УДК 614.84

В.М. Колодкин, дир. Института гражданской защиты Удмуртского гос. ун-та, д-р техн. наук, проф. *О.А. Морозов*, ст. препод. (ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет»)

РАНЖИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ПО УРОВНЮ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ*

Представлен метод ранжирования территориальных образований по уровню пожарной опасности общественных зданий. Метод продемонстрирован на примере ранжирования районов Удмуртской Республики по уровню пожарной опасности зданий общеобразовательных учреждений. Ранжирование осуществлялось на основе средних по районам значений индивидуального пожарного риска. При ранжировании было использовано «частотное» определение вероятности эвакуации людей при пожаре. Процессы эвакуации моделировались с помощью имитационно-стохастической модели движения людских потоков. Для прогнозирования последствий пожаров использовались возможности проблемно-ориентированного ресурса. На основе полученных результатов сделан вывод о том, что ранжирование общественных зданий является необходимым этапом при проведении организационных, технических мероприятий, направленных на снижение ущерба от пожаров.

Ключевые слова: *пожарный риск, прогнозирование последствий пожара в здании, вероятность эвакуации людей из здания при пожаре.*

Одной из характеристик уровня пожарной опасности общественных зданий (под уровнем пожарной опасности понимается количественная оценка возможного ущерба от пожара) является величина индивидуального пожарного риска. Сопоставительный анализ количественных оценок пожарного риска позволяет выделить здания с высоким уровнем пожарной опасности. Именно к этим объектам должны в первую очередь применяться меры по снижению пожарной опасности. Динамика изменения количественных оценок риска позволяет проверить эффективность мер, направленных на снижение ущерба от пожаров в общественных зданиях и сооружениях, и, при необходимости, откорректировать эти меры.

Оценке величины индивидуального пожарного риска в настоящее время посвящено большое количество работ, например [1, 2]. Целью данной работы является ранжирование территорий по уровню пожарной опасности общественных зданий. Результаты ранжирования способствуют корректному распределению финансовых ресурсов между территориями в целях обеспечения пожарной безопасности. Для конкретизации рассмотрено ранжирование районов Удмуртской Республики по уровню пожарной опасности школьных зданий. В Удмуртской Республики функционирует примерно 600 общеобразовательных учреждений. В выборку было включено примерно 160 учреждений, расположенных на территориях 24 районов.

Ранжирование районов осуществлялось на основе средних по районам значений индивидуального пожарного риска $\overline{Q_{\text{В}}}$ (выборочное среднее). На первом этапе для каждого из зданий общеобразовательных учреждений, входящих в выборку, рассчитывалась величина индивидуального пожарного риска Q_i. Оценки сортировались по признаку принадлежности здания к району и для каждого района рассчитывались значения выборочного среднего $\overline{Q_{\text{В}}}$ и выборочной дисперсии s^2:

$$\overline{Q_{\text{В}}} = \sum_{i=1}^{n} Q_i N_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} N_i, \quad s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=2}^{n} (Q_i N_i - \overline{Q_{\text{В}}}\,\overline{N})^2, \qquad (1)$$

где Q_i – величина индивидуального пожарного риска для i-го общественного здания, расположенного в пределах района, в расчете на одного человека; n – количество зданий в пределах района: N_i – число людей в i-м здании; $\overline{N} = \sum_{i=1}^{n} N_i / n$.

На втором этапе отсеивались значения индивидуального пожарного риска, которые не укладывались в интервал $\pm\, 3s$. По множеству значений индивидуального пожарного риска, отве-

* В работе принимали участие преподаватели, сотрудники, аспиранты и студенты Удмуртского государственного университета: М.Э. Галиуллин, Д.В. Варламов, Д.М. Варламова, В.К. Ваштеев, Г.П. Князев, С.П. Кузнецов, А.Н. Кибардин, Е.Б. Корепанов, Е.В. Максимова, В.В. Мельников, А.С. Платунов, М.А. Рогожникова, П.Н. Савельев, А.Г. Сазонов, И.В. Семакин, А.М. Сивков, Д.С. Сорокина, А.С. Трошков, Б.В. Чирков, Т.Е. Ушаков, Ю.Д. Фролов, А.А. Яценко.

