таким образом, исходя из представленных в таблице 4 данных, можно сделать вывод, что при эвакуации людей по сценарию 1 образуется максимальное расчетное время эвакуации, равное 187,29 мин. Соответственно при учете работы технических средств противопожарной защиты (сценарий 8) и предложенных рекомендаций расчетное время эвакуации минимально, равное 29,2 мин.

Рекомендации по расположению и определению минимального количества зон безопасности

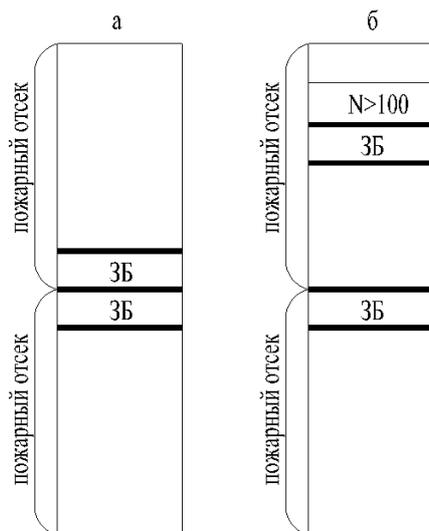
В соответствии с требованиями ТКП 45-3.02-108 высота пожарного отсека надземной части здания не должна превышать 16 этажей и во всех случаях 50 м. Таким образом, с учетом указанных требований, количество зон безопасности в высотном здании предлагается определять исходя из следующего условия:

$$N_{зБ} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{N_{эм}}{16} \\ \frac{H_{зд}}{50} \end{array} \right. , \quad (1)$$

где $N_{эм}$ – количество этажей в высотном здании;
 $H_{зд}$ – высота здания, м.

Согласно [5] помещение зоны безопасности должно располагаться вблизи от холлов с лифтами для пожарных, при этом непосредственное примыкание помещения к этому холлу

необязательно. В качестве рекомендации предлагается размещать зону безопасности на этаже, смежном с этажами, в которых предусмотрено наличие помещений с массовым пребыванием людей, а также с этажами, на которых суммарное число людей превышает 100 человек (например, помещения ресторанов, баров, кафе и т. п.). С целью оптимизации в части конструктивного исполнения зоны безопасности предлагается выполнять смежными друг с другом, т. е. зоны безопасности должны примыкать к противопожарному перекрытию пожарного отсека высотного здания (рис. 4а). В случае устройства в высотном здании двух зон безопасности и наличия помещений с массовым пребыванием людей предлагается размещать одну зону безопасности на этаже, смежном с этажом, на котором расположено помещение с массовым пребыванием людей (рис. 4б).



а – при отсутствии помещения с массовым пребыванием людей;
 б – с наличием помещения с массовым пребыванием людей

Рисунок 4 – Возможные варианты расположения зон безопасности

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основании проведенных исследований получены следующие результаты:

1. Установлено, что основными причинами возникновения пожаров в высотных зданиях являются короткое замыкание электропроводки в системе вентиляции и кондиционирования воздуха, а также нарушение правил пожарной безопасности при проведении огневых работ. В результате анализа требований технических нормативных правовых актов Республики Беларусь и зарубежных стран установлено, что для определения пределов огнестойкости строительных конструкций высотных зданий необходимо производить расчет путей эвакуации с учетом наличия зон безопасности, а также систем оповещения и управления эвакуацией людей.

2. Разработаны расчетные сценарии эвакуации людей из высотных зданий при пожаре, учитывающие наличие зон безопасности, работу технических средств противопожарной защиты (системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, системы пожарной сигнализации, системы противодымной защиты) и позволяющие определить требуемый предел огнестойкости строительных конструкций в указанных зданиях.

3. Предложены рекомендации по проектированию зон оповещения в части, касающейся определения числа этажей в группе, позволяющее сократить расчетное время эвакуации людей из высотного здания с 187,3 до 42,9 мин.

4. Предложены рекомендации по расположению зон безопасности и определению их минимального количества в высотном здании, полученные на основании проведенных расчетов параметров движения людского потока и позволяющие уменьшить расчетное время эвакуации с 42,9 до 29,2 мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ройтман, В. Пожары в высотных зданиях – обеспечение безопасности людей / В. Ройтман // Альянс-спасатель [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://www.spetsspasatel.ru/articles/c2/id5>. – Дата доступа : 15.09.2012.
2. Здания и сооружения. Эвакуационные пути и выходы. Правила проектирования = Будинкі і збудаванні. Эвакуацыйныя шляхі і выходы. Правілы праектавання : ТКП 45-2.02-22-2006. – Введ. 01.07.06. – Минск : НПП РУП «Стройтехнорм», 2006. – 49 с.
3. Холщевников, В.В. Анализ процесса эвакуации людей из высотных зданий / В.В. Холщевников, Д.А. Самошин // Жилищное строительство. – 2008. – № 8. – С. 2-4.
4. Пожарная безопасность. Общие требования : ГОСТ 12.1.004-91. – Введ. 01.07.92. – Москва : МВД СССР, 1992. – 81 с.
5. Высотные здания. Строительные нормы проектирования = Вышынныя будынкi. Будаўнічыя нормы праектавання : ТКП 45-3.02-108-2008. – Введ. 01.12.08. – Минск: НПП РУП «Стройтехнорм», 2008. – 92 с.
6. Здания, строительные конструкции, материалы и изделия. Правила пожарно-технической классификации = Будынкi, будаўнічыя канструкцыi, матэрыялы і вырабы. Правілы пажарна-тэхнічнай класіфікацыi: ТКП 45-2.02-142-2011. – Введ. 01.12.11. – Минск: НПП РУП «Стройтехнорм», 2011. – 21 с.