УДК
614.842.65;
614.849;
004.05,
004.942;
614.841.12

Э.О. Савицкая, А.В. Горбатов

СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЭВАКУАЦИИ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Рассмотрены проектирование, разработка и внедрение системы моделирования и визуализации процесса эвакуации сотрудников предприятия в чрезвычайных ситуациях на потенциально опасные участки объектов массового пребывания людей. Разработанная система позволяет наглядным образом, на основе учебного видео продемонстрировать сотрудникам предприятия весь процесс эвакуации из помещения, а сотруднику, ответственному за пожарную безопасность, заметно уменьшить количество проведений реальных учебных тревог, за счет неограниченного количества имитаций процесса эвакуации в системе. В свою очередь, это поспособствует значительной экономии рабочего времени как всего персонала на данном участке объекта, так и учебного времени студентов.
Ключевые слова: пожарная эвакуация, объекты массового пребывания людей, чрезвычайная ситуация, потоки людей.

В настоящее время решение вопросов обеспечения безопасности прохождения в условиях ограниченного пространства большого количества людей представляет актуальную проблему, т.к. во многих экстренных ситуациях даже одно необдуманное действие небольшой группы людей может повлечь за собой множество человеческих жертв. С довольно серьезной проблемой, движения людей в толпе в экстренной ситуации, люди могут столкнуться на многих объектах массового пребывания, например, метрополитен, производственные и жилые здания и т.п.

В статистике чрезвычайных ситуаций, наибольшее количество несчастных случаев имеют техногенный характер. В Российской Федерации, согласно фактическим данным, каждый год только на жилой сектор приходится до 55% пожаров. В то время как на общественный сектор 10%, а в складских и производственных секторах до 30%, от общего числа. Всего ежегодно, по причине неквалифицированных действий населения

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 12. С. 222–224.
© 2016. Э.О. Савицкая, А.В. Горбатов.

при пожарах гибнет от 13 до 18 тыс. человек. Другими словами, на 1 млн человек погибает более сотни человек, в то время как в США этот показатель меньше в 6 раз. Данные факты доказывают актуальность решения проблем эвакуации людей, в условиях ограниченного пространства, травматизм и гибель в которых происходит в 9 из 10 случаев [1].

Значительно увеличивается диапазон решаемых инженерных задач при помощи компьютерного моделирования. Это происходит за счет развития автоматизации проектирования на основе разработок ученых с применением ЭВМ. Наиболее актуальным в рассматриваемой задаче является изучение поведения потока людей в чрезвычайной ситуации [2]. Появляется модель индивидуально-поточного движения, которая одновременно объединяет в себе преимущества, как индивидуального движения людей, так и движения их в потоке. Подобная модель позволяет еще на этапе проектирования здания определить и устранить возможные очаги уплотнения людей в случае экстренной эвакуации, путем добавления новых выходов или увеличения коридорной пропускной способности, ориентируясь при этом на количество людей, находящихся в здании или конкретно на выбранном этаже, в случае проектирования многоэтажного комплекса [6].

Таким образом, в связи с актуальностью проблемы эвакуации людского потока в случаях чрезвычайных ситуаций, целесообразно разработать систему моделирования движения людского потока в учебном заведении (университете), которая позволит наглядным образом продемонстрировать безопасные пути выхода из помещения и высчитать время, затраченное на эвакуацию всех сотрудников и студентов.

При помощи средств компьютерного моделирования, в настоящее время предоставляется возможность не только моделирования, но и наглядного представления процессов эвакуации сотрудников и посетителей потенциально опасного объекта. Исходя из этого, целесообразно разработать систему моделирования, которая должна обладать следующими свойствами:

- удобством и простотой в использовании для людей, не имеющих профессионального образования в области информатики и программирования;
- наглядным образом показывать визуализацию процесса эвакуации в 2D- и 3D-видах;
- производить математические расчеты;

