

Д.В. Шихалев

(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: evacsystem@gmail.com)

О СТРУКТУРЕ И ФУНКЦИЯХ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ В ЗДАНИЯХ

Предложена система управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях. Приведены структурная и функциональная схемы системы управления эвакуацией. Обобщаются результаты предыдущих исследований в данной области.

Ключевые слова: эвакуация, система управления, пожар.

D.V. Shikhalev

ABOUT STRUCTURE AND FUNCTIONS OF AN ESCAPE ROUTE SYSTEM IN BUILDINGS IN CASE OF A FIRE

The escape route system in buildings in a case of a fire was proposed. A structure and functions were elaborated. Results of previous research were summarized in this field.

Key words: management of an evacuation, an evacuation system, a fire.

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

Анализ используемых в России и за рубежом [1] систем управления эвакуацией людей при пожаре, а также поведения персонала и посетителей при пожарах в зданиях позволил выявить факторы, приводящие к увеличению общего времени эвакуации и негативно влияющие на эффективность **системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ)**:

1. Посетители редко осведомлены о наличии указателей путей движения при пожаре. Выходы, которые обычно не используются посетителями при каждом посещении, не будут использованы ими и при эвакуации.

2. Представления об эвакуационных путях и выходах у персонала и посетителей разные (посетители, как правило, используют пути, ведущие к центральному входу/выходу, персонал – ближайшие эвакуационные пути). Кроме того, действия персонала при срабатывании sireны пожарной сигнализации в большей мере направлены на оценку ситуации (поиск признаков пожара, места его возникновения и т.п.).

3. В отечественных СОУЭ не используются алгоритмы, по которым должно производиться управление, не приводятся данные, которые являются приоритетными при определении путей эвакуации.

4. В зарубежных системах управления эвакуацией имеются предварительно заготовленные алгоритмы – 47 %, динамические указатели – 40 %, проводится математическое моделирование процесса эвакуации – 33 %, то есть, менее чем в половине рассмотренных систем. Определение количества людей на путях эвакуации и применение датчиков контроля опасных факторов пожара реализовано менее чем в 14 % систем.

5. Ни в одной из рассмотренных систем не определены ни степень участия персонала, ни роль *лица, принимающего решения (ЛПР)* в процессе эвакуации. Отсутствуют алгоритмы действия ЛПР, с применением которых он мог бы организовать процесс эвакуации людей.

С учётом результатов проведённого анализа, разработан проект системы управления эвакуацией людей при пожаре в здании, определены её основные элементы. Разработано дерево целей системы управления эвакуацией (рис. 1).

