

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

А. П. Назаренко, директор НТЦ, заместитель генерального директора ФГУП НИИР, к.т.н.; apn@niir.ru

В. К. Сарьян, директор Научно-образовательного центра ФГУП НИИР, д.т.н.; sarian@niir.ru

Н. А. Сущенко, инженер по ИКТ 1-й категории ФГУП НИИР; 070@niir.ru

А. С. Лутохин, инженер по ИКТ 1-й категории ФГУП НИИР; 070@niir.ru

Пример многочисленных катастроф, произошедших в последнее время, показывает, что для спасения людей при чрезвычайных ситуациях (ЧС) инфокоммуникационные технологии используются недостаточно эффективно даже в развитых странах. В настоящей работе рассматривается модель систем управления при ЧС, позволяющая проанализировать причины такой неэффективности. Предлагается также новая парадигма управления при ЧС, предполагающая переход от оповещения к индивидуализированному спасению. Результатом ее применения является создание равных возможностей при спасении людей при ЧС.

Ключевые слова: инфокоммуникационные технологии, чрезвычайные ситуации, спасение людей, системы управления при чрезвычайных ситуациях.

Введение. В настоящее время практически во всех странах наблюдается рост числа природных и техногенных катастроф. В связи с этим высокую актуальность приобретают приложения инфокоммуникационных технологий (ИКТ), использование которых в чрезвычайных ситуациях (ЧС) уменьшает ущерб и, в первую очередь, количество человеческих жертв.

Количество погибших в каждой конкретной ЧС определяется большим количеством факторов: тип ЧС (пожар, наводнение, землетрясение, взрыв и т.п.), место и время его возникновения, поведение людей, находящихся в зоне ЧС, действия лиц, ответственных за организацию их спасения.

Современные средства ИКТ позволяют уменьшить смертность при ЧС различными способами. Например,

автоматические средства ликвидации ЧС, в которых активно используются различные ИКТ, позволяют ограничить интенсивность физического воздействия ЧС или замедлить ее рост. Применение систем оповещения и управления эвакуацией увеличивает вероятность успешного самостоятельного и организованного спасения. Число людей, находящихся в зоне ЧС, может быть уменьшено за счет раннего оповещения о ЧС. Снижение смертности в зоне ЧС может быть достигнуто также благодаря использованию средств ИКТ путем передачи информации о необходимых действиях, улучшению тренированности и подготовленности к ЧС, четкой координации спасательных работ.

Вместе с тем, пример многочисленных катастроф, произошедших в последнее время, таких как авария на реакторе «Фукусима» в Японии или крушение парома «Севол» в Южной Корее показывает, что средства ИКТ используются недостаточно эффективно даже в развитых странах. Несмотря на высокую техническую оснащенность этих стран, число жертв, погибших в катастрофах, продолжает оставаться большим. Ниже рассматривается модель системы управления при ЧС, которая позволит проанализировать причины такой неэффективности и предлагается парадигма индивидуализированного спасения при ЧС, направленная на устранение этих причин.

Модель возникновения неопределенности во времени в системах управления при ЧС. Целесообразно выделить следующие этапы управления при ЧС [1]:

- обнаружение возникновения ЧС;
- принятие решения об объявлении тревоги;
- оповещение о ЧС;
- спасение людей.

Последний этап характеризуется тремя параллельно идущими процессами: самостоятельная эвакуация (выход из зоны ЧС или укрытие в безопасном месте), организованная эвакуация, а также спасение людей, которым требуется помощь [2]. Этот процесс делится еще на два этапа: обнаружение людей, находящихся в опасности, и спасение их ответственным персоналом. Структуру этапов

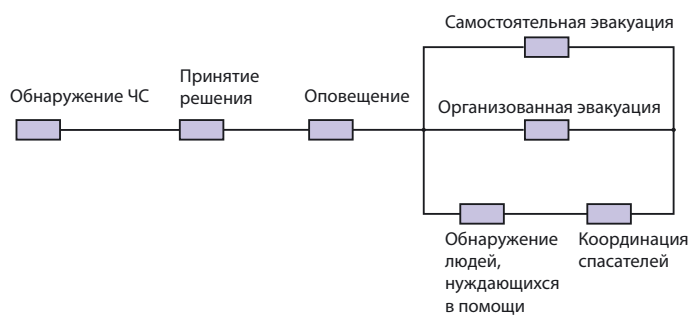


Рис. 1. Схема структуры этапов процессов управления при ЧС

и процессов управления при ЧС можно изобразить в виде схемы (рис. 1).

