



<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca>

Оценка эффективности различных методов установки
фотолюминесцентных материалов на лестницах для эвакуации людей из
офисных зданий

IRC-RR-232

G. Proulx, N. Benichou, J.K. Hum и K.N. Restivo

6 июля 2007

Материалы настоящего документа защищены условием об авторских правах законодательством, политикой, нормативными документами Канады и международными соглашениями. Данное условие служит для определения источника информации и в определенных случаях для запрещения копирования материалов без письменного согласия. Дополнительная информация:

<http://laws.justice.gc.ca/en/showtdm/cs/C-42>



National Research
Council Canada

Conseil national
de recherches Canada

Canada

**Оценка эффективности различных методов установки
фотолюминесцентных материалов на лестницах для эвакуации людей из
офисных зданий**

G. Proulx, N. Benichou, J.K. Hum и K.N. Restivo

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ.....	2
БЛАГОДАРНОСТИ	5
РЕЗЮМЕ	7
1 ВВЕДЕНИЕ	11
1.1 Фотолюминесцентный материал	11
1.2 Суммарный литературный обзор.....	12
1.3 Обоснование последующих исследований.....	13
2 ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ	14
3 МЕТОДОЛОГИЯ.....	15
3.1 Испытываемое здание	15
3.2 Отбор участников	17
3.3 Дизайн эксперимента	18
3.3.1 Установка материалов.....	21
3.3.2 Измерение аварийного освещения.....	23
3.4 Сбор данных.....	25
3.4.1 Опросный лист.....	25
3.4.2 Видеокамеры.....	25
3.5 Процедура эвакуации из здания C.D. Howe.....	26
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	26
4.1 Результаты опросных листов.....	26
4.1.1 Данные по респондентам.....	27
4.1.2 Включение сигнализации и первая реакция	29
4.1.3 Время эвакуации.....	31
4.1.4 Эвакуация по лестничным проемам	33
4.2 Данные видеонаблюдения	43
4.2.1 Время начала эвакуации	43
4.2.2 Скорость передвижения.....	45
4.2.3 Поведение эвакуировавшихся	49
5 ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
5.1 Субъективная оценка участников эвакуации маркировки из ФЛМ.....	52
5.2 Движение эвакуирующихся	53
5.3 Сравнение методов установки ФЛМ	55

5.4. Сравнение ФЛМ с аварийным освещением.....	56
5.5 Последующие исследования	57
6 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ А. МЕМОРАНДУМ УЧАСТНИКАМ.....	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ	62
ПРИЛОЖЕНИЕ В. ОПРОСНЫЙ ЛИСТ УЧАСТНИКА УЧЕНИЯ ПО ЭВАКУАЦИИ ..	65
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. РАСПОЛОЖЕНИЕ МАРКИРОВКИ ИЗ ФЛМ	71
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ, СПУСКАЮЩИХСЯ ПО ЛЕСТНИЦАМ	72

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1. Параметры установки ФЛМ на лестничных проемах	24
Таблица 2. Показатели измерения аварийного освещения на лестничном проеме С	25
Таблица 3. Возвращенные опросные листы	27
Таблица 4. Нарушения здоровья участников учений, которые могли оказать значительное влияние на результат исследования	29
Таблица 5. Распределение всех респондентов на момент включения тревоги по этажам	30
Таблица 6. Действия, которые предприняли опрашиваемые перед тем, как начать эвакуироваться	31
Таблица 7. Время, которое потратили респонденты, перед тем, как начать эвакуироваться	31
Таблица 8. Суммарное время эвакуации	32
Таблица 9. Число респондентов, спускавшихся по каждой лестнице	33
Таблица 10. Проблемы, с которыми сталкивались респонденты на лестнице.....	34
Таблица 11. Оценка видимости на лестничных проемах	36
Таблица 12. Оценка видимости на лестнице, которую дали респонденты, начавшие эвакуацию с разных этажей.	36
Таблица 13. Оценка эффективности компонентов системы эвакуации на тестируемых лестничных проемах	37
Таблица 14. Рейтинг лестничных проемов по каждому критерию	42
Таблица 15. Оценка плотности толпы	43
Таблица 16. Время, которые потребовалось эвакуировавшимся, чтобы достичь выхода на лестничные площадки.....	44
Таблица 17. Скорость движения по тестируемым лестничным проемам.....	45
Таблица 18. Скорость движения и плотностью толпы на тестируемых лестницах	46
Таблица 19. Скорость движения людей в зависимости от этажа	49
Таблица 20. Количество эвакуировавшихся, которые держались за перила.....	51

СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1. Примеры фотолюминесцентных маркеров безопасности на лестничном проеме [4].....	12
Рисунок 2. Фотография здания С.Д. Howe	16
Рисунок 3. Местоположение лестничных проемов.....	16
Рисунок 4. Блок лифтов здания С.Д. Howe.....	18
Рисунок 5. Информационное сообщение, размещенное в лифте	19
Рисунок 6. Автобус спасателей г.Оттава на месте проведения учений	20
Рисунок 7. Возвращение служащих здания после окончания учений	21
Рисунок 8. Лестница, оснащенная фотолюминесцентной маркировкой.....	22
Рисунок 9. Тестируемые лестничные проемы	22
Рисунок 10. Положение областей лестнице, тестированных на освещенность	24
Рисунок 11. Место работы респондентов	28
Рисунок 12. Пол и возраст респондентов.....	28
Рисунок 13. Распределение времени, потраченного респондентами перед эвакуацией .	32
Рисунок 14. Распределение времени эвакуацией	33
Рисунок 15. Оценка респондентов видимости на лестничных проемах	35
Рисунок 16. Распределение ответов на утверждение, что каждая первая ступенька была легко обнаружима	38
Рисунок 17. Распределение ответов на утверждение, что каждая ступенька была легко обнаружима.....	39
Рисунок 18. Распределение ответов на утверждение, что каждая последняя ступенька была легко обнаружима.....	40
Рисунок 19. Указатель направления движения с символом «бегущий человек»	40
Рисунок 20. Распределение ответов на утверждение, что каждый указатель направления движения был хорошо виден	41
Рисунок 21. Препятствие в виде водяной трубы на лестничном проеме С.....	42
Рисунок 22. Плотность эвакуирующихся в зависимости от времени после включения аварийной тревоги.....	47
Рисунок 23. Число эвакуировавшихся, входивших на лестничную площадку на каждом этаже	48
Рисунок 24. Схема расположения эвакуировавшихся на 3-ем этаже лестнице А через 2, 3, 4, 5 и 6 минут после включения аварийной тревоги	52
Рисунок 25. Лестничный проем Е при нормальном освещении и в условиях полной темноты	53

Оценка эффективности различных методов установки фотолюминесцентных материалов на лестницах для эвакуации людей из офисных зданий

G. Proulx, N. Benichou, J.K. Hum и K.N. Restivo

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы хотели бы поблагодарить сотрудников здания C.D. Howe, которые любезно согласились принять участие в эвакуационных учениях, за их содействие при сборе данных: когда они спускались по лестницам и заполняли наши анкеты. Без вашего участия проведение этого исследования было бы невозможно. Спасибо всем представителям отдела по чрезвычайным ситуациям каждого этажа, которые провели прекрасную работу, направляя людей и помогая им в течении всех учений. Несмотря на исследование, эти учения показали наилучшие результаты из тех, которые когда-либо проводились в здании C.D. Howe. Решающую роль в этом, разумеется, сыграл вклад всех участников, кто вместе приложили максимальные усилия, чтобы сделать эту тренировку и исследование успешными. Большое спасибо всем.

За неоценимое сотрудничество в стенах C.D. Howe мы хотели бы выразить благодарность: Guylaine Tessier и Robert Lahaie из Министерства общественных работ и государственных служб Канады, Francois Potvin и Jose Vidal из Министерства промышленности Канады и Michelle Potvin, Kristin Cook, David DeLenardo и Stephane Martel из SNC-Lavalin/ProFac.

Особую благодарность выражаем капитану Gerry O'Keefe и его команде из Пожарной службы г.Оттавы. Так же Департаменту полиции и Департаменту скорой помощи г.Оттавы, которые обеспечивали этим эвакуационным учениям максимальный реализм и безопасность участников.

Мы так же благодарны стороннему наблюдателю Brian P. Murphy, управляющему компанией по стандартизации и сертификации в области техники безопасности, и Tim Pullen, координатору отдела пожарных проверок и расследований рабочей программы Министерства трудовых ресурсов и социального развития Канады за их участие и интуитивные комментарии.

Мы имели удовольствие работать со многими ведущими производителями, которые обеспечивали поставку материала и его установку в соответствии нашими пожеланиями. Спасибо Bob McIntosh из Prolink North America¹, Al Carlson из Jessup Manufacturing Company и Geoffrey Peckham из Jalite USA и их коллегам и монтажникам. Спасибо за вашу поддержку в этом научном исследовании и безупречную веру в важность этой работы для блага индустрии в целом и безопасности людей.

Мы бы хотели поблагодарить John Latour, Jocelyn Henrie, Patrice Leroux, Yves P. Seguin, Eric Gibbs, Sasa Muradori, Abderrazzaq Bounagui, Glendon Pye и Richard Rombough из Национального исследовательского совета Канады в области строительства за отлично выполненную работу. Спасибо Chantal Arsenault за выполнение замеров аварийного освещения на Лестничном проеме С.

¹ С момента начала работы над этим отчетом Prolink North America сменила свою марку на Lumonall Inc.

Эта работа финансировалась совместными усилиями Национального исследовательского совета Канады и Министерства общественных работ и государственных служб Канады. Особая благодарность Brian Kyle и его команде за помощь в достижении цели исследования.

Оценка эффективности различных методов установки фотолюминесцентных материалов на лестницах для эвакуации людей из офисных зданий

G. Proulx, N. Benichou, J.K. Hum и K.N. Restivo

РЕЗЮМЕ

Целью учений по эвакуации была оценка эффективности различных подходов к установке фотолюминесцентных материалов на лестничных проемах, с целью создания системы ориентировки людей при их эвакуации из здания. Национальный исследовательский совет Канады и Министерство общественных работ и государственных служб Канады провели совместную работу по проведению данного исследования. Была оказана поддержка со стороны трех изготовителей фотолюминесцентных материалов: Jalite USA, Jessup Manufacturing Company и Prolink North America.

Для этого исследования было выбрано здание C.D. Howe, расположенное на улице Queen 235 г.Оттава. Здание имеет шесть геометрически одинаковых лестниц, четыре из которых не имеют окон. В течение рабочего времени в здании может находиться около 4000 работников. Поводом для данного эксперимента стали ежегодные аварийные учения, которые обычно проводятся в течение недели пожарной безопасности. Эвакуационные учения проводились во вторник 5 октября в 10 часов 35 минут.

Дизайн исследования подразумевал использование четырех лестниц без окон (рисунок ниже). На трех лестничных проемах был установлен фотолюминесцентный материал: лестница А имела маркеры в углах каждой ступеньки, в форме буквы «L» и маркировку перил. Каждая ступенька маркировалась базовым методом в соответствии с требованиями местного закона №26 Нью-Йорка для существующих зданий. Дополнительная маркировка ступеней этим законом не регламентирована. Лестница Е соответствовала требованиям для новых зданий г.Нью-Йорка: непрерывная маркировка ступенек фотолюминесцентной лентой шириной 2,54 см по краю и маркировка перил. Лестница G представляла собой комбинацию маркировки с формой L, маркировку перил и непрерывную разметку шириной 2,54 см по краю каждой ступеньки. Эту маркировку было предложено сделать по рекомендации главного архитектора Департамента строительства г.Нью-Йорка, который проверял установку всех фотолюминесцентных материалов. Лестница С не имела фотолюминесцентной маркировки, но имела освещение, пониженное до среднего уровня 37 люкс, что соответствует аварийному освещению. В рамках нашего исследования эта лестница считалась контрольной.

Для сбора информации о скорости перемещения людей и общего настроения эвакуируемых, на всех четырех лестницах было установлено двадцать восемь видеокамер. Все служащие, которые при эвакуации покидали здание через лестницы А, С, Е и G, получили опросные листы. Вопросник включал в себя характеристики участника, полученный за этот день опыт, специальные вопросы об удобстве и ощущении безопасности на используемой лестнице и общая оценка фотолюминесцентной маркировки.

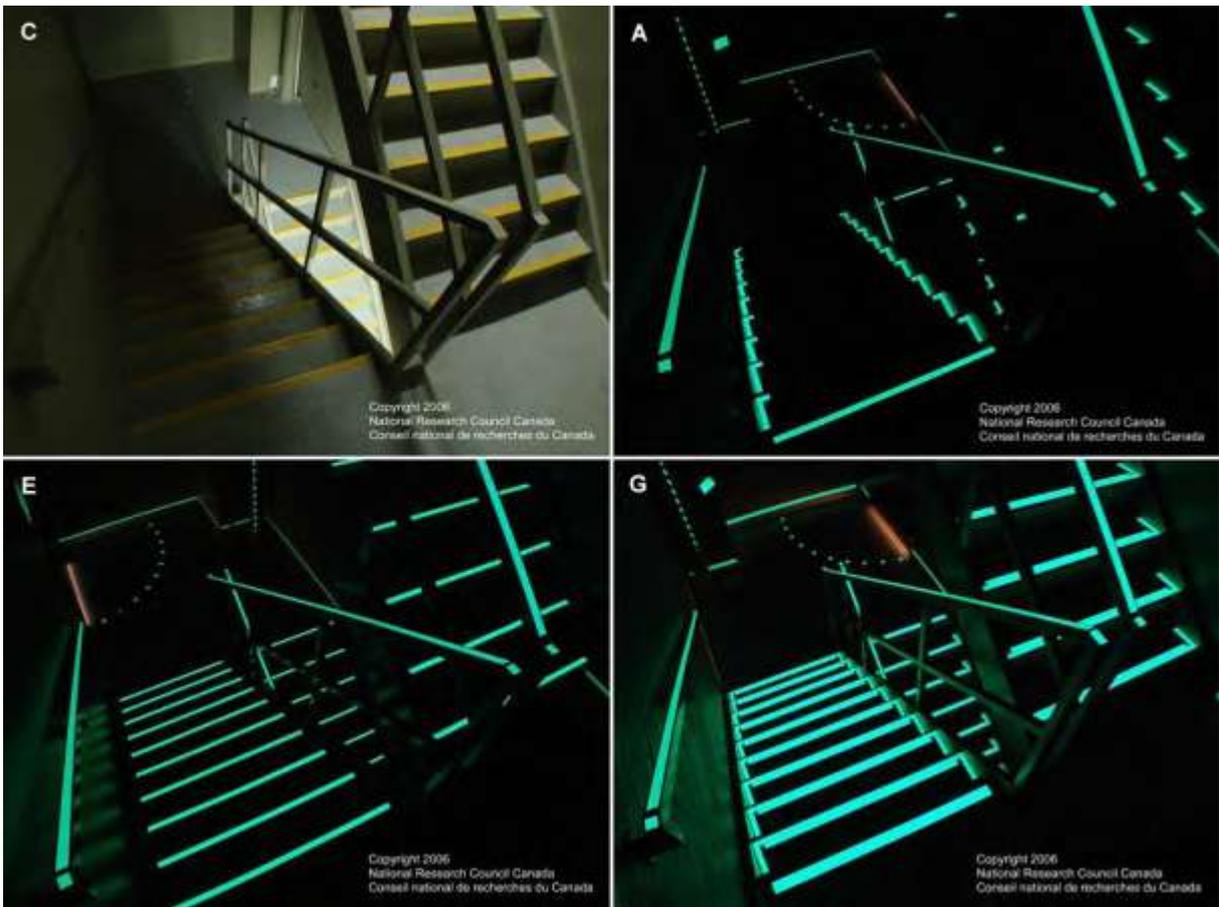


Рисунок. Четыре исследуемых метода установки маркировки на лестнице

Результат из анкет показал, что 65-75% респондентов чувствовали себя комфортно, спускаясь по всем лестницам, как с фотолюминесцентной маркировкой, так и со сниженным освещением. Но лестницам Е и G эвакуированные дали оценку «хорошо» или «отлично», в то время как лестницы А и С получали менее позитивные оценки. Свыше 90% респондентов, спускавшихся на всех четырех изучаемых лестницах, «абсолютно согласны» или «отчасти согласны», что перила было легко найти. Все респонденты были положительно настроены, когда их спросили о том, легко ли им было найти первую ступеньку на каждом пролете. Однако идентифицировать каждую ступеньку на лестнице Е и G было легче, чем на лестницах А и С. Когда их спросили об обнаружении последней ступеньки эвакуируемые, использовавшие лестницу А, находили это трудным определить последнюю ступеньку на каждом лестничном проеме. Не обнаружено статистически значимых различий при оценке таких параметров, как затруднение движения, обозначение возврата на этаж или маркировка конечного выхода. Если мы возьмем данные по каждой лестнице и посмотрим на ту из них, которая получила наиболее благоприятную оценку по каждому показателю, то окажется, что в большинстве случаев первое место занимает лестница Е, на втором – лестница G. Лестничные проемы А и С занимают третью и последнюю позиции соответственно. Из опросного листа видно, что респонденты назвали лестницы А и С схожими по многим параметрам. Лестницы Е и G в этом отношении значительно отличались от них в лучшую сторону. Лестница Е получила наилучшую оценку вопреки тому факту, что она в ходе эвакуации была в большей степени переполненной, а эвакуировавшиеся впереди двигались слишком медленно

Видео камеры помогли посчитать количество и поведение эвакуировавшихся в течение учений. В 10 часов 35 минут и 23 секунды сработала пожарная тревога, она звучала 11

минут 51 секунду. Среднее время, которое понадобилось участникам учений, чтобы добраться до лестницы составило 1 минуту и 9 секунд. Полная эвакуация потребовала 12 минут.

Одной из наиболее интересных находок была скорость движения неуправляемой толпы, спускающейся в условиях разного освещения. Результат исследований показал, что скорость движения людей по лестнице А была от 0,33 м/с до 1,39 м/с. На лестнице Е скорость движения была 0,17 м/с до 1,03 м/с, на лестнице G – от 0,14 м/с до 1,53 м/с и, наконец, на лестнице С – от 0,38 м/с до 1,87 м/с. Наименьшая средняя скорость движения была на лестнице Е – около 0,40 м/с. Лестница G показала среднюю скорость 0,57 м/с, у лестниц: А и С – 0,66 м/с. В течение пяти наиболее оживленных минут эвакуации плотность толпы на четырех изучаемых лестницах была от 1,56 до 1,60 людей на м². После этого средняя плотность на четырех лестницах стала сходной. Было неожиданно, что лестница Е имела значительно меньшую среднюю скорость движения толпы – всего 0,40 м/с. Видеозапись завершающего этапа эвакуации показала, что два эвакуировавшихся человека с ограниченными возможностями стали причиной снижения показателя средней скорости движения по лестнице Е. Таким образом, высокая плотность толпы и наличие людей с ограниченными возможностями были важными факторами, повлиявшими на показатель средней скорости перемещения людей. С другой стороны фотолюминесцентная маркировка или пониженное освещение не оказали заметного влияния на этот показатель. Длительность предыдущих учений по эвакуации в здании С.Д. Howe составляла около 14 минут. Проведенное в исследование, в ходе которого суммарное время эвакуации было менее 12 минут, показало, что экспериментальная установка фотолюминесцентных материалов не оказала отрицательного эффекта на процесс эвакуации.

Лестница Е, которая содержала маркировку по краю ступени шириной 2,54 см, получила наилучшую оценку от респондентов, несмотря на тот факт, что она была самой медленной из-за двух медленно эвакуировавшихся людей. Две лестницы с маркировкой по краю каждой ступени получили наилучшие оценки от респондентов, чем лестница только с маркировкой в форме буквы «L» или лестничный проем с уменьшенным освещением. Скорость движения по трем лестницам с фотолюминесцентной маркировкой была такой же хорошей, как и по лестнице со сниженным освещением. Необходимо отметить, что две лестницы с фотолюминесцентной маркировкой по краю каждой ступени получили наилучшие оценки от эвакуировавшихся.

Данные, полученные в ходе проведенного исследования, показывают интересный потенциал фотолюминесцентной маркировки для помощи при эвакуации. При должной установке, такая маркировка может оказаться полезной как при обычном отключении света, связанном с потерей электропитания, так и в условиях сильного задымления. Решающим фактором, влияющим на эффективность данной маркировки, является правильность установки ее компонентов.

Эвакуационная система на основе фотолюминесцентных материалов является экономически эффективным дополнением, или даже потенциальной заменой обычному аварийному освещению. К ее преимуществам относятся: отсутствие необходимости дополнительного энергопитания и, соответственно, дополнительных затрат на прокладку проводов, минимальное обслуживание и надежность. Поведение эвакуирующихся людей, скорость движения и субъективная оценка маркировки вместе свидетельствуют, что фотолюминесцентная маркировка будет стоящим дополнением

существующих аварийных систем, которая позволит улучшить безопасность при эвакуации людей при чрезвычайных ситуациях и пожарах.

Оценка эффективности различных методов установки фотолюминесцентных материалов на лестницах для эвакуации людей из офисных зданий

G. Proulx, N. Benichou, J.K. Hum и K.N. Restivo

1 ВВЕДЕНИЕ

Это исследование было проведено совместными усилиями Национального исследовательского совета Канады и Министерства общественных работ и государственных служб Канады. Целью данного исследования была объективная оценка различных методов установки фотолюминесцентной маркировки в лестничных проемах высотных офисных зданий. Полученные в ходе исследования данные представлены в настоящем отчете.

1.1 Фотолюминесцентный материал

Фотолюминесцентный материал (ФЛМ) изготовлен из неорганических химических соединений, таких как фотолюминесцентный пигмент люминофор, помещенный в гибкую или жесткую оболочку или растворенный в жидкости, например, краске [1]. Фотолюминесцентный пигмент состоит из кристаллов и других элементов. Кристалл является фотолюминесцентным (фосфоресцирующим), если он возбуждается при воздействии на него источником света, способен сохранять фотоны света и, следовательно, светиться в течение некоторого времени после этого. После того, как кристаллы были заряжены, источник света может быть удален и кристаллы останутся в возбужденном состоянии и будут продолжать светиться. Со временем энергия, хранящаяся в кристаллах, будет постепенно расходоваться до полного ее исчерпания. Фотолюминесцентный материал может быть перезаряжен повторным воздействием на него источником света. Данный материал может быть охарактеризован основными параметрами и единицами. К ним относится яркость – сила света или оптическая яркость плоского источника. Для фотолюминесцентного материала она измеряется в миликандела (мкд) на единицу площади – квадратных метрах. Также используется единица не метрической системы – фут-ламберт (fL, 1 fL = 3,426 кд/м²). Освещенность – количество света, достигшего поверхности, измеряется в люменах (лм) на квадратный фут (fC) или люменах на квадратный метр - люксах (лк) [2]. При этом один люмен на квадратный метр равен одному люксу, а один люмен на квадратный фут равен одному fC. Люмен – единица, показывающая, сколько фотонов испускает источник света, т.е. вырабатываемого им количество света [3].

Фотолюминесцентный материал имеет несколько применений. Наиболее перспективное его использование в пожарной безопасности – нанесение маркеров безопасности на таблички выхода, двери, обозначение траектории движения и препятствий, а так же других объектов, что обеспечит систему безопасной эвакуации. В случае отключения света, причиной которого может явиться нарушения электроснабжения или пожары, фотолюминесцентные маркеры безопасности, в виде линий, рисунков и других символов безопасности может помочь в эвакуации, направляя людей к более безопасным местоположениям (рисунок 1).

Фотолюминесцентный материал был впервые использован в удаленных местах и локациях, таких как военные установки, корабли, нефтяные площадки, находящиеся в

открытом море, воздушный и наземный транспорт, туннели и подземные помещения электростанций.

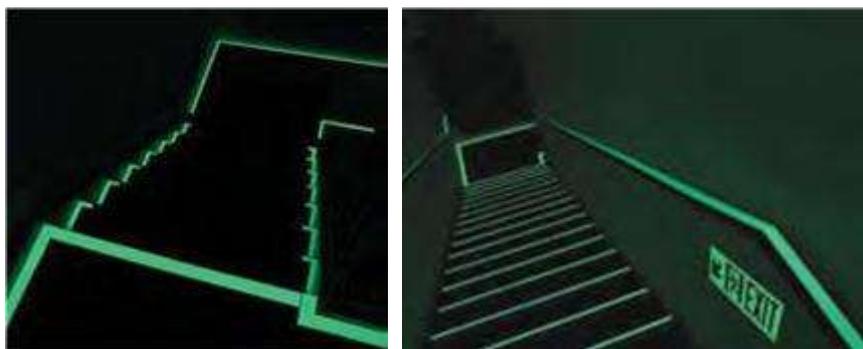


Рисунок 1. Примеры фотолюминесцентных маркеров безопасности на лестничном проеме [4]

1.2 Суммарный литературный обзор

В 2006 году Национальный исследовательский совет Канады подготовил литературный обзор результатов исследований по использованию фотолюминесцентных материалов для системы безопасной эвакуации. Для лучшего понимания фотолюминесцентных материалов и их применения большое внимание было уделено экспериментальной и методологической частям, а так же полученным результатам и, сделанным на их основании, заключениям. Ниже приведено резюме этого обзора. Предварительные исследования фотолюминесцентного материала были начаты в середине 1970-х годов. Их целью было представить идею использования фотолюминесцентных маркеров безопасности, в т.ч. в качестве альтернативного аварийного освещения для обозначения путей эвакуации. Однако существовавшие на тот момент фосфоресцирующие пигменты слабо поглощали фотоны, и материал должен был поддерживаться электропитанием. В начале 1980-х годов, с приходом более стойких пигментов, таких как улучшенный кристалл сульфида цинка, были начаты исследования по сравнению различных типов аварийного освещения с использованием фотолюминесцентных систем. В результате было обнаружено, что фотолюминесцентный материал может обеспечить приемлемую альтернативу традиционному аварийному освещению. Так же было показано, что данный материал особенно функционален при его размещении на лестничных проемах. Было обнаружено, что, несмотря на низкий уровень свечения, система на основе фотолюминесцентных материалов более предпочтительна, чем традиционное аварийное освещение. Эксперименты с задымленностью подтвердили, что непрерывная ориентировка посредством фотолюминесцентных линий гарантирует постоянную визуализацию, что обеспечивает значительное преимущество перед традиционным аварийным освещением, которое становится неотчетливым при наличии дыма. К другим преимуществам данного материала относятся: легкая установка в новых или уже функционирующих зданиях, низкая рентабельность и минимальное техническое обслуживание. С другой стороны, исследования показали, что недостатками материала является относительно низкая видимость, по сравнению с полноценным освещением.