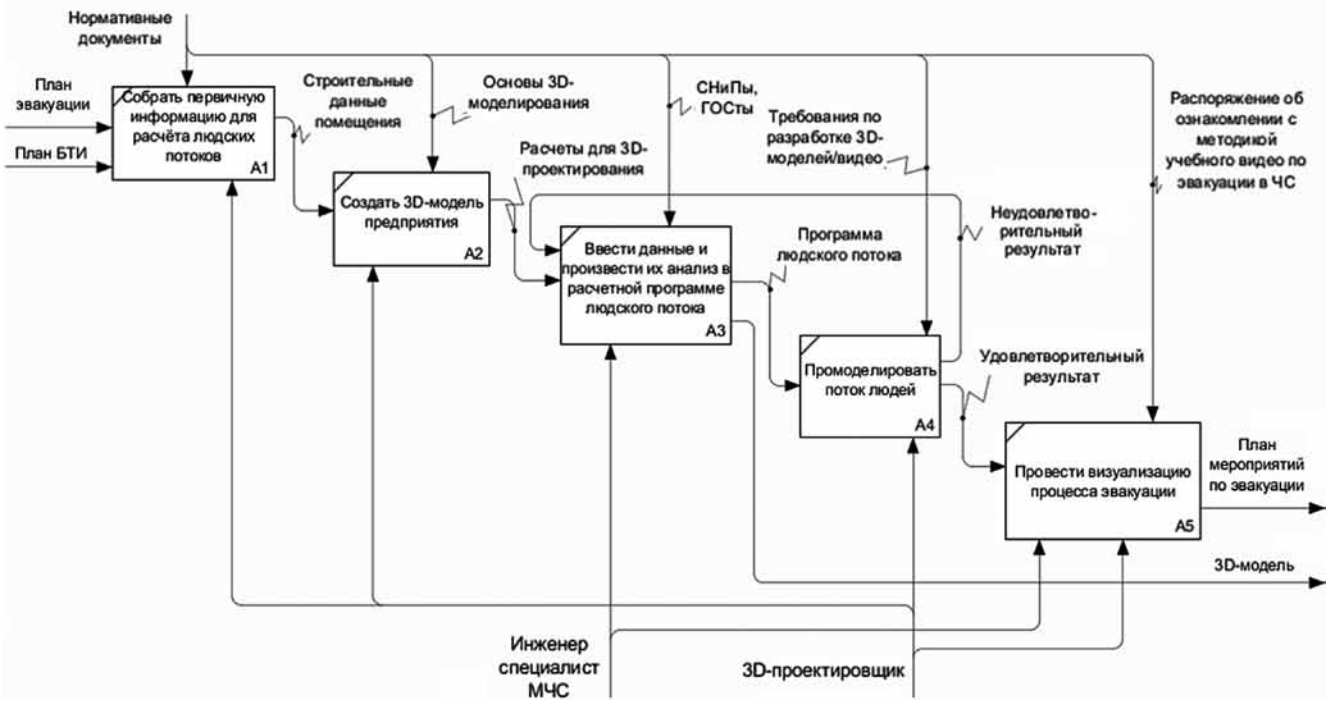

Рис. 1. Диаграмма IDEF0 (модель TO-BE)

• иметь возможность изменять заданные параметры пользователем (количество человек в каком-либо кабинете, скорость людей и т.д.).

Для внедрения системы, отдел, отвечающий за пожарную безопасность на предприятии, должен располагать персональным компьютером с минимальными системными требованиями:

• операционная система: Windows XP / Vista / Windows 7 / Windows 8;

• процессор: частота не ниже 1,5 ГГц;

• оперативная память: от 500 Мб и выше.

В соответствии с требованиями к разрабатываемой системе, была создана диаграмма IDEF0 (TO-BE) [3], на которой представлен полный процесс работы системы, начиная от сбора первичной информации для моделирования процесса эвакуации, заканчивая ее внедрением в эксплуатацию (рис. 1).

В результате чего была разработана система для моделирования и визуализации процесса эвакуации персонала предприятия при чрезвычайных ситуациях, которая наглядным образом позволяет сотруднику, ответственному по пожарной безопасности, проводить имитацию пожарной эвакуацию, без привлечения людей [9]. Данная система предназначается для учебного заведения и представлена в двух видах: 2D- (рис. 3) и 3D-видах (рис. 4). 2D-вид предназначается для обзора сверху полной обстановки на исследуемом этаже, а именно:

• количества человек, участвующих в эвакуации;

• путей движения сотрудников к разным эвакуационным выходам;

• вероятных мест возникновений человеческих давок.

Рис. 2. Диаграмма вариантов использования «Use Case»

Для анализа функциональных требований к программному обеспечению, построим UML-диаграмму вариантов использования «Use Case» (рис. 2) [8]. Эта диаграмма построена с использованием CASE-средства StarUML. Причиной ее построения является необходимость выявления общих требований к функциональному поведению разрабатываемой системы, позволяя при этом, наглядно отобразить процесс взаимодействия между пользователями и моделируемой системой.

