

**Д. В. Шихалев<sup>1</sup>, В. О. Корепанов<sup>2</sup>**  
(<sup>1</sup>Академия ГПС МЧС России, <sup>2</sup>Институт проблем управления  
им. В.А. Трапезникова РАН; e-mail: [evacsystem@gmail.com](mailto:evacsystem@gmail.com))

## МОНИТОРИНГ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЛЮДЕЙ В ЗДАНИИ ДЛЯ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ. ЧАСТЬ 1

Проведён анализ существующих методов наблюдения за людскими потоками в здании. Установлено, что большинство из них не могут быть применены в их первоначальной постановке для применения в режиме непрерывного мониторинга за распределением людей во всём здании. Определены функции, которые должны быть реализованы при разработке соответствующего подхода к подсчёту количества людей на заданных участках (зонах) в здании.

Ключевые слова: видеонаблюдение, мониторинг количества людей, информационная система, эвакуация, пожар.

### Введение

Задача обеспечения безопасной эвакуации является важной составляющей пожаробезопасности зданий с массовым пребыванием людей.

Эта задача актуальна, поскольку ежегодно увеличивается количество крупных зданий (торгово-развлекательные центры, офисные и деловые центры и др.) в городах [1], повышаются и требования по обеспечению их пожаробезопасности, в том числе безопасности эвакуации. Кроме того, в последнее время участились случаи эвакуации людей по причинам, не связанным с обеспечением их пожарной безопасности. Так, только лишь за второе полугодие 2018 года в Москве и Московской области проводилась эвакуация более чем из 260 зданий, при этом, количество эвакуированных граждан составило более 50 тыс. человек. Таким образом, необходимо констатировать, что в настоящее время к традиционным причинам эвакуации (задымление, пожар и др.) добавилось угроза минирования зданий. В табл. 1 представлены сведения о фактах эвакуации из крупных торговых центров по причине угрозы совершения террористического акта.

Как правило, первоочередным ответом на эти угрозы является быстрая и безопасная эвакуация людей из здания наружу или в зону безопасности, где такие угрозы отсутствуют. Решением этой задачи должна заниматься, в том числе система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ)<sup>1</sup>, предназначенная для "своевременного сообщения людям информации о возникновении пожара, необходимости эвакуироваться, путях и очередности эвакуации". Однако предлагаемые маршруты не всегда являются безопасными, так как данная система не учитывает ни наличие опасностей на маршруте движения, ни распределение людей внутри здания во время эвакуации [1-3]. Кроме того, недостаточно проработаны решения, направленные на обеспечение безопасной

<sup>1</sup> СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности: свод правил (утв. Приказом МЧС России от 25 марта 2009 г. № 173)

эвакуации при угрозе теракта. Также необходимо учитывать, что предполагаемое изменение направления движения людей от одного эвакуационного выхода к другому возможно лишь в тех случаях, когда эти выходы имеют непосредственную связь между собой.

Таблица 1

**Сведения об эвакуации из торговых центров  
по причине угрозы совершения террористического акта**

№	Наименование	Город	Дата	Причина эвакуации
1	ТЦ "Байкал"	г. Смоленск	29.12.2016	Анонимный звонок о заложенной бомбе
2	ТЦ "Звездочка"	г. Москва	27.12.2016	Обнаружение подозрительного предмета
3	ТК "Колорлон"	г. Новосибирск	21.12.2016	Анонимный звонок о заложенной бомбе
4	Гипермаркет "Империал"	г. Псков	26.11.2016	Обнаружение подозрительного предмета
5	ТРК "Континент"	г. Санкт-Петербург	23.11.2016	Анонимный звонок о заложенной бомбе
6	ТРЦ "Акварель"	г. Волгоград	28.10.2016	Анонимный звонок о заложенной бомбе
7	ВЦ "Крокус Экспо"	г. Москва	7.10.2016	Обнаружено взрывное устройство
8	ТЦ "Мега Парнас"	г. Санкт-Петербург	29.07.2016	Анонимный звонок о заложенной бомбе
9	Более 10 крупных ТЦ	г. Москва	18.02.2016	Анонимный звонок о заложенной бомбе
10	ТЦ "Атриум"	г. Москва	13.02.2016	Анонимный звонок о заложенной бомбе
11	ТРК "Французский бульвар"	г. Санкт-Петербург	3.01.2016	Анонимный звонок о заложенной бомбе
12	ТРЦ "Глобус"	г. Екатеринбург	29.12.2015	Обнаружение подозрительного предмета
13	ТЦ "Север"	г. Оренбург	26.12.2015	Анонимный звонок о заложенной бомбе
14	ТЦ "Колабус"	г. Москва	20.12.2015	Анонимный звонок о заложенной бомбе
15	ТЦ "Авиапарк"	г. Москва	20.12.2015	Анонимный звонок о заложенной бомбе