В 1997 г. Министерство общественных работ и государственных служб Канады и Национальный исследовательский совет Канады объединили свои усилия в первоначальном проекте по оценке использования фотолюминесцентного материала для облегчения эвакуации обитателей офисных зданий. Результаты показали, что 70% эвакуирующихся дали системе оценку «очень хорошо» или «приемлемо». Скорость

передвижения по лестничным проемам, оборудованными ФЛМ была соизмерима со случаем, когда проем был полноценно освещен. Другое исследование, проведенное по контракту Министерством общественных работ и государственных служб Канады, показало, что в условиях сильной задымленности традиционная система верхнего аварийного освещения были практически бесполезна, в то время как система низко расположенных маркеров из ФЛМ была все еще видимой. Использованный в этом исследовании ФЛМ был сделан из пигмента на основе сульфида цинка, который был впоследствии заменен на щелочноземельную соль алюминиевой кислоты (обычно стронций). Во втором случае обеспечивается более сильное и длительное свечение.

Сразу после атаки на Международный торговый центр в 1993 г., когда несколько тысяч офисных работников вынуждены были искать выход в полной темноте, на все лестничные проемы центра была установлена система ориентации на основе ФЛМ. Эта система оказалась бесценной во время атак 11 сентября 2001 г. Хотя освещение продолжало функционировать в большей части здания, 33% выживших из первой башни и 17% – из второй сообщили, что при эвакуации им помогла маркировка посредством ФЛМ. Реконструкция Пентагона после атак 11 сентября включала в себя и монтаж системы эвакуации на основе ФЛМ, в то время как ООН установила эту систему только 2003 г. После событий 11 сентября 2001 г. и аварийного отключения света в августе 2003 г. Нью-Йорк признал систему на основе ФЛМ, как неотъемлемый компонент для обеспечения безопасной эвакуации людей из высотных зданий. В результате этого, 31 мая 2005 г. в Нью-Йорке был проведен местный законопроект №26: «Фотолюминесцентная низко расположенная маркировка путей эвакуации» [8], который требует, чтобы к июлю 2006 г. во всех строящихся и уже построенных высотных офисных зданиях в Нью-Йорке были установлены системы на основе ФЛМ. Другие строительные кодексы так же готовятся сделать обязательным использование фотолюминесцентных маркеров безопасности для лучшей наглядности траектории движения при эвакуации. Эта технология продолжает модернизироваться и находить все большее применение.

1.3 Обоснование последующих исследований

Выводы, сделанные после трагедий прошлого, и доказанные преимущества системы эвакуации на основе ФЛМ, привели к разработке требований, технических нормативов на оборудование и руководств по установке. Так, стандартами по установке являются: местный закон г.Нью-Йорка №26 [8], ISO 16069 [9] и ASTM 2030-04 [10]. Однако ни один из этих стандартов не проходил проверку по реальной эвакуации людей. Спецификация существующих стандартов представляет собой наиболее актуальные решения членов комитета по стандартам. Каждый стандарт предлагает различные конфигурации установки, со специфичной шириной ФЛМ на ступеньках, стенах, полу и перилах. Однако достоверно неизвестно, будут ли предложенные методы установки ФЛМ эффективными при эвакуации людей. Так же не известно, не являются ли предлагаемые меры излишними и не обойдутся ли они слишком дорого.

Хотя для регламентации использования различных материалов существуют международные стандарты, было запущено несколько исследовательских проектов, целью которых было изучение эффективности использования систем на основе ФЛМ при эвакуации из зданий. До настоящего времени только в рамках одного из них такие материалы были установлены и проведена оценка целесообразности их применения. Здесь следует уточнить, что хотя оценка эффективности применения была беспристрастной, но сам материал на сегодняшний день является устаревшим. Таким образом, требуются дальнейшие исследования фотолюминесцентных материалов,

которые позволят сделать существующие стандарты более применимыми и объективными. Так же необходимо отметить, что в большинстве исследований, видимость ФЛМ сравнивалась с освещением, питаемым от электричества. Считаем, что такое сравнение неприменимо, т.к. ключевое преимущество ФЛМ заключается в обеспечении непрерывной ориентации на протяжении всего пути эвакуации. Поэтому для обеспечения при эвакуации должной помощи людям этой система не обязана быть такой же яркой, как освещение, зависимое от электропитания.

Новые более яркие фотолюминесцентные материалы с пигментами на основе щелочноземельной соли алюминиевой кислоты, таких как алюминат стронция, еще не были исследованы на предмет их использования в аварийных ситуациях. Эти новые материалы обладают большим потенциалом в поддержании безопасности при эвакуации людей из зданий, т.к. имеют более сильное и длительное свечение. Сделано заключение, что для корректной оценки состояния, на котором находится данная технология, требуется проведение дальнейших исследований.

Потенциальные преимущества, которые дает эта новая технология только начинают осознаваться в Канаде. Министерство общественных работ и государственных служб Канады и Национальный исследовательский совет Канады, как лидеры в области инновационных технологий, в рамках работ по созданию устойчивой и безопасной искусственной среды обитания канадцев планируют создание руководств, которые позволят определить оптимальный подход к установке систем на основе ФЛМ, которые, при этом, будут обладать высокой эффективностью и иметь приемлемое соотношение цены и качества. Для разработки таких руководств требуется получение данных об эффективности различных подходов к установке таких систем. Описываемое здесь экспериментальное исследование было направлено на получение самой необходимой информации.

2 ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обзор по технологии использования фотолюминесцентных материалов подготовлен Министерством общественных работ и государственных служб Канады и позволяет сделать три основных рекомендации. Во-первых, указатели и система ориентировки на основе ФЛМ при эвакуации обладают уникальным потенциалом: являются эффективным и стабильным комплексом, обеспечивающим безопасность людей при их эвакуации из здания. Во-вторых, для объективной оценки эффективности применения при эвакуации систем на основе ФЛМ требуется проведение дополнительных исследований и полевых испытаний. В-третьих, убедиться в том, что данная технология используется наилучшим образом, требуется разработать методическую часть по установке систем эвакуации на основе ФЛМ.

Разработанный Национальным исследовательским советом Канады, проект имеет три основные цели:

1. оценить эффективность трех методов установки фотолюминесцентных материалов на лестничном проеме офисного здания,
2. сравнить эффективность систем эвакуации на основе ФЛМ в условиях аварийного освещения,
3. на основании полученных данных разработать руководство по установке систем эвакуации с использованием ФЛМ для зданий, принадлежащих Министерству общественных работ и государственных служб Канады и правительству Канады.

Цели 1 и 2 были достигнуты в ходе испытаний по эвакуации обитателей целого здания с привлечением реальных людей. Полученные данные приведены в настоящем отчете.

Описанные испытания позволили проверить следующие предположения:

1. обитатели будут более подготовлены к эвакуации, если при этом будет использована одна из трех систем на основе ФЛМ,
2. система, предусматривающая маркировку каждой ступеньки лестничного проема фотолюминесцентным материалом, получит более высокую оценку эвакуирующихся людей,
3. эвакуация людей из здания с помощью системы на основе ФЛМ будет проводиться с такой же скоростью, как и в случае наличия на лестничных проемах аварийного освещения.

Настоящее исследование проводилось в реальных условиях. Это позволило получить данные по «реальным людям», которые участвовали в «реальных учениях по эвакуации». Противоположно лабораторным исследованиям, здесь имелось ограничение по количеству участников и количеству этажей, которое они преодолевали. Однако подобное полевое исследование является истинным отображением действительности. Сделанные в его рамках, выводы могут быть легко перенесены на других людей и другие строения, что придает ему значительную ценность.

3 МЕТОДОЛОГИЯ

Наилучший способ исследовать то, как люди отреагируют на установку фотолюминесцентных материалов: измерить время перемещения людей, способность найти конечную цель и получить у них оценку эффективности данной системы. В данном примере, опрашивали участников учений по эвакуации в реальной офисной обстановке здания C.D. Howe, расположенного по адресу Queen Street 235 в г.Оттава (Канада).

3.1 Испытываемое здание

Для проведения данного исследования могли быть использованы несколько строений. Для определения наиболее подходящего из них целям работы были разработаны следующие критерии:

- строение должно быть офисным **и иметь статус федерального**,
- минимальное число этажей – 6,
- минимальное число лестничных проемов без окон – 4,
- минимальное количество людей на каждом этаже – 50,
- имеется должная поддержка со стороны органов по управлению зданием и отвечающих за противопожарную безопасность.

Здание C.D. Howe на улице Queen Street 235 в г.Оттава (рисунок 2) в наибольшей степени удовлетворяла этим критериям. Оно было построено в 1977 г., имеет застекленную прямоугольную форму и расположено в центральной части города.



Рисунок 2. Фотография здания С.Д. Howe

В здании имеется 11 этажей офисного пространства и 2 этажа коммерческого. Таким образом, строение обеспечивает эвакуацию людей с 13 этажей вниз, до уровня улицы (так же имеется один подземный коммерческий этаж, цокольный этаж и 3-х уровневая парковка, с лестницей, ведущей на уровень улицы и отделенной от лестничного проема той части здания, которая расположена над поверхностью; описанные строения в исследовании не входили). Площадь каждого офисного этажа составляет около 8000м² и имеет как свободную планировку, так и деления на зоны. Среднее число сотрудников на один этаж – 400. Здание имеет 6 геометрически одинаковых лестничных проемов, 4 из которых не имеют окон (рисунок 3). Ширина каждого проема – 1,1 м, перила имеют квадратное сечение и расположены по обе стороны от лестницы. Все лестничные проемы выходят непосредственно на улицу. В здании С.Д.Howe располагаются сразу несколько государственных офисов федерального значения, среди них: Министерство промышленности Канады, **общего аудита**, Канадского космического агентства и Министерство общественных работ и государственных служб Канады. Таким образом, имелись все необходимые условия для проведения запланированного исследования.

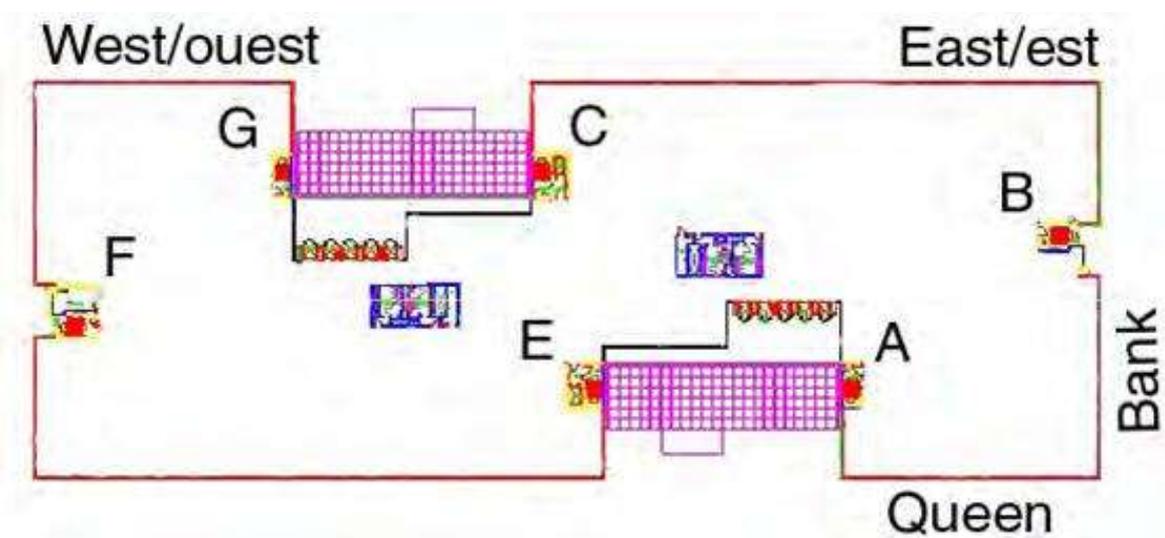


Рисунок 3. Местоположение лестничных проемов

Данное здание имеет центральную систему пожарной тревоги, с детекторами дыма и ручными активаторами сигнализации. Звук аварийной тревоги представляется собой колокольный звон, с эхолотами, расположенными на всех этажах. Здание не оборудовано сигналом Т-3 (в соответствии с ISO 8201 и ANSI/ASA S3.41), импульсной сигнализацией или речевой системой оповещения. Строение в достаточной степени оборудовано пожарными пульверизаторами.

3.2 Отбор участников

Хотя три коммерческих этажа здания C.D. Howe открыты для всех посетителей, доступ к двум блокам из 5 грузовых лифтов имеется только у работников здания, имеющих специальные идентификационные магнитные карты (рисунок 4). Сотрудники службы безопасности проводят тщательный контроль над тем, чтобы никто без соответствующего разрешения не был допущен к лифтам, ведущим на офисные этажи.

Хотя основными объектами данного исследования были люди, работающие в здании C.D. Howe, в испытании так же могло почувствовать некоторое количество посетителей офисных этажей или магазинов коммерческого этажа. Ожидаемое число служащих, находящихся в здании в течение рабочего времени, составляет 4000. Такое большое число участников представляло дополнительный интерес для исследования, т.к. оно позволяет проводить оценку скорости эвакуации в условиях скопления значительного количества людей, что приближает испытание к реальным условиям.

В соответствии с требованиями Канадской организации по охране труда и здоровья было необходимо, чтобы все федеральные служащие «прошли инструктаж и соответствующую практику на случай аварийной ситуации и использованию средств противопожарной безопасности» и, чтобы «во всех зданиях, в которых работают служащие Правительства Канады раз в год по крайней мере одно из учений по эвакуации проводилось с максимальным количеством участников» [11]. В соответствии с нормативными документами этой организации все служащие здания C.D. Howe должны были быть оповещены о необходимости в эвакуации при включении аварийной тревоги. Поэтому все, кто находились на офисных этажах в момент проведения ежегодных эвакуационных учений в 2006 г. мог стать объектом настоящего исследования, если он использовал один из тестируемых лестничных проемов.

Участниками исследования являются обычными офисными сотрудниками в возрасте от 18 до 65 лет разного пола. Ожидалось, что часть из служащих или посетителей здания не сможет почувствовать в учения. Большинство из обитателей строения, которые не смогут принять участие в исследовании уже были обнаружены и получили соответствующие инструкции, по которым им необходимо проследовать к лестничному проему С с последующей эвакуацией через грузовой лифт. Представители службы спасения здания и отдела по чрезвычайным ситуациям каждого этажа обеспечивали необходимую поддержку эвакуирующимся в соответствии с планом по противопожарной безопасности.

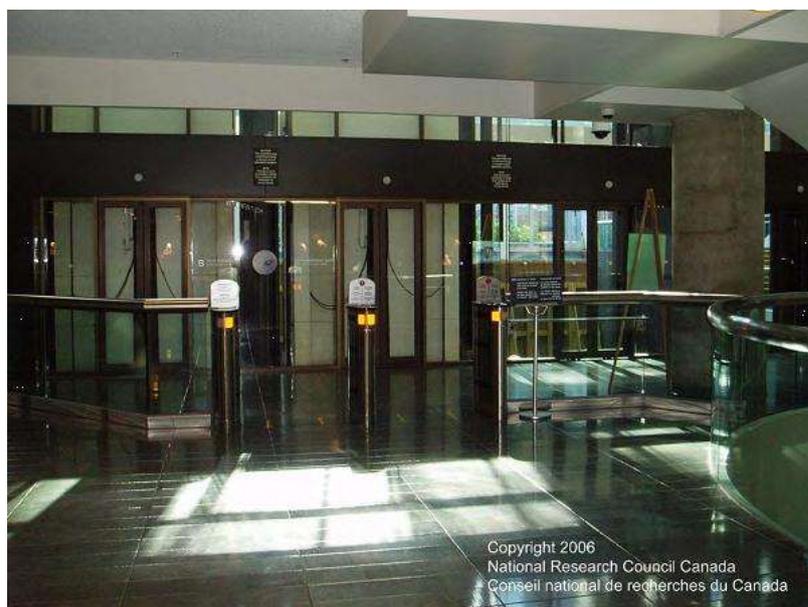


Рисунок 4. Блок лифтов здания С.Д. Howe

3.3 Дизайн эксперимента

По практическим причинам было невозможно получить письменное согласие все потенциальных участников исследования. Это потребовало бы получить до проведения исследования подпись более 4000 человек. Кроме этого, чтобы в наибольшей степени отразить эффект неожиданности при аварийных ситуациях, учения по эвакуации обычно не объявляются заранее. Следовательно, опасаясь влияния, которое может оказать на потенциальных участников, знание о предстоящих учениях, мы не могли сообщить им точные день и время этого события. Имелись предложения, в соответствии с которыми, можно было получить письменное согласие участников исследования за несколько дней до учений, но руководство зданием высказало озабоченность о возможности того, что люди могут пропустить работу на намеченный день. Даже в случае, если удалось бы получить письменное согласие достаточного количества участников ко времени проведения учений, исследовательский коллектив был бы вынужден исключить тех участников учений, которые не подписали такого соглашения, что фактически не представлялось бы возможным. Чтобы облегчить сложившуюся ситуацию, было решено выпустить информационный лист, которые был отправлен всем служащим здания за неделю до проведения эксперимента. Это информационное сообщение (приложение А) раскрывало цели исследования, условия, в которых окажутся обитатели здания при эвакуации, наличие камер наблюдения и факт, что все участники получают опросный лист. Так же для получения дополнительной информации был указан телефон ответственного руководителя исследования. При этом не упоминался день и время проведения учения.

Известно, что некоторые обитатели здания хотели знать точное время, чтобы быть уверенным, что учения не будут проходить в то же время, что и уже запланированные ими важные встречи или другие события. Указанная в информационном сообщении контактная информация позволила потенциальным участникам быть на связи с руководителем исследования. За неделю до эвакуационных учений все офисные служащие получили такое сообщение по электронной почте. Чтобы увеличить число людей, оповещенных о запланированных учениях, в кабинах всех лифтов было развешено краткое информационное сообщение (рисунок 5). В последующие дни ответственный руководитель получил 5 запросов на дополнительную информацию: 3

по электронной почте и 2 по телефону. Четыре из них были от людей имеющих инвалидность, которые хотели убедиться, что учения пройдут по той же схеме, как и предыдущие (информационное сообщение предписывало «следовать инструкциям, как вы обычно это делаете»). Эти люди были направлены в отдел по противопожарной безопасности здания, в которого проводилась подготовка в соответствии с требованиями Канадской организации по охране труда и здоровья. Пятый запрос дополнительной информации касался корректности методологии исследования.



Рисунок 5. Информационное сообщение, размещенное в лифте

Поводом для проведения исследования служили ежегодные учения по эвакуации из здания, которые обычно проводятся в течение недели пожарной безопасности. Такие учения были проведены 5 октября 2006 г. в 10 часов 35 минут. Как в случае всех эвакуационных учений руководство здания включила аварийную сигнализацию. В соответствии с процедурами, которые имеют место при и учениях или реальных аварийных ситуациях, все обитатели здания, поддерживаемые представителями отдела по чрезвычайным ситуациям каждого из этажей, начали движение к соответствующим лестничным проемам. Каждый офис и рабочая станция имеют номер: число и литера. Они указывают зону, в которой он находится и ближайший выход. Например, сотрудник офиса 348А находится на 3-ем этаже в зоне А, для которой при эвакуации предусмотрено использование лестничного проема А.

В момент, когда сработала аварийная тревога, было выключено освещение трех лестничных проемов: А, Е и G, в которых были установлены фотолюминесцентные материалы. Из проема С за день до учений были удалены два из трех двух трубочных флуоресцентных источников света. Это позволило обеспечить в лестничном проеме аварийное освещение со средней освещенностью 37 лк (см. пункт 3.3.2, в котором описываются единицы измерения аварийного освещения).

Установленные утром в день учений, видео камеры были включены за 30 минут до активации аварийной сигнализации и работали в непрерывном режиме до полного окончания учений. Камеры были расположены внутри лестничных проемов, что позволило следить за поведением и скоростью перемещения эвакуирующихся людей. Так же, через камеры проводилась запись звука. Это позволило оценить общее настроение эвакуировавшихся. После выхода из тестируемых проемов все участники

заполняли опросные листы, которые потом бросали в специально обозначенные ящики. Последние располагались в двух фойе на первом этаже сразу после окончания учений.

В ходе учений некоторые из членов исследовательской команды, наблюдателей и пожарных спускались по лестнице вместе с остальными участниками и постоянно были готовы оказать им необходимую помощь. Такие же функции взял на себя отдел по противопожарной безопасности здания. Кроме этого, как внутри, так и снаружи здания были представители пожарного департамента г.Оттавы. С целью обеспечения дополнительной безопасности эвакуирующихся Департамент полиции Оттавы временно перекрыл движением по улице Queen между улицами Kent и Bank. Спасатели г.Оттавы использовали учения, как возможность дополнительной тренировки и посетили данное мероприятие, привезя все свое оборудование (рисунок 6).

После учений все обитатели здания получили по электронной почте письмо с благодарностью за их участие в учении (приложение А). В целом, эвакуация прошла очень гладко, информации о непредвиденных происшествиях не поступило. Отдел по чрезвычайным ситуациям привел данные, в соответствии с которыми вся эвакуация заняла 12 минут, что является отличным показателем, в сравнение с предыдущими учениями – 14 минут. После полной эвакуации пожарная служба Оттавы и отдел по чрезвычайным ситуациям здания дал знак всем участникам о возможности возвращения в здание (рисунок 7).

В последующие дни от участников учений было получено 5 комментариев. Один из них касался недостатка света в лестничном проеме С, два других указывали на плохую видимость в условиях скопления большого числа людей и тому факту, что люди толкали идущих впереди. Еще двое, из числа приславших отзывы, указывали на плохую слышимость сирены в некоторых местах и на то, что представители отдела по чрезвычайным ситуациям должны носить жилетки с флуоресцентными материалами, чтобы выделяться в темноте.



Рисунок 6. Автобус спасателей г.Оттава на месте проведения учений



Рисунок 7. Возвращение служащих здания после окончания учений

3.3.1 Установка материалов

Поставкой и установкой фотолюминесцентных материалов для настоящего исследования занимались три организации: Prolink North America, Jessup Manufacturing Company и Jalite USA. Вся маркировка была установлена в соответствии с требованиями исследовательского коллектива. Весь использованный материал был сертифицирован в соответствии с законом Нью-Йорка №26: Стандартный образец 6-1 2004, пункт 1.0 [8]. Таким образом, уровень яркости материалов в лабораторных условиях составлял как минимум $30,0 \text{ мкд/м}^2$ через 10 минут, $7,0 \text{ мкд/м}^2$ через 60 минут и $5,0 \text{ мкд/м}^2$ через 90 минут. Пример сертификатов, полученных от производителей материалов и выданных соответствующей организацией по сертификации материалов и оборудования, представлен в приложении Б.

Фотолюминесцентные материалы, состоящие из 7 элементов, были установлены на трех лестничных проемах (рисунок 8).

В таблице 1 указаны все элементы, которые были установлены на лестничных проемах в ходе исследования. Разумеется, знаки и маркировка всех трех лестничных проемов были выполнены из одинакового фотолюминесцентного материала. Исключением была маркировка на ступеньках. Лестница А на каждой ступеньке имела маркировку в форме буквы «L», что соответствует местному закону г.Нью-Йорка №26 для существующих зданий; дополнением к маркировке, которое не требуется этим законом, стало обозначение фотолюминесцентным материалом перил. Лестничный проем Е соответствовал требованиям указанного закона; дополнением стала маркировка перил и краев каждой ступеньки лентой из ФЛМ шириной 2,54 см. Установка ФЛМ на лестнице G представляла собой комбинацию маркировки в форме буквы «L», полосы шириной 5,08 см по краю каждой ступеньки и на лестничной площадке. Последнее было предложено исполнительным архитектором Нью-Йоркского департамента строений, который выступал в данном исследовании в качестве стороннего наблюдателя. Четвертый лестничный проем, который был исследован в данной работе, не имел маркировки из ФЛМ; освещение на лестнице С было снижено до среднего уровня на всех этажах – 37 лк, что соизмеримо с аварийным освещением (см. пункт 3.3.2, в

котором описываются единицы измерения аварийного освещения). Этот лестничный проем был выбран в качестве контроля. На рисунке 9 представлены, описанные выше, методы маркировки фотолюминесцентным материалом.