С целью предотвращения уплотнений в потоке людей, сотрудник, ответственный по пожарной безопасности [13], имеет возможность изменять введенные изначально данные для проведения имитации эвакуации (количество сотрудников в каждом кабинете) и вновь перезапускать процесс моделирования, не дожидаясь окончания первого эксперимента имитации; обладает функцией «паузы», которая позволяет сотруднику, в случае необходимости, отвлечься от проведения эвакуации, а позже возобновить процесс с места его временной остановки. Темные области на представленном плане эвакуации в 2D-виде (рис. 3) обозначают места добавления дополнительных людей в процесс эвакуации. Это объясняется тем, что исследуемый этаж разрабатываемой системы, содержит не только помещения для структурных подразделений учебного заведения, но и лекционные, лабораторные аудитории, каждый раз в которых количество человек значительно разниться. Количество ввода в систему человек в лекционных аудиториях зависит от нескольких факторов: от общего количества чело-

Рис. 3. Представление здания в 2D-виде

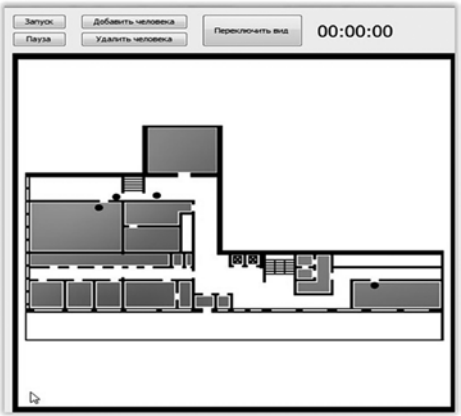

Рис. 4. Представление здания в 3D-виде

век в группе, и от количества реально пришедших на занятие. Чем точнее в данном случае будут введенные данные, тем вернее будут данные в отчете по имитации эвакуации.

В случае возникновения непредвиденной ситуации [13], во время процесса имитации эвакуации сотрудников с предприятия, например, значительное количество человек длительное время не имело возможности выбраться из определенного участка исследуемого помещения, пользователю системы предоставляется возможность переключиться с 2D на 3D-вид и подробно разобраться в случившейся ситуации.

Таким образом, разработанная система позволит доступным образом показать и провести анализ движения каждого человека, с учетом его физических возможностей в пожароопасном помещении. А также на начальном этапе устранить возможность людских уплотнений, зачастую препятствующих быстрому покиданию места повышенной опасности, влекущие за собой человеческие жертвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная ассоциация противопожарных и спасательных служб (КТИФ) [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: http://pozhproekt.ru/enciklopediya/ktif (дата обращения 13.08.2015).

2. *СНиП 41-01-2003*, приложение А: «Термины и определения». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://service-teplo.ru/?page_id=2661 (дата обращения 30.09.2015).

3. *База* знаний в области пожарного дела. [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: http://wiki-fire.org/ (дата обращения 26.10.2015).

4. *Бордик И. В.*, *Матафонова Т. Ю.* Экстренная психологическая помощь пострадавшим в чрезвычайных ситуациях. Кн. 1, 4-е изд. – М., 2009.

5. *Документация* по ПБ, инструкции, программы инструктажей, приказы, акты, планы эвакуаций. [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: http://planforevacuation.ru/instrukcii/Provedeniye-trenirovok-uchebnih-uchrejdeny.htm (дата обращения: 31.09.2015).

6. *Исследования* движения людских потоков. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.fireevacuation.ru/foot.php (дата обращения 10.11.2015).

7. *Гриценко Ю. Б.*, *Жуковский О. И.*, *Загальский О. Г.* Использование сетей Петри. – М., 2010. – С. 213.

8. *Аристов А. О.* Информационный образовательный ресурс локального доступа «Видеокурс «Проектирование систем»». Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 15263 от 27.01.2010. Инв.номер ВНТИЦ № 50201000248 от 19.02.2010.

9. *Зуйков А. А.* Внедрение в работу органов управления МЧС современных информационных технологий // Известия тульского государственного университета. Технические науки. – 2008. – № 3.

10. *Замятина О. М.* Моделирование систем: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 204 с.

11. *Литвинцев К. Ю., Дектерев А. А., Кирик Е. С.* Интеграция математических моделей эвакуации и развития пожара. – М.: изд. «Информатизация и связь», 2015.

12. *Аптуков А. М.*, *Брацун Д. А.*, *Люшнин А. В.* Моделирование поведения паникующей толпы в многоуровневом разветвленном помещении // Компьютерные исследования и моделирование. – 2013. – Т. 5, № 3. – С. 491–508.