Существующие исследования в рассматриваемой области посвящены различным её аспектам: построение математических моделей вычисления маршрутов передвижения [1-5], создание функциональных систем управления эвакуацией [6-8]. В тоже время, все эти исследования так и не реализованы технически. Во многом это связано с тем, что в предлагаемых решениях входит параметр – количество людей на различных участках (на лестничной клетке, в коридоре, в помещении и т.п.). В ряде работ этот параметр принимается детерминированным (из расчёта 3 человека на 1 квадратный метр для торговых зданий). В остальных авторы вообще не уделяют этому показателю должное внимание. Однако он является ключевым для управления эвакуацией, но в настоящее время не развиты/разработаны методы и технологии получения данных о количестве людей в здании в целом, их распределения по различным участкам здания в режиме реального времени.

Более того, в работе [1] доказано, что в случае успешного решения данной задачи, возможно добиться уменьшения время эвакуации до 64 % в зависимости от принятого алгоритма выбора маршрута движения. Авторами данной работы проведено компьютерное моделирование функционирования системы управления эвакуации, где в ходе моделирования на каждом шаге выбирался безопасный маршрут движения на основе распределения людей по участкам здания. В данном моделировании люди были распределены равномерно, по всему зданию.

Следовательно, актуальна задача разработки подходов к осуществлению мониторинга количества людей в здании в режиме "повседневной деятельности", что позволит получать сведения о распределении людей внутри здания в процессе его функционирования (распределение количества людей по всем участкам здания в каждый момент времени), определять безопасные маршруты движения людей во время эвакуации из здания, и соответственно осуществлять управление и координацию процесса эвакуации распределения людей в здании. В данном контексте под мониторингом количества людей в здании понимается процесс систематического отслеживания распределения количества людей в здании по определённым участкам с использованием специальных средств видеонаблюдения в целях накопления статистической базы данных о соответствующем параметре и дальнейшей фиксации его изменений (например, превышение допустимого количества людей в определённом помещении).

Таким образом, целью настоящей работы является анализ существующих методов наблюдения за людским потоком в здании и технических средств подсчёта людей в здании для обеспечения их безопасности. В ходе исследования ставятся следующие задачи:

1. Анализ существующих методов наблюдения за людским потоком в здании.
2. Анализ существующих технических средств подсчёта людей.

Разделы статьи соответствуют порядку решения поставленных задач.

### Анализ существующих методов наблюдения за людским потоком в здании

В ходе анализа рассмотрены наиболее известные методы наблюдения за людским потоком в здании: визуальный, кинофотосъёмки и видеонаблюдения и автоматической фиксации перемещения человека.

Сущность визуального метода [9] заключается в следующем. Перед проведением наблюдения исследователь выбирает интересующий его участок. Затем выбирается место, из которого исследователь будет осуществлять наблюдение. Выбирается определённый участок ширины  $w$  и длины  $l$ , его начало  $l_n$  и конец  $l_k$ , на котором будут осуществляться замеры. Во время движения людей исследователь выбирает одного человека из потока на заданном удалении, и в момент пересечения им начала наблюдаемого участка  $l_n$  исследователь включает секундомер и производит подсчёт людей на конце участка  $l_k$  до тех пор, пока выбранный ранее человек не пересечёт линию  $l_k$ . После чего

такая процедура повторяется требуемое количество раз. В результате в распоряжении исследователей оказываются значения ширины участка, его длины и набор измеренных величин количества человек, прошедших мимо наблюдателя за фиксированный промежуток времени, что позволяет рассчитать соответствующие замеры значения плотности потока и скорости его движения. Более подробно данный метод изложен в работе [9]. Существенным недостатком данного метода является "ручной" мониторинг и обработка данных, что приемлемо для исследований людского потока, но не для поставленной в работе цели.