Рисунок 8. Лестница, оснащенная фотолюминесцентной маркировкой

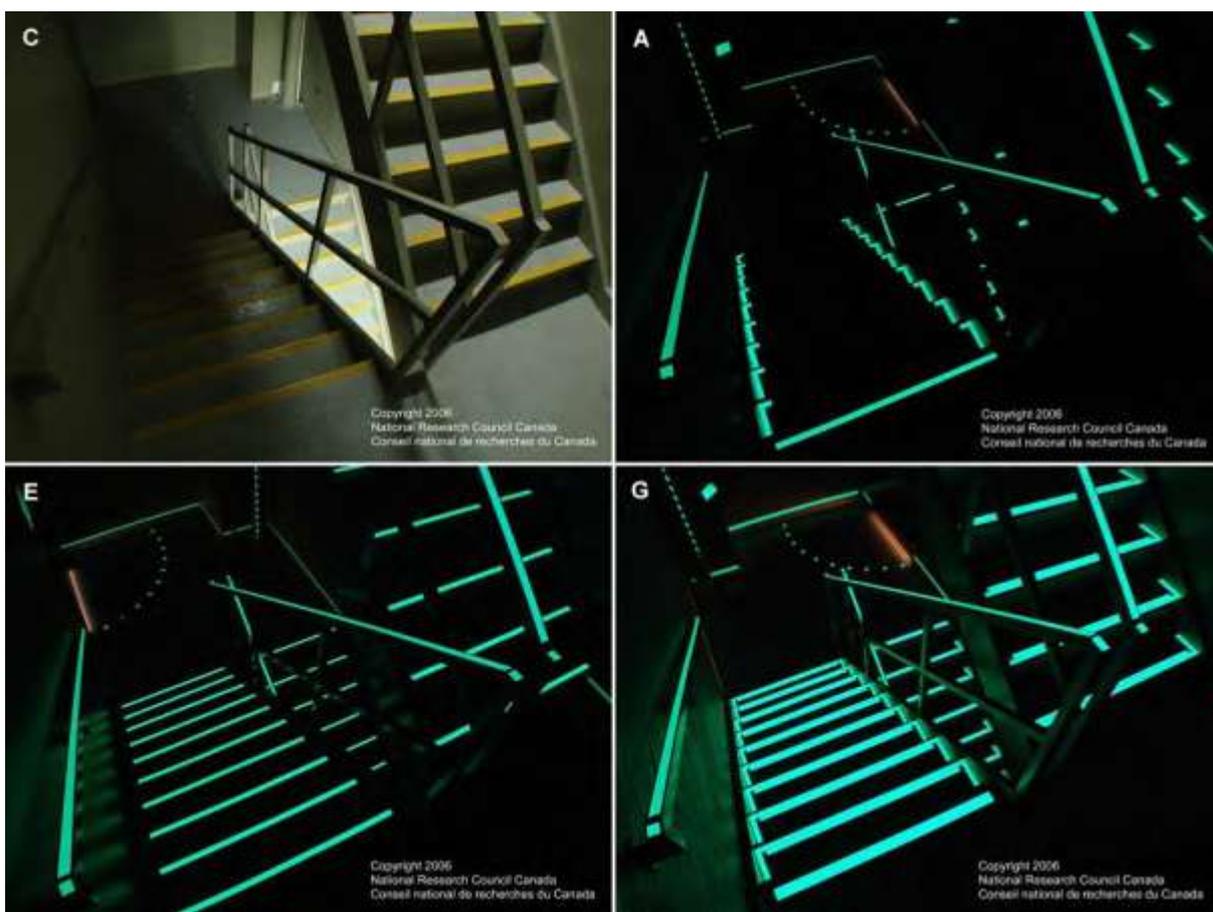


Рисунок 9. Тестируемые лестничные проемы

Фотолюминесцентные материалы в форме точек были так же расположены в виде полукруга около каждой двери на лестничных площадках. Эти маркеры были

установлены руководством здания несколько лет назад. Они позволили минимизировать проблему, связанную с тем, что эвакуирующиеся могут удариться о дверь, которая открывается другими людьми, которые хотят войти на лестничную площадку.

Установка материалов проводилась за две недели до учений. Ступени и перила были оборудованы ФЛМ в основном на выходных, что избавило от неудобств большинство служащих здания. Вечером, за два дня до проведения учений руководство приняло участие в небольшом тестировании системы на основе ФЛМ: они спустились по оснащенной ФЛМ лестнице в условиях полной темноты. Участники этого теста были несколько обеспокоены безопасностью лестницы А, они почувствовали, что маркеры в форме буквы «L» не делают края ступеньки легко воспринимаемыми. В особенной степени это касалось последней ступеньки, непосредственно перед лестничной площадкой. По сравнению с этим, лестницы Е и G с обозначением каждой ступеньки были более совершенными. Было принято решение о том, чтобы некоторые из членов руководства здания, исследовательской команды и пожарного управления Оттавы спускались в ходе учений по лестнице А, чтобы оказать необходимую поддержку эвакуирующимся людям.

3.3.2 Измерение аварийного освещения

В норме аварийно освещение лестничных проемов здания C.D. Howe работает в полном объеме и питается от генераторов. Однако существующее законодательство требует, чтобы освещенность в этом случае была не менее 10 лк [11]. Поэтому, в условиях настоящего эксперимента, для того чтобы превратить лестничный проем С в проем с аварийным освещением, в нем была проведена корректировка освещенности. Для этого количество работающих ламп на лестницах были понижена на две трети. Для этого оставили освещение от двойных электрических ламп (флуоресцентные лампы Philips ALTO) на 1-ой лестничной площадке и отключили его на каждой 2-ой и 3-ей площадках. В исследуемом здании лампы были отключены на 8-и площадках около дверей и сохранены на 5-и из них.

Измерение уровня аварийного освещения на лестнице С проводилось на высоте 1 м от пола с использованием откалиброванного измерителя освещенности (LI-COR LI-250 Light Meter с фотометрическим сенсором LI-210SA и 2-х метровым шнуром). Считывания показателей проводилось на расстоянии 2-х метров от него и ниже плоскости сенсора. Это позволило исключить возможность того, что прибор «увидит» измеряющего. Суммарное количество измерений составило 150, или 12 на один этаж: по три на площадке с дверью и на промежуточной лестничной площадке и по одной на первой, последней и средней ступеньках каждой лестницы (рисунок 10). Лестничный проем С не имел окон, таким образом, дневной свет не оказывал никакого влияния на освещенность. Следует отметить, что Канадская организация по охране труда и здоровья [11] требует только 2 измерения каждой области. Результаты описанных измерений приведены в таблице 2. Данные таблицы указывают на некоторую разницу между этажами.

Требования к аварийному освещению Канадской организации по охране труда и здоровья [11] определяют средний уровень в 10 лк (6.10.2.B), с минимальным значением – не менее одной третьей от среднего (т.е. 3,3 лк (6.11.1)). Требование к среднему значению на уровне не менее 10 лк было достигнуто, т.к. среднее по измерениям составило 37 лк. Однако уровень аварийного освещения тестируемого

лестничного проема в случае трети всех измерений (49 из 150) был ниже минимального в 3,3 лк.

Таблица 1. Параметры установки ФЛМ на лестничных проемах

Объект	Лестница А	Лестница Е	Лестница G	Лестница С (контроль)
Ступеньки	В форме «L» (2,54 см)	Маркировка края (2,54 см), противоскользящая поверхность	В форме «L» (2,54 см), маркировка края (5,08 см), противоскользящая поверхность	Без маркировки
Перила	Непрерывная (2,54 см)	Непрерывная (2,54 см)	Непрерывная (2,54 см)	Без маркировки
Граница лестничных площадок	Непрерывная (2,54 см)	Непрерывная (2,54 см)	Непрерывная (5,08 см)	Без маркировки
Обозначение «бегущий человек»	На каждой лестничной площадке	На каждой лестничной площадке	На каждой лестничной площадке	Без маркировки
Препятствия	Прерывистая маркировка и ярлыки	Прерывистая маркировка и ярлыки	Прерывистая маркировка и ярлыки	Без маркировки
Конечная дверь	Маркировка вокруг двери (2,54 см), табличка «Выход»	Маркировка вокруг двери (2,54 см), табличка «Выход»	Маркировка вокруг двери (5,08 см), табличка «Выход»	Без маркировки
Дополнительные символы	см. Приложение Д	см. Приложение Д	см. Приложение Д	Без маркировки
Освещение	Нет	Нет	Нет	В среднем 37 лк [11]



Рисунок 10. Положение областей лестнице, тестируемых на освещенность

(Всего между каждыми этажами было проведено 12 измерений: по три на площадке с дверью (1-3) и на промежуточной лестничной площадке (7-9) и по одной на первой, последней и средней ступеньках каждой лестницы (4-6 и 10-12))

Таблица 2. Показатели измерения аварийного освещения на лестничном проеме С

Этаж	Область измерения												Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
С	12,9	8,8	7,6	7,1	2,5	0,9	6,6						
1	100,8	135,3	91,3	116,0	48,8	22,6	18,6	14,0	82,9	84,8	36,5	15,9	64,0
2	16,1	8,0	2,6	2,3	1,6	0,9	0,7	2,3	3,1	3,0	49,9	102,1	16,1
3	1,1	1,4	0,9	4,7	48,8	74,0	72,6	90,1	68,3	75,9	32,6	17,1	40,6
4	84,2	111,7	74,1	96,6	40,3	22,2	15,8	11,2	2,5	3,4	1,8	1,2	38,8
5	21,1	10,3	3,3	3,1	2,0	1,0	1,0	2,0	2,8	2,8	53,6	95,4	16,5
6	1,0	1,5	1,5	4,8	64,7	96,1	101,1	123,9	89,7	98,5	39,8	22,0	53,7
7	59,5	77,8	49,7	63,9	25,7	14,4	10,3	7,5	1,8	2,2	1,4	1,1	26,3
8	21,5	10,2	3,2	3,3	1,8	0,9	0,7	1,7	2,5	2,6	37,8	64,5	12,6
9	1,0	1,5	1,5	3,4	57,0	98,6	102,4	127,0	94,1	99,0	43,1	22,9	54,3
10	78,5	109,1	70,7	106,0	41,7	21,9	16,2	13,8	2,5	3,2	2,1	1,3	38,9
11	7,1	2,8	1,5	3,4	3,3	1,4	0,8	3,3	3,1	3,4	49,4	88,2	14,0
Терраса	55,5	187,0	117,1	173,8	78,6	76,4	80,3	69,1	60,3	64,5	48,3	6,0	84,7

3.4 Сбор данных

Дизайн данного исследования имел важное преимущество, заключающееся в возможности сравнения скорости передвижения и субъективного ощущения людей, спускающихся по лестничным проемам, на которых реализованы три различных подхода к установке фотолюминесцентных материалов. Эти данные, в свою очередь, можно было непосредственно сравнить с условиями обычного аварийного освещения.

Размер здания и большое количество служащих позволяют использовать данные этого полевого исследования в условиях реальной эвакуации офисных сотрудников из высотных зданий. Одновременная эвакуация 13 этажей обеспечила достаточную плотность толпы на лестничных проемах и, таким образом, условия наибольшей нагрузки на этот объект. Видеокамеры для записи передвижения и поведения людей и опросные листы, которые позволяют получать подробные отзывы о ходе эвакуации, успешно использовались и в более ранних исследованиях.

3.3.1 Опросный лист

Опросный лист выдавался каждому участнику учений в момент, когда он покидал здание по лестницам А, С, Е и G (вариант анкеты на двух языках дан в приложении В). Анкета включала вопросы касательно участников, непосредственно учения по эвакуации, проводившегося в тот день, субъективных ощущений комфорта и безопасности, которые они чувствовали, спускаясь по соответствующей лестнице, и общей оценки системы ориентирования при эвакуации на основе ФЛМ.

3.4.2 Видеокамеры

Для сбора данных по передвижению и поведению людей на четырех исследуемых лестничных проемах было задействовано 28 видеокамер. Они находились на каждой лестнице на 1, 3, 5, 7, 9 и 11 этажах, а также на уровне улицы. В лестничных проемах с установленными фотолюминесцентными материалами использовали инфракрасные камеры. Видеозапись учений позволила получить точную оценку скорости передвижения эвакуирующихся служащих здания, а так же данные по информативности, которую имели системы эвакуации для людей. Были зафиксированы моменты, когда каждый из участников эвакуации вошел на лестничную площадку и

вышел из нее. Эти записи были использованы для получения индивидуальных данных по скорости передвижения каждого из эвакуировавшихся и анализа их поведения. Запись звука, которая также проводилась, позволила оценить общее настроение при эвакуации.

3.5 Процедура эвакуации из здания C.D. Howe

План по эвакуации из здания C.D. Howe был разработан Министерством промышленности Канады. Процедуры, которые он в себя включал, могут быть найдены в плане по противопожарной безопасности и на оптических носителях, которые использовались для тренировки сотрудников отдела по чрезвычайным ситуациям и служащих здания. Вся записанная на носители информация была продублирована на веб-сайте здания, доступ к которому осуществляется по внутренней сети.

Процедуры при аварийной ситуации достаточно просты. Как только служащий слышит звук пожарной тревоги, имеющей колокольное звучание², он должен проследовать к определенной лестнице и покинуть здание. В случае если сотрудник здания находится вдалеке от выделенного ему лестничного проема, он должен проследовать к ближайшей лестнице. Если в ходе эвакуации по лестнице человек встречает на своем пути дым, ему следует вернуться в здание и **перейти по переходу**, расположенному на 4, 9 этажах и террасе к **другому** лестничному проёму. Эвакуирующиеся сотрудники должны следовать инструкциям ответственных за противопожарную безопасность. Как только служащий покидает здание, ему следует пройти к месту сбора всех эвакуирующихся, расположенном в 100 м от здания. Служащие, которые не могут покинуть здание своими силами, должны связаться с членами отдела по чрезвычайным ситуациям, которые помогут принять другие меры по спасению.

Обычно отдел по чрезвычайным ситуациям здания проводит учения по эвакуации для всех обитателей строения один раз в год. Так же, время от времени тренировка организуется ответственными по ЧС. В предыдущие годы полная эвакуация здания проводилась 2-3 раза в год. Это было связано с ошибочным срабатыванием аварийной тревоги (например, один из рабочих случайно активировал системы, обрезав не тот провод во время ремонта на этаже).

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Эвакуационные учения были проведены в соответствии с планом, информации о каких-либо непредвиденных обстоятельствах не имеется. Они были начаты 5 октября 2006 г., в четверг, в 10:35. Погода была ясная, температура на улице составила 8°C.

Данные по анкетам и видеозаписям были проанализированы с использованием программы SPSS версии 13.0. Уровень значимости во всех тестах составил <0,05. Данные по каждому тесту содержат значение критерия, число степеней свободы (в скобках) и уровень значимости. Недостоверные различия обозначались буквами «ns».

4.1 Результаты опросных листов

В ходе учений на выходе из каждого тестируемого лестничного проема находились по два члена исследовательской команды. Они раздавали анкеты каждому из служащих.

² После проведения тех учений по эвакуации (05.10.2006) сигнализация была оборудована звуковыми колонками.

Большинство из сотрудников здания согласились взять их. Опросные листы возвращались людьми в четко обозначенные ящики, красного цвета, которые располагались рядом с двумя лифтами. Таким образом, без труда вернуть опросный лист могли все участники учений. Все проанализированные анкеты были возвращены в течение 24 часов. Данные по опросу были закодированы (см. приложение Г).

4.1.1 Данные по респондентам

Суммарное количество возвращенных опросных листов составило 489 при общем числе участников учений, зарегистрированном на видеозаписи – 1191. Считая, что эти 489 анкеты являются случайной выборкой из всех людей, эвакуировавшихся из здания, было подсчитано, что данные тестирования могут быть перенесены на всех обитателей здания с доверительным интервалом 95% и возможной вариацией в 3 единицы. В качестве примера возьмем вопрос «приходилось ли вам эвакуироваться из этого здания ранее», на который 75% респондентов ответили «да». Этот процент может варьировать от 72 до 78, если бы все участники учений заполнили эти анкеты.

Среди полученных опросных листов 130 или 27% были от респондентов, которые пользовались лестницей А, 132 или 27% – лестницей Е, 128 или 26% – лестницей G и 99 или 20% спускавшихся по лестничному проему С. В соответствии с данными таблицы 3 количество возвращенных анкет составило более 40%, что является хорошим результатом для подобного исследования [12]. Важным оказалось и хорошая равномерность распределения анкет по всем лестничным проемам. Статистический анализ числа эвакуировавшихся, подсчитанных по видеозаписям и числа возвращенных опросных листов показал отсутствие достоверных различий по трем лестничным проемам, оборудованным ФЛМ ($\chi^2 = 5,757(3)$, ns). Следовательно, будучи уверенным, что число эвакуировавшихся или количество возвращенных анкет не окажет влияние на результат, стало возможным провести запланированное сравнение тестируемых лестниц.

Таблица 3. Возвращенные опросные листы

Лестничный проем	Возвращено опросных листов	Подсчитано эвакуировавшихся	Процент возврата
А	130	345	38
Е	132	287	46
G	128	281	46
С	99	278	36
Всего	489	1191	41

Опросные листы были заполнены служащими здания, которые работают на каждом из 11 офисных этажей, как основного строения, так и дополнительных этажей (S и M на рисунке 11). Исключение составил 5-й этаж западной части здания, которые во время учений был закрыт на ремонт. Описанное распределение обеспечивает прекрасный обзор ситуации на каждом этаже, как это представлено на рисунке 11. Около половины респондентов (49%) работают в восточной башне, другая половина (51%) – в западной. Большинство из участников опроса (75%) ранее уже имело опыт эвакуации из этого здания.

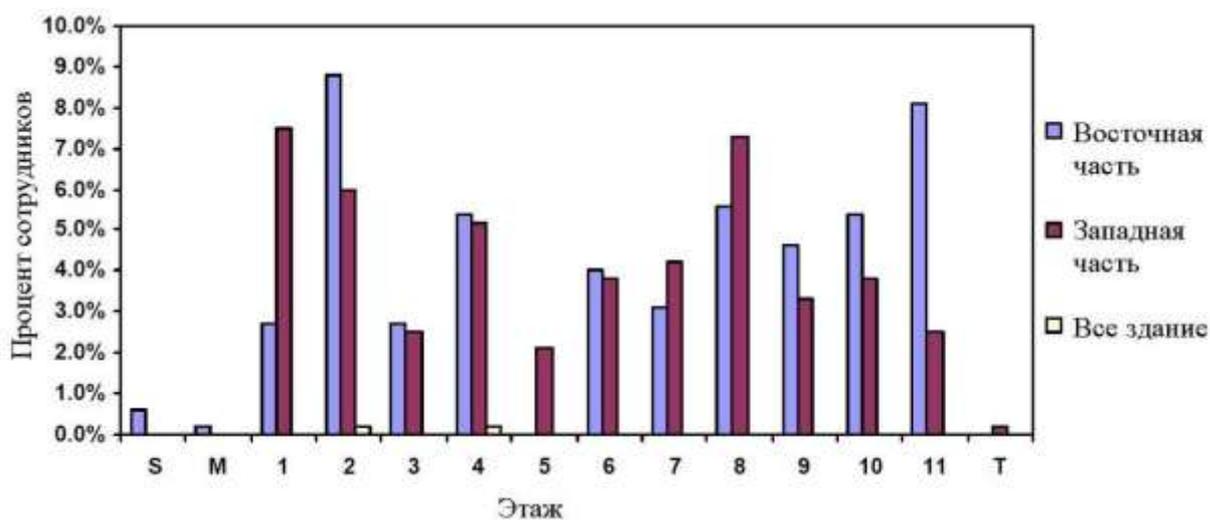


Рисунок 11. Место работы респондентов

Из 421 респондента 65% были женщинами, 35% – мужчинами. Возрастное распределение указывает на то, что большую часть составляли взрослые люди. Рисунок 12 показывает распределение по полу в каждой возрастной группе. Было обнаружено достоверное различие по полу и возрасту: мужчины были старше женщин ($\chi^2 = 9,820(3)$, $P < 0,02$).

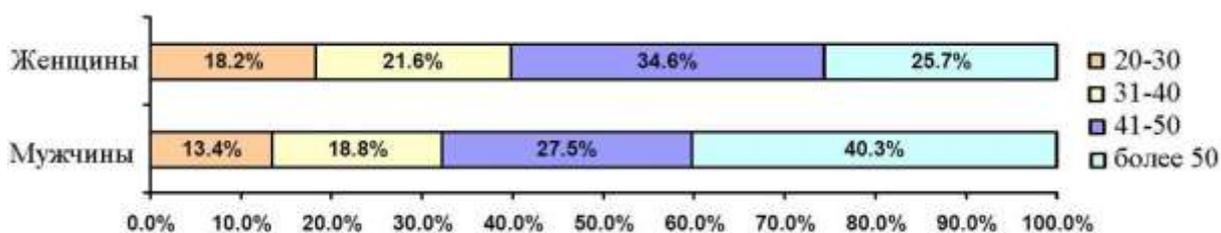


Рисунок 12. Пол и возраст респондентов

Важной характеристикой участников учений было наличие у них проблем со здоровьем. Среди всех респондентов 41 из них или 8% указал в своей анкете, что он имеет какие-либо ограничения по здоровью, которые могли оказаться важными в ходе эвакуации из здания. Тем не менее, все эти респонденты эвакуировались из здания по лестнице, как и другие люди. Об этом свидетельствовал тот факт, что они получили опросный лист наряду со всеми другими участниками учения. Известно, что в здании были и другие люди с ограниченными возможностями, но, т.к. они эвакуировались на грузовом лифте, который находился рядом с лестничным проемом С, они не заполняли опросные листы.

В опросном листе предлагалось выбрать среди 8 основных категорий нарушения состояния здоровья (таблица 4). Категория «другие» оставляла возможность оставить по этому пункту комментарий. Один из респондентов указал клаустрофобию, другая – беременность. Четверо из 41 респондента, которые сообщили о нарушении здоровья, имели множественные нарушения. Во всех случаях, одним из нарушений был лишний вес.

Среди всех указанных респондентов 26% имели астму, далее следовал лишний вес – 23% и артрит – 17%. Каждое из других нарушений составляло по 6%. Важно еще раз

отметить, что люди с серьезными нарушениями передвижения, которые не пользовались четырьмя исследуемыми лестницами не вошли в данную выборку.

Таблица 4. Нарушения здоровья участников учений, которые могли оказать значительное влияние на результат исследования

Ограничение	Частота встречаемости	Процент от всех ограничений
Астма	12	26
Избыточный вес	11	23
Артрит	8	17
Состояние сердца	3	6
Нарушения зрения	3	6
Травмы	3	6
Нарушение подвижности	3	6
Нарушения слуха	3	6
Другие нарушения	2	4
Всего	48	100

Респонденты, сообщившие здесь о нарушениях своего здоровья, имели хорошее распределение по всем лестничным проемам: 8 из них использовали лестницу А, по 11 приходилось на проемы Е, G и С. Анализ данных показал, что по таким показателям, как время отклика на начало учений, суммарное время эвакуации и субъективная оценка системы на основе ФЛМ, не было обнаружено статистически значимых различий между респондентами с ограниченными возможностями и остальными участниками, заполнивших анкеты,

4.1.2 Включение сигнализации и первая реакция

Среди всех респондентов 99% слышали пожарную тревогу. Только трое заявили, что сигнализация была не слышна в том месте, где они находились в момент начала учений. Эти люди были на 2, 5 и 6 этажах восточной части здания. В то же время, сразу после срабатывания тревоги, они были оповещены об этом другими служащими с их этажей. Ни один из этих участников, по данным анкеты, не имеют проблемы со слухом.

Среди тех, кто оставил комментарий, касающийся пожарной сигнализации, 76% посчитали ее «достаточно громкой», 21% (102 респондента) оценил тревогу как «слишком громкую», а 3% (14 респондентов) – «слишком тихую». Среди трех человек с нарушениями слуха двое посчитали сигнализацию «слишком громкой» и один – «достаточно громкой». Не было обнаружено статистически значимого отличия в оценке громкости тревоги между обоими полами ($\chi^2 = 0,122(2)$, ns).

На «слишком громкую» сигнализацию пожаловались респонденты со всех этажей обеих башен. Исключением здесь стал 5-й этаж восточной части здания, который на момент проведения учений был закрыт на ремонт. Респонденты, посчитавшие тревогу «слишком тихой» располагались на этажах: В, 8 и 10 западной части здания и на 6, 8, 9, 10 и 11 этажах восточной части.

Когда сработала сигнализация 53% респондентов находилось в западной части здания, 47% – в восточной. Распределение людей по зданию в момент начала учений было достаточно равномерным (таблица 5).

Таблица 5. Распределение всех респондентов на момент включения тревоги по этажам

Этаж	Кол-во людей	Процент от всего здания
Терраса	1	0,2
11	51	12,3
10	34	8,2
9	33	7,9
8	50	12,0
7	32	7,7
6	32	7,7
5	6	1,5
4	49	11,8
3	20	4,8
2	60	14,4
1	45	10,8
В	1	0,2
Подземный	2	0,5
Всего	416	100

В момент начала тревоги 81% респондентов были на своих рабочих местах, другие находились в конференц-зале, коридорах и туалетах. Всем респондентам был задан вопрос: совершили ли они какие-либо из, указанных в анкете, 8 действий, до того как начать эвакуацию. В соответствии с данными таблицы 6 наиболее распространенным действием, которое совершили 69% (335 человек) было «одеться». Три другие часто встречающиеся действия были: «собрать ценные вещи» (54%), «спрятать важную информацию» (45%) и «следовать инструкциям ответственных за эвакуацию» (43%). Интересно, что 14 респондентов (3%) после того, как услышали тревогу «продолжили работать». Сравнение данных по обоим полам показало одинаковые пропорции по указанным действиям у мужчин и женщин, за исключением действий которые было более характерны для женщин: «собрать ценные вещи» ($\chi^2 = 40,493(1)$, $P < 0,01$) и «следовать инструкциям ответственных за эвакуацию» ($\chi^2 = 6,218(1)$, $P < 0,013$). Была так же обнаружена статистически значимая разница по действию «выяснить больше информации» среди возрастных групп: респонденты в возрастных группах 20-30 лет и 50 и более лет чаще пытались узнать больше об аварийной ситуации ($\chi^2 = 8,605(3)$, $P < 0,035$). Кроме этого, респонденты возрастной группы 50 и более лет чаще «прятали важную информацию» по сравнению с более молодыми людьми ($\chi^2 = 10,576(3)$, $P < 0,014$).

Эвакуировавшиеся из здания могли выбрать любой из 6 лестничных проемов, чтобы покинуть здание. Опросные листы при этом раздавались только людям, использовавшим 4 рассматриваемые лестницы. Каждому из эвакуирующихся отведена определенная лестница, которая располагается наиболее близко к его рабочему месту. В ходе эвакуации 95% респондентов отметили, что они использовали именно те лестничные проемы, которые были предусмотрены для них планом эвакуации. Для 92% из них эти лестницы действительно были «наиболее близкими». Достоверных различий по использованию каждого лестничного проема обоими полами обнаружено не было.