чающих условию $|Q_i N_i - \overline{Q_В}\,\overline{N}| \le 3s$, определялось среднее по району значение индивидуального пожарного риска $\overline{Q_В}$, которое и использовалось в процедуре ранжирования районов по уровню пожарной опасности общественных зданий.

Процедура отсеивания значений индивидуального пожарного риска позволяет исключить из рассмотрения здания, при формировании пространственно-информационных моделей которых были допущены ошибки. Пространственно-информационная модель здания (ПИМ) строится с участием человека, поэтому процедура ее построения наиболее подвержена ошибкам, особенно в случае большого количества зданий.

Величина индивидуального пожарного риска для здания $Q_В$ может быть определена соотношением [3]:

$$Q_В = Q_п\,(1 - R_{ап})\,P_{пр}\,(1 - P_э)\,(1 - P_{ПЗ}), \qquad (2)$$

где $Q_п$ – частота возникновения пожара в здании в течение года; $R_{ап}$ – вероятность эффективного срабатывания автоматических установок пожаротушения; $P_{пр}$ – вероятность присутствия людей в здании; $P_э$ – вероятность эвакуации людей; $P_{ПЗ}$ – вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты.

Вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты $P_{ПЗ}$ в соответствии с [3] равна:

$$P_{ПЗ} = 1 - (1 - R_{обн}\,R_{СОУЭ})\,(1 - P_{обн}\,R_{ПДЗ}) \qquad (3)$$

или в соответствии с уточнением [4]:

$$P_{ПЗ} = R_{обн}\,[1 - (1 - R_{СОУЭ})\,(1 - R_{ПДЗ})]. \qquad (4)$$

В этих выражениях $R_{обн}$ – вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации; $R_{СОУЭ}$ – условная вероятность эффективного срабатывания системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации; $R_{ПДЗ}$ – условная вероятность эффективного срабатывания системы противодымной защиты в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

Предположим, что для зданий общеобразовательных учреждений в соответствии с рекомендациями [3] эти показатели будут следующими: $R_{ап}$ = 0,9 при наличии в здании системы автоматического пожаротушения и $R_{ап}$ = 0 в противном случае; $R_{обн}$ = 0,8; $R_{СОУЭ}$ = 0,8; $P_{ПДЗ}$ = 0,8; $P_{пр}$ = 0,42.

Для оценки величины индивидуального пожарного риска рассмотрим значения параметров, входящих в выражение (2), для каждого из зданий. Средняя по России частота возникновения пожара в здании общеобразовательного учреждения в течение года [3] будет равна $4{,}16 \cdot 10^{-5}\,N$, где N – количество учащихся в учреждении. Для учета имманентных свойств зданий воспользуемся разложением функции $Q_п$ в ряд по параметрам, характеризующим свойства здания с точки зрения пожарной безопасности [5]:

- огнестойкость здания (средняя по зданию огнестойкость конструктивных элементов) μ_1;
- износ оборудования здания, влияющего на пожарную безопасность (износ электропроводки, отопительного оборудования) μ_2;
- климатические факторы, μ_3.

Факторы, характеризующие пожарную безопасность здания и учитывающиеся в выражении для величины пожарного риска (2), в разложении функции $Q_п$ не рассматриваются. Также можно пренебречь влиянием климатических факторов μ_3 на частоту $Q_п$, если территориальное образование (в данном случае Удмуртская Республика) не выходит за границы одной климатической зоны. Если $<Q_п>$ – оценка математического ожидания частоты возникновения пожара в здании в расчете на одного человека в течение года, а μ_i – факторы, влияющие на частоту, то, раскладывая $Q_п(\mu_i)$ в ряд относительно точки математического ожидания факторов и ограничиваясь первыми членами разложения, имеем [5]:

$$Q_п = Q_п(<\mu_1>, <\mu_2>, \ldots <\mu_n>) + \sum_{i=1}^{n} \beta_i \left(\frac{\mu_i}{<\mu_i>} - 1 \right), \quad \beta_i = \frac{\partial Q_п}{\partial \mu_i} <\mu_i>. \qquad (5)$$