Более перспективными в этом отношении можно считать методы кинофотосъёмки и видеонаблюдения [9], заключающиеся в следующем. Для проведения наблюдений выбирается необходимый участок в здании (горизонтальный путь, лестничная клетка, выход из здания и т.п.). Создаётся план выбранного участка наблюдения, на котором отмечаются характерные "маркеры", используемые в дальнейшем как привязка и ориентиры. Устанавливается детектирующее устройство (фото- или видеокамера), при этом объектив должен быть установлен вертикально к плоскости наблюдаемого участка. Далее создаётся опорная сетка, которую необходимо разместить таким образом, чтобы её не перекрывали наблюдаемые объекты. Затем производится калибровка сетки и камер. После чего производятся наблюдения и анализируются полученные результаты по измерению скорости и плотности потока. Более подробно данный метод изложен в работе [9]. Данный метод отличается от ранее рассмотренного (визуального) заменой наблюдателя (человек заменяется на видеокамеру) и вводом сеток (опорной и расчётной), которые при анализе результатов позволяют определить индивидуальные траектории движения людей, скорость перемещения, плотность потока. Необходимо отметить, что анализ фото- и видеонаблюдений всё также осуществляет человек, что вносит определённую субъективность в получаемые результаты.

Оба рассмотренных метода применяются для проведения натурных экспериментов по определению скорости, плотности людских потоков, оценке пропускной способности и других параметров, являющихся фундаментальными в теории людских потоков. Учитывая современный уровень развития науки и техники, недостатком рассмотренных методов является необходимость ручной обработки результатов исследования, что очень медленно и трудозатратно.

Современным развитием последнего метода является метод автоматической фиксации перемещения человека с применением *программно-аппаратных комплексов (ПАК)*. Например, ПАК *PeTrack* [10] позволяет в автоматическом режиме на основании видеоматериалов получать данные о траекториях движения людей в области наблюдения. На основании полученных траекторий движения вычисляются скорость, плотность потока, исследуются как индивидуальные особенности движения и поведения человека, так и групповые. Данный способ заключается в том, что на исследуемом участке производится расстановка видеокамер таким образом, чтобы весь исследуемый объект попадал в область видеонаблюдения. Производится калибровка камеры пу-

тём установки расстояния до наблюдаемых объектов и угла наклона камер. В ходе проведения экспериментов осуществляется видеозапись происходящего, а затем в автоматическом режиме происходит распознавание параметров и их преобразование в численные значения. Полученные результаты анализируются в соответствии с задачами исследования. Необходимо отметить одну важную особенность рассматриваемого комплекса *PeTrack*. В составе комплекса допускается применение двух типов видеокамер: стереокамера и обычная видеокамера. В случае применения последней, обязательным условием является наличие у каждого человека (в составе людского потока) специального головного убора, на котором нанесена метка, повышающая точность распознавания людей.

Рассмотрев существующие способы наблюдения за людским потоком в здании, можно сделать следующие выводы. Прежде всего, все рассмотренные методы наблюдения применялись только для проведения натуральных экспериментов, то есть эпизодически, для проведения конкретного эксперимента, а не на постоянной основе. Во-вторых, в первых двух методах участие человека в процедуре наблюдения за людским потоком мешает использовать эти методы для задач настоящей работы. Автоматизированным и достоверным методом оценки движения людей является применение программно-аппаратного комплекса *PeTrack*. Особенность его применения (необходимость наличия маркеров на наблюдаемых в случае не стереокамеры, лабораторные условия в случае стереокамеры) не позволяет напрямую применить его к задаче получения данных о количестве людей в здании, их распределении по различным участкам здания в режиме реального времени. Однако сама технология (обработка видеоизображения различными методами и алгоритмами) заслуживает внимания. Таким образом, существующие методы наблюдения за людским потоком в здании позволяют успешно решать задачу проведения конкретного эксперимента, а не непрерывного наблюдения за людским потоком во всём здании.

Рассмотрим существующие технологии и технические средства анализа видеоизображений для задачи подсчёта количества людей.

### Анализ существующих технических средств подсчёта людей

Для исследования видеопотока с целью определения количества людей в помещениях существует ряд средств, обзор которых представлен в табл. 2. Особенность данных средств состоит в том, что они фиксируют факт наличия или прохождения человека (с направлением прохода) в заданной ограниченной зоне видеонаблюдения. Таким образом, например, можно фиксировать число прошедших через дверь людей или число людей, проходивших заданное место. Рассмотренные системы применяются в крупных зданиях с массовым пребыванием людей, где одновременно присутствует большое количество посетителей. Это обуславливается назначением таких систем – анализ данных о перемещении посетителей внутри объекта в целях оценки потребительского спроса и непосредственно самого объекта, привлекательности рекламных акций и других маркетинговых исследований. Вероятно поэтому только лишь одна из рассмотренных систем применялась в составе систем обеспечения безопасности.