В общем случае можно записать следующее соотношение, определяющее количество человеческих жертв при ЧС N в зависимости от времени t и интенсивности физического воздействия ЧС $c(t)$ [3]:

$$N = N(c(t), t) = F_D(c(t), t)(1 - F_E(c(t), t))N_{\text{PAR}},$$

где N_{PAR} — число людей, находящихся в зоне ЧС в момент ее возникновения, $F_E(c(t), t)$ — вероятность успешной само-

стоятельной или организованной эвакуации, $F_D(c(t), t)$ — смертность людей, оставшихся в зоне ЧС.

Рассмотрим *самостоятельную и организованную эвакуацию*. Условие успешной самостоятельной или организованной эвакуации заключается в том, чтобы время t_E , затрачиваемое на эвакуацию, не превышало времени наступления катастрофической фазы ЧС t_A , в течении которого возможно самостоятельному спасению существенно уменьшаются.

Время самостоятельного спасения t_E складывается из времени выполнения всех этапов управления при ЧС. При проектировании зданий и средств спасения стремятся, чтобы среднее время эвакуации t_E было меньше времени t_A с некоторым запасом Δt_s . Те люди, индивидуальное время эвакуации которых превышает среднее на величину большую Δt_s , остаются в зоне ЧС во время катастрофической фазы и имеют высокую вероятность гибели.

Таким образом, смертность при ЧС определяется вероятностью значительного отклонения величины t_E от среднего значения. При этом среднее квадратичное отклонение σ не является надежной характеристикой такого отклонения, поскольку наличие запаса t_s величиной в несколько σ не гарантирует успешной эвакуации всех людей. Вместо этого предлагается использовать величину *неопределенности во времени* Δt_s , равную разнице между худшим ожидаемым и средним временем эвакуации [4]. Можно записать следующее выражение для вероятности успешного самостоятельного спасения:

$$F_E = P(\bar{t}_E + \Delta t_s \leq t_A).$$

Исследования показывают, что неопределенность во времени увеличивается с каждым следующим этапом [3]. Если изобразить на графике долю людей (из первоначально находившихся в зоне ЧС), успешно завершивших тот или иной этап, в зависимости от времени, то получится семейство кривых, подобное изображенным на рис. 2.

На рис. 2 рост неопределенности во времени соответствует тому, что кривые, расположенные правее, являются более пологими.

Существует две основные причины возникновения неопределенности во времени и ее роста для каждого следующего этапа: разное местоположение людей во время воз-

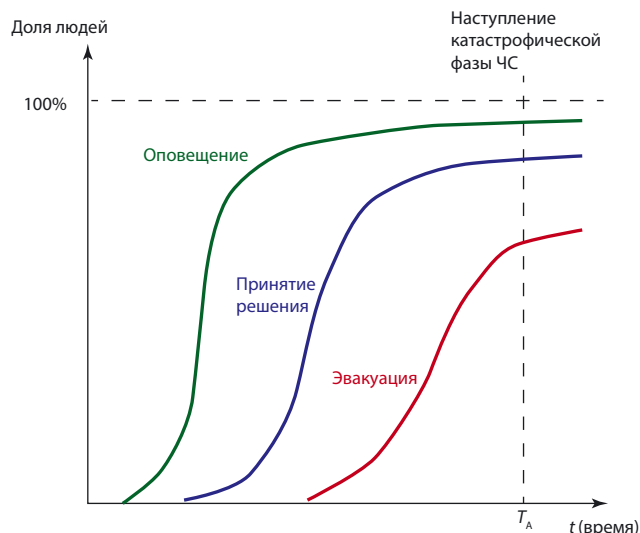


Рис. 2. Зависимость доли людей (из первоначально находившихся в зоне ЧС), завершивших этап эвакуации, от времени