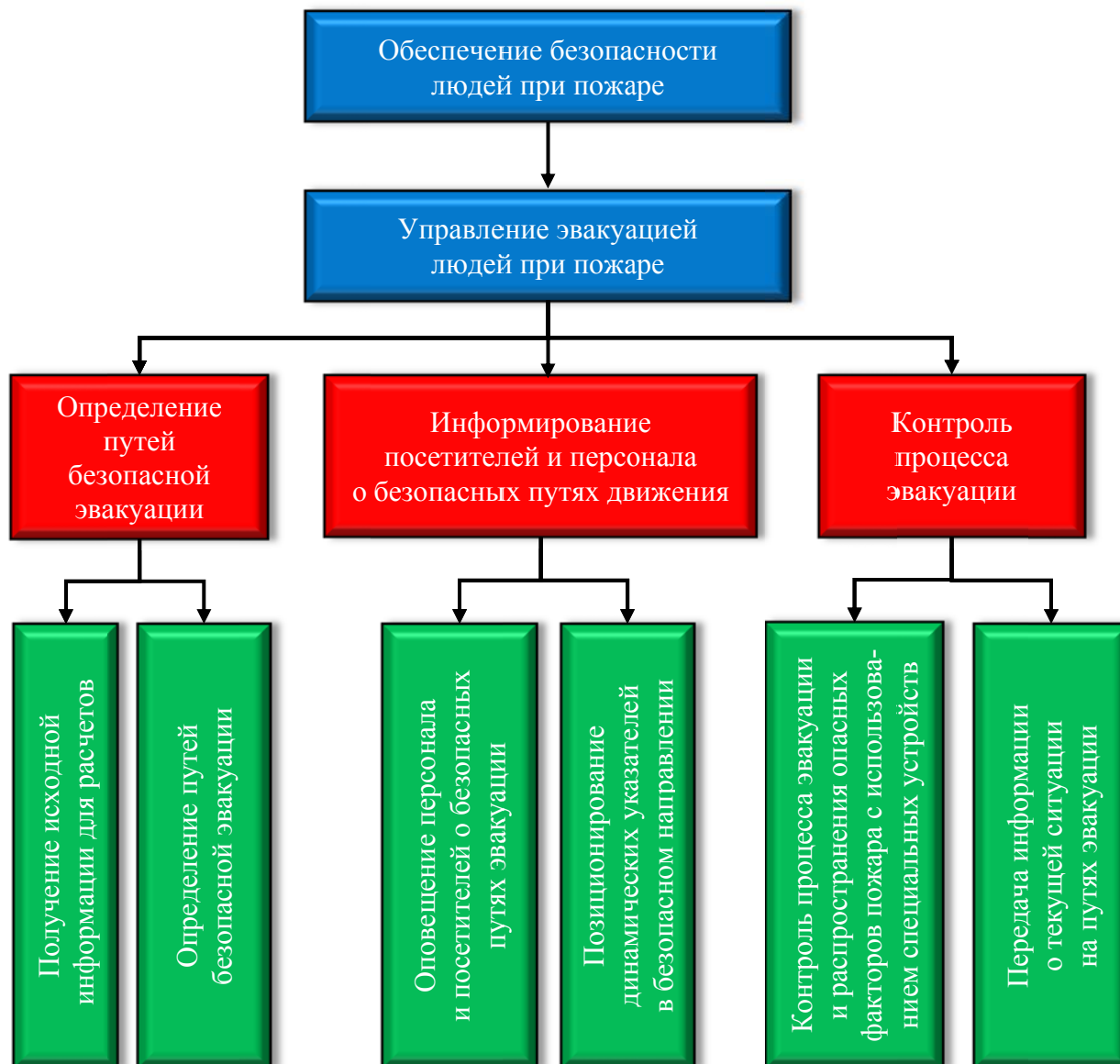


Рис. 1. Дерево целей системы управления эвакуацией людей при пожаре в здании

Основное назначение системы управления эвакуацией людей при пожаре заключается в обеспечении их безопасности. Основными задачами являются: определение путей безопасной эвакуации, информирование персонала и посетителей о безопасных путях движения, а также контроль процесса эвакуации.

Структурная схема системы управления эвакуацией людей определяется исходя из возлагаемых на неё задач (рис. 2).