Таблица 2

## Системы подсчёта посетителей в здании

№	Производитель	Заявленная точность, %	Детектирующее устройство <sup>1</sup>	Применение в системах безопасности	Области применения	Условия размещения	Время вывода результатов мониторинга <sup>2</sup> , мин
1	SenSource	95	Стереовидео-счётчик	Нет	Торговые центры, аэропорты, супермаркеты	На потолке	5
2	Irisys	98	Стереовидео-счётчик	Нет	Торговые центры, музеи, аэропорты, супермаркеты		5
3	V-count	98	Стереовидео-счётчик	Нет	Торговые центры, музеи, аэропорты, супермаркеты		10
4	LASE	98	Стереовидео-счётчик	Нет	Торговые центры		5
5	Iee	99	Стереовидео-счётчик	Нет	Аэропорты, торговые центры		1
6	Axis	90	Видеокамера с СПО	Нет	Торговые центры, музеи, аэропорты, супермаркеты		15
7	People-counting	95	Видеосчётчик	Да	Торговые центры, аэропорты, супермаркеты		1
8	Kiwi-security	89	Видеокамера с СПО	Нет	Торговые центры, аэропорты, вокзалы		5
9	HighLite	90	Видеосчётчик	Нет	Аэропорты		10
10	Inkryptis	85	Видеосчётчик	Нет	Торговые центры		1
11	Blipsystems	98	Стереовидео-счётчик	Нет	Аэропорты		1
12	Nortech	93	Горизонтальный счётчик	Нет	Торговые центры, аэропорты, музеи, галереи, гостиницы	На стене	10
13	TDSI	93	Видеосчётчик	Нет	Торговые центры, музеи, аэропорты, супермаркеты	На потолке	5
14	Megacount	98	Стереовидео-счётчик	Нет	Торговые центры, аэропорты		10
15	Macroscop	90	Видеокамера с СПО	Нет	Торговые центры, аэропорты		1
16	CountBOX	98	Стереовидео-счётчик	Нет	Торговые центры, стадионы		5
17	CountMax	95	Стереовидео-счётчик	Нет	Торговые центры, аэропорты, гостиницы		1

Примечание:

<sup>1</sup>Детектирующее устройство:

Стереовидеосчётчик – видеокамера с двумя объективами (реже две отдельные видеокамеры, установленные в одной плоскости), изображение которой обрабатывается в процессоре счётчика специальными алгоритмами, тем самым воссоздавая трёхмерное изображение детектируемой области;

Видеосчётчик – видеокамера, изображение которой обрабатывается в процессоре счётчика специальными алгоритмами;

Горизонтальный счётчик – счётчик, состоящий из двух частей (приёмник и передатчик), позволяющий зафиксировать пересечение определенной области путём прерывания инфракрасного луча;.

Видеокамера со специальным программным обеспечением – цифровая видеокамера, передающая видеоизображение на компьютер, которое, в свою очередь, обрабатывается специальным программным обеспечением и позволяет производить анализ видеопотока по заданным критериям.

<sup>2</sup>Минимальная частота вывода данных в сторонний файл – интервал времени с момента фиксации человека системой подсчета до момента вывода информации в файл для компьютерной обработки

Данные табл. 2 позволяют выделить 4 основных устройства, с использованием которых производился подсчёт посетителей:

- стереовидеосчётчик;
- видеосчётчик;
- горизонтальный счётчик;
- видеочкамера со *специальным программным обеспечением (СПО)*.

Более подробная информация о рассмотренных устройствах дана в примечании к табл. 2. На рис. 1 показаны принципы работы данных устройств.