никновения ЧС и неравенство их возможностей по спасению [5]. Первую причину стремятся минимизировать еще при проектировании зданий и средств спасения, создавая несколько путей эвакуации для разных зон. Вторая причина устраняется сложнее, поскольку существует большое количество факторов неравенства, например:

- разные физические и психические возможности, наличие или отсутствие ограничений по здоровью;
- разная восприимчивость к физическому воздействию ЧС;
- разный уровень тренированности и подготовленности к ЧС;
- неравные возможности в получении информации о факте возникновения ЧС, в том числе незнание языка, на котором проводится оповещение;
- разная информированность о действиях, необходимых для самостоятельного спасения.

Каждый из этих факторов неравенства вносит свой вклад в неопределенность во времени. Из теории вероятности известно, что наличие нескольких независимых случайных факторов (и информации по ним) способно уменьшить неопределенность результирующей величины. Однако в случае ЧС указанные факторы нельзя считать независимыми. В частности, между собой коррелируют, с одной стороны, индивидуальный психофизические возможности человека и его восприимчивость к воздействию ЧС; с другой стороны — возможности по получению информации о возникновении ЧС и необходимых действиях.

Большинство имеющихся сегодня систем оповещения нацелены на ликвидацию последних двух факторов неравенства, обеспечивая одновременную передачу всем сигнала о ЧС и сообщения о необходимых действиях. Но из-за того, что остается еще ряд других факторов, причем коррелированных друг с другом, результирующая неопределенность во времени лишь увеличивается. Например, в случае объявления о пожаре внутри здания у инвалидов с ограничениями мобильности практически не остается шансов выбраться из здания самостоятельно вследствие возникновения давки на выходе.

При этом (из-за наличия положительных обратных связей [6]) чем более усложняется процедура самостоятельного спасения, тем сильнее неопределенность зависит от времени, поскольку на каждом следующем промежуточном этапе она увеличивается. К примеру, потратив слишком много времени на принятие решения, человек может потерять возможность воспользоваться несколькими вариантами спасения из-за усиления физического воздействия ЧС.

Рассмотрим теперь процесс спасения людей ответственным персоналом. Количество человеческих жертв при реализации этого процесса зависит от функции $F_D(c(t), t)$, которая определяет вероятность выживания человека в зависимости от интенсивности физического воздействия ЧС $c(t)$ и его продолжительности. Упрощенно можно считать, что для каждого человека существует некоторое пороговое значение времени, в течение которого он может находиться в зоне ЧС t_R . Тогда можно записать:

$$F_D(c(t), t) = P(t_R < t).$$

Неравенство, вызванное разной восприимчивостью к физическому воздействию ЧС, создает неопределенность во времени Δt_R , имеющегося у персонала для спа-

сения человека. Величина t_R обычно ниже у лиц с ограничениями по здоровью. Это еще больше усиливает неравенство, поскольку, как отмечалось выше, именно такие люди имеют наименьшие шансы для самостоятельной эвакуации, причем большинство систем координации спасательных работ не позволяют ликвидировать это неравенство.

Анализ причин низкой эффективности современных систем управления при ЧС. Описанные выше факторы позволяют сделать вывод о том, что современные системы управления при ЧС эффективно работают лишь тогда, когда воздействие факторов неравенства невелико. Однако на практике это случается довольно редко, и зачастую комбинация этих факторов, приводят к тому, что для отдельных людей в конкретной ЧС действие системы управления оказывается бесполезным или даже вредным.