Таблица 6. Действия, которые предприняли опрашиваемые перед тем, как начать эвакуироваться

Действие	Кол-во людей	Процент всех опрошенных
Одеться	335	68,5
Собрать ценные вещи	265	54,2
Спрятать важную информацию	222	45,4
Следовать инструкциям ответственных за эвакуацию	208	42,5
Вернуться в офис	75	15,3
Обсудить событие с коллегами	56	11,5
Выяснить о ситуации больше информации	23	4,7
Продолжать работать	14	2,9

4.1.3 Время эвакуации

Респондентам был задан вопрос, сколько времени они потратили с момента начала тревоги до того, как решили начать эвакуацию. В соответствии с данными таблицы 7 и рисунка 13, 46% опрошенных начали эвакуацию менее чем через 1 минуту, что является хорошим результатом. Однако 29% решили покинуть помещение, в котором они были, через 1-2 минуты, 14% – через 2-3 минуты, а 4% респондентов решили начать эвакуироваться через 3-4 минуты. Более 6% (31 человек) потребовалось более 4 минут, прежде чем они начали эвакуацию, что вызывает некоторое беспокойство. Респонденты, которым потребовалось более 4 минут, находились на всех этажах здания, кроме 5-го. Интересно, что среди них 8 были на последнем, 11-ом этаже, что само по себе должно было быть стимулом к быстрой эвакуации, ввиду большей дистанции, которую им требовалось преодолеть. Среди тех, кто потратил более 4 минут до начала эвакуации 7 «вернулись в свои офисы» после того, как услышали тревогу и совершили следующие действия: «спрятали важную информацию» и «оделись». Другие 6 человек после включения тревоги «продолжали работать» до того момента, пока их не заставили покинуть здание. Необходимо добавить, что шестью другими «задержавшимися» были ответственные в случае ЧС: они потратили это время, чтобы убедиться, что все служащие покинули этаж.

Таблица 7. Время, которое потратили респонденты, перед тем, как начать эвакуироваться

Суммарное время, мин:сек	Кол-во респондентов	Процент всех респондентов
0:00-0:15	109	23,8
0:16-0:30	88	19,2
0:31-0:45	13	2,9
0:46-0:59	2	0,4
1:00-1:15	125	27,3
1:16-1:59	7	1,5
2:00-2:15	63	13,8
2:15-2:59	1	0,2
3:00-3:15	17	3,7
3:16-3:59	2	0,4
4:00-4:59	7	1,5
5 или более минут	24	5,3
Всего	458	100

Анализ данных так же показал тенденцию, к округлению респондентами времени, представленному в таблице 5. Эти числа являются оценками респондентов, и они требуют сравнения с данными видеозаписи.

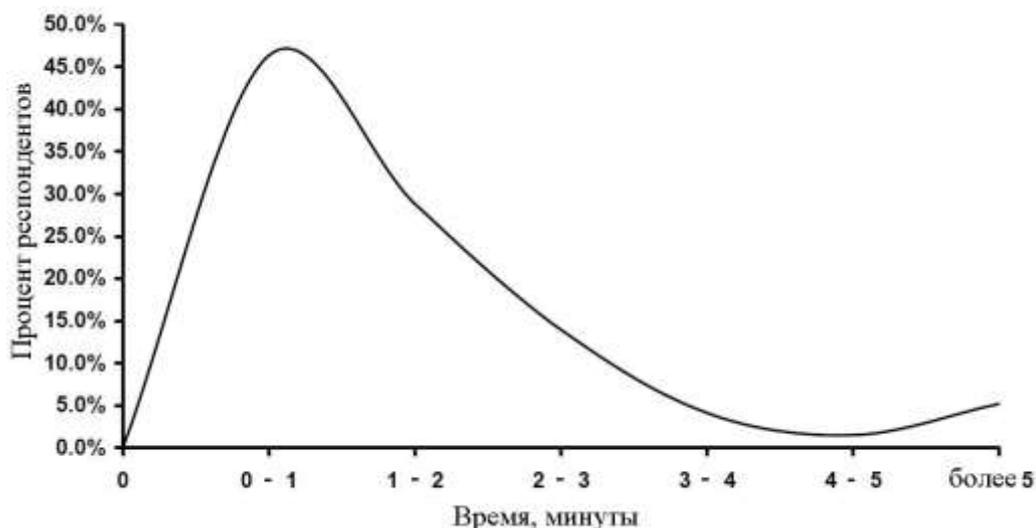


Рисунок 13. Распределение времени, потраченного респондентами перед эвакуацией

Так же респондентам был задан вопрос, сколько времени в сумме им потребовалось на полную эвакуацию из здания: с момента включения тревоги до момента, когда они покинули здание. Полученные данные представлены в таблице 8 и на рисунке 14.

Таблица 8. Суммарное время эвакуации

Время, минуты	Кол-во респондентов	Процент респондентов
0-1	12	2,9
1-2	36	8,6
2-3	49	11,7
3-4	65	15,5
4-5	33	7,8
5-6	108	25,7
6-7	15	3,6
7-8	21	5,0
8-9	22	5,2
9-10	2	0,5
10-11	44	10,5
11-12	0	0,0
12+	13	3,0
Всего	420	100

Среди всех респондентов 47% посчитало, что для полной эвакуации из здания им потребовалось менее 5 минут. Другие 40% указали длительность эвакуации от 5 до 10 минут, 13% – более 10 минут. Анализ видеозаписей позволит получить точную оценку времени эвакуации, которые следует сравнить с оценками респондентов.

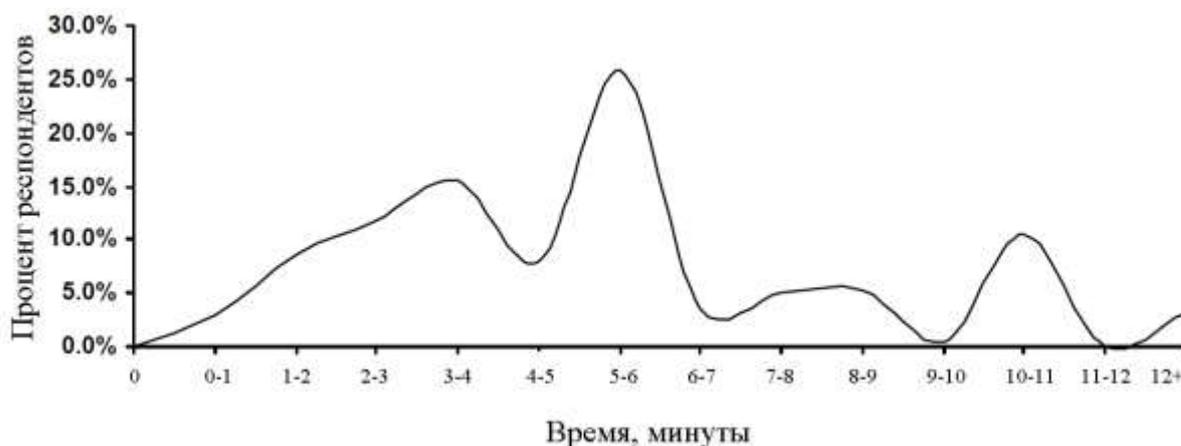


Рисунок 14. Распределение времени эвакуацией

4.1.4 Эвакуация по лестничным проемам

После того, как опрашиваемые приняли решение начать эвакуацию с их этажа, они направились в сторону лестничных проемов. В опросный лист были включены несколько вопросов, касавшихся впечатлений от одной из исследуемых лестниц. В соответствии с данными таблицы 9 из 489 респондентов, вернувших опросные листы, только 20% спускались по лестнице С, доля других лестниц находилось в пределах от 26 до 27%. Сравнение числа опрошенных, использовавших при эвакуации каждую лестницу указывает на наличие статистически значимого различия ($\chi^2 = 10,266(3)$, $P < 0,016$). Это было связано с тем, что исследовательская команда получила значительно меньшее число анкет от людей, эвакуировавшихся по лестнице С, по сравнению с лестничными проемами А, Е и G. Сравнение данных по количеству анкет, соответствовавших этим трем лестницам, на которых были установлены фотолюминесцентные материалы, не показало достоверного различия ($\chi^2 = 5,757(3)$, ns), что позволяет проводить корректное сравнение данных по ним. Хотя количество возвращенных опросных листов, относящихся к лестничному проему С, было значительно ниже, процент их возврата – 36% (считая, что из 278 людей, спускавшихся по лестнице и получивших анкеты, 99 заполняют и возвратят их исследовательской команде) все же является очень хорошим. В подобном типе исследований приемлемым процентом заполненных и возвращенных анкет является 30% [12]. Общее число анкет, полученное от участников учений, которые в ходе них использовали тестируемые лестничные проемы, было достаточным, чтобы должным образом оценить показатели по каждой лестнице.

Таблица 9. Число респондентов, спускавшихся по каждой лестнице

Лестничный проем	Число респондентов	Процент от всех респондентов
А	130	27
Е	132	27
G	128	26
С	99	20
Всего	489	100

Не было обнаружено различий по использованию каждой лестницы среди людей разного пола ($\chi^2 = 3,438(3)$, ns) и возраста ($\chi^2 = 12,210(9)$, ns). Следовательно, во всех

лестничных проемах наблюдалась сходная пропорция по полу: 35% мужчин и 65% женщин и возрасту: 38% были людьми в возрасте от 20 до 40 лет, 64% – более 41 года.

Вопрос №15 предлагал выбрать среди 12 трудностей, с которыми встречались опрашиваемые, спускаясь по исследуемым лестницам. Суммарные данные по всем ответам представлены в таблице 10. Колонка «P<0,05» указывает на трудность, с которой достоверно, с точки зрения статистики респонденты сталкивались чаще при спуске по одной из лестниц.

Ни один из респондентов не отметил, что какая-либо мебель или другие объекты помешали ему попасть на лестничный проем. Проблема большого количества людей, скопившегося у входа в лестничный проем была указана менее чем в одной четверти всех анкет (в среднем 22%). При этом разброс по этому показателю среди всех лестниц был минимален. Только два респондента, спускавшихся по лестницам Е, и двое с лестницы С упомянули о том, что им было трудно открыть дверь, ведущую на лестницу. Среди этих людей, использовавших при эвакуации лестницу Е, одной была женщина с 11-го этажа, которая пожаловалась, что дверь было трудно открыть, второй человек в момент начала учений был на 9-ом этаже. На 4-ом этаже лестницы С проблема с открытием двери была связана со скоплением большого количества людей.

С проблемой доступа к лестничному проему ввиду того, что в этот же момент он был заполнен спускавшимися с более высоких этажей, среди людей, использовавших лестницу А столкнулось 23%, Е – 16%, G – 20%, С – 21%. Проблема доступа к лестнице наблюдалась примерно в равной степени на всех тестируемых проемах. С другой стороны, некоторые из людей, уже спускавшихся по этажам, посчитали проблемой то, что на каждом этаже к ним присоединялись все новые эвакуирующиеся. В случае каждой из тестируемых лестниц эту проблему отметили только 10% респондентов. Обнаружение перил представило трудность только для 20 респондентов из всего их числа. Можно отметить, что эта проблема почти отсутствовала на лестничных проемах с ФЛМ или аварийным освещением.

Таблица 10. Проблемы, с которыми сталкивались респонденты на лестнице

Проблема	Процент респондентов на каждой лестнице				P<0,05
	А	Е	G	С	
Проблема доступа к лестнице из-за мебели или других объектов	-	-	-	-	
Скопление большого кол-ва людей у входа на лестницу	22	20	23	21	
Трудности, возникшие при открытии дверей на лестницу	0	2	0	2	
Проблема доступа на лестницу, из-за большого кол-ва людей, уже спускавшихся по ней	23	16	20	21	
Помеха движению людей по лестнице из-за входа на площадку каждого этажа все новых эвакуирующихся	7	8	13	10	
Проблемы при поиске перил	6	2	7	3	
Плохая видимость из-за слабого освещения	52	52	50	45	
Люди, поднимающиеся по лестнице в обратную сторону	1	1	5	1	
Впереди идущие люди, которые двигались слишком медленно	39	57	47	38	+
Люди, стоящие на лестничных площадках	14	19	14	10	
Трудность поиска двери на нижнем этаже	1	2	0	0	
Проблемы с открытием двери на нижнем этаже	1	0	0	0	

Наиболее часто упоминаемой трудностью стала сложность визуального восприятия в условиях плохого освещения. Эта проблема была отмечена 52% респондентов, спускавшихся по лестницам А и Е, в случае лестниц G и С этот показатель составил 50 и 45% соответственно. Достоверного различия этого показателя среди всех лестничных

проемов обнаружено не было ($\chi^2 = 1,437(3)$, ns). Можно заключить, что примерно половине всех участников опроса было трудно различать объекты вокруг себя из-за плохой освещенности и этот в равной степени относилось ко всем тестируемым лестницам.

Поток людей, шедших в обратную сторону не вызвал значительных трудностей ни на одной из лестниц. Вторая наиболее часто упоминаемая проблема была связана со «слишком медленно идущими впереди людьми». Анализ данных по ней показал наличие достоверных отличий между лестничными проемами ($\chi^2 = 10,669(3)$, $P < 0,014$). Эта разница обусловлена тем, что респонденты, спускавшиеся по лестнице Е, отмечали эту проблему чаще, чем в случае лестницы А ($\chi^2 = 7,46$, $P < 0,05$) и С ($\chi^2 = 7,61$, $P < 0,05$). Этот пункт был указан в анкете 57% людей, использовавших проем Е. При этом данные по лестницам G и Е достоверно не отличались ($\chi^2 = 2,31$, ns). В целом данные по этому показателю двух других лестничных проемов были ниже: 39% в случае лестницы А и 38% у лестницы С.

Хотя трудности, связанные с людьми, стоявшими на лестничных площадках, судя по данным, более характерны для лестничных проемов, оснащенных ФЛМ, статистически значимых различий в данном случае обнаружено не было ($\chi^2 = 3,971$, ns). Около 14% респондентов упомянули об этой проблеме. Остается не ясным, были ли этими людьми эвакуировавшиеся, или ответственными в случае ЧС, которые оставались держать двери для входа на каждую площадку открытыми.

Большинство из отвечавших на вопросы не испытали трудностей при обнаружении и открытии ведущих на улицу дверей. Отметим, что лестничные площадки, на которых они располагались, были полностью освещены, а сами двери были автоматизированы, что позволяло им оставаться открытыми, после того, как первый из эвакуировавшихся покинул здание. Только у одного из респондентов, спускавшегося со второго этажа по лестнице А, возникли трудности при поиске и открытии этой двери. Другой участник исследования, который столкнулся с такой трудностью, в момент учений находился на 1-ом этаже. Возможные причины этого в анкетах указаны не были.

Всем эвакуировавшимся был задан вопрос, как бы они оценили видимость на лестничных проемах, в условиях аварийного освещения, с которым они столкнулись в ходе учений. Возможными ответами были: отлично, хорошо, не очень хорошо, плохо. Данные рисунка 15 показывают распределение их ответов. Статистически значимых различий в оценке видимости на лестничных проемах обнаружено не было ($\chi^2 = 16,804(9)$, ns).

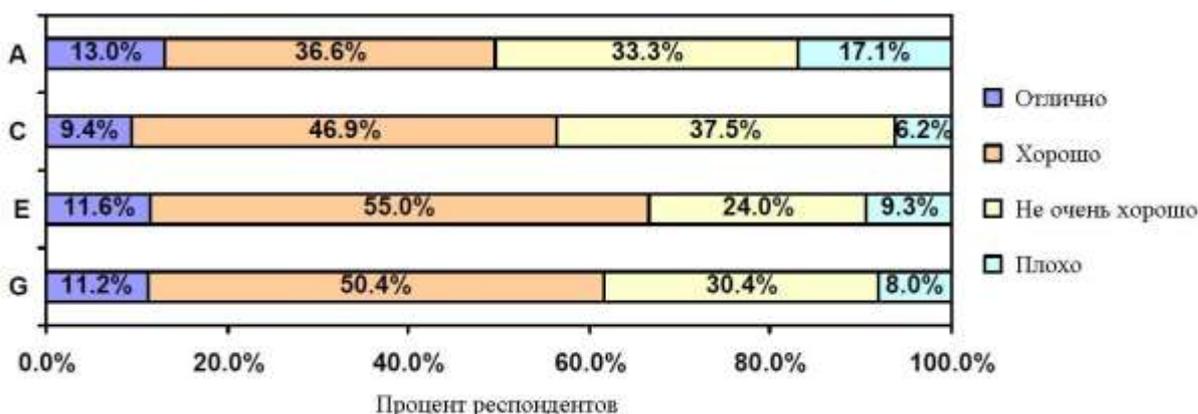


Рисунок 15. Оценка респондентов видимости на лестничных проемах

Для того, чтобы ответы респондентов не были «расплывчатыми» им было предложено выбрать только между четырьмя предложенными вариантами. Данные таблицы 11 в целом соответствуют рисунку 15, но в указанной таблице варианты ответов были скомбинированы: «хорошо и отлично» и «не очень хорошо и плохо». Можно увидеть, что при оценке видимости лестницы Е и G получили большее количество положительных отзывов, по сравнению с лестницами А и С. В действительности мнения по лестничному проему А разделились поровну: одна половина респондентов посчитала, что видимость была на приемлемом уровне, другая – что видимость была неудовлетворительной.

Таблица 11. Оценка видимости на лестничных проемах

Оценка	Процент респондентов на каждой лестнице			
	А	Е	Г	С
«Хорошо» и «отлично»	50	67	62	56
«Не очень хорошо» и «плохо»	50	33	38	44
Всего	100	100	100	100

Ввиду того, что последний этаж каждой лестницы был полностью освещен, существовала вероятность, что указанные оценки респондентов во многом базировались на впечатлениях именно от последних, более освещенных этажей. Это в еще большей степени относится к людям, которым в ходе эвакуации пришлось спускаться по лестнице всего несколько этажей. Оценки, которые дали респонденты, спускавшиеся в ходе учений с 3-го и более низких этажей, были отдельно проанализированы. В таблице 12 приведены данные по двум группам людей: спускавшимся с 1-3 этажей и тех, кто в момент начала учений был на 4-ом этаже и выше.

Таблица 12. Оценка видимости на лестнице, которую дали респонденты, начавшие эвакуацию с разных этажей.

Этаж	Оценка	Процент респондентов по этажам	
		3-й и ниже	4-й и выше
А	«Хорошо» и «отлично»	70	40
	«Не очень хорошо» и «плохо»	30	60
С	«Хорошо» и «отлично»	52	57
	«Не очень хорошо» и «плохо»	48	43
Е	«Хорошо» и «отлично»	68	67
	«Не очень хорошо» и «плохо»	32	33
G	«Хорошо» и «отлично»	61	61
	«Не очень хорошо» и «плохо»	39	39

Анализ этих данных не показал достоверных различий между оценками разных лестниц, которые дали респонденты, спускавшиеся с разных этажей ($\chi^2 = 10,134(9)$, ns). Процент оценок «хорошо» и «отлично» находился в пределах от 52 до 70. Однако было обнаружено статистически значимое отличие оценок лестничных проемов, которые дали респонденты, спускавшиеся с более высоких этажей ($\chi^2 = 17,112(9)$, $P < 0,047$). Можно сделать вывод, что оценка видимости как «не очень хорошая» и «плохая», которую дали 60% респондентов, спускавшихся с более высоких этажей по лестнице А, достоверно отличается от положительной оценки лестничного проема Е ($\chi^2 = 10,441$, $P < 0,05$). Можно отметить, что за исключением данных по лестнице А, наличие

полноценного освещения двух последних лестничных пролетов не оказал влияния на оценки видимости. При сравнении оценок, которые были даны респондентами, спускавшимися с разных этажей, достоверные различия обнаружены только для лестничного проема А ($\chi^2 = 15,317(3)$, $P < 0,002$). Можно сделать вывод, что причиной более негативных оценок респондентов, спускавшихся по лестнице А с высоких этажей, была совокупность таких факторов, как большое количество людей, которые входили на лестничную площадку на каждом новом этаже, и отсутствие фотолюминесцентной маркировки ступенек.

Эвакуировавшимся был задан вопрос, касаемый степени информативности, которую имела система эвакуации, с которой они столкнулись в соответствующих лестничных проемах. Данные по ответам респондентов представлены в таблице 13.

Большинству респондентов не составило труда найти перила, что было еще более отчетливо в случае лестницы Е. В случае лестничных проемов с фотолюминесцентной маркировкой все перила были обозначены одинаковым образом со всех сторон полосой из ФЛМ шириной 2,54 см, в то время как на лестнице С никакой маркировки перил не было. Несмотря на это различие, более 90% респондентов, использовавших при эвакуации все четыре лестницы «полностью согласны» или «в целом согласны» с тем, что перила были легко обнаружимы. При сравнении данных по тестируемым лестницам статистически значимых различий обнаружено не было ($\chi^2 = 8,804(9)$, ns).

Таблица 13. Оценка эффективности компонентов системы эвакуации на тестируемых лестничных проемах

Утверждение	Процент респондентов каждой лестницы			
	А	Е	G	С
Было легко обнаружить перила				
Полностью согласны	72	85	76	75
В целом согласны	22	12	17	19
В целом не согласны	5	2	4	4
Полностью не согласны	1	1	3	2
Было легко обнаружить первую ступеньку каждой лестницы				
Полностью согласны	57	74	67	55
В целом согласны	31	18	21	32
В целом не согласны	8	7	6	9
Полностью не согласны	4	1	6	4
Было легко обнаружить каждую ступеньку				
Полностью согласны	50	72	64	54
В целом согласны	32	21	28	33
В целом не согласны	11	7	5	12
Полностью не согласны	7	0	3	1
Было легко обнаружить последнюю ступеньку каждой лестницы				
Полностью согласны	45	58	52	49
В целом согласны	27	25	26	30
В целом не согласны	15	11	13	17
Полностью не согласны	13	6	9	4

Указатели направления движения были хорошо видны				
Полностью согласны	54	66	54	46
В целом согласны	32	30	27	25
В целом не согласны	12	2	11	13
Полностью не согласны	2	2	8	16
Все препятствия были хорошо обозначены				
Полностью согласны	43	52	50	45
В целом согласны	42	37	31	25
В целом не согласны	10	9	10	13
Полностью не согласны	5	2	9	16
Промежуточные площадки были четко обозначены				
Полностью согласны	50	57	61	52
В целом согласны	39	33	24	30
В целом не согласны	8	7	6	8
Полностью не согласны	3	3	9	10
Конечный выход был четко обозначен				
Полностью согласны	69	68	69	68
В целом согласны	30	27	24	22
В целом не согласны	1	4	4	8
Полностью не согласны	0	1	3	2

Респондентам был задан вопрос, легко ли они находили первую ступеньку на каждой лестнице. Большинство, спускавшихся по всем четырем лестницам, ответило позитивно. При этом в случае лестничных проемов Е и G количество ответов «полностью согласны» было выше (рисунок 16). В этом отношении лестницы А и С показали более скромный результат по количеству ответов «полностью согласны». Статистически достоверных различий по этому показателю обнаружено не было ($\chi^2 = 16,736(9)$, ns).

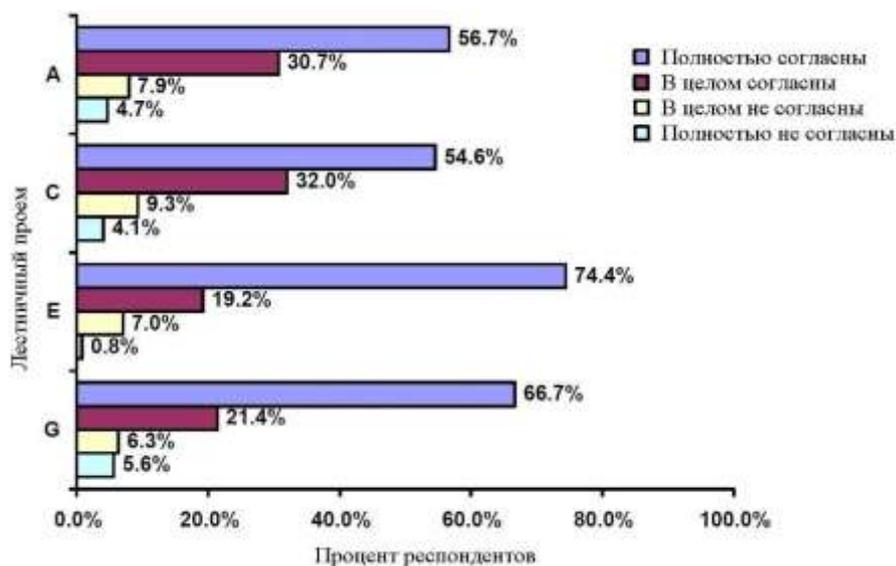


Рисунок 16. Распределение ответов на утверждение, что каждая первая ступенька была легко обнаружима

Было обнаружено достоверное различие по ответу на утверждение, что «каждая ступенька была легко обнаружима» ($\chi^2 = 27,782(9)$, $P < 0,001$). В соответствии с данными рисунка 17 респондентам, спускавшимся по лестницам Е и G, было легче увидеть каждую ступеньку, чем тем, который использовали лестничные проемы А и С. Этот факт не стал сюрпризом, т.к. лестница А была оборудована только маркировкой в форме буквы «L», а проем С имел только аварийное освещение, явно недостаточное для обозначения каждой ступеньки и не имел маркировки из ФЛМ. Противоположно этому края каждой ступеньки на лестницах Е и G были четко обозначены, что значительно упрощало их восприятие эвакуировавшимися. В случае лестницы Е ширина маркировки составила 2,54 см, лестницы G – 5,08 см. Во втором случае обозначение ступеньки было дополнено маркировкой в форме буквы «L». Анализ данных позволил предположить, что дополнение системы ориентировки на основе ФЛМ маркировкой каждой ступеньки в форме буквы «L» не играет большой роли для восприятия эвакуирующимися.