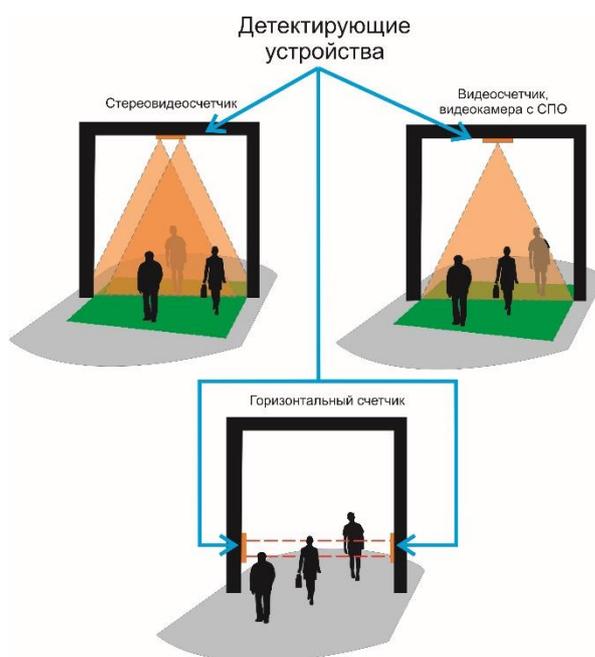
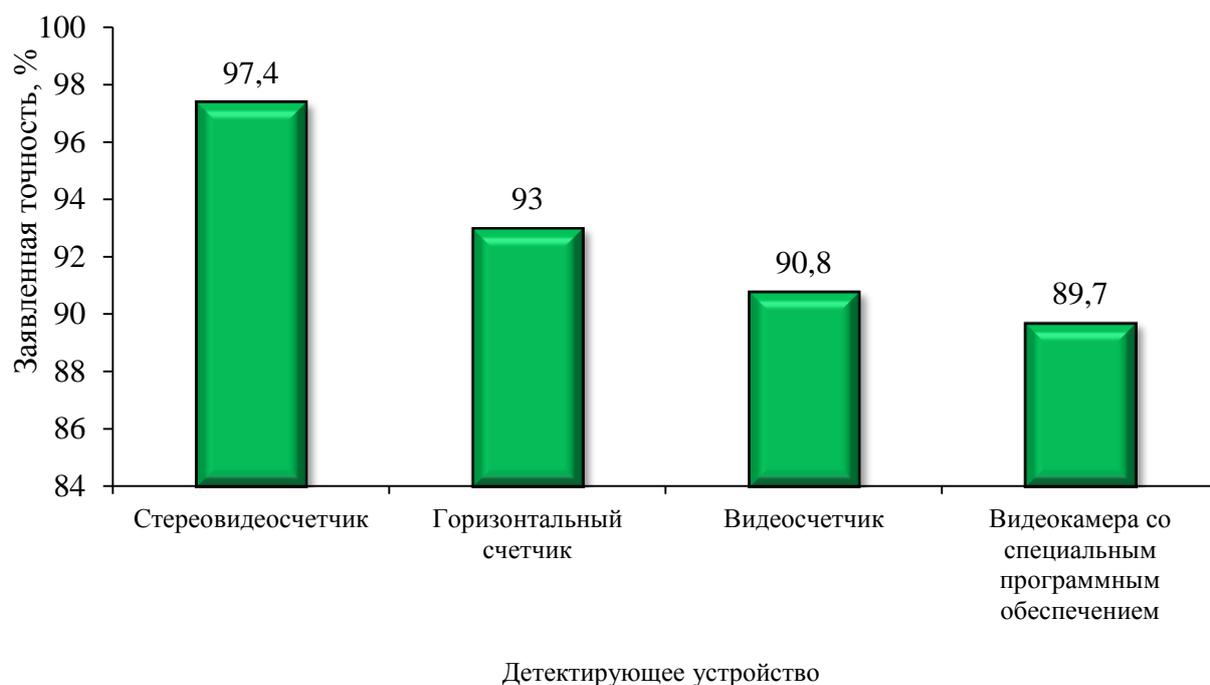


Рис. 1. Принципы работы устройств подсчёта людей

Как правило, устройства размещаются на потолке. Исключение составляет горизонтальный счётчик, что обусловлено принципом его работы. На рис. 2 показано распределение заявленной точности получаемых данных в зависимости от детектирующего устройства.

Наибольшей заявленной точностью получения данных обладает стереовидеосчётчик. Это достигается за счёт получения видеоизображения от двух видеокамер, при этом создаётся трёхмерное изображение (в том числе, определяется глубина изображения) и фиксируется непосредственно необходимый субъект. Высокая точность получаемых данных обуславливает значительную стоимость стереовидеосчётчика, что ставит под сомнение его обширное применение в составе систем безопасности. Следующим по точности следует горизонтальный датчик. Точность получения данных от такого типа счётчика напрямую зависит от ширины прохода, в котором он установлен. Чем шире проход, тем ниже точность. Поэтому установка такого датчика в проходах шириной больше, чем геометрическая проекция одного человека, приведёт к большим погрешностям измерений.