В этих выражениях: $<\mu_i>$ – математическое ожидание значения i-го фактора (i = 1, 2, ..., n); $Q_п(<\mu_1>, <\mu_2>, \ldots <\mu_n>)$ – значение частоты в точке математического ожидания значений факторов, которое можно аппроксимировать значением $<Q_п>$. В первом приближении значение час-

тоты варьируется в пределах K при максимальной вариации значений факторов. Производная, входящая в выражение β_i, приближается выражением

$$\frac{\partial Q_п}{\partial \mu_i} \approx \frac{K < Q_п >}{n(\mu_{max} - \mu_{min})}. \quad (6)$$

Для каждой характеристики разработаны алгоритмы количественной оценки [6]. Выбрана шкала изменения основных факторов, влияющих на частоту возникновения пожара, так, чтобы значения факторов μ_i изменялись от 0 до 1, т. е. $\mu_{max} = 1$, $\mu_{min} = 0$. Численное значение параметра K принимается равным 0,1.

В таблице представлены усредненные по районам значения частоты возникновения пожара в зданиях общеобразовательных учреждений в течение года [6].

Ранжирование районов Удмуртской Республики и районов города Ижевска по прогнозируемой частоте возникновения пожара в зданиях общеобразовательных учреждений

Номер п/п	Районы	Среднее значение частоты возникновения пожара, 1/ год
Муниципальные образования Удмуртской Республики		
1	Кезский	$4{,}53 \cdot 10^{-5}$
2	Камбарский	$4{,}37 \cdot 10^{-5}$
3	Увинский	$4{,}31 \cdot 10^{-5}$
4	Можгинский	$4{,}27 \cdot 10^{-5}$
5	Сюмсинский	$4{,}27 \cdot 10^{-5}$
6	Глазовский	$4{,}26 \cdot 10^{-5}$
7	Сарапульский	$4{,}20 \cdot 10^{-5}$
8	Шарканский	$4{,}18 \cdot 10^{-5}$
9	Алнашский	$4{,}17 \cdot 10^{-5}$
10	Вавожский	$4{,}15 \cdot 10^{-5}$
11	Киясовский	$4{,}12 \cdot 10^{-5}$
12	Балезинский	$4{,}11 \cdot 10^{-5}$
13	Каракулинский	$4{,}09 \cdot 10^{-5}$
14	Ярский	$4{,}06 \cdot 10^{-5}$
15	Граховский	$4{,}04 \cdot 10^{-5}$
16	Боткинский	$4{,}01 \cdot 10^{-5}$
17	Селтинский	$4{,}01 \cdot 10^{-5}$
18	Красногорский	$4{,}00 \cdot 10^{-5}$
19	Якшур-Бодьинский	$4{,}00 \cdot 10^{-5}$
Внутригородские районы г. Ижевска		
1	Ленинский	$4{,}19 \cdot 10^{-5}$
2	Первомайский	$4{,}06 \cdot 10^{-5}$
3	Октябрьский	$4{,}05 \cdot 10^{-5}$
4	Индустриальный	$4{,}04 \cdot 10^{-5}$
5	Устиновский	$3{,}96 \cdot 10^{-5}$

Вернемся к оценке сомножителей, входящих в выражение (2), для оценки индивидуального пожарного риска. При оценке вероятности эвакуации $P_э$ может быть использован подход, основанный на сопоставлении временных интервалов, включающих в себя: расчетное время эвакуации людей $t_р$, интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации $t_{нэ}$, время блокирования путей эвакуации $t_{бл}$ [3, 4]. Указанный подход определен нормативными документами, в частности [3]. Вместе с тем данный подход имеет ряд недостатков [7]. Поэтому при ранжировании зданий по уровню пожарной опасности в данной работе было использовано «частотное» определение вероятности эвакуации людей при пожаре. По определению индивидуальный пожарный риск – пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара, т. е. индивидуальный пожарный риск – случайная величина, значение которой определяется, в частности, посредством другой случайной величины $P_э$. Вероятность эвакуации людей $P_э$ может быть определена через вероятность выхода человека из здания.