Респондентам был задан вопрос, легко ли было обнаружить последнюю ступеньку на каждой лестнице. От респондентов, спускавшихся по проему А, было получено некоторое количество критических комментариев. Они отметили, что им было особенно трудно увидеть последнюю ступеньку. Всего около 28% респондентов с лестницы А ответили на рассматриваемое утверждение «в целом не согласны» и «полностью не согласны». В случае лестничного проема Е было получено наибольшее количество позитивных ответов. Несмотря на этом, достоверных различий по этому показателю между тестируемыми лестничными проемами обнаружено не было ($\chi^2 = 10,684(9)$, ns).

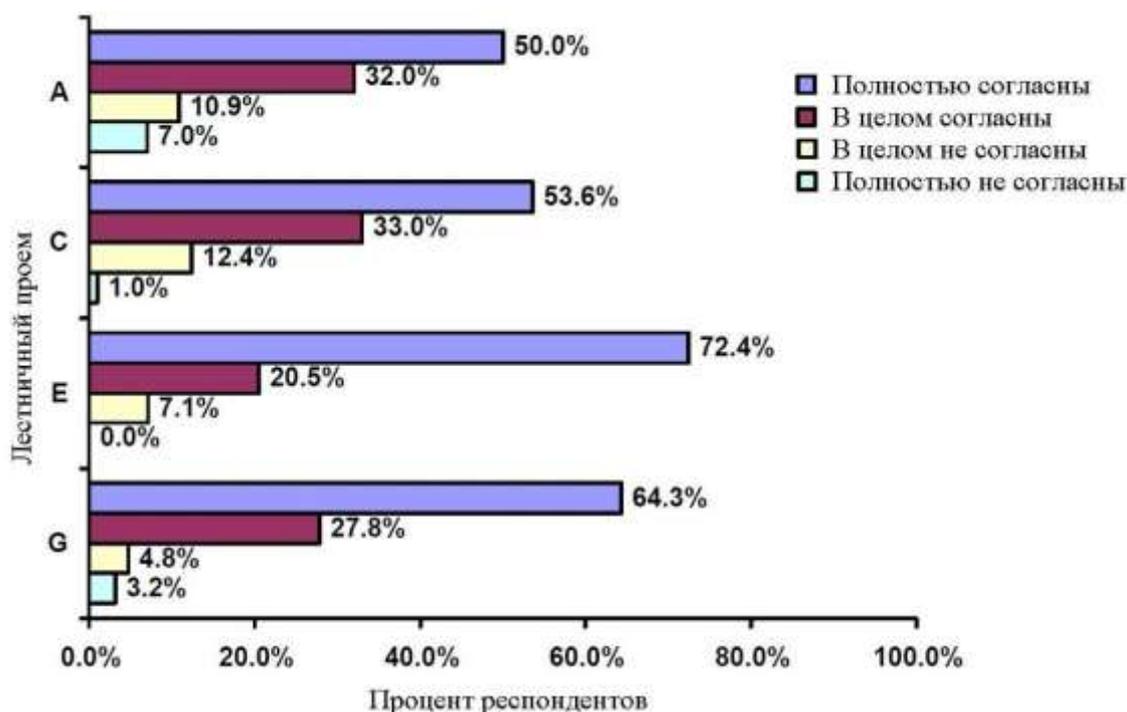


Рисунок 17. Распределение ответов на утверждение, что каждая ступенька была легко обнаружима

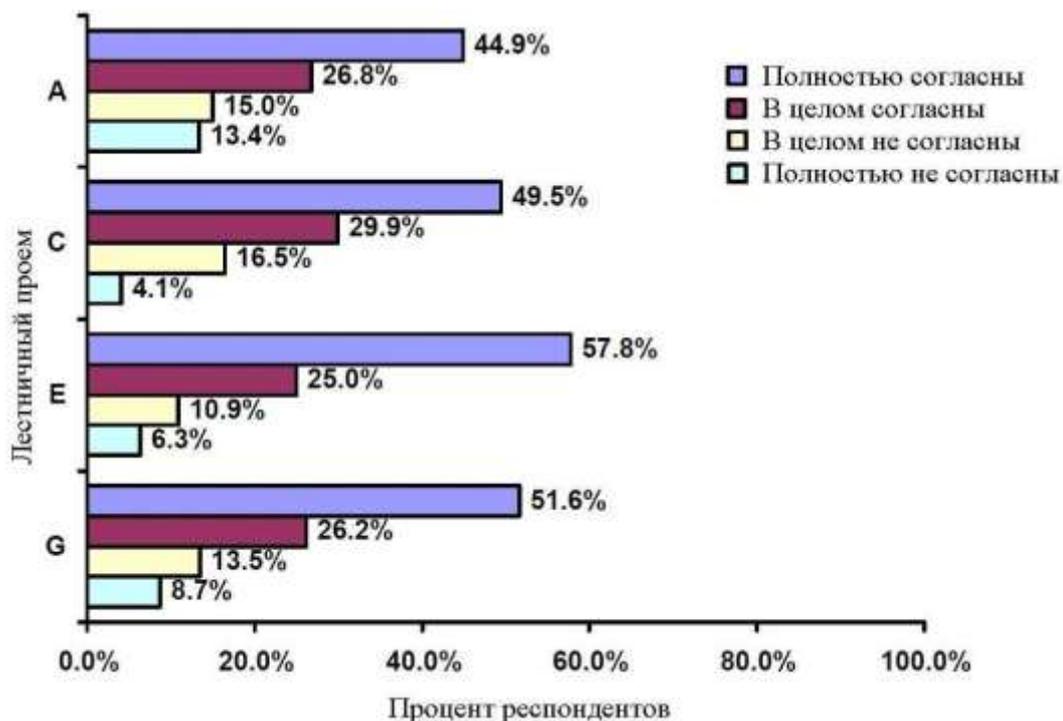


Рисунок 18. Распределение ответов на утверждение, что каждая последняя ступенька была легко обнаружима

Среди тестируемых лестничных проемов было обнаружено достоверное различие по такому показателю, как видимость табличек, указывающих направление движения ($\chi^2 = 37,183(9)$, $P < 0,001$). Лестницы С и G достоверно не отличались ($\chi^2 = 3,59$, ns), но данные по ответам респондентов указывают на то, что эти таблички были менее заметны, чем на проемах А ($\chi^2 = 7,32$, $P < 0,05$) и Е ($\chi^2 = 26,03$, $P < 0,05$). На рисунке 19 изображен пример указателя движения из фотолюминесцентного материала. Он сочетает в себе символ «бегущего человека» и стрелку. Эти таблички находились на каждой площадке лестничных проемов, в которых были установлены ФЛМ.



Рисунок 19. Указатель направления движения с символом «бегущий человек»

Из данных рисунка 20 можно увидеть, что лестница Е показала наилучшие результаты по видимости указателей направления движения, хотя на всех проемах с установленными ФЛМ эти символы были одинаковыми. Было сделано предположение, что т.к. респонденты, спускавшиеся по проему Е, жаловались на слишком медленное движение людей и их большое количество, у них было больше времени и возможности, чтобы заметить эти фотолюминесцентные указатели.

Не было обнаружено статистически значимых отличий по таким показателям, как обозначение препятствий ($\chi^2 = 10,751(9)$, ns), промежуточных площадок ($\chi^2 = 14,458(9)$, ns) и конечного выхода ($\chi^2 = 12,304(9)$, ns). Все указанные маркеры были одинаковы на всех лестницах с ФЛМ. На лестничном проеме С отсутствовало обозначение водопроводной трубы, которая находилось в углу каждой лестничной площадки. Несмотря на то, что она могла служить серьезным препятствием, респонденты, не заметили отсутствие маркировки на ней (рисунок 21). Возможно, что отсутствие в анкетах комментариев по этому поводу было связано с тем, что никто из респондентов не испытал серьезных трудностей с этим объектом. Маркировка промежуточных площадок была фотолюминесцентной, располагалась на трех тестируемых лестницах с ФЛМ; в случае лестницы С был использован стандартный вариант. Респонденты не заметили, чтобы кто-то из эвакуировавшихся вернулся, или даже сделал попытку вернуться на эти площадки в ходе учений по эвакуации. Конечный выход в случае трех лестниц с ФЛМ был отмечен фотолюминесцентной маркировкой: дверная коробка (шириной 2,54 см), дверная фурнитура и табличка «конечный выход». Т.к. последний пролет лестниц был полностью освещен, а дверь была автоматически зафиксирована в открытом состоянии сразу после того, как первый человек, который покинул здание, открыл ее, не было отмечено, что лестничному проему С не хватало какой-либо дополнительной маркировки.

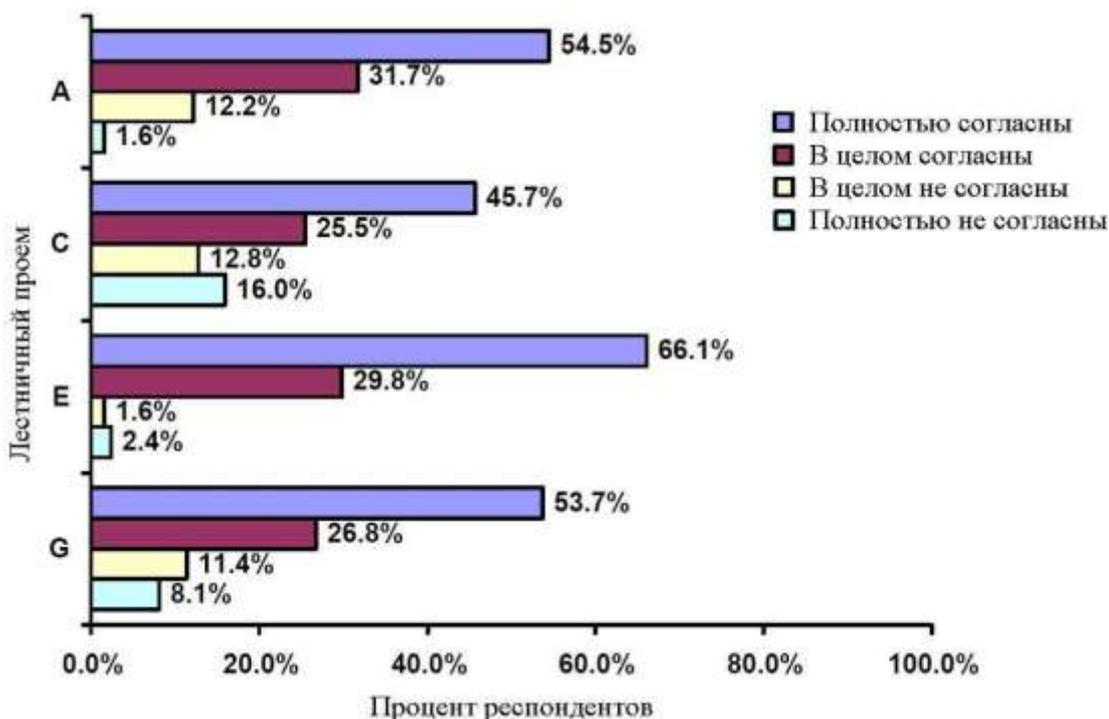


Рисунок 20. Распределение ответов на утверждение, что каждый указатель направления движения был хорошо виден



Рисунок 21. Препятствие в виде водяной трубы на лестничном проеме С

Если мы посмотрим на данные по каждому конкретному критерию и расставим лестничные проемы в порядке их оценок, мы получим, что в большинстве случаев первое место занимает лестница Е, второе – лестничный проем G. Лестницы А и С находятся на третьем и четвертом местах соответственно.

Таблица 14. Рейтинг лестничных проемов по каждому критерию

Критерий	Место, которое занял лестничный проем			
	1	2	3	4
Перила легко обнаружимы	Е	G	С	А
Каждая первая ступенька лестницы легко обнаружима	Е	G	А	С
Каждая ступенька лестницы легко обнаружима	Е	G	С	А
Каждая последняя ступенька лестницы легко обнаружима	Е	G	С	А
Указатели движения отчетливо видны	Е	G	А	С
Все препятствия отмечены	Е	G	А	С
Промежуточные площадки четко отмечены	G	Е	А	С
Конечный выход четко обозначен	G	А	Е	С

Респондентам был задан вопрос, касаемый ощущений, которые они испытывали, когда спускались по лестничным проемам во время эвакуации. Полученные ответы указывают на отсутствие достоверных отличий между лестничными проемами по этому показателю ($\chi^2 = 3,245(3)$, ns). Всего от 65 до 75% респондентов чувствовали себя комфортно, спускаясь по лестничным проемам, как оснащенным системой на основе ФЛМ, так и с пониженным уровнем освещения.

Другой вопрос, который был задан участникам учений потребовал от них оценить количество людей на лестнице, по которой они спускались. Хотя лестничный проем Е и получил наивысшие оценки по указанным выше критериям, по данным опросных листов на нем наблюдалось и наибольшее скопление людей (таблица 15). Анализ ответов на этот вопрос показал наличие статистически значимых различий: количество людей на лестнице Е было достоверно выше, а скорость их передвижения – ниже. По сравнению с ней, другие 3 лестничные проема были охарактеризованы как «заполненные, но с приемлемой скоростью движения» ($\chi^2 = 28,317(3)$, $P < 0,001$).

Таблица 15. Оценка плотности толпы

Оценка	Процент респондентов каждой лестницы			
	А	Е	Г	С
Очень тесно и медленно	24	50	29	31
Тесно, но скорость движения приемлема	67	46	62	54
Рядом со мной было несколько человек	8	4	9	14
Я был в одиночестве	1	0	0	1

В целом результаты опроса указывают на то, что по некоторым вопросам респонденты оценили лестницы А и Е одинаково. Эти оценки были заметно менее положительными, чем тем, которые получили лестничные проемы Е и Г. При оценке видимости на лестнице А респонденты мнение респондентов разделилось: одна половина считала ее хорошей, другая – не удовлетворительной. Важными недостатками этой лестницы, которые были отмечены сразу несколькими людьми, стала сложность различить положение каждой ступеньки на этом лестничном проеме, в особенности это касалось каждой последней ступени. В целом общая оценка лестничных проемов А и С была не такой хорошей, как у лестниц Е и Г.

Наиболее позитивные оценки респондентов получила лестница Е, даже, несмотря на то, что она была признана наиболее заполненной людьми, а многие эвакуировавшиеся по ней жаловались на слишком медленное движение впереди идущих их людей. Лестничный проем Г так же в целом получил положительную оценку, но уступил лестнице Е по некоторым показателям. Более широкие (5,08 см) полосы ФЛМ, скомбинированные с маркировкой в форме буквы «L», так же как и более широкие (5,08 см) дополнительные разграничивающие линии не сыграли по данным анкет большой роли в помощи при эвакуации. В случае этих двух лестниц видимость на них получила оценку «отлично», а каждая ступенька, обозначенная ФЛМ, была легко обнаружима эвакуировавшимся.

Отметим, что каждый из респондентов использовал при эвакуации только один из тестируемых лестничных проемов, таким образом, их оценки были в достаточной степени беспристрастны. Что касается количества возвращенных опросных листов, то оно в случае лестниц, оснащенных ФЛМ, было достаточным. Таким образом, наилучшую оценку получил лестничный проем Е.

4.2 Данные видеонаблюдения

Для проведения анализа хода эвакуации была произведена запись с 28 видеокамер. Общее количество эвакуировавшихся людей, которые попали в их поле зрения, составило 1191. Данные видеозаписи были обработаны: получены индивидуальные данные по каждому человеку: его пол, время, когда он вошел на лестничную площадку, когда он прошел 11, 9, 7, 5, 3, 1 этажи и этаж В и когда вышел из здания. Так же внимание было уделено поведению эвакуировавшихся.

В 10:35:23 сработала аварийная тревога. Она звучала в течение 11 минут 51 секунды. В течение этого времени, в соответствии со стандартными процедурами по эвакуации, служащие начали движения к лестничным проемам, чтобы спуститься к выходу.

4.2.1 Время начала эвакуации

Из-за величины каждого этажа и положения офисов и кабинетов, было невозможно запечатлеть каждого служащего в момент звучания аварийной сигнализации. Однако было возможно получить оценку времени, которое потребовалось каждому служащему,

чтобы достигнуть выхода с этажа. В таблице 16 приведены данные по времени, когда первый и последний служащие достигли двери на лестничный проем. Среднее время для служащих, которые достигли выхода быстрее всего, составило 1 мин. 7 сек. Среднее время для последних эвакуировавшихся – 5 мин. 29 сек. Можно подсчитать истинное время, которое потребовалось людям, чтобы начать эвакуацию, т.е. дойти до двери, ведущей на лестничный проем. Оно составило около 10-15 с. Статистический анализ показал отсутствие различий среди лестничных проемов по времени достижения выхода на лестницу первым служащим ($F(3,23) = 1,49, ns$). Однако в случае последнего из эвакуировавшихся такое различие было выявлено ($F(3,23) = 5,63, P < 0,05$). Это различие было между лестницами А и Е. Последнему человеку, который в ходе учений использовал лестницу Е, потребовалось достоверно меньше времени, чтобы достичь лестничного проема, как он услышал аварийную тревогу ($q = 5,68, P < 0,01$). Указанное время зависит от множества факторов. Некоторые из служащих могли уделить большее количество времени на подготовку: вернулись в офисы, оделись, собрали необходимые по их мнению вещи, убрали на место документы. Среди тех, кто последними достиг выхода на лестничную площадку, были ответственные в случае аварийных ситуаций. Их задачей было убедиться, что на территории, за которую они отвечают, больше не осталось людей. Некоторые люди потратили время, чтобы обойти все кабинеты, комнаты отдыха и уборные.

Таблица 16. Время, которое потребовалось эвакуировавшимся, чтобы достичь выхода на лестничные площадки

Лестница	Этаж	Время, потребовавшееся первому из эвакуировавшихся, мм:сс	Время, потребовавшееся последнему из эвакуировавшихся, мм:сс
А	11	1:28	9:07
	9	1:40	6:13
	7	0:52	8:27
	5	0:57	8:09
	3	0:22	9:11
	1	0:18	3:26
Е	11	1:06	2:44
	9	2:23	3:51
	7	1:35	3:19
	5	0:35	2:47
	3	1:00	4:14
	1	0:53	3:52
G	11	1:25	3:59
	9	1:30	4:55
	7	1:19	6:02
	5	1:31	5:57
	3	0:40	7:40
	1	0:31	2:06
С	11	0:21	5:02
	9	0:42	6:28
	7	1:37	8:59
	5	1:56	5:08
	3	0:43	4:54
	1	1:24	5:10

4.2.2 Скорость передвижения

Особую ценность представляли данные по скорости движения служащих здания на каждом конкретном этаже. Была посчитана средняя скорость передвижения на каждом этаже.

Несмотря на одинаковую геометрию всех лестничных проемов, дистанция, которую требуется преодолеть, чтобы достичь конечного выхода из здания, была различна ниже 1-го этажа. Это было связано с небольшим уклоном от улицы Sparks до улицы Queen. Дистанция, которую требовалось пройти эвакуировавшимся с 11-го этажа чтобы выйти на Queen Street, составила 150,63 м в случае лестницы А, 153,21 м – в случае лестницы Е. Служащим, использовавшим лестничные проемы G и С, пришлось преодолеть до выхода на улицу Sparks 140,00 и 141,44 м соответственно. Скорость движения, которую измеряли в метрах в секунду (м/с), была посчитана для каждого служащего, который преодолевал строго определенную дистанцию на каждом лестничном проеме.

Скорость движения на лестнице А находилась в пределах от 0,33 до 1,39 м/с. На лестнице Е этот показатель составил 0,17-1,03 м/с, на лестнице G – 0,14-1,53 м/с, в случае лестничного проема С скорость движения была 0,38-1,87 м/с.

Средняя скорость передвижения на всех четырех лестничных проемах указана в таблице 17. Наиболее медленной стала лестница Е, показатель которой был 0,40 м/с. В случае лестницы G средняя скорость была 0,57 м/с, лестницы А и С показали наибольшую скорость – 0,66 м/с.

Таблица 17. Скорость движения по тестируемым лестничным проемам

Лестничной проем	Средняя скорость, м/с	Стандартное отклонение, м/с	Кол-во эвакуировавшихся
А	0,66	0,2462	345
Е	0,40	0,1661	287
G	0,57	0,2133	281
С	0,66	0,3053	278
Всего	0,57	0,2335	1191

Дисперсионный анализ показал различие между тестируемыми лестничными проемам: было получено статистически значимое отличие по скорости движения людей ($F(3,1118) = 62,804, P < 0,001$). Чтобы определить какие из групп достоверно отличаются от остальных, была проведена процедура множественного сравнения по критерию Тьюки. Полученные результаты показали, что скорость движения по лестничным проемам А и С была одинаковой – 0,66 м/с. Указанная скорость была достоверно выше той, которая была на лестницах G ($q = 6,45, P < 0,01$ и $q = 6,01, P < 0,01$ соответственно) и Е ($q = 17,64, P < 0,01$ и $q = 16,76, P < 0,01$ соответственно). В случае лестницы G наблюдалась достоверно более высокая скорость, чем на лестничном проеме Е ($q = 11,09, P < 0,01$).

Было необходимо рассмотреть значение средней скорости в контексте плотности толпы на каждом этаже. В соответствии с данными таблицы 18, среди тестируемых лестниц плотность спускающихся служащих варьировала незначительно. Она измерялась в количестве людей на квадратный метр (чел./м²) и оценивалась в течение времени, когда наблюдалось скопление наибольшего количества людей, с 10:37:23 (через две минуты после включения тревоги) до 10:42:23 (через семь минут после тревоги), на этажах 1, 3

и 5. Лестничные проемы Е и С показали наибольшую плотностью эвакуирующихся со средним значением 1,60 чел./м². Значение лестницы G было 1,58 чел./м², лестничный проем А показал наименьшее значение этого показателя – 1,56 чел./м². Достоверных различий по этому критерию обнаружено не было ($F(3,80) = 0,06$, ns). При анализе данных было использовано выражение ожидаемой скорости движения служащих, спускающихся по лестнице в нормальных условиях. Его вывел Pauls [13] на основании 21 исследования по эвакуации служащих из высотных зданий. Общий вид этого выражения: $s = 1,08 - 0,29d$, где s – скорость движения в м/с, а d – плотность. Вычисленная по этой формуле скорость движения была подобна той, которая наблюдалась на лестничных проемах А, G и Е. Однако она (0,62 м/с) значительно отличалась от полученной в ходе настоящего исследования скорости движения по лестнице Е (0,40 м/с). Описанные данные представлены в таблице 18.

Таблица 18. Скорость движения и плотностью толпы на тестируемых лестницах

Лестница	Плотностью толпы, чел./м ²	Скорость движения, м/с	Ожидаемая скорость движения, м/с
А	1,56	0,66	0,63
Е	1,60	0,40	0,62
G	1,58	0,57	0,62
С	1,60	0,66	0,62

В ходе эвакуации на лестнице Е наблюдалась высокая плотность толпы, а так же наименьшая среди тестируемых лестничных проемов скорость движения людей. Это может навести на мысль, что увеличение плотности эвакуирующихся приводит к снижению скорости, с которой они спускаются по лестнице. Однако лестничный проем С имел такую же плотность, как и проем Е, но так же и наибольшую скорость движения людей. В случае лестничного проема А наблюдалась наименьшая плотность эвакуирующихся. Наибольшую скорость движения показали лестничные проемы А и С. Несмотря на то, что применение статистических методов указывает на схожесть тестируемых лестничных проемов, только на основании этих расчетов трудно делать однозначные выводы. На полученные данные можно посмотреть и с другой стороны. На рисунке 22 приведены значения по плотности эвакуирующихся на каждой лестнице в зависимости от времени прошедшего после начала тревоги. Полученные зависимости указывают на то, что лестницах А, G и С оцениваемый показатель начинается с некоторой средней величины и достигает своего максимума через 5 минут после включения аварийной тревоги. В случае лестницы Е пик плотности наступает уже через 3 минуты. Это говорит о том, что лестничный проем Е был насыщен эвакуирующимися значительно раньше остальных тестируемых лестниц. Это так же может помочь объяснить, почему лестница Е показала наименьшую, среди всех тестируемых проемов, среднюю скорость движения людей. Таким образом, в отдельно взятый момент на лестницу Е входило большее, чем случае других проемов, количество людей, что приводило к высокой их плотности и, как следствие, снижению скорости их движения.

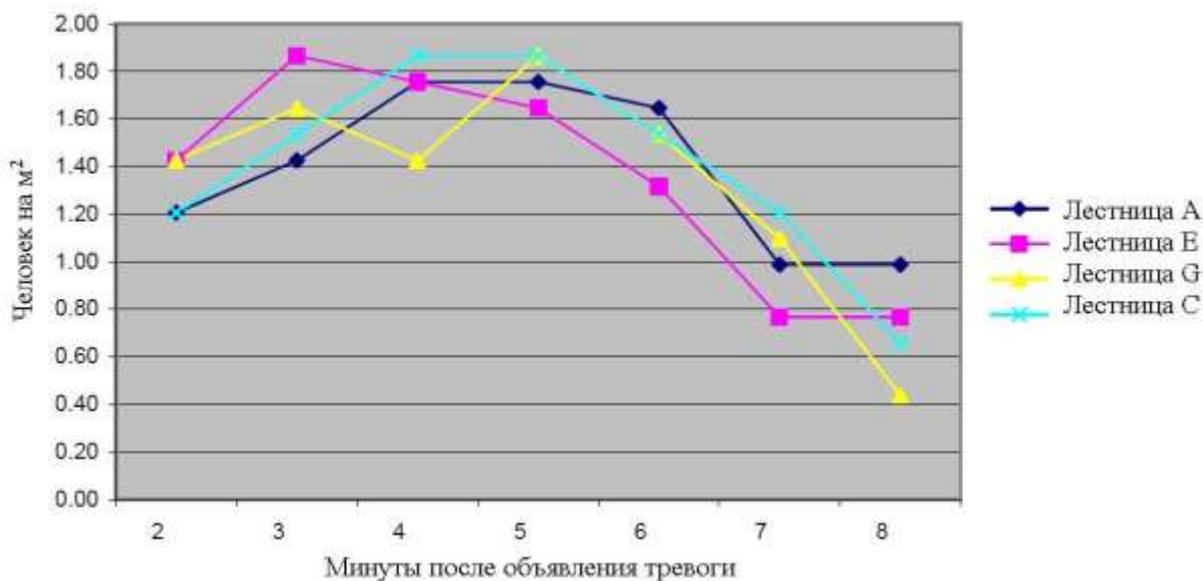


Рисунок 22. Плотность эвакуирующихся в зависимости от времени после включения аварийной тревоги

При более детальном рассмотрении данных по лестничному проему Е было отмечено, что двое эвакуирующихся с ограниченными возможностями в значительной мере повлияли на оценку скорости передвижения. Войдя на лестницу на 7-ом этаже в 10:37:41 свой спуск к выходу начал один из участников учений крупного телосложения. За раз он преодолевал только одну ступеньку, двигался боком относительно лестницы, держась одной рукой за перила, другой – за куртку и жилет. Почти в то же самое время на лестничную площадку первого этажа зашел человек с тростью, за ним проследовало еще двое служащих. Эти указанные люди двигались медленнее остальной части спускавшихся к выходу. Почти сразу они образовали затор, никто из идущих сзади не мог их обогнать, в это же время лестничный проем впереди этих людей был полностью свободен. Описанные ситуации, которые происходили на лестничном проеме Е, имели огромное значение. Было отмечено, что на третьем этаже движение эвакуирующихся остановилось на 45 с, на пятом остановка длилась 1 мин. 12 сек., а на седьмом – 1 мин. 20 сек. Полное прекращение движения на период более 15 с не наблюдалось ни на одной из трех других тестируемых лестниц. Интересно отметить, что плотность эвакуирующихся в наиболее интенсивные моменты в ходе эвакуации не превышала 2,30 чел./м². Можно сделать вывод, что эвакуирующиеся люди стремились держать дистанцию друг от друга.