**Рис. 2.** Распределение точности подсчёта количества людей в зависимости от устройства

Наиболее распространёнными детектирующими устройствами являются видеосчётчик и видеокамера со специальным программным обеспечением. Учитывая существенную разницу в стоимости (по сравнению со стереовидеосчётчиками) и достаточно высокую заявленную точность, применение таких типов детектирующих устройств является наиболее целесообразным.

Рассмотрев существующие способы и технические средства мониторинга передвижения людей в здании, сформулируем следующие выводы:

1. Существующие сегодня методы наблюдения за людским потоком требуют развития применительно для задачи непрерывного подсчёта количества людей во всём здании. Учитывая уровень современных информационных технологий, необходимо свести степень участия человека в этом процессе к минимуму.

2. Технические средства подсчёта посетителей в здании хотя и обладают достаточно высокой заявленной точностью, однако, фактически они не применялись в задаче мониторинга распределения людей в здании.

### Выводы и направления дальнейшей работы

В ходе проведенного анализа способов наблюдения за людским потоком в здании и технических средств мониторинга установлено, что имеющиеся в настоящее время методы наблюдения за людским потоком, не могут быть применены в их первоначальной постановке, а, следовательно, необходима их адаптация для задачи непрерывного мониторинга распределения людей внутри здания. Этого возможно достичь, в том числе, путём применения современных информационных технологий.

Таким образом, для развития технических и методологических аспектов мониторинга людей в здании необходима разработка соответствующего подхода к подсчёту количества людей на заданных участках (зонах) в здании, который должен реализовывать следующие функции:

- непрерывный подсчёт количества людей на различных участках (зонах) в здании;
- формирование базы данных о перемещении людей (в том числе, индивидуальные траектории) по путям эвакуации (маршрутам движения) в здании;
- определение зависимостей передвижения/местоположения и распределения людей внутри здания во времени.

Исходя из этого, дальнейшим исследованием авторов является разработка выше обозначенного подхода путём создания экспериментального программно-аппаратного комплекса мониторинга распределения людей в здании, в котором будут реализованы требуемые функциональные возможности.

### Литература

1. *Шихалев Д. В.* Информационно-аналитическая поддержка управления эвакуацией при пожаре в торговых центрах: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.10. М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. 176 с.
2. *Шихалев Д. В., Хабибулин Р. Ш.* Математическая модель определения направлений безопасной эвакуации людей при пожаре // *Пожаровзрывобезопасность*. 2014. Т. 23. № 4. С. 51-60.
3. *Колодкин В. М., Галиуллин М. Э.* Программные алгоритмы, реализующие модель движения людских потоков в системе управления эвакуацией людей из здания // *Пожаровзрывобезопасность*. 2016. Т. 25. № 10. С. 75-85. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.75-85.
4. *Валеев С. С., Кондратьева Н. В., Янгирова А. Ф.* Иерархическая система поддержки принятия решений при эвакуации людей из здания в критических // *Вестник уфимского государственного авиационного технического университета*. 2014. Вып. 1 (62). С. 161-166.
5. *Kemloh Wagoum A. U., Chraibi M., Mehlich J., Seyfried A., Schadschneider A.* Efficient and validated simulation of crowds for an evacuation assistant // *Computer Animation and Virtual Worlds*. 2012. Vol. 23. № 1. Pp. 3-15. DOI: 10.1002/cav.1420.
6. *Теплова В. В.* Моделирование и разработка структурно-функциональной организации системы поддержки принятия решений при управлении эвакуацией людей из образовательного учреждения: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.10. Курск: Юго-западный государственный университет, 2012. 125 с.
7. *Wang J, Zhao H, Winter S.* Integrating sensing, routing and timing for indoor evacuation // *Fire Safety Journal*. 2015. Vol. 78. Pp. 111-121. DOI: 10.1016/j.firesaf.2015.08.009.
8. *Groner E. N.* A decision model for recommending which building occupants should move where during fire emergencies // *Fire Safety Journal*. 2016. Vol. 80. Pp. 20-29. DOI: 10.1016/j.firesaf.2015.11.002.
9. *Холщевников В. В., Самошин Д. А., Исаевич И. И.* Натурные наблюдения людских потоков. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. 191 с.
10. *Boltes M., Seyfried A.* Collecting pedestrian trajectories // *Neurocomputing*. 2013. Vol. 100. Pp. 127-133. DOI: 10.1016/j.neucom.2012.01.036.