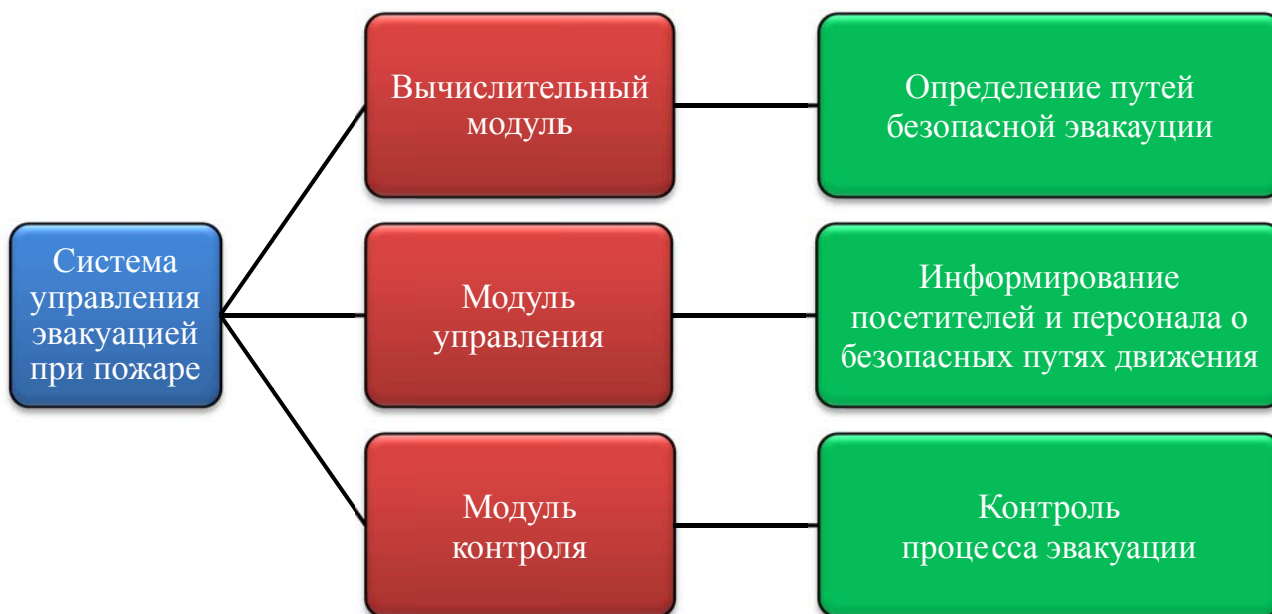


Рис. 2. Структурная схема системы управления эвакуацией людей при пожаре

На схеме показаны основные модули системы управления эвакуацией. Задачи и функции, которые решают данные модули, соответствуют задачам и функциям, обозначенным в дереве целей (рис. 1).

Рассмотрим основные модули системы управления эвакуацией людей при пожаре.

Вычислительный модуль. Для определения путей безопасной эвакуации людей при пожаре разработана математическая модель [2], которая позволяет проводить оценку безопасности путей эвакуации и в режиме реального времени равномерно распределять эвакуационные потоки по безопасным путям к эвакуационным выходам. Разработанная математическая модель может быть использована для определения путей безопасной эвакуации людей при пожаре в составе системы поддержки принятия решений [3].

Оценка математической модели была проведена в Юлихском суперкомпьютерном центре (г. Юлих, Германия) в симуляторе процесса движения людей *JuPedSim*. Для этого был разработан дополнительный программный модуль [4], позволяющий непосредственно в ходе моделирования процесса эвакуации определять пути безопасного движения людей при пожаре и направлять эвакуируемых по этим путям.

Результаты проведенной оценки [5, 6] показали, что применение предложенной математической модели позволяет сократить время эвакуации примерно на **60 %** в зависимости от исходных параметров модели. Сокращение времени эвакуации достигается за счет равномерного распределения эвакуируемых по всем доступным эвакуационным путям и выходам. Было также установлено

оптимальное (позволяющее достичь минимального времени эвакуации за счёт равномерного распределения эвакуируемых по эвакуационным путям) соотношение параметров в математической модели и оптимальной частоты работы.

Таким образом, разработанная математическая модель определения путей безопасной эвакуации людей при пожаре может быть использована в составе предложенной системы управления эвакуацией.

Модуль управления. Задачей модуля управления является доведение до посетителей и персонала актуальной информации о путях безопасного движения к эвакуационным выходам.

В работе [7] был проведён анализ существующих указателей путей эвакуации людей, выявлены их недостатки. По результатам анализа был разработан динамический указатель путей эвакуации, позволяющий в режиме реального времени актуализировать пути безопасной эвакуации. В результате технической разработки динамического указателя была решена проблема изменчивости световых положений указателя в процессе эвакуации. Указатель можно считать универсальным, так как имеющиеся положения световых элементов позволяют производить его установку как в пределах этажа, так и в лестничных клетках. На разработанный динамический указатель путей эвакуации был получен патент на полезную модель №136212 от 27 декабря 2013 года [8].