Видеозаписи так же показали, что в зависимости от лестничного проема наблюдалась различное распределение людей по времени. Хотя лестница А лидирует по количеству людей, которые спустились по ней в ходе учений, она так же показала наивысшую скорость их движения. Это выглядит достаточным странным, т.к. по логике увеличение количества спускающихся по лестнице людей должно приводит к снижению их скорости. Однако эвакуировавшиеся по лестнице А были более равномерно распределены во времени, по сравнению с той ситуацией, которая была на проемах Е и Г. Данные рисунка 23 показывают число людей, которые входили на лестничную площадку на каждом этаже в единицу времени. В случае лестничного проема А первый из эвакуировавшихся вошел на лестничную площадку в 10:35:41, последний – в 10:44:53; разница составила 9 мин. 11 сек. На лестницу С первый из служащих здания попал в 10:35:44, последний – в 10:44:22; разница составила 8 мин. 38 сек. В случае лестничного проема Е разница между указанными временами была 6 мин. 10 сек:

первый из эвакуировавшихся вошел на лестничную площадку в 10:35:58, последний – в 10:42:08. Для лестницы G разница составила 4 мин. 54 сек, время первого человека, достигшего входа на лестницу, было 10:35:54, последнего – 10:40:48. Так же отметим, что на лестнице E были замечены двое, спускавшихся по ней значительно медленнее остальных. Они вошли на лестничные площадки в 1 мин. 41 сек. и 2 мин. 31 сек. соответственно. Если для лестничного проема E оценить разницу во времени первого и последнего вошедшего на лестничную площадку и исключить из выборки двух указанных людей то значение составит 3 мин. 39 сек.

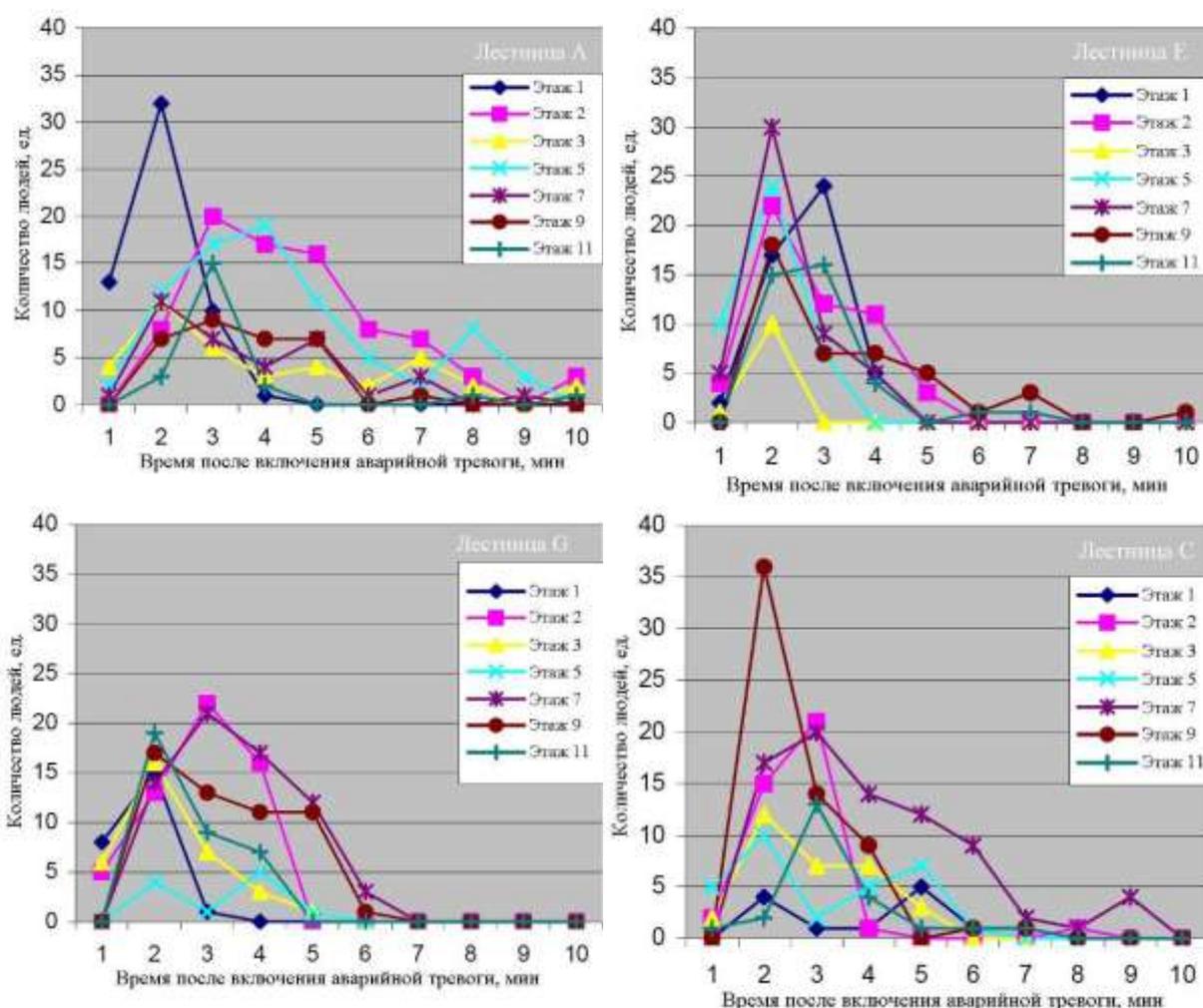


Рисунок 23. Число эвакуировавшихся, входивших на лестничную площадку на каждом этаже

Как можно отметить из рисунка 23 количество людей, входивших на лестницы А, С и G на каждом этаже выше в начале эвакуации, с последующим спадом. Однако в случае лестничного проема Е это количество было максимальным на 2-3 минутах после включения аварийной тревоги, этот более ранний пик сопровождался и более быстрым снижением. Это означает, что лестница Е подверглась серьезной нагрузке, которая подразумевает в себя скопление большого количества людей, за короткий промежуток времени.

Из данных таблицы 19 видно, что средняя скорость спускающихся людей была ниже на более высоких этажах. Это падение скорости можно объяснить скоплением большого числа эвакуировавшихся. Указанное скопление людей, входивших на лестничные площадки на каждом этаже, стало, судя по всему, главным фактором снижения этого

показателя. Служащие, находившиеся в момент учений на первом этаже, не встречались с описанной ситуацией, поэтому их скорость была выше. Ввиду одновременной эвакуации со всех этажей здания, наблюдалось увеличение скопления людей на лестницах от более высокого этажа, к более низкому. Так, те, кто начал эвакуацию на 11-ом этаже, вынуждены были соединяться на своем пути с группами людей со всех этажей, начиная с 10-го, заканчивая 1-ым.

Таблица 19. Скорость движения людей в зависимости от этажа

Этаж	Средняя скорость по этажам, м/с			
	А	Е	Г	С
11	0,41	0,40	0,43	0,53
9	0,37	0,45	0,45	0,46
7	0,44	0,34	0,48	0,51
5	0,53	0,31	0,43	0,53
3	0,64	0,39	0,49	0,84
2	0,92	0,38	0,79	0,99
1	0,89	0,52	0,93	0,88

Было обнаружено, что все люди были распределены по-разному, в зависимости от этажа и лестницы. Предельные значения составили 0,14 и 1,87 м/с. Наибольшую скорость показали люди, спускавшиеся в ходе учений с 1-го и 2-го этажей. Это было связано с тем, что в момент, когда они входили на лестничную площадку, они не встречали потоков эвакуирующихся с этажей выше и могли передвигаться совершенно свободно. Наименьшую скорость движения по лестничным проемам показали служащие, оказавшиеся на момент начала учений на более высоких этажах и попадавшие на лестничные площадки через 2 минуты после начала звучания тревоги и более. Они сразу же встречали на своем пути наиболее медленную группу эвакуирующихся и следовали за ней до конечного выхода из здания.

4.2.3 Поведение эвакуировавшихся

Проведение видеозаписи хода эвакуации позволила получить данные по поведению ее участников, например, тенденция к их скоплению и их стремление держаться за перила.

Следует отметить, что двое ответственных в случае ЧС на лестнице А и один на лестнице Е использовали сигнальные огни. Это могло стать для некоторых людей стимулом к ускорению спуска по лестнице. На некоторых этажах лестничного проема А ответственные в случае ЧС, чтобы ускорить эвакуацию людей, так же держали входные двери на каждую лестничную площадку открытыми. С одной стороны эти постоянно открытые двери способствовали соединению потоков людей, входящих на лестницу и уже спускающихся по ней, что улучшало скорость движения эвакуировавшихся. С другой стороны открытые двери становились источником дополнительного освещения лестничных площадок, которое снижало видимость установленных на лестнице фотолюминесцентных материалов. Это затрудняло ориентировку по маркировке из ФЛМ и могло снижать скорость движения спускавшихся по лестнице людей.

Среди тестируемых лестничных проемов было обнаружено достоверное различие по скоплению людей. Несмотря на то, что на двух нижних этажах **находилось** наибольшее количество людей, эвакуация по ним проходила быстрее из-за минимального эффекта

соединения потоков людей, спускающихся с разных этажей. Средние этажи были перегружены в достаточно короткое время, и в ходе наибольшей нагрузки на них движение могло остановиться на период до 15 сек. в случае лестниц А, С и G и 1 мин. 20 сек. в случае лестницы Е. Такая большая разница была связана с эвакуацией двух людей с ограниченными возможностями, которые, спускаясь по лестнице Е, замедлили движения других людей позади них.

Другим фактором, который приводил к скоплению эвакуировавшихся и снижению скорости их движения, стало стремление держаться за перила. Чтобы держаться за перила, эвакуировавшиеся спускались по краям лестницы, отдавая предпочтение внутренним перилам. Это заставляло их спускаться строго друг за другом, что, в свою очередь, снижало среднюю скорость их движения до скорости, с которой двигались более медленные люди впереди. Некоторые из участников эвакуации, не использовавшие для поддержки перила, могли проходить между этими двумя потоками. На всех тестируемых лестницах было отмечено, что четверо или пятеро из эвакуировавшихся держались за перила сразу с обеих сторон, таким образом, не позволяя более быстро спускающимся людям обогнать себя. Случаев, когда более быстро спускавшиеся служащие пытались опередить тех, кто двигался значительно медленнее, в т.ч. тех, кто держался за перила с обеих сторон, выявлено не было.

Количество людей, державшихся за перила, фиксировалось на всех лестничных проемах на 9, 5 этажах и уровне В. На 9-ом этаже 88% участников эвакуации, спускавшихся по лестнице А, держались за перила. В случае лестницы Е результат составил 81%, лестницы G – 86%, лестницы С – 71%. На 5-ом этаже получены следующие данные: лестница А – 84%, Е – 87%, G – 80%, С – 81%. На уровне В, который был полностью освещен, процент людей, использовавших при спуске перила составил: на лестнице А – 31%, Е – 55%, G – 33%, С – 61%. В таблице 20 приведены данные по частоте использования перил на каждом этаже тестируемых лестничных проемов. Полученные результаты, свидетельствующие о разности между уровнем В и этажами 5 и 9, могут быть объяснены двумя причинами. Первая из них связана с разницей в освещении этих этажей. Люди, эвакуировавшиеся в условиях минимального освещения, использовали перила чаще. Второе объяснение – близость выхода. На уровне В (последний лестничный пролет перед выходом из здания) эвакуирующиеся люди двигались без каких-либо затруднений, т.к. следовали непосредственно к двери, ведущей наружу. Т.к. они были очень близки к выходу, держась за перила они ускорялись и останавливались: было видно, что на этом последнем лестничном пролете некоторые из них застегивали пуговицы и молнии на своих пальто. На 5-ом и 9-ом этажах лестницы были очень заполнены. Спускаясь, эвакуирующиеся использовали перила. Люди опирались на них и когда они двигались слишком медленно или вовсе останавливались.

Плотность может быть показана и положением эвакуирующихся на лестнице. На рисунке 24 показана плотность потока людей на 3-ем этаже лестничного проема А через 2, 3, 4, 5 и 6 минут после включения тревоги. Подобные схемы были составлены для 1, 3 и 5 этажей (приложение Е). Такое представление данных полезно при анализе поведения эвакуирующихся по мере их спуска по лестнице. Например, достаточно редко можно было встретить ситуацию, когда два человека спускались рядом друг с другом. На лестничном пролете было слишком мало места, чтобы два человека могли находиться на одном уровне, плечом к плечу, и при этом не мешать друг другу. Описанная ситуация наблюдалась только в случае двух знакомых, которые, спускаясь, обменивались фразами. Когда лестничный проем был относительно свободен, эвакуирующиеся держались правой стороны, как это показано на рисунке 24 (через 2 и

3 минуты после включения тревоги). Эта тенденция, держаться правее, объясняется тем фактом, что все тестируемые лестничные пролеты – правозакрученные спирали, и используемая ими сторона позволяет спускаться быстрее. Стремление оставаться на правой стороне лестнице приводило к тому, что люди спускались вереницей. Это имело значительное влияние на скорость движения, т.к. эвакуирующиеся не использовали преимущество свободной, левой стороны лестничного пролета, чтобы спускаться быстрее, обгоняя более медленных людей. Когда лестничные проемы были более заполнены, как например через 5 минут после включения тревоги, расположение людей на лестничном пролете стало более разрозненным. Спускаясь, они стремились держать друг от друга некоторую дистанцию, и на схеме эвакуирующиеся формировали некоторое подобие зигзагов. В целом такое расположение эвакуирующихся на лестничном пролете объяснялось их стремлением сохранять определенное личное пространство и по мере возможности держаться правой стороны. Данные через 5 минут после включения сигнализации (рисунок 24) указывают на то, что в ходе эвакуации в этот период времени лестница была наиболее загруженной: на лестничный пролет приходилось по 6-7 человек, что составляет 1,98 чел./м². В случае лестничного проема Е описанные эффекты длились дольше. На рисунке приложения Е, на котором приведено распределение людей на 5 этаже лестницы Е через 3 и 4 минуте после начала эвакуации изображены люди, которые не двигались более минуты.

Таблица 20. Количество эвакуировавшихся, которые держались за перила

Лестница	Этаж	Кол-во эвакуировавшихся		
		Всего	Держались за перила	
А	9	67	59	88%
	5	179	150	84%
	В	345	106	31%
Е	9	59	48	81%
	5	91	79	87%
	В	287	159	55%
G	9	92	79	86%
	5	122	98	80%
	В	281	93	33%
С	9	48	34	71%
	5	170	137	81%
	В	278	170	61%

На основании данных видеозаписей можно отметить, что большинство эвакуировавшихся не были встревожены и чувствовали себя комфортно в условиях, когда их окружали фотолюминесцентные материалы. На всех лестничных проемах, оборудованных ФЛМ, были слышны некоторые тревожные возгласы, такие как «Вау» и «Здесь мало света». Один из эвакуировавшихся так прокомментировал видимость: «Ты не можешь различить людей, все, что ты видишь – лестница». В целом комментарии, касавшиеся ФЛМ, были позитивными. Большинство участников эвакуации не выражали открыто свою реакцию, а просто следовали с остальным потоком эвакуирующихся.

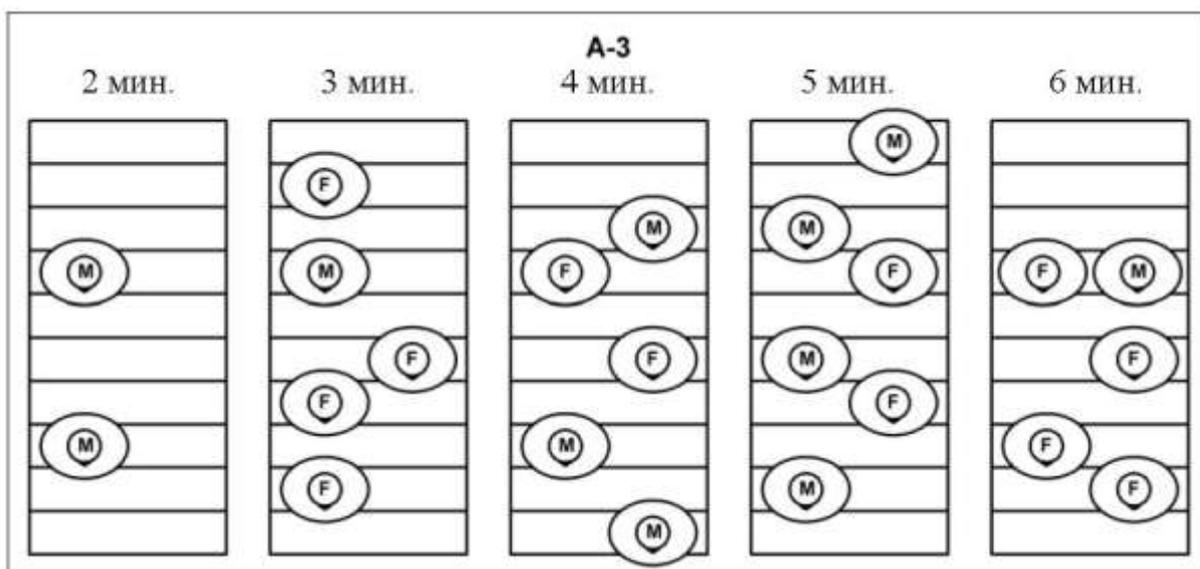


Рисунок 24. Схема расположения эвакуировавшихся на 3-ем этаже лестнице А через 2, 3, 4, 5 и 6 минут после включения аварийной тревоги

Некоторые из респондентов оставили свои комментарии. Они были проанализированы. Среди этих комментариев 37 касались того факта, что участники эвакуации, спускавшиеся по лестницам с ФЛМ чувствовали беспокойство из-за того, что не могли увидеть других людей вокруг них. В других 15 упоминалось о столкновениях в условиях плохого освещения, трое из которых отметили, что опасались, что кто-то может столкнуться с ними. Хотя все видеозаписи были тщательно проверены, идентифицировать указанные столкновения спускавшихся людей не представлялось возможным. Некоторые из респондентов так же отметили, что следует запретить эвакуирующимся брать с собой кофе, т.к. они считали, что это привносит в учения дополнительный фактор опасности. Было обнаружено, что более 25 людей брали с собой на лестничные площадки кофе.

5 ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой главе будет проведено обсуждение ключевых результатов исследования, сделаны основные заключения. В ее конце будут кратко описаны исследования, которые требуется провести в будущем.

5.1 Субъективная оценка участников эвакуации маркировки из ФЛМ

В целом ответы респондентов на вопросы, указанные в опросном листе, показал схожесть параметров четырех тестируемых лестниц. Однако была обнаружена и систематическая разница в оценках этих лестничных проемов. Можно сделать вывод, что респонденты одинаково оценили лестницы А (маркировка в форме буквы «L») и С (уменьшенное освещение) сразу по нескольким критериям. Эти оценки оказались ниже тех, которые были получены лестничными проемами Е и G, ширина маркировки ФЛМ которых составила 2,54 и 5,08 см соответственно. Видимость на лестнице А была оценена как «хорошая» одной половиной респондентов, другой – как «плоха». В случае этого лестничного проема было обнаружено несколько важных проблем: респондентам было трудно различить каждую ступеньку, в особой мере это касалось последней ступеньки каждого пролета. В целом, оценка лестниц А и С была не так хороша, как в случае лестничных проемов Е и G.

Около половины респондентов указали, что основной проблемой, имевшей место на всех лестничных проемах в ходе эвакуации, стала плохая видимость в условиях слабого освещения. Однако от 65 до 70% респондентов сказали, что им было бы комфортно двигаться по лестнице, оснащенной ФЛМ, в случае реальной аварийной ситуации. Важно еще раз отметить, что в настоящем исследовании описывается ситуация, когда люди, эвакуирующиеся в ходе учений из здания, ориентировались на лестничных проемах только по установленным на нем фотолюминесцентным материалам. В случае настоящей аварийной эвакуации описанная ситуация будет актуальной только при полном отключении электричества или значительном снижении яркости освещения.

Наилучшую оценку от респондентов получила лестница Е, несмотря на тот факт, что на ней наблюдалось скопление большого числа эвакуирующихся, многие из которых кроме этого, жаловались на то, что люди, спускавшиеся впереди них, двигались слишком медленно. Лестничный проем G так же получил положительную оценку, но по некоторым показателям уступил лестнице Е. Более широкая (5,08 см) маркировка ступенек и границ лестничной площадки, вместе с дополнительной маркировкой каждой ступени в форме буквы «L» не оказали влияния на оценки респондентов. Большинство отвечавших на вопросы, указанные в анкете, оценили видимость на лестницах Е и G как отличную и отметили, что маркировка каждой ступеньки фотолюминесцентным материалом значительно упрощает их восприятие.

Отметим, что каждый из респондентов спускался только по одному из лестничных проемов. Поэтому, ответы, которые они давали, относились только к конкретному методу установки ФЛМ. Т.к. количество возвращенных участниками эвакуации опросных листов было достаточным, можно сделать заключение, что лестничный проем Е получил наилучшую оценку среди четырех тестируемых лестниц. Она изображена на рисунке 25: при полноценном освещении и в условиях темноты, с которой с которой в ходе эвакуации столкнулись служащие здания.

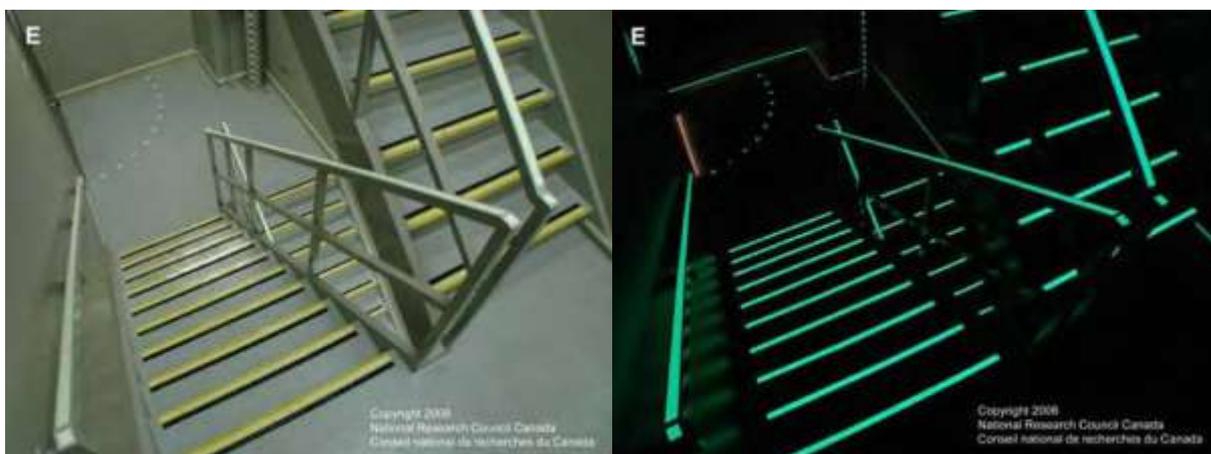


Рисунок 25. Лестничный проем Е при нормальном освещении и в условиях полной темноты

5.2 Движение эвакуирующихся

Проведение видеозаписи позволило получить исчерпывающую информацию по передвижению обитателей здания, которые в ходе учений эвакуировались из него по четырем изучаемым лестничным проемам. В 10:35:23 сработал колокольный звон аварийной тревоги, которая звучала 11 мин. 51 сек. В течение этого времени в

соответствии с процедурой эвакуации из данного здания, служащие, находящиеся на всех этажах, начали свое движение к лестницам, по которым и спускались к выходу. Среднее время, которое потребовалось участникам эвакуации, чтобы достичь лестничной площадки их этажа составило 1 мин. 7 сек. Большинству обитателей здания потребовалось от 1 до 2 минут, чтобы начать эвакуироваться, что соответствует данным опросных листов, которые заполняли сами участники. В среднем, последний человек входил на лестничную площадку через 5 мин. 29 сек. Ими обычно были ответственные в случае ЧС на каждом этаже. В целом, полная эвакуация длилась менее 12 минут. Этот факт представляет интерес сам по себе, т.к. времени полной эвакуации из здания C.D. Howe в ходе прошлых учений составляло около 14 минут. Можно заключить, что уменьшенное освещение на лестничном проеме С и использование ФЛМ на трех других тестируемых лестницах не повлияли на длительность эвакуации.