*Материал поступил в редакцию 25 декабря 2018 г.*

**Для цитирования:** *Шихалев Д. В., Корепанов В. О.* Мониторинг распределения людей в здании для задачи управления эвакуацией. Часть 1. – Вып. 1 (83). – 2019. – С. 68-77. DOI: 10.25257/TTS.2019.1.83.68-77.

*D. V. Shikhalev, V. O. Korepanov*

## MONITORING THE DISTRIBUTION OF PEOPLE IN THE BUILDING FOR THE EVACUATION MANAGEMENT TASK. PART 1

The existing methods for monitoring pedestrian's flows in the building were analyzed. These methods are used for carrying out field experiments, therefore it turned out that most of them cannot be used in their initial formulation for continuous monitoring of the distribution of people throughout the building. On the other hand, there are technical means of monitoring the movement of people in a building, analysis of which showed that they have a sufficiently high declared accuracy, however, in fact, they were not used in the task of monitoring the distribution of people in a building to ensure their safety. The functions that should be implemented when developing an appropriate approach to counting the number of people in a given area (zones) in a building are defined.

Key words: closed-circuit television (CCTV), monitoring the number of people, information system, evacuation, fire.

### References

1. Shikhalev D. V. *Informacionno-analiticheskaya podderzhka upravleniya ehvakuaciej pri pozhare v togovykh centrakh* [Information and analytical support for evacuation management in case of fire in shopping centers]. PhD in Tech. Sci. diss.: 05.13.10, Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2015, 176 p.
2. Shikhalev D. V., Khabibulin R. Sh. Mathematical model of definition of safe evacuation directions in case of fire. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 4, pp. 51-60 (in Russian).
3. Kolodkin V. M., Galiullin M. E. Software algorithms that implement the foot traffic model in the building evacuation management system. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 10, pp. 75-85. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.75-85 (in Russian).
4. Valeev S. S., Kondratyeva N. V., Yangirova A. F. The hierarchical decision support system for evacuation of people from a building in an emergency. *Vestnik ufimskogo gosudarstvennogo aviacionnogo tekhnicheskogo universiteta / Bulletin of Ufa State Aviation Technical University*, 2014, vol. 1 (62), pp. 161-166 (in Russian).
5. Kemloh Wagoum A. U., Chraibi M., Mehlich J., Seyfried A., Schadschneider A. Efficient and validated simulation of crowds for an evacuation assistant. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 2012, vol. 23, no. 1, pp. 3-15. DOI: 10.1002/cav.1420.
6. Teplova V. V. *Modelirovanie i razrabotka strukturno-funktional'noj organizacii sistemy podderzhki prinyatiya reshenij pri upravlenii ehvakuaciej lyudej iz obrazovatel'nogo uchrezhdeniya* [Modeling and development of the structural and functional organization of the decision support system in managing the evacuation of people from an educational institution]. PhD in Tech. Sci. diss.: 05.13.10, Kursk, Southwest State University Publ., 2012, 125 p.
7. Wang J, Zhao H, Winter S. Integrating sensing, routing and timing for indoor evacuation. *Fire Safety Journal*, 2015, vol. 78, pp. 111-121. DOI: 10.1016/j.firesaf.2015.08.009.
8. Groner E. N. A decision model for recommending which building occupants should move where during fire emergencies. *Fire Safety Journal*, 2016, vol. 80, pp. 20-29. DOI: 10.1016/j.firesaf.2015.11.002.
9. Holshchevnikov V. V., Samoshin D. A., Isaevich I. I. *Naturnye nablyudeniya lyudskih potokov* [Natural observations of human flows]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2009, 191 p.
10. Boltes M., Seyfried A. Collecting pedestrian trajectories. *Neurocomputing*, 2013, vol. 100, pp. 127-133. DOI: 10.1016/j.neucom.2012.01.036.

**For citation:** Shikhalev D. V., Korepanov V. O. Monitoring the distribution of people in the building for the evacuation management task. Part 1. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 1 (83), 2019, pp. 68-77 (in Russian). DOI: 10.25257/TTS.2019.1.83.68-77.