Модуль контроля. В настоящее время широко распространёнными средствами контроля являются видеорекамеры, которые в основном предназначены для контроля общественного порядка. Если рассматривать видеорекамеры как средство контроля процесса эвакуации, то необходимым условием является установка видеорекамер на каждом участке пути эвакуации, где проводится вычисление параметров, входящих в математическую модель [2]. В процессе эвакуации у ЛПП всегда будет информация о возникающих ситуациях на путях эвакуации. В случае образования некоторых критических ситуаций на участках, которые могут быть замечены с использованием видеорекамер, ЛПП может немедленно заблокировать данный участок для движения, что повлечёт за собой перерасчёт безопасных путей эвакуации.

Функциональная схема системы управления эвакуацией людей при пожаре приведена на рис. 3. В случае срабатывания одного или нескольких пожарных извещателей, информация о месте возникновения пожара (при наличии газоанализаторов – также об уровне CO, CO₂ и т.д.), о распределении людей по эвакуационным участкам поступает в вычислительный модуль, где проводится вычисление показателя φ , характеризующего безопасность участка пути эвакуации, определение безопасных путей эвакуации из каждого помещения в здании (более подробная информация о способе вычисления, критериях, входящих в состав показателя φ , рассматривается в работе [2]).

Информация о безопасных путях эвакуации людей выводится на графический интерфейс ЛПП, в блок управления динамическими указателями, который позиционирует каждый динамический указатель в направлении безопасной эвакуации. Информация также передаётся персоналу здания (по каналам радиосвязи), участвующему в организации эвакуации.