Для определения вероятности эвакуации $P_э$ рассмотрим функцию $x(t)$ – количество людей, вышедших из здания при пожаре к моменту времени t. Функция $x(t)$ – ограниченная сверху, кусочно-непрерывная функция, увеличивающая свои значения в моменты выхода очередного человека из здания (процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем). Свойства функции: $x(t = 0) = 0$; $x(t) \le N_0$, где N_0 – количество людей в здании при $t = 0$. Значения функции $x(t)$ зависят от многих случайных факторов: места возникновения пожара, распределения людей по зданию, распределения пожарной нагрузки и т. д. Функция $x(t)$ является возможной реализацией случайного процесса $X(t) = \varphi(t, \omega)$, $\omega \in \Omega$ (Ω – пространство элементарных сценариев). В сечении случайного процесса $X(t = t^*)$ имеем совокупность случайных величин: $\xi_1, \xi_2, \ldots \xi_i, \ldots \xi_m$, где ξ_i – количество людей, вышедших из здания к моменту времени t^* в условиях реализации i-го элементарного сценария. Распределение случайных величин в произвольном сечении случайного процесса характеризуется математическим ожиданием $M[X(t)] = m_\xi(t)$. Случайный процесс $X(t)$ при $t \ge t^0$ обращается в стационарный, если вариация математического ожидания случайного процесса обращается

в ноль: $\delta M[X(t \geq t^0)] = 0$. При этом $\xi_1(t^0)/N_0$, $\xi_2(t^0)/N_0$, ...$\xi_i(t^0)/N_0$, ...$\xi_n(t^0)/N_0$ – относительное количество людей, вышедших из здания при пожаре, в условиях реализации соответствующего аварийного сценария. Относительная доля числа людей, вышедших из здания при пожаре, случайным образом принимает значение в интервале от нуля до единицы. Под вероятностью эвакуации людей $P_э$ будем понимать нормированное значение математического ожидания случайного стационарного процесса:

$$P_э = \frac{1}{N_0} M[X(t \geq t^0)]. \qquad (7)$$

Пространство элементарных сценариев Ω в общем случае бесконечно. Действительно, элементарные сценарии различаются распределением людей по зданию, местом возникновения пожара в здании и т. д. При расчете вероятности эвакуации людей из здания в соответствии с (7) моделировалось не менее M случайных сценариев, где M совпадает с количеством помещений в здании. Оценка вероятности эвакуации людей $P_э$ из здания при пожаре основывается на результатах обработки не менее M вычислительных экспериментов, в процессе каждого из которых моделируется один из возможных аварийных сценариев.

Моделирование пожара основано на идеализации тепломассообмена в условиях экзотермической реакции окисления. Состояние среды при пожаре описывается набором характеристик (количество горючего, количество окислителя, скорость компонентов газовой среды и т. д.). Если эти характеристики усредняются по помещению, приходим к интегральной модели [8], если усредняются по элементарному объему, – приходим к полевой модели. Двухзонная модель – усреднение характеристик среды по двум зонам в помещении, разделенном горизонтальной плоскостью. Двухзонная модель пожара реализована, в частности, в программном комплексе CFAST [9]. Моделирование пожара в зданиях, внутреннее строение которых не может быть сведено к системе помещений с простой конфигурацией, основано на использовании полевой модели. Полевая модель реализована в программном комплексе FDS [10]. Программные комплексы CFAST и FDS – комплексы с открытым кодом и без ограничений на использование.

Результаты моделирования пожара представляются для каждого помещения здания в виде временного интервала $t_{бл}$ – время блокирования путей эвакуации [3]. Введем функцию доступности k-го помещения для человека Ψ_k. Функция Ψ_k изменяется в пределах от единицы (полная доступность) до нуля (полная недоступность). Для целей данной работы принималось, что функция Ψ_k скачком изменяется от единицы до нуля при достижении $t_{бл}$.