Наиболее интересной находкой, обнаруженной в ходе данного исследования, стала скорость движения реального потока людей по лестницам в случае различных условий освещения. Полученные результаты показали, что скорость движения по четырем тестируемым лестницам варьировала от 0,14 до 1,87 м/с. Среднее значение этого показателя на лестнице А составило 0,66 м/с, на лестнице Е – 0,40 м/с, G – 0,57 м/с, С – 0,66 м/с. Эти данные указывают на то, что лестничный проем Е был статистически достоверно более медленным с точки зрения движения эвакуирующихся, в то время как скорость на трех других лестницах была соизмерима. Для лучшего понимания полученных результатов было необходимо провести прямое сравнение скорости движения людей с данными по их плотности. Плотность эвакуировавшихся была подсчитана для 5 наиболее интенсивных минут эвакуации. Полученные значения были схожи для всех тестируемых проемов и варьировали от 1,56 до 1,60 чел/м². Полученные данные по скорости движения людей были очень близки к тем значениям, которые были вычислены теоретически на основании плотности поток эвакуировавшихся. Исключение составил лестничный проем Е, который был в значительной мере более медленным. Чтобы понять причины этого требовалось провести более глубокий анализ.

Тщательный анализ первичных данных показал, что по лестнице Е спускались два человека с ограниченными возможностями. Они внесли решающий вклад в скорость движения по этой лестнице. Эти два человека вошли на лестничную площадку примерно через 2 минуты после включения тревоги: один из них имел лишний вес и вошел на лестницу на 7-ом этаже, другой – на 1-ом и использовал при движении трость. Обоим было тяжело спускаться: за шаг они преодолевали только одну ступеньку. Ни один из эвакуирующихся не пытался их обогнать. Таким образом, все, кто оказался сзади, замедлились. Впереди этих двух групп лестничный проем оказался свободным. Таким образом, влияние двух указанных людей, которые двигались медленнее других, оказалось значительным. Было отмечено, что на 3-ем этаже движение эвакуировавшихся остановилось на 45 с, на 5-ом – на 1 мин. 12 сек., на 7-ом – на 1 мин. 20 сек. Движение возобновилось после того, как двое указанных участников эвакуации освободили проход. Полная остановка движения людей на период более 15 с не была отмечена на трех других изучаемых лестничных проемах. Интересно отметить, что средняя плотность потока эвакуировавшихся в наиболее интенсивные минуты на лестнице Е составила 1,6 чел/м² и не снижалась ниже значения 2,30 чел/м². Таким образом, можно предположить, что эвакуирующиеся стремились держаться друг от друга на некотором расстоянии. Это наблюдение наводит на мысль, что следует более осторожно подходить к использованию моделей по эвакуации и других расчетных методов, в которых заложены большие значения плотности эвакуирующихся – 3 чел/м². Указанное значение не имеет ничего общего с реальными ситуациями, которые описаны в настоящем исследовании.

По данным видеозаписи был проведен анализ поведения эвакуирующихся. Внимание уделялось скоплению людей, объединению движущихся поток, положению, которое люди занимали на лестнице, и их стремлению держаться за перила. Наиболее и интересным наблюдением стал тот факт, что более 80% эвакуирующихся, спускавшихся по лестнице с ФЛМ, держались за перила. Эта особенность подтверждает решение исследовательского коллектива обозначить перила фотолюминесцентным материалом: эвакуирующиеся стремились держаться за них и, таким образом, получать дополнительную поддержку, как при движении, так и во время, когда они вынуждены были останавливаться. Было отмечено, что при спуске по лестнице шириной 1100 мм эвакуирующиеся располагаются неравномерно. Они не стремились располагаться по обеим сторонам лестницы, т.к. могли при спуске задеть друг друга плечом или рукой. Только небольшое количество людей, разговаривая, спускались рядом друг с другом.

5.3 Сравнение методов установки ФЛМ

Несмотря на то, что среди тестируемых лестничных проемов с ФЛМ достоверные различия были обнаружены только по некоторым показателям, в целом наилучшие оценки респондентов получила лестница Е, с маркировкой края каждой ступени шириной 2,54 см. Можно сказать, что лестничный проем А с маркировкой в форме буквы «L» был наименее удобным для участников эвакуации, т.к. им было трудно различить каждую ступень. Хотя данный метод установки ФЛМ указан в стандартах Нью-Йорка для существующих высотных здания (фактически эти требования были расширены и добавлена маркировка на перилах), эвакуирующиеся оценили его как наименее удовлетворительных по сравнению с двумя другими.

Среди интересных находок данной работы можно отметить, что увеличение ширины маркировочных линий до 5,08 см на каждой ступени и лестничных площадках, а так же дополнение обозначения каждой ступени в форме буквы «L» не привело к повышению оценки респондентов. Более положительные оценки получила лестница Е с маркировкой шириной 2,54 см.

Было невозможным оценить влияние метода установки ФЛМ на скорость движения людей. Наиболее важными факторами, влияющими на скорость, оказались плотность толпы и наличие эвакуирующихся с ограниченными возможностями. Толпа эвакуирующихся образовалась очень быстро: служащие здания входили на лестничные площадки всех этажей одновременно. Это приводило к образованию заторов и снижению скорости движения. Таким образом, установка фотолюминесцентных элементов не оказала влияния на скорость движения людей, таким образом не получило подтверждения первое предположения, высказанное в начале исследования:

1. Обитатели будут более подготовлены к эвакуации, если при этом будет использована одна из трех систем на основе ФЛМ. Предположение не подтвердилось

Однако данные исследования подтвердили второе предположение, в соответствии с которым эвакуирующимся будет легче воспринимать ступени лестницы, если они будут маркированы ФЛМ:

2. Система, предусматривающая маркировку каждой ступеньки лестничного проема фотолюминесцентным материалом, получит более высокую оценку эвакуирующихся людей. Предположение не подтвердилось

Хотя лестничный проем Е показал наилучшие результаты, его положительные оценки основаны на субъективном восприятии респондентов и не были связаны с высокой скоростью движения в нем.

Обнаруженные закономерности показывают интересный потенциал фотолюминесцентной маркировки с точки зрения помощи людям при эвакуации. Подобная маркировка при должной установке может компенсировать недостатки традиционного подхода к аварийному освещению, связанные с отключением электропитания или сильной задымленностью, которая снижает освещение от высоко расположенных ламп. Однако для того, чтобы достичь максимального эффекта все обозначения, материалы и другие компоненты системы ориентирования должны быть установлены правильно. Установка системы ориентирования на основе ФЛМ выглядит как эффективное с точки зрения цены и качества дополнение или даже потенциальная замена традиционному аварийному электрическому освещению. Она не потребляет электричества, не требует проводов и технического обслуживания и является исключительно надежной, при условии, что на всем протяжении аварийного пути эвакуации установлена в местах, где обеспечивается должная активация материала от нормального освещения. Поведение эвакуирующихся, скорость их движения и их субъективная оценка материала вместе свидетельствуют о том, что система ориентации и другие символы на основе ФЛМ могут стать стоящим дополнением, которое улучшит пожарную безопасность обитателей офисных зданий.

5.4. Сравнение ФЛМ с аварийным освещением

Лестничный проем С имел уменьшенное освещение – в каждой из ламп был оставлен только один источник света из трех. Это было сделано для имитации лестниц с аккумуляторным или аварийным освещением. Требования Канадской организации по охране труда и здоровья и департамента строительства Канады к уровню среднего освещения – 10 лк были выполнены. В данном лестничном проеме эта величина составила 37 лк. Подобный подход к получению аварийного освещения привел к тому, что одни области были освещены полностью, другие – находились почти в полной темноте. В ходе учений эвакуирующиеся двигались от более освещенных зон, к более темным областям.

Оценка респондентов лестничного проема С, с уменьшенным освещением, сопоставима с лестницей А, где использовалась маркировка ступенек в форме буквы «L». Хотя два этих лестничных проема были абсолютно различны по информационным указателям и освещению они были оценены по большинству показателей схожим образом. Почти половина респондентов, спускавшихся по лестнице С, сказали, что из-за плохого освещения им было трудно видеть объекты вокруг себя. Как и в случае других лестниц каждому пятому респонденту было трудно обнаружить каждую ступеньку на лестнице, в особенности это касалось каждой первой и последней ступенек. Указатели направления движения с символом «бегущий человек» на данной лестнице **установлены не были.**

Скорость движения людей на четырех изучаемых лестницах была сопоставима. Важно отметить, что подобным было и скопление эвакуирующихся, которое и приводило к снижению скорости. Следовательно, третье предположение подтвердилось:

3. Эвакуация людей из здания с помощью системы на основе ФЛМ будет проводиться с такой же скоростью, как и в случае наличия на лестничных проемах аварийного освещения. Предположение подтвердилось

В целом, условия эвакуации во всех четырех лестничных проемах были оценены эвакуировавшимися достаточно трудными: некоторые из них отметили плохое освещение, сложность обнаружения ступенек, большое скопление людей и медленное их движение. Однако большинство людей согласно, с тем, что они чувствовали бы себя комфортно, если бы им пришлось эвакуироваться в подобных условиях в случае настоящей аварийно ситуации.

5.5 Последующие исследования

Изучение фотолюминесцентной маркировки предусматривает проведение большого количества исследований. Описанное здесь исследование является одним из немногих проведенных работ в этой области. Так как в рамках каждого проекта возможно изучение только небольшого числа факторов, для накопления большего количества материала является важным увеличение числа таких проектов. Требуется лучше понять, как использовать эту многообещающую технологию: использование фотолюминесцентной маркировки для улучшения безопасности эвакуации людей из зданий.

Несмотря на то, что наблюдавшееся на лестницах большое скопление людей имитировало реальную эвакуацию из небольшого многоэтажного офисного здания, к сожалению, исследовательской команде не удалось обнаружить каких-либо различий в скорости движения по четырем тестируемым лестничным проемам. Возможно, один из них окажется более эффективным с точки зрения скорости при других условиях эвакуации. Для того чтобы исследовать влияние ФЛМ и аварийного освещения на скорость спуска людей, возможно, потребуется провести эвакуацию из более высокого здания, но с меньшим количеством эвакуирующихся людей. Помочь обнаружить различие может и поэтапная эвакуация из 30-и этажного здания. Подобная поэтапная эвакуация редко предусмотрена в случае 13-и этажного здания, однако в зданиях с более чем 25-и этажами эта процедура является общепринятой. Проведение эвакуации из офисного здания с более чем 30-ю этажами будет полезным и с точки зрения изучения влияния подхода к установке системы маркировки на скорость спуска людей. Преимуществом такого исследования станет и меньшая плотностью потока эвакуирующихся, которая будет наблюдаться при проведении поэтапной эвакуации.

Одним из наиболее важных находок настоящего исследования стала обнаруженная важность маркировки каждой ступени по ее краю. Лестница E с такой маркировкой шириной 2,54 см получила наилучшие оценки. Возможно, что более тонкие линии по краю каждой ступени так же покажут хороший результат. Так же следует протестировать более яркие материалы различной толщины.

Респондентами со всех трех лестничных проемов с ФЛМ были высказаны критические замечания по поводу недостатка специфической маркировки для обозначения каждой последней ступени лестниц или лестничной площадки. Какая-либо маркировка лестничной площадки не входила в планы исследовательской команды, таким образом, это стало ее упущением. При спуске сразу большого количества людей эвакуирующиеся, которые двигались рядом с перилами с внутренней стороны, из-за других людей не видели обозначение границы лестничной площадки. Для участников исследования было проблематично определить каждую последнюю ступеньку лестничного пролета, так же как и лестничную площадку. Некоторые люди отметили, что они чувствовали себя неуключими, когда ступала на лестничную площадку, т.к. они не были уверены: это еще последняя ступенька или уже площадка. Следует

изучить средства, которые помогут лучше обозначить лестничную площадку и протестировать их в условиях скопления большого количества людей.

Указатели движения, на который изображен номер этажа и промежуточная площадка оказались бесполезными в ходе учений, т.к. от эвакуирующихся не требовалось возвращаться на этаж или менять лестничный проем. Может оказаться полезным проведение эвакуационных учений с использованием системы речевой связи, которая будет давать людям необходимые инструкции. В этом случае станет возможной оценка эффективности таких указателей.

В ходе, описанной в отчете, эвакуации, которая проводилась в условиях большого скопления людей, некоторые из людей сталкивались друг с другими, многие другие опасались этого. Облегчить эту проблему может сплошная линия на высоте 1,5 м, она может помочь эвакуирующимся увидеть силуэты людей спускающихся по лестнице рядом с ними. Для оценки эффективности такой дополнительной маркировки требуется проведение большого количества тестирований.

Обнаруженные в исследовании факты подтвердили важность обозначения перил. Их сечение на лестницах здания C.D. Howe было квадратным, что встречается достаточно редко. В случае перил с круглым сечением применение фотолюминесцентной маркировки будет представлять более сложную задачу. К и в случае любого покрытия, нанесенного на такую поверхность, он будет иметь тенденцию к выпрямлению и, таким образом, будет отклеиваться по краям. В идеале перила следует производить уже с фотолюминесцентным материалом, покрытым какой-либо оболочкой.

Объектом этого исследования стало небольшое многоэтажное офисное здание. Для него были специально разработаны тестируемые системы маркировки на основе ФЛМ. Большую пользу от использования ФЛМ могут получить и другие типы зданий, такие как: школы, больницы, высотные жилые дома и многие другие здания, в которых находится большое количество людей. Однако в случае других типов строений может потребовать использование других подходов к установке таких материалов, а индивидуальные особенности эвакуирующихся из этих зданий – дополнительных компонентов, которые не требовались в случае офисных строений. Для оценки различных подходов к установке ФЛМ требуется проведение большого количества исследований, они окажутся наиболее эффективными в случае выбора в качестве объекта нескольких различных типов строений.

6 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Krokeide, G., 1988, “An Introduction to Luminous Escape Systems”, Safety in the Built Environment, pp. 134-147.
2. Light Corporation Webpage, Accessed December 2005, Available at: <http://www.lightcorp.com/glossary.cfm>
3. Delta Gear Inc. Webpage, Accessed December 2005, Available at: <http://www.deltagear.us/Glossary.htm>
4. Peckham, G., 2005, “Photoluminescent Directional Egress Path Marking Systems, Archi-Tech Magazine, Dec. 2005 Issue. Photos used with permission © Jalite USA.
5. Tonikian, R.; Proulx, G.; Benichou, N.; Reid, I., 2006, “Literature Review on Photoluminescent Material Used as a Safety Wayguidance System, Research Report, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, 214, pp. 31.
6. Proulx, G.; Tiller, D.K.; Kyle, B.; Creak, J., 1999, Assessment of Photoluminescent Material During Office Occupant Evacuation, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, Internal Report 774, 38p.
7. Averill, J.D.; Mileti, D.S.; Peacock, R.D.; Kuligowski, E.D.; Groner, N.; Proulx, G.; Reneke, P.A.; Nelson, H.E. Federal Building and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster : Occupant Behavior, Egress, and Emergency Communications, pp. 1 v. September 01, 2005 (NIST NCSTAR 1-7) (<http://wtc.nist.gov/oct05NCSTAR1-7index.htm>) (NRCC-48362)
8. New York City Building Code, RS 6-1 and RS 6-1 A, 2004, Photoluminescent Exit Path Markings, Local Law 26, New York City, U.S.A. http://www.nyc.gov/html/dob/downloads/pdf/rs_6-1.pdf
9. ISO 16069, 2004, Graphical symbols – Safety signs – Safety way guidance systems (SWGS).
10. ASTM E 2030 – 04, 2004, Guide for recommended uses of photoluminescent (phosphorescent) safety markings.
11. COSH, 1994, Handbook of Occupational Safety and Health, Fifth Edition, Treasury Board of Canada Secretariat, Human Resources Management Office, Occupational Safety and Health Chapter 3-1 Standard for fire safety planning and fire emergency organization, Ottawa, Canada http://www.tbssct.gc.ca/pubs_pol/hrpubs/tbm_119/chap3_1-1_e.asp.
12. Shaughnessy J.J., Zechmeister, B.E., 1994, Research methods in psychology, Third Edition, McGraw Hill Inc.
13. Pauls, J., 1995, “Movement of People”, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Chapter 3-13, SFPE USA, pp. 263-285.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. МЕМОРАНДУМ УЧАСТНИКАМ

Памятка перед эвакуацией

МЕМОРАНДУМ

Дата 2 октября 2006 г.

Адресат Служащим здания С.D. Howe

От Национальный исследовательский совет Канады

Тема Исследование эвакуации из здания С.D. Howe

Национальный исследовательский совет Канадского института по исследованию строительства в сотрудничестве с отделом по инновациям, подразделение Министерства общественных работ и государственных служб Канады по недвижимости проводят исследование по изучению эффективности различных фотолюминесцентных систем ориентирования, предназначенных для оказания содействия людям при эвакуации из здания С.D. Howe, г.Оттава, Онтарио.

В чем заключается смысл исследования?

В некоторых лестничных проемах здания мы установили фотолюминесцентные материалы. Этот материал располагается в форме полос, маркеров и символов, он будет светиться при отсутствии электричества и, таким образом, обеспечит систему ориентации для безопасной эвакуации из здания в случае отключения электричества и аварийного освещения.

Какова цель исследования?

Данный проект является частью нашей противопожарной исследовательской программы в Национальном исследовательском совете. В ее рамках мы изучаем способы обеспечения наиболее надежного и эффективного с точки зрения цены и качества подхода к установке ФЛМ, который обеспечит вашу безопасность.

Что требуется от вас?

Вы автоматически станете частью исследования, участвуя в следующих учениях по эвакуации. В ходе учений освещение будет переведено в режим аварийного, а на некоторых лестницах помогать вам будет только фотолюминесцентная маркировка. Следуйте инструкциям, так, как вы это обычно бы делали. Используйте предназначенный вам в соответствии с планом эвакуации лестничный проем. Следуйте с нормальной скоростью без спешки и следите за окружающими вас людьми и объектами. На время учений на лестницах будут установлены видеорекамеры. Они позволят следить за скоростью движения людей. При выходе из здания вам так же предложат заполнить опросные листы. Пожалуйста, возвратите заполненные анкеты в красные ящики в лобби около лифтов.

Памятка после эвакуации

МЕМОРАНДУМ

Дата 6 октября 2006 г.
Адресат Служащим здания С.D. Howe
От Национальный исследовательский совет Канады
Тема Исследование эвакуации из здания С.D. Howe

Мы хотели бы поблагодарить вас за ваше участие в ежегодных учениях. Тренировка прошла очень хорошо благодаря вашей быстрой реакции после включения аварийной тревоги и отличной работе по организации аварийной эвакуации. Потребовалось всего 12 минут для того, чтобы обитатели всех строений покинули здание. Это является очень хорошим результатом. Пожарная служба Оттавы, так же как и спасательная служба Оттавы находились около места проведения учений, чтобы обеспечить их безопасность. Они были в полной мере довольны учениями.

Различные методы установки фотолюминесцентных материалов были протестированы на лестницах А, Е и G; в лестничном проеме С было установлено аварийное освещение. В течение следующих недель мы проведем анализ полученных данных, как по видеозаписям, так и по возвращенным опросным листам. Это позволит определить, какой из методов установки работает наилучшим образом. Если вы еще не возвратили опросный лист, пожалуйста, оставьте его в офисе Министерства общественных работ и государственных служб Канады на уровне С восточной части здания. Мы проинформируем вас, когда результаты исследования будут опубликованы.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ



NYC Department of Buildings
280 Broadway, New York, NY 10007
Patricia Lancaster, FAIA, Commissioner
(212) 566-5000, ТТУ: (212) 566-4769

Отчет организации по сертификации материалов и оборудования

Согласно пункту 27-131 административного кодекса следующее оборудование и материалы были проверены на пригодность к использованию в соответствии условиями данной работы

МЕА 241-05-М

Изготовитель:

Jessup Manufacturing Company
2815 W.Route 120 – P.P Box 366
McHenry, IL 60051
Тел.: 815-385-6650, Факс: 815-385-0079

Торговая марка:

Glo Brite®

Продукта:

Glo Brite® #7550F – клейкая гибкая пленка

Код по соответствующей классификации:

§27-383(b), стандарты RS 6-1 и RS 6-1A

Требуемые тесты:

1. Уровень яркости ISO 17398:2004
2. Стойкость к влажности ASTM D 4828-1994 (2003)
3. Токсичность – SMP 800-C
4. Радиоактивность ASTM D 3648-2004
5. Воспламеняемость ASTM E 162-2002 или ASTM D 635-2003

Лаборатории:

Bodycote Materials Testing NA – тесты 3 и 5
Калифорнийский институт электроники и материалов – тест 4
DL Labs Inc – тест 2
Intertek Group ETL – тест 1

Отчет по тестированию:

Bodycote Materials Testing NA – отчет #05-02-339(A) от 16.05.05 и отчет #05-02-422(A), ред.1 от 17.06.05
Калифорнийский институт электроники и материалов – отчет #850950281 от 18.05.05
DL Labs Inc – отчет #DL-14484A-1 от 14.06.05
Intertek Group ETL – отчет #3078094-002 от 09.06.05

Описание:

Гибкая пленка, покрытая с клеящейся поверхностью, чувствительная к давлению, с облегченной основой из слоя полиэстера. Безопасность фотолюминесцентного материала соответствует требованиям RS6-1 NYC LL26.

Номер модели	Каталожное описание	Размер (приблиз.), дюймы
50F-1SN-F	Указатель направления – вперед	4,5 x 8
50F-1SN-UR	Указатель направления – вверх и вправо	4,5 x 8

Принят 4 августа 2005 г.

МЕА 241-05-М

Стр. 1 из 3

Номер модели	Каталожное описание	Размер (приблиз.), дюймы
50F-1SN-R	Указатель направления – вправо	4,5 x 8
50F-1SN-DR	Указатель направления – вниз и вправо	4,5 x 8
50F-1SN-D	Указатель направления – вниз	4,5 x 8
50F-1SN-DL	Указатель направления – вниз и влево	4,5 x 8
50F-1SN-L	Указатель направления – влево	4,5 x 8
50F-1SN-UL	Указатель направления – вверх и влево	4,5 x 8
50F-2SN-R	Табличка выхода – права	4,5 x 13
50F-2SN-L	Табличка выхода – левая	4,5 x 13
50F-3SN-R	Обозначение конечного выхода – вправо	11 x 8
50F-3SN-UR	Обозначение конечного выхода – вверх и вправо	11 x 8
50F-3SN-UL	Обозначение конечного выхода – вверх и влево	11 x 8
50F-3SN-L	Обозначение конечного выхода – влево	11 x 8
50F-3SN-C	Обозначение конечного выхода – другое	11 x 8
50F-4SN-R	Выход через обозначение вестибюля - вправо	7 x 16
50F-4SN-UR	Выход через обозначение вестибюля – вверх и вправо	7 x 16
50F-4SN-UL	Выход через обозначение вестибюля – вверх и влево	7 x 16
50F-4SN-L	Выход через обозначение вестибюля – влево	7 x 16
50F-4SN-C	Выход через обозначение вестибюля – другое	7 x 16
50F-5SN	Нет выхода	6,5 x 5,5
50F-5SN-C	Нет выхода – другое	6,5 x 5,5
50F-6SN-R	Символ выхода на стене – вправо	9 x 8
50F-6SN-UR	Символ выхода на стене – вверх и вправо	9 x 8
50F-6SN-DR	Символ выхода на стене – вниз и вправо	9 x 8
50F-6SN-DL	Символ выхода на стене – вниз и влево	9 x 8
50F-6SN-UL	Символ выхода на стене – вверх и влево	9 x 8
50F-6SN-L	Символ выхода на стене – влево	9 x 8
50F-6SN-C	Символ выхода на стене – другое	9 x 8
50F-7SN-E	Маркеры дверной ручки - выход	6 x 4
50F-7SN-P	Маркеры дверной ручки – от себя	6 x 4
50F-7SN-C	Маркеры дверной ручки – другое	6 x 4
50F-8SN-C*	Другие маркеры на полу и лестнице	10 x 10

Примечание.

* Модели со звездочкой прошли лабораторное тестирование, но не удовлетворили требованиям руководителей по установке ФЛМ или своими габаритами, указанным в пунктах 2.1 и 2.2 руководства RS6-1. Эти модели могут быть установлены только как «дополнительные обозначения» в соответствии с пунктом 2.5 RS 6-1.

Принят 4 августа 2005 г.

МЕА 241-05-М

Стр. 2 из 3

Постановления и условия

1. Маркировка пути эвакуации зеленого цвета должна соответствовать требованиям ANSI Z535.1 Код цветов безопасности.
2. Стрелки и символы выхода должны соответствовать ISO 7010 E001, E002, E003, E004.
3. Весь одобренный материал должен быть маркирован, указан номер модели, номер сертификации (МЕА No. 241-05-М, BR: 52-12-8) шрифтом как минимум в 6 точек с как минимум одним обозначением на каждой единице партии.
4. Не использовать радиоактивные материалы.
5. Все обозначения и маркеры должны соответствовать изображениям, приведенным в заявке.
6. Все указатели, направляющие людей к выходу должны быть установлены на низком уровне, чтобы не противоречить другим необходимым обозначениям выхода.
7. Не покрывать слой фотолюминесцентной маркировки прозрачными и полупрозрачными материалами, лаками и другими материалами.
8. Данная резолюция относится только к использованию данного материала и не распространяется на их установку (в соответствии с §27-383(b) и стандарта 6-1), которая является ответственностью владельцев здания.

Весь процесс доставки маркировки пути эвакуации на из ФЛМ должен быть обеспечен сертификацией со стороны производителей, которые принимают на себя ответственность, что доставленный материал обладает всеми заявленными характеристиками, в соответствии с которыми и была подготовлена настоящая резолюция (в соответствии с пунктом 27-131 строительного кодекса).

(подпись экзаменатора)

Принят 4 августа 2005 г.