Очевидно, причина этого заключается в самом подходе к управлению при ЧС, в основе которого лежит массовое одновременное оповещение всех людей. Такой подход не позволяет учесть индивидуальные особенности каждого человека: состояние здоровья, текущее местоположение, знание языка, восприимчивость к физическому воздействию ЧС. В результате люди с ограничениями по здоровью, нерезиденты и другие подобные категории людей оказываются в более невыгодном положении по сравнению с остальными. При этом они не получают от этого какой-либо выгоды, наоборот, этот подход может вызвать лишь задержку самостоятельного спасения всех людей.

Информация о факте возникновения ЧС и необходимых действиях оказывается полезной лишь в том случае, если она не только передана вовремя, но и донесена до человека наиболее подходящим образом, с учетом его индивидуальных особенностей, характера развития ЧС, местоположения человека и окружающих. Текущий уровень развития ИКТ, прежде всего, мобильных пользовательских терминалов (мобильных телефонов, планшетных компьютеров и т.п.) делает это довольно легко реализуемым. Однако до сих пор мобильные пользовательские терминалы используются для задач управления при ЧС крайне ограниченно. В связи с этим предлагается парадигма индивидуализированного управления при ЧС, основанная на активном использовании этих терминалов, впервые представленная авторами в работах [7, 8, 9]. Ниже будут приведены основные положения этой парадигмы.

Основные положения парадигмы индивидуализированного спасения при ЧС. Данная парадигма предполагает переход от оповещения к индивидуализированному спасению при ЧС [10, 11]. Для этого используются мобильные пользовательские терминалы, на которые устанавливаются специальные приложения, обеспечивающие взаимодействие телефона с системами управления при ЧС. В местах пребывания людей устанавливаются датчики, оснащенные беспроводными модулями для связи с терминалами. Датчики автоматически регистрируют начало ЧС, давая системе управления при ЧС возможность взаимодействия с пользователями на ранней ее стадии. Пользователи, т.е. все люди, установившие приложение и находящиеся в зоне ЧС, в автоматическом режиме получают предупреждения, причем инструкции соответствуют индивидуальным характеристикам отдельных пользователей. Они получают предупреждение об опасности в начале развития чрезвычайной ситуации и могут, не теряя времени, решить нужна ли эвакуация. Система управления при ЧС не только посылает оповещения, но

и передает пользователю информацию о самом коротком безопасном пути эвакуации с учетом его текущего местонахождения или другом способе самостоятельного спасения. Данная парадигма предполагает переход от оповещения к индивидуальному спасению [10–12].

После активации приложения и отправки первоначального оповещения система непрерывно взаимодействует с пользователем, отслеживая изменения чрезвычайной ситуации и процесс эвакуации из здания, при необходимости отправляя пользователю дополнительную информацию. Конкретное содержание сообщений для пользователя формируется не централизованно, а самим мобильным пользовательским терминалом на основе информации, получаемой от датчиков, и с учетом индивидуальных особенностей пользователя, информация о которых предварительно записывается в терминал. Время активации приложения тоже неодинаково для различных пользователей: люди, имеющие негативную чувствительность к определенным физическим факторам (например, вследствие аллергии на продукты горения), получают оповещение при их первом обнаружении до принятия решения о всеобщей эвакуации. Непрерывный поток информации на родном языке пользователя, предназначенный непосредственно этому пользователю, позволяет существенно сократить время спасения и предотвращает панику. Кроме того, терминалы передают информацию о своих владельцах в центр управления действиями в ЧС, поэтому спасатели могут эффективно выполнить свою функцию.

Результатом применения парадигмы индивидуализированного спасения при ЧС является расширение класса условий, при которых применение систем управления при ЧС становится успешным. За счет автономности и децентрализации устраняется большинство факторов неравенства, неблагоприятных для традиционных систем оповещения.

Заключение. В работе показано, что сегодня ИКТ в системах управления при ЧС используются недостаточно эффективно, в связи с чем предложена парадигма управления, предполагающая переход от оповещения к индивидуализированному спасению. Результатом ее применения должно стать создание равных возможностей при спасении людей при ЧС.