Предварительные результаты по сопоставлению времени блокирования путей эвакуации, полученного при моделировании пожара в зданиях с использованием различных типов моделей [7], показывают, что наиболее консервативная оценка времени достигается при использовании интегральной модели пожара в здании. Поэтому для целей данной работы использовалась именно эта модель.

Обращаясь к моделированию эвакуации людей, отметим, что в России исследования процессов эвакуации людей ведутся давно. Начальное состояние работ было отражено в монографии С.В. Беляева [11], а современное – в работах В.В. Холщевникова и Д.А. Самошина [12]. В Методике [3] для описания процесса эвакуации людей при пожарах из общественных зданий и сооружений рекомендованы три модели. Математические модели частично реализованы в программных комплексах. Из российских программных комплексов моделирования процесса эвакуации можно выделить СИТИС «Флоутек» и СИТИС «Эватек» [13]. Процесс эвакуации в рамках комплекса СИТИС «Флоутек» анализируется на основе упрощенной аналитической модели движения людского потока [3]. В основе моделирования эвакуации в рамках комплекса СИТИС «Эватек» лежит математическая модель индивидуально-поточного движения людей из здания [3]. Комплекс СИТИС «Эватек» – адаптация программы Simulex, разработанной в Эдинбургском университете [14]. Указанные программные комплексы ориентированы исключительно на условия локального использования.

Для целей данной работы при моделировании процессов эвакуации использовалась имитационно-стохастическая модель движения людских потоков [3, 12], программная реализация которой предусмотрена в рамках проблемно-ориентированного ресурса «Безопасность в техносфере» (http://rintd.ru/) [2].

Для каждого здания, размещенного в пределах территориального образования, рассчитывается величина индивидуального пожарного риска в соответствии с формулой (2). Вероятность эвакуации людей из здания при пожаре определяется на основе соотношения (7). При этом для каждого здания создается пространственно-информационная модель. Модель описывает также

топологию помещений и переходов между ними в виде графа связности G [помещения, двери (проемы)]. В графе G добавлены выделенные вершины-корни, пути к которым отражают выходы из здания. По графу связности определяются пути эвакуации людей из каждого помещения здания. Граф G перестраивается, если по мере развития пожара в помещении здания функция доступности Ψ_k обращается в ноль. В этом случае вершина удаляется из графа связности и определяются новые кратчайшие пути от каждой вершины графа до выхода из здания (пути эвакуации).

Как было указано, при оценке вероятности эвакуации людей из здания моделировалось не менее M случайных сценариев. Элементарные сценарии в данном случае различаются местом возникновения пожара и распределением людей по зданию. Место возникновения пожара в здании в каждом из M случаев определяется процедурой случайного выбора (монте-карловской процедурой). Распределение людей по зданию подчиняется условию нормировки

$$N_0 = \int_S g(x, y)\, dx\, dy, \tag{8}$$

где $g(x, y)$ – начальная плотность распределения людей по зданию, площадь которого S.

В каждом элементарном сценарии на функцию плотности распределения людей накладывается возмущение так, чтобы наряду с условием (8) для каждого из помещений здания k выполнялось условие

$$N_k \le \int_{S_k} \tilde{g}(x, y)\, dx\, dy, \tag{9}$$

где N_k – предельное количество людей в помещении k; S_k – площадь помещения.

Таким образом, при ранжировании территории по уровню пожарной опасности общественных зданий для каждого из зданий моделируются M аварийных сценариев. Предварительно строится пространственно-информационная модель каждого здания. Аварийные сценарии идентифицируются значениями случайных функций: место возникновения пожара; распределение людей по зданию в момент возникновения пожара. Цикл моделирования аварийного сценария включает в себя: моделирование развития пожара за элементарный интервал времени; корректировку функций доступности помещений для человека Ψ_k; построение графа связности помещений в здании; моделирование эвакуации людей из здания. Для каждого из M аварийных сценариев процесс моделирования продолжается до тех пор, пока случайная величина ξ_i (количество людей, вышедших из здания при реализации i-го сценария) не обратится в константу.