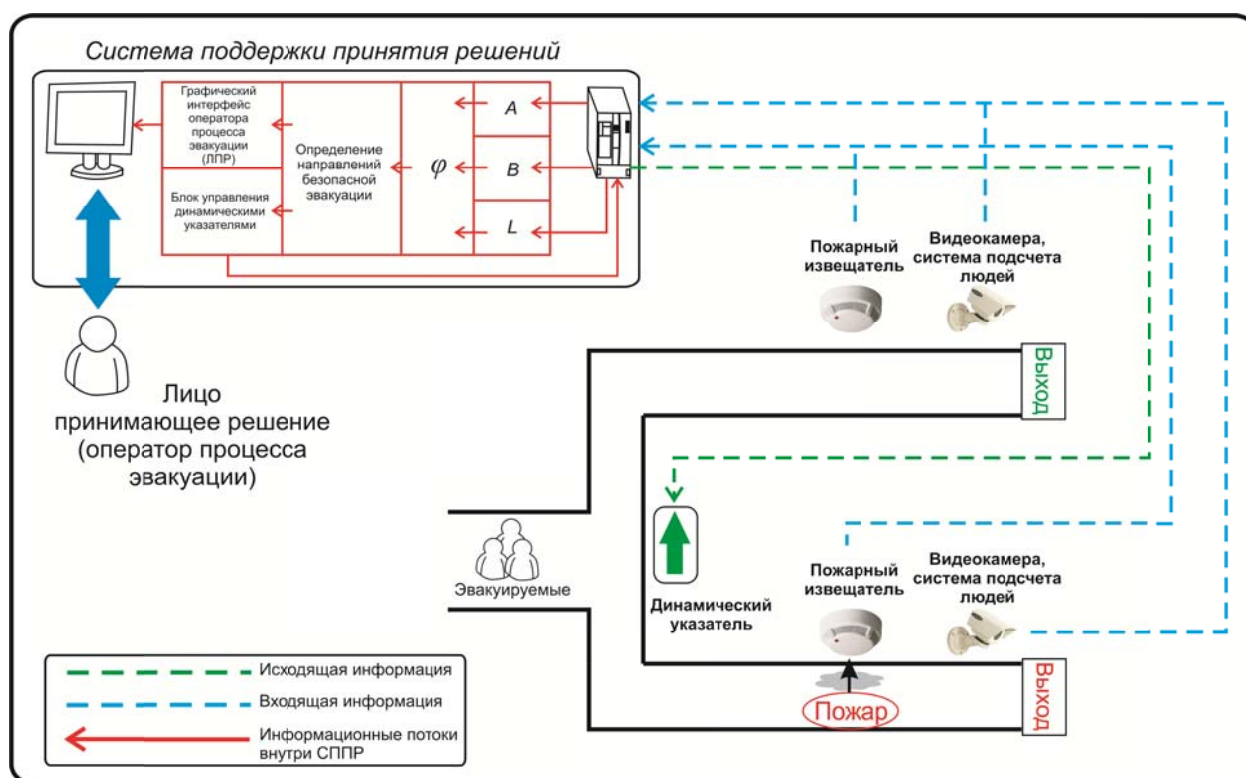


Рис. 3. Функциональная схема системы управления эвакуацией людей при пожаре: φ , A , B , L – параметры математической модели [2]

Разработанная система управления эвакуацией может эксплуатироваться в нескольких режимах работы: в режиме повседневной деятельности (для получения сведений о параметрах движения людского потока в здании и т.д.), в режиме ЧС (для управления эвакуацией людей при пожаре, а также направлении пожарных подразделений к месту очага пожара и/или к месту, где оказались заблокированы люди). Также система может быть применена при проведении тренировочных занятий по эвакуации людей из здания.

При наличии такой системы расширяются возможности ЛПР, в частности, появляется возможность управления эвакуацией и контроля, реализации различных стратегий эвакуации в зависимости от начальных условий, также в значительной степени снижается информационная нагрузка ЛПР при принятии решений в ходе эвакуации.

Заключение

Разработана система управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях, применение которой позволит не только значительно сократить время эвакуации людей, но и обеспечить их безопасность во время эвакуации. Разработанная система может быть использована как источник релевантной информации о закономерностях и особенностях движения людей в здании как при пожаре, так и при тренировках по эвакуации.

Несмотря на локальную завершенность данной разработки, перспективными представляются исследования с целью определения времени реакции и особенностей поведения людей при получении информации от динамических указателей. Кроме того, в дальнейшем, планируется расширение функций вычислительного модуля: реализация возможности одновременно производить расчёт наиболее безопасных путей движения пожарных подразделений к месту пожара или к месту, где оказались заблокированными эвакуируемые.

Литература

1. **Шихалев Д.В., Хабибулин Р.Ш.** Системы управления эвакуацией в зданиях торгово-развлекательных центров // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22, № 6. С. 61-65.
2. **Шихалев Д.В., Хабибулин Р.Ш.** Математическая модель определения направлений безопасной эвакуации людей при пожаре // Пожаровзрывобезопасность. № 4. 2014. С. 51-60.
3. **Шихалев Д.В., Хабибулин Р.Ш.** Программный комплекс по определению направлений безопасной эвакуации людей при пожаре. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 19 марта 2014 г., № 2014613143.
4. **Шихалев Д.В., Хабибулин Р.Ш., Kemloh U.** Программный модуль определения безопасного пути эвакуации в составе симулятора *JuPedSim*. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 20 июля 2014 г., № 2014615006.
5. **Shikhalev D., Khabibulin R., Kemloh U.** Development of a safest routing algorithm for evacuation simulation in case of fire // International conferences on agents and artificial intelligence – ICAART 2014. Anger, France. Pp. 685-690.
6. **Shikhalev D., Khabibulin R., Kemloh U.** Current result of simulation of safest path algorithm in T-junction // Матер. 3-й междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов "Проблемы техносферной безопасности – 2014". М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. С. 113-116.
7. **Хабибулин Р.Ш., Шихалев Д.В.** Электронный динамический указатель путей эвакуации при пожаре в зданиях с массовым пребыванием людей // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. № 1 (41). 2012. 5 с.
8. **Шихалев, Д.В., Хабибулин, Р.Ш.** Световой оповещатель. Патент на полезную модель от 27 декабря 2013 г. № 136212.
9. **Членов А.Н., Шакирова А.Ф., Орлов П.А.** Совершенствование средств оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2009. № 4. С. 65-72.