Планируется, что новая парадигма будет внедрена в первую очередь в странах Азиатско-Тихоокеанского Экономического сотрудничества (АТЭС), куда входит и Россия. Регион АТЭС наиболее подготовлен для практической реализации парадигмы, так как, с одной стороны, частые катастрофы природного и техногенного характера создают необходимость внедрения систем индивидуализированного спасения, с другой стороны, хороший уровень развития ИКТ, в том числе высокая доля распространения мобильных пользовательских терминалов среди населения, обеспечивают технические условия для такого внедрения. Необходимость внедрения парадигмы была признана всеми странами-участницами АТЭС, что было отмечено в тексте Санкт-Петербургской

Декларации министров АТЭС, отвечающих за политику в области ИКТ.

Работа выполнена на базовой кафедре Радио и информационных технологий МФТИ при ФГУП НИИР в Научно-образовательном центре исследования перспективных технологий в радиоотрасли ФГУП НИИР.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Владимиров В. А. и др.** Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. (Серия «Кибернетика: неограниченные возможности и возможные ограничения»).— М.: Наука, 2010.— 431 с.
2. **Nazarenko A., Sarian V., Suschenko N., Lutokhin A.** Assessment Of New Information And Communication Technologies using activity-based costing and tensor analysis of networks / Proceedings of the 2014 ITU Kaleidoscope Academic Conference: Living in a converged world — impossible without standards? — St. Petersburg: ITU, 2014.— С. 269—274.
3. **Jonkman S. N., Lentz A., Vrijling J. K.** A general approach for the estimation of loss of life due to natural and technological disasters // Reliability Engineering & System Safety.— 2010.— Vol. 95, issue 11.— С. 1123—1133.
4. **Гумбель Э.** Статистика экстремальных значений.— М.: Мир, 1965.— 450 с.
5. **Больш Н.** Размышление о неравенстве: Анти-Руссо.— М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2014.— 272 с.
6. **Емельянов С. В., Коровин С. К.** Новые типы обратной связи: Управление при неопределенности.— М.: Наука. Физматлит, 1997.— 352 с.
7. **Сарьян В. К., Назаренко А. П.** Теория инфокоммуникационного взаимодействия человеко-машинных объектов и окружающей среды в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера / Труды 53-й научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук».— Т. 1. Радиотехника и кибернетика.— М.: МФТИ, 2010.— С. 137—139.
8. **Бутенко В. В., Назаренко А. П., Сарьян В. К., Сущенко Н. А., Лутохин А. С.** Новая парадигма использования инфокоммуникационных технологий (ИКТ) для создания систем индивидуализированного управления спасением людей при возникновении и протекании ЧС / IV Международная отраслевая научно-техническая конференция «Технологии информационного общества».— М.: МТУСИ, 2010.
9. **Сарьян В. К.** Эффективность существующих систем оповещения в условиях ЧС и методы ее существенного повышения / Сб. докладов на II Всероссийском форуме «Техногенные катастрофы: технологии предупреждения и ликвидации».— 2014.
10. **Обеспечение личной безопасности в чрезвычайных ситуациях.** // Новости МСЭ.— 2012.— №3.— С. 47—49.— Подготовлено при участии **В. В. Бутенко, А. П. Назаренко, В. К. Сарьяна, Н. А. Сущенко, А. С. Лутохина.**
11. Y.2222. Sensor Control Networks and related applications in Next Generation Network environment: ITU-T Recommendation.— approved 04/2013.— Geneva: International Telecommunication Union, 2013.— 30 с.
12. ITU Telecommunication Standardization Sector Applications of Wireless Sensor Networks in Next Generation Networks [Электронный ресурс]: Technical Paper.— 94 с.— URL: http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/tut/T-TUT-NGN-2014-PDF-E.pdf; Dev. by V. Butenko, A. Nazarenko, V. Sarian, N. Sushchenko and A. Lutokhin.

Получено 12.09.14