В качестве иллюстрации на рис. 1, 2 представлены результаты ранжирования муниципальных образований Удмуртской Республики и районов города Ижевска по уровню пожарной опасности зданий общеобразовательных учреждений. Для сравнения на рис. 1, 2 вертикальной линией выделено значение индивидуального пожарного риска, которое считается приемлемым для России.

Как видно на рис. 1, наиболее неблагоприятная ситуация с пожарной безопасностью общеобразовательных учреждений имеет место в Можгинском, Красногорском, Увинском и Сарапульском районах Удмуртской Республики. Некоторое сомнение вызывает уровень пожарной опасности общеобразовательных учреждений в Красногорском районе, для которого среднее значение частоты возникновения пожара (см. таблицу) значительно меньше, чем среднее значение частоты возникновения пожара в зданиях общеобразовательных учреждений России. Результат по Красногорскому району требует уточнения. Тем более что в Красногорском районе анализировались результаты всего по двум общеобразовательным учреждениям.

Приемлемый уровень пожарной опасности образовательных учреждений достигнут в Каракулинском, Глазовском, Боткинском, Вавожском, Граховском, Балезинском и Алнашском районах.

Требует проведения дополнительных исследований уровень пожарной опасности общеобразовательных учреждений, размещенных в Кезском, Камбарском, Сюмсинском и Якшур-Бодьинском районах. Информация, представленная по общеобразовательным учреждениям этих районов, недостаточна для достоверных выводов.

Таким образом, из муниципальных образований Удмуртской Республики тройка лидеров по пожарной безопасности общеобразовательных учреждений включает в себя Каракулинский, Глазовский и Воткинский районы. Наиболее неблагоприятная ситуация с пожарной безопасностью общеобразовательных учреждений отмечена в Можгинском, Увинском и Сарапульском районах.

Обращаясь к ранжированию районов г. Ижевска (см. рис. 2) отметим, что требуются дополнительные меры по повышению пожарной безопасности зданий общеобразовательных учреждений, в первую очередь, в Индустриальном и Устиновском районах. Наиболее благоприятная

ситуация – в Ленинском районе г. Ижевска. Причем, если сопоставить результаты ранжирования, представленные в таблице и на рис. 2, то по Ленинскому району г. Ижевска можно констатировать следующее. Прогнозируемая частота возникновения пожара в общеобразовательных учреждениях Ленинского района значительна, но последствия пожара для людей, а именно этот показатель отражен в величине пожарного риска, минимальны по отношению к последствиям пожаров в других районах города. Такие соотношения между средней по району частотой возникновения пожара и средним уровнем пожарной опасности имеют место в районах, где расположены небольшие общеобразовательные учреждения, а также общеобразовательные учреждения, оборудованные автоматическими системами пожаротушения. Действительно, как следует из выражения (2), величина индивидуального пожарного риска для здания $Q_{\text{в}}$ весьма существенно зависит от наличия в здании автоматической системы пожаротушения [15]. Наличие таких систем в зданиях школ Ленинского района обусловливает низкое значение средней по району величины индивидуального пожарного риска. В Ленинском районе можно прогнозировать определенные материальные потери от пожаров в образовательных учреждениях. Вероятность гибели людей при пожаре в образовательных учреждениях Ленинского района наименьшая по отношению к этому показателю в других районах г. Ижевска.