МЕА 241-05-М

Стр. 3 из 3

ПРИЛОЖЕНИЕ В. ОПРОСНЫЙ ЛИСТ УЧАСТНИКА УЧЕНИЯ ПО ЭВАКУАЦИИ

Этот опрос проводится Национальным исследовательским советом Канады в партнерстве с Министерством общественных работ и государственных служб Канады для того, что исследовать эффективность фотолюминесцентной системы ориентации, установленной в некоторых лестничных проемах. Заполнение этих опросных листов не является обязательным, но мы будем исключительно благодарны вашей помощи. Анкетирование будет полностью конфиденциальным. Пожалуйста, возвратите эту анкету, положив в один из красных ящиков, расположенных в лобби у лифта.

Часть 1. Общая информация

1. На каком этаже вы обычно работаете? ____	2. В какой части здания? <input type="checkbox"/> Западная <input type="checkbox"/> Восточная
3. Принимали ли вы участие в эвакуации из этого здания ранее? <input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет	
4. Имеются ли у вас проблемы со здоровьем, которые могут оказаться важными при эвакуации? <input type="checkbox"/> проблемы с сердцем <input type="checkbox"/> артрит <input type="checkbox"/> лишний вес <input type="checkbox"/> проблемы со зрением <input type="checkbox"/> астма <input type="checkbox"/> травмы <input type="checkbox"/> проблемы со слухом <input type="checkbox"/> проблемы с передвижением	
5. Ваш возраст: <input type="checkbox"/> 20-30 <input type="checkbox"/> 31-40 <input type="checkbox"/> 41-50 <input type="checkbox"/> 50 и более	6. Ваш пол: <input type="checkbox"/> Ж <input type="checkbox"/> М

Часть 2. Прошедшее учение по эвакуации

7. Слышали ли вы аварийную тревогу? <input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет							
8. По вашему мнению, аварийная тревога была: <input type="checkbox"/> Слишком громкой <input type="checkbox"/> Достаточно громкой <input type="checkbox"/> Слишком тихой							
9. Где вы находились в момент начала учений: Строение ____ Этаж ____ Комната / помещение ____							
10. Какие из перечисленных действий вы предприняли перед тем, как начать эвакуацию:							
	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 40%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Да</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Нет</td> <td style="width: 40%;"></td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Да</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Нет</td> </tr> </table>		Да	Нет		Да	Нет
	Да	Нет		Да	Нет		
Вернулись в офис	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Собрали ценности	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Продолжили работу	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Оделись	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Попытались получить больше информации	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Обсудили произошедшее с коллегами	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Спрятали документы / информацию	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Последовали за ответственным в случае ЧС	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
11. Сколько времени прошло с момента начала учений до момента, когда вы решили покинуть этаж? ____ минут ____ секунд							
12. Какой из лестничных проемов вы использовали? <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> Ни один из указанных <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> G							
13. Была ли эта лестница предназначена вам в соответствии с вашим рабочим местом? <input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет							
14. Была ли эта лестница ближайшей для вас на момент начала учений? <input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет							

Часть 3. На лестнице

15. Столкнулись ли вы с указанными проблемами, спускаясь по лестнице:

	Да	Нет
Ф. Какие-либо объекты затруднили доступ ко входу на лестничную площадку	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Б. Люди толпились вокруг входа на лестничную площадку	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
В. Возникли трудности с открытием двери на лестницу	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Г. Слишком много людей уже спускались с верхних этажей	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Д. При спуске по лестницу открывающиеся на площадках двери мешали движению	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Е. Было трудно найти перила	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ж. Из-за слабого света была плохая видимость	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
З. Люди с нижних этажей поднимались по лестнице	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
И. Впереди идущие люди двигались слишком медленно	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
К. Люди стояли на лестничных площадках	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Л. Возникли трудности с обнаружением конечного выхода	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
М. Возникли трудности с открытием двери конечного выхода	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

16. Предполагая, что вам придется эвакуироваться в условиях аварийного освещения, как бы вы оценили видимость на использованной лестнице:

Отличная Хорошая Не очень хорошая Плохая

17. Укажите, насколько вы согласны со следующим утверждениями

На лестнице:	Полностью согласен	В целом согласен	В целом не согласен	Полностью не согласен
А. Перила было легко найти	1	2	3	4
Б. Каждую первую ступеньку было легко обнаружить	1	2	3	4
В. Каждую ступеньку было легко обнаружить	1	2	3	4
Г. Каждую последнюю ступеньку было легко обнаружить	1	2	3	4
Д. Указатели движения были видны	1	2	3	4
Е. Препятствия были четко обозначены	1	2	3	4
Ж. Промежуточные площадки было хорошо маркированы	1	2	3	4
З. Конечный выход был четко обозначен	1	2	3	4

18. Чувствовали ли вы себя комфортно спуская по лестнице? Да Нет

19. Как бы вы оценили плотность эвакуирующихся при спуска по лестнице?

Очень много людей, скорость движения низкая Рядом со мной было еще несколько человек
 Много людей, не скорость движения нормальная На лестнице я был один

20. Как много времени вам потребовалось на полную эвакуацию из здания: с момента начала учений до того, как вы вышли из здания?

___ минут ___ секунд

Большое спасибо вам за вашу помощь.

Пожалуйста, верните анкеты в красные ящики в лобби рядом с лифтами. Если у вас имеются вопросы или комментарии относительно опросных листов или учений по эвакуации, пожалуйста, обратитесь к Dr. Guylene Proulx из Национального исследовательского совета Канады по телефону: 613-993-9634 или по Guylene.Proulx@nrc-cnrc.gc.ca. Любые вопросы касающиеся этической стороны исследования могут быть адресованы к Diane Fafard, секретарю этического совета Национального исследовательского совета Канады по телефону 613-991-9920 или по Diane.Fafard@nrc-cnrc.gc.ca (протокол 2006-20).

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ТАБЛИЦА КОДИРОВКИ ОПРОСНЫХ ЛИСТОВ

№ вопроса	№ пункта	Название пункта	Описание пункта	Значение	Допол.
	1	Case#	Номер респондента. Указать в верхнем правом углу		
	2	Stair_ID	Литера лестничного проема. Указать в левом углу анкеты	1 = А 2 = В 3 = С 6 = G	
1	3	Flr	Этаж, на котором находится рабочее место респондента	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 12 = терраса 13 = подземный этаж или уровень S 14 = уровень В 15 = уровень С 16 = несколько этажей 17 = все этажи	
2	4	Tower	Строение в котором находится рабочее место респондента	1 = западная часть 2 = восточная часть 3 = обе части	
3	5	EvacBef	Имелся ли опыт их этого здания ранее	1 = да 2 = нет	
4	6	Limit	Какие из указанных проблем со здоровьем имеются у вас	1 = сердце 2 = артрит 3 = лишний вес 4 = зрение 5 = астма 6 = травмы 7 = слух 8 = подвижность	
5	7	Age	Возраст респондента	1 = 20-30 2 = 31-40 3 = 41-50 4 = 50 и более	
6	8	Sex	Пол	1 = Ж 2 = М	
7	9	Alm	Слышали ли аварийную тревогу	1 = да 2 = нет	
8	10	Alm_Snd	Звук аварийной тревоги	1 = слишком громко 2 = достаточно громко 3 = слишком тихо	
9	11	Loc_Twr	В каком из строений вы находились	1 = западная часть 2 = восточная часть	
	12	Loc_Flr	Этаж	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 12 = терраса 13 = подземный этаж или уровень S 14 = уровень В 15 = уровень С	
	13	Loc_Rm	Помещение или комната	1 = комната 2 = офис, кабинка 3 = конференц-зал 4 = столовая 5 = уборная 6 = коридор, лифт 7 = другое	

10	14	Act_Rtn	Вернулись ли в офис	1 = да 2 = нет	
	15	Act_Wrk	Продолжили работать	1 = да 2 = нет	
	16	Act_Info	Попытались получить больше информации об аварийной тревоге	1 = да 2 = нет	
	17	Act_File	Спрятали документы и/или информацию	1 = да 2 = нет	
	18	Act_Valb	Собрали ценные вещи	1 = да 2 = нет	
	19	Act_Dres	Оделись	1 = да 2 = нет	
	20	Act_Disc	Обсудили аварийную тревогу с коллегами	1 = да 2 = нет	
	21	Act_Wrdn	Последовали за ответственным в случае ЧС	1 = да 2 = нет	
11	22	Start_Min	Время которое прошло до момента, когда вы приняли решения начать эвакуацию - минуты	0 = 0 минут 1 = 1 минут 2 = 2 минут 3 = 3 минут 4 = 4 минут 5 = 5 минут 99 = без ответа	
	23	Start_Sec	Время которое прошло до момента, когда вы приняли решения начать эвакуацию -секунды	1 = от 0 до 15 секунд 2 = от 16 до 30 секунд 3 = от 31 до 45 секунд 4 = от 46 до 60 секунд	
12	24	Str_Use	Использованный лестничный проем	1 = A 2 = B 3 = C 4 = E 5 = F 6 = G 7 = ни один из указанных	
13	25	Str_Dsgn	Использовали ли вы определенный вам лестничный проем	1 = да 2 = нет	
14	26	Str_Clos	Использовали ли вы ближайший лестничный проем	1 = да 2 = нет	
15	27	Furniture	Какие-либо объекты мешали доступу к лестничному проему	1 = да 2 = нет	
	28	Crowd	Люди толпились вокруг входа на лестницу	1 = да 2 = нет	
	29	Diff_Open	Возникли трудности с открытием двери	1 = да 2 = нет	
	30	Ppl_down	В момент, когда вы попали на лестничную площадку, другие люди с более высоких этажей уже спускались по ней	1 = да 2 = нет	
	31	Open_Dor	Двери, открывающиеся на лестничных площадках, мешали спуску по лестнице	1 = да 2 = нет	
	32	Handrl	Нашли ли вы перила	1 = да 2 = нет	
	33	Seeing	Проблемы с видимостью из-за плохого освещения	1 = да 2 = нет	
	34	Ppl_up	Люди поднимались по лестницу	1 = да 2 = нет	
	35	Ppl_slow	Впереди идущие люди двигались слишком медленно	1 = да 2 = нет	
	36	Ppl_stand	Люди стояли на лестничных площадках	1 = да 2 = нет	
	37	Find_Dor	Нашли ли вы двери конечных выходов	1 = да 2 = нет	
	38	Opn_do_b	Открыты ли были конечные выходы	1 = да	

				2 = нет	
16	39	Visible	Оцените видимость	1 = отличная 2 = хорошая 3 = не очень хорошая 4 = плохая	
17	40	Ag_Handr	Перила были легко обнаружимы	1 = полностью согласен 2 = в целом согласен 3 = в целом не согласен 4 = полностью не согласен	
	41	Step_Fli	Первую ступеньку каждой лестницы было легко обнаружить	1 = полностью согласен 2 = в целом согласен 3 = в целом не согласен 4 = полностью не согласен	
	42	Each_Stp	Было легко обнаружить каждую ступеньку	1 = полностью согласен 2 = в целом согласен 3 = в целом не согласен 4 = полностью не согласен	
	43	Last_Stp	Последнюю ступеньку каждой лестницы было легко обнаружить	1 = полностью согласен 2 = в целом согласен 3 = в целом не согласен 4 = полностью не согласен	
	44	SignVis	Хорошо ли были видны таблички с указанием направления движения	1 = полностью согласен 2 = в целом согласен 3 = в целом не согласен 4 = полностью не согласен	
	45	Obstruc	Хорошо ли обозначены препятствия	1 = полностью согласен 2 = в целом согласен 3 = в целом не согласен 4 = полностью не согласен	
	46	Re_Entry	Хорошо ли обозначены промежуточные площадки	1 = полностью согласен 2 = в целом согласен 3 = в целом не согласен 4 = полностью не согласен	
	47	FinalExt	Хорошо ли обозначен конечный выход	1 = полностью согласен 2 = в целом согласен 3 = в целом не согласен 4 = полностью не согласен	
18	48	Feel_Cmf	Были ли комфортно спускаться	1 = да 2 = нет	
19	49	Crwd_Ds	Опишите плотностью эвакуирующихся	1 = очень много людей, движение медленное 2 = вокруг было несколько других людей 3 = очень много людей, но движение нормальное 4 = я был в одиночестве	
20	50	Evac_Min	Время эвакуации из здания в - минуты	0 = 0 минут 1 = 1 минут 2 = 2 минут 3 = 3 минут 4 = 4 минут 5 = 5 минут 6 = 6 минут 7 = 7 минут	

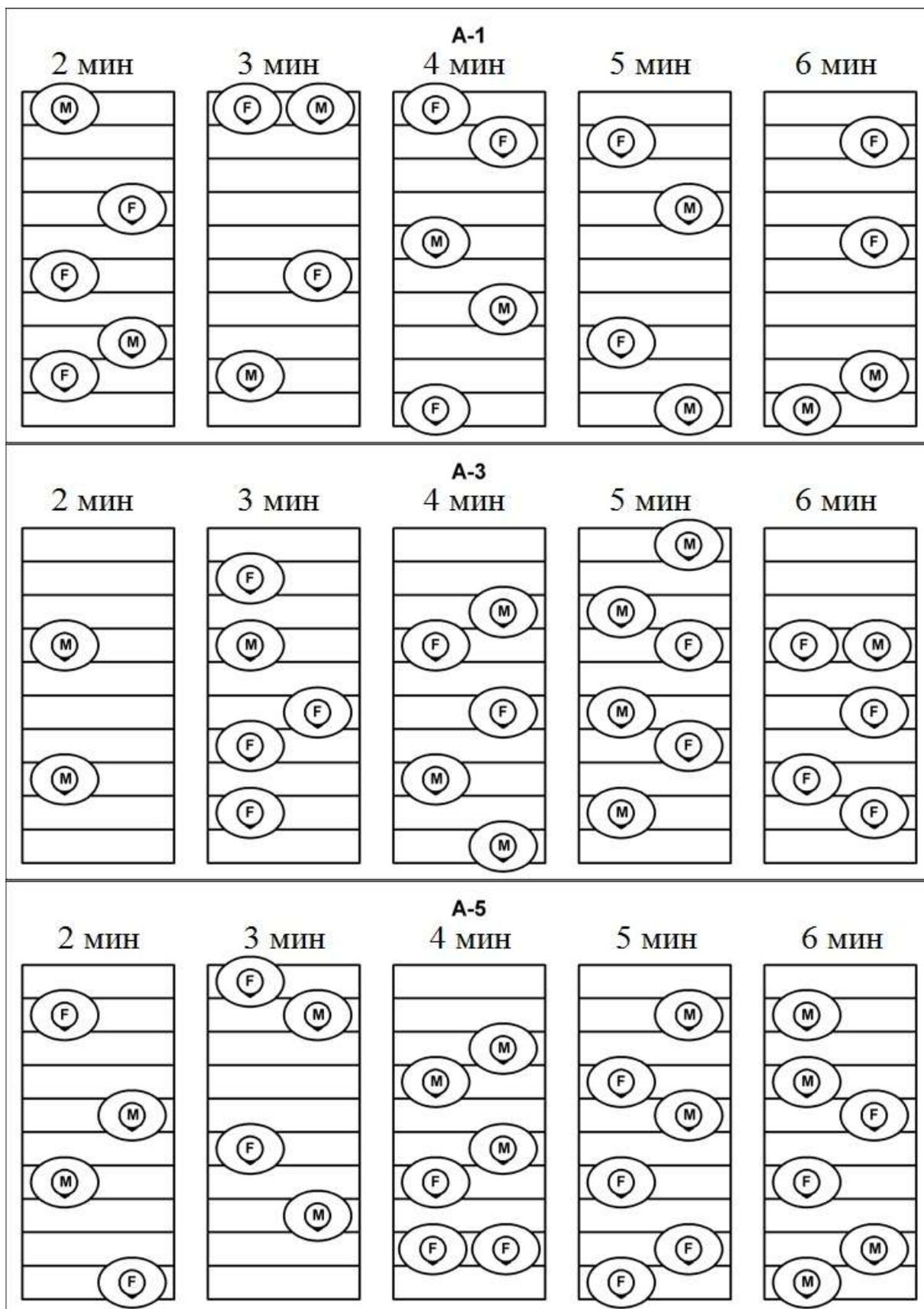
				8 = 8 минут 9 = 9 минут 10 = 10 минут 11 = 11 минут 12 = 12 минут 50 = более 12 минут 99 = без ответа	
	51	Evac_Sec	Время эвакуации из здания - секунды	1 = от 0 до 15 секунд 2 = от 16 до 30 секунд 3 = от 31 до 45 секунд 4 = от 46 до 60 секунд	
	52	Commt	Любые комментарии, написанные от руки	1 = да 2 = нет	

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. РАСПОЛОЖЕНИЕ МАРКИРОВКИ ИЗ ФЛМ

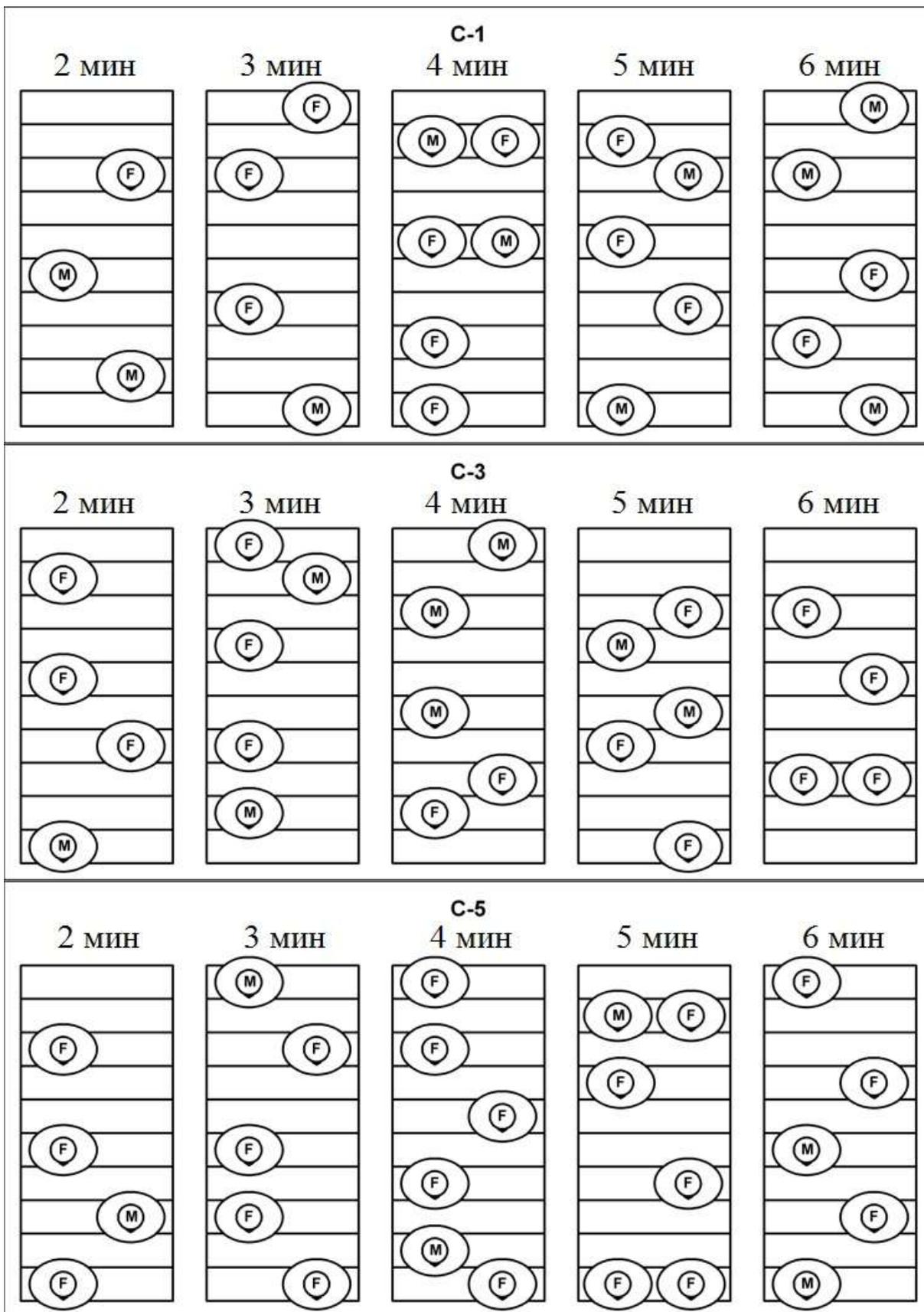
Маркировка здания C.D. Howe, подготовленная для эвакуационных учений						
Величина текста: Черный буквы – 14 см Синие буквы – 2,54 см						
Этаж / уровень	Двери, ведущие в лестничные проемы			Стены на лестничных площадках		
	A	E	G	A	E	G
T	A - T	E - T	G - T			
	Переходный этаж	Переходный этаж	Переходный этаж	Переходный этаж	Переходный этаж	Переходный этаж
11	A - 11	E - 11	G - 11			
10	A - 10	E - 10	G - 10			
9	A - 9	E - 9	G - 9			
	Переходный этаж	Переходный этаж	Переходный этаж	Переходный этаж	Переходный этаж	Переходный этаж
8	A - 8	E - 8	G - 8			
				Доступ к крыше отсутствует	Доступ к крыше отсутствует	Доступ к крыше отсутствует
7	A - 7	E - 7	G - 7			
6	A - 6	E - 6	G - 6			
5	A - 5	E - 5	G - 5			
	Переходный этаж			Переходный этаж		
4	A - 4	E - 4	G - 4			
		Переходный этаж	Переходный этаж		Переходный этаж	Переходный этаж
3	A - 3	E - 3	G - 3			
				Доступ к крыше отсутствует		Доступ к крыше отсутствует
2	A - 2	E - 2	G - 2			
1	A - 1	E - 1	G - 1			
	Переходный этаж			Переходный этаж	Аварийный выход на уровень В – уровень улицы	Аварийный выход на уровень В – уровень улицы
	A – Уровень С Выход на улицу	E – Уровень С Выход на улицу	G – Уровень С Выход на улицу	3 – Выход на уровень В	3 – Выход на уровень В	2 – Выход на уровень В

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ, СПУСКАЮЩИХСЯ ПО ЛЕСТНИЦАМ

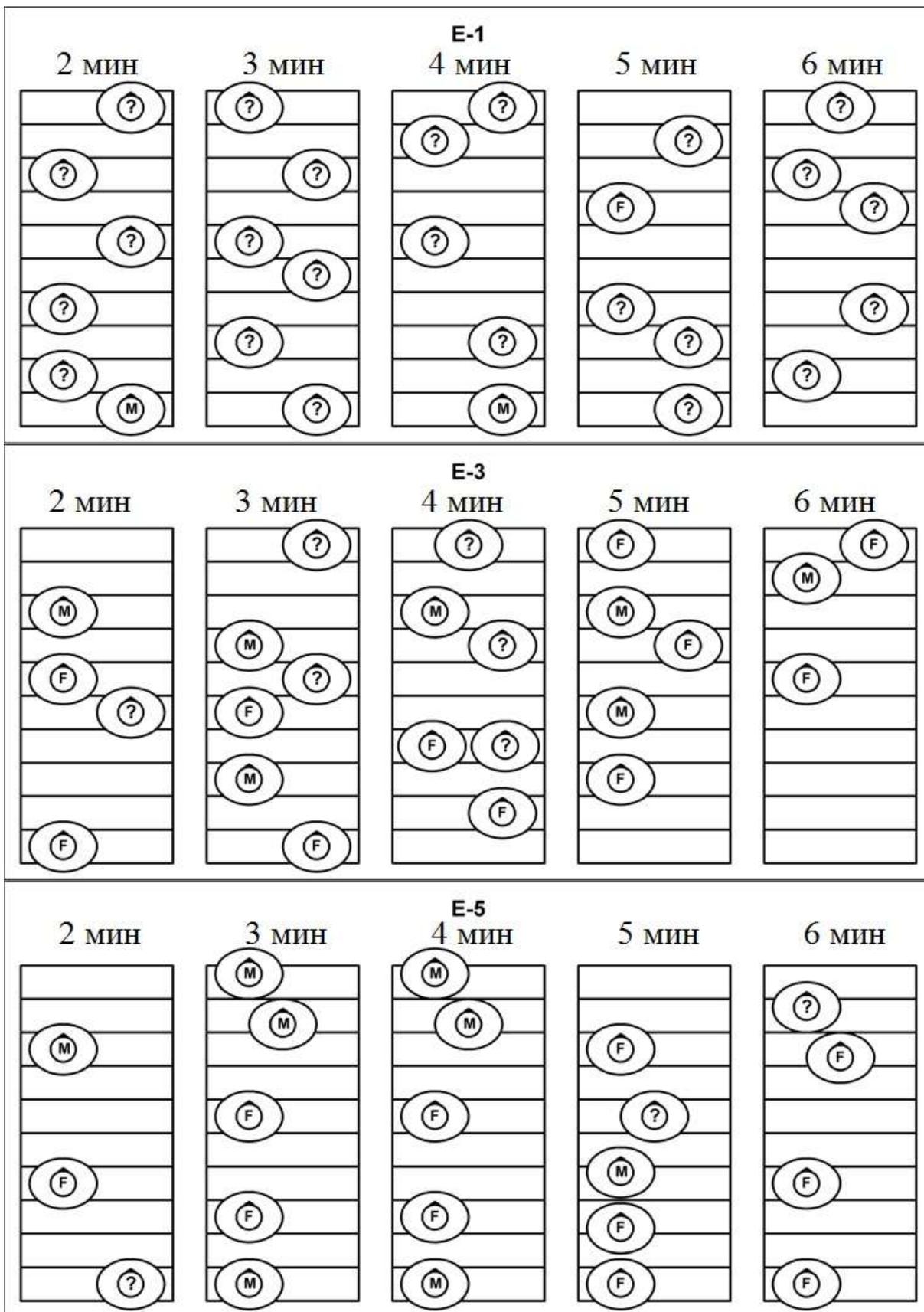
Лестничный проем А



Лестничный проем С



Лестничный проем Е



Лестничный проем G