13. *Методика* оценки пожарного риска для общественных зданий. Нормативный документ в области независимой оценки рисков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pogaranet.ru/qa/477.html (дата обращения: 02.05.2016). ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Савицкая Элина Олеговна[1] – студент,
e-mail: elina.savitskaya@yandex.ru,
Горбатов Александр Вячеславович[1] – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой,
[1] НИТУ «МИСиС».

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 12, pp. 222–224.

UDC 614.842.65; 614.849; 004.05, 004.942; 614.841.12

E.O. Savitskaya, A.V. Gorbatov

SYSTEM MODELING AND VISUALIZATION OF EVACUATIONS COMPANIES IN EMERGENCIES

The article deals with the design, development and implementation of system simulation and visualization of the process of evacuation of employees of the enterprise in emergency situations on potentially dangerous objects of mass stay of people.

The developed system allows a transparent manner, based on an instructional video to demonstrate the company's employees the whole process of evacuation of the premises, and the employee responsible for fire safety, notably to reduce the amount of real conducts drills, by an unlimited number of simulations of the process of evacuating the system. In turn, this will contribute to significant savings in labor time as the entire staff at the site of the object, and training time students.

Key words: fire escape, objects of mass stay of people, emergency, people flows.

AUTHORS

Savitskaya E.O.[1], Student,
e-mail: elina.savitskaya@yandex.ru,
Gorbatov A.V.[1], Doctor of Technical Sciences,
Professor, Head of Chair,
[1] National University of Science and Technology «MISiS»,
119049, Moscow, Russia.

REFERENCES

1. *Mezhdunarodnaya assotsiatsiya protivopozharnykh i spasatel'nykh sluzhb (KTIF)*, 2014, available at: http://pozhproekt.ru/enciklopediya/ktif (accessed 13.08.2015).

2. *SNiP 41-01-2003, prilozhenie A: «Terminy i opredeleniya»* (SNIP 41-01-2003, Annex A, «Terms and definitions»), available at: http://service-teplo.ru/?page_id=2661 (accessed 30.09.2015).

3. *Baza znaniy v oblasti pozharnogo dela*, 2014, available at: http://wiki-fire.org/ (accessed 26.10.2015).

4. Bordik I. V., Matafonova T. Yu. *Ekstrennaya psikhologicheskaya pomoshch' postradavshim v chrezvychaynykh situatsiyakh*, kniga 1, 4-e izd. (Emergency psychological assistance to victims in emergency situations. Book 1, 4th edition), Moscow, 2009.

5. *Dokumentatsiya po PB, instruktsii, programmy instruktazhey, prikazy, akty, plany evakuatsiy*, 2015, available at: http://planforevacuation.ru/instrukcii/Provedeniye-trenirovok-uchebnih-uchrejdeny.htm (accessed: 31.09.2015).

6. *Issledovaniya dvizheniya lyudskikh potokov*, available at: http://www.fireevacuation.ru/foot.php (accessed 10.11.2015).

7. Gritsenko Yu. B., Zhukovskiy O. I., Zagal'skiy O. G. *Ispol'zovanie setey Petri* (Using Petri nets), Moscow, 2010, pp. 213.

8. Aristov A. O. *Svidetel'stvo o registratsii elektronnogo resursa no 15263*, 27.01.2010 (Certificate of registration of an electronic resource no 15263). Inv. nomer VNTITs 50201000248, 19.02.2010.

9. Zuykov A. A. *Izvestiya tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. 2008, no 3.

10. Zamyatina O. M. *Modelirovanie sistem*: Uchebnoe posobie (Modeling systems, Educational aid), Tomsk: Izd-vo TPU, 2009, 204 p.

11. Litvintsev K. Yu., Dekterev A. A., Kirik E. S. *Integratsiya matematicheskikh modeley evakuatsii i razvitiya pozhara* (Integration of mathematical models of evacuation and fire development), Moscow, izd. «Informatizatsiya i svyaz'», 2015.

12. Aptukov A. M., Bratsun D. A., Lyushnin A. V. *Komp'yuternye issledovaniya i modelirovanie*. 2013, vol. 5, no 3, pp. 491–508.

13. *Metodika otsenki pozharnogo riska dlya obshchestvennykh zdaniy. Normativnyy dokument v oblasti nezavisimoy otsenki riskov*, available at: http://www.pogaranet.ru/qa/477.html (accessed: 02.05.2016).