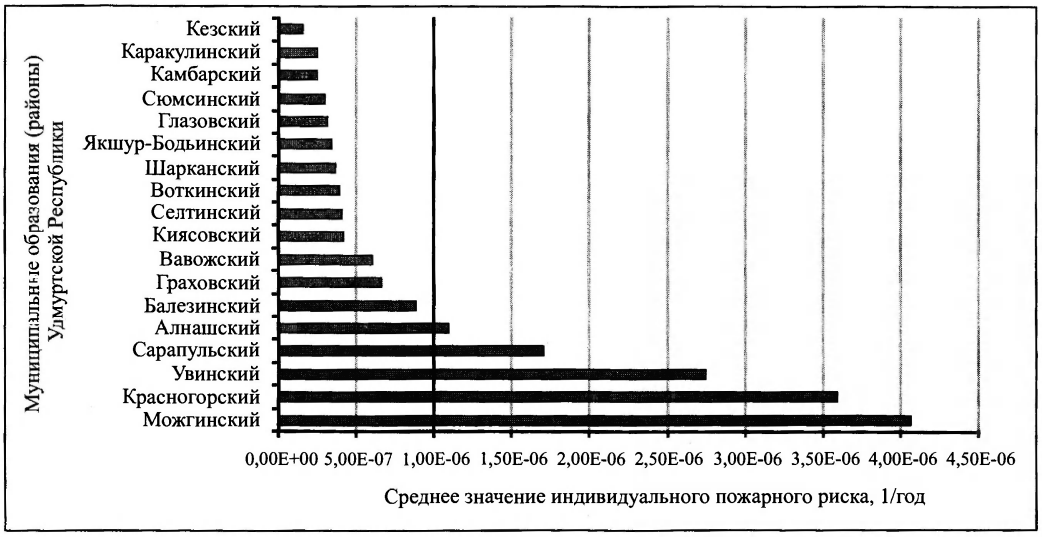

Рис. 1. Ранжирование муниципальных образований Удмуртской Республики по уровню пожарной опасности зданий общеобразовательных учреждений

Расчеты, проводимые при ранжировании территорий, базировались на возможностях проблемно-ориентированного ресурса «Безопасность в техносфере», который доступен в сети Интернет (http://rintd.ru/) [2, 15]. Ресурс поддерживает процедуру расчета количественной оценки пожарного риска для здания общеобразовательного учреждения в режиме on-line. Режим дистанционного доступа к системе прогнозирования последствий пожара обеспечил возможность одновременной работы нескольких десятков пользователей, в качестве которых обычно выступали члены добровольного студенческого пожарно-спасательного формирования.

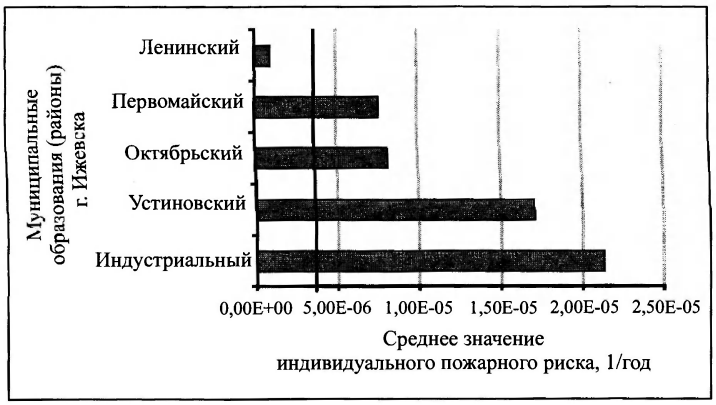

Рис. 2. Ранжирование районов города Ижевска по уровню пожарной опасности зданий общеобразовательных учреждений

Таким образом, представленный метод позволил ранжировать территорию Удмуртской Республики по уровню пожарной опасности зданий общеобразовательных учреждений, что является

необходимым этапом при проведении организационных, технических мероприятий, направленных на снижение ущерба от пожаров.

Работа выполнена в рамках гранта АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы», «Паспорт безопасности образовательного учреждения как основа управления рисками в образовательных учреждениях России».

Библиографические ссылки

1. *Колодкин В.М., Варламов Д.В., Малых Д.М.* Количественная оценка пожарного риска образовательных учреждений // Пожаровзрывобезопасность. 2010. № 4. С. 4–7.

2. *Колодкин В.М., Морозов О.А., Варламов Д.В.* Количественная оценка пожарного риска общественных зданий территориального образования // Проблемы анализа риска. 2011. Т. 8. № 3. С. 50–56.

3. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Электронный ресурс]: утв. приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382: зарегистрировано в Минюсте России 6 авг. 2009 г. № 14486 (в ред. приказа МЧС России от 12.12.2011 № 749). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. *Седов Д.В.* Уточнение методики расчета индивидуального пожарного риска // Пожарная безопасность. 2010. № 2. С. 116–122.

5. *Варламова Д.М., Колодкин В.М.* Ранжирование общеобразовательных учреждений Удмуртской Республики по частоте возникновения пожара // Пожарная безопасность. 2011. № 4. С. 124–127.

6. *Варламова Д.М., Колодкин В.М.* Частотный анализ пожарной безопасности общественных зданий (на примере образовательных учреждений Удмуртской Республики) // Безопасность в техносфере. 2011. № 3. С. 42–45.

7. Парадоксы нормирования обеспечения безопасности людей при эвакуации из зданий и пути их устранения / *В.В. Холщевников* [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20, № 3. С. 41–51.

8. *Кошмаров Ю.А.* Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учебное пособие. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118 с.

9. Fire Growth and Smoke Transport Modeling with CFAST [Электронный ресурс] URL: http://cfast.nist.gov/ (дата обращения: 12.12.2012).

10. Fire Dynamic Simulator – FDS [Электронный ресурс] URL: http://fire.nist.gov/fds/ свободный (дата обращения: 12.12.2012).

11. *Беляев С.В.* Эвакуация зданий массового назначения. М.: Из-во Всесоюзной академии архитектуры. 1938. 72 с.

12. *Холщевников В.В., Самошин Д.А.* Эвакуация и поведение людей при пожарах: учебное пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. 210 с.

13. СИТИС [Электронный ресурс]. URL: http://www.sitis.ru/ (дата обращения: 12.12.2012).

14. INTEGRATED ENVIRONMENTAL SOLUTIONS [Электронный ресурс]. URL: http:// www.iesve.com/ (дата обращения: 12.12.2012).

15. Интернет ресурс оценки уровня пожарной безопасности общественных зданий / *В.М. Колодкин* [и др.] // Пожарная безопасность в строительстве. 2011. № 4. С.16–21.

Материал поступил в редакцию 13.11.2012 г.

V.M. Kolodkin, O.A. Morozov

AREAS RANKING ACCORDING TO THE FIRE HAZARD LEVEL OF PUBLIC BUILDINGS

This article provided the ranking method of territories according to the fire hazard level of public buildings. The method was demonstrated by the example of the Republic of Udmurtia areas ranking according to the level of fire hazard of educational institutions buildings. The ranking was based on the average values of individual fire risk to each area. The «frequency» determination of probability of people evacuation at a fire was taking into consideration during the ranking. The evacuation processes were modelled using simulation and stochastic model of the people flows' movement. The problem-based resource was used to predict the possible impact of fires. It was concluded that the ranking of public buildings is the indispensable stage for implementation of organizational and technical measures aimed at reducing of the damage caused by fires.

Keywords: *fire risk, prediction of fire effects in building, probability of people evacuation out of the building during a fire.*

* * *

Колодкин Владимир Михайлович – директор Института гражданской защиты, доктор технических наук, профессор. Тел.: (3412) 91-60-85. Факс: (3412) 68-38-31. E-mail: kolodkin@rintd.ru (ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет»);

Морозов Олег Анатольевич – старший преподаватель (ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет»). Тел.: (912) 442-18-94. E-mail: oam_oam@rintd.ru

Адрес: ул. Университетская, 1, г. Ижевск, 426000, Россия.

Kolodkin Vladimir Mikhaylovich – Director of the Institute for Civil Protection, Doctor of Technical Sciences, Professor. Phone: (3412) 91-60-85. Fax: (3412) 68-38-31. E-mail: kolodkin@rintd.ru (FGBOU VPO «Udmurt State University»);

Morozov Oleg Anatolievitch – Senior Teacher (FGBOU VPO «Udmurt State University»). Phone: (912) 442-18-94. E-mail: oam_oam@rintd.ru

Address: 1. Universitetskava St., Izhevsk, 426034, Russia.