

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Удмуртский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Министр образования и науки  
Удмуртской Республики,  
проф. Кузнецов А.Л.



« \_\_\_\_\_ » октября 2011 года

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по научной работе ФГБОУ ВПО  
«Удмуртский государственный университет»,  
проф. Леонов Н.И.



« \_\_\_\_\_ » октября 2011 года

**ОТЧЕТ**  
о научно-исследовательской работе

Ранжирование районов Удмуртской республики по уровню пожарной защищенности зданий общеобразовательных учреждений

Научный руководитель,  
Д.т.н., проф.

Колодкин В.М.

г. Ижевск, 2011 г.

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель, директор Института гражданской защиты, д.т.н., профессор		Колодкин В.М.
Доцент кафедры математического моделирования и прогнозирования, к.т.н.		Морозов О.А.
Доцент кафедры математического моделирования и прогнозирования, д.ф.-м.н.		Сивков А.М.
Аспирант		Варламов Д.В.
Аспирант		Варламова Д.М.
Научный сотрудник, к.х.н.		Кузнецов А.П.
Научный сотрудник		Максимова Е.В.
Аспирант		Князев Г.П.
Аспирант		Трошков А.С.
Магистр		Платунов А.С,
Научный сотрудник		Мельников В.Н.
Аспирант		Яценко А.А.
Студент		Ваштеев В.К.
Студент		Сорокина Д.С.
Студент		Рогожникова М.А.
Студент		Чирков Б.В.
Студент		Семакин И.В.
Студент		Ушаков Т.Е.
Студент		Сазонов А.Г.
Студент		Савельев П.Н.
Студент		Фролов Ю.Д.
Студент		Корепанов Е.Б.
Студент		Кибардин А.Н.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	4
2. Выборка общеобразовательных учреждений, используемая при ранжировании	5
3. Ранжирование районов Удмуртской республики по частоте возникновения пожаров в зданиях общеобразовательных учреждений	10
4. Ранжирование районов Удмуртской республики по уровню пожарной защищенности зданий общеобразовательных учреждений	14
5. Обсуждение результатов	18
6. Список литературы	19

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Одной из характеристик уровня пожарной защищенности зданий общеобразовательных учреждений, является величина индивидуального пожарного риска. Сопоставительный анализ количественных значений оценок пожарного риска, позволяет выделить здания общеобразовательных учреждений с высоким уровнем пожарной опасности. Именно к этим объектам должны в первую очередь применяться меры для уменьшения пожарной опасности. Динамика изменения количественных оценок риска позволяет проверить эффективность мер и, при необходимости, откорректировать меры, направленные на снижение ущербов от пожаров в общеобразовательных учреждениях. Количественная оценка пожарного риска, обеспечивая условия для ранжирования зданий по уровню пожарной защищенности, позволяет определиться с путями снижения уровня пожарной опасности с учетом существующих финансовых ограничений. Ранжирование зданий в зависимости от величины пожарного риска является необходимым условием для управления рисками, для применения организационных, экономических рычагов с целью увеличения пожарной защищенности зданий.

Оценке величины индивидуального пожарного риска, в настоящее время, посвящено большое количество работ, например[1,2]. Целью данной работы является ранжирование территорий по уровню пожарной защищенности зданий общеобразовательных учреждений, размещенных в пределах территориального образования. Ранжирование территорий способствует корректному распределению ограниченных финансовых ресурсов, распределяемых между территориями для обеспечения пожарной безопасности.

В работе рассмотрено ранжирование районов Удмуртской республики по уровню пожарной защищенности школьных зданий. В настоящее время в Удмуртской Республике ~ 600 общеобразовательных учреждений. Эти учреждения расположены на территориях ~ 25 районов, которые сравнивались между собой по уровню пожарной защищенности зданий общеобразовательных учреждений.

## 2. ВЫБОРКА ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ПРИ РАНЖИРОВАНИИ

Выборка общеобразовательных учреждений, используемая при ранжировании районов Удмуртской Республики по величине пожарной защищенности, включала 137 из 670 школ, расположенных в пределах территории Удмуртии. Выборка общеобразовательных учреждений, используемая при ранжировании районов по прогнозируемой частоте возникновения пожаров, включала 228 школ.

Общеобразовательным учреждениям, по которым были выполнены расчеты пожарных рисков, были предоставлены Декларации пожарной безопасности, отвечающие требованиям [3].

В таблице 1 представлен список общеобразовательных учреждений, по которым были выполнены расчеты. Если данные по зданию были использованы при ранжировании районов Удмуртской Республики по прогнозируемой частоте возникновения пожара в зданиях общеобразовательных учреждений, то в столбце “Частота” таблицы 1 ставился признак “р”, в противном случае - признак “н”. Если данные по зданию были использованы при ранжировании районов Удмуртской Республики по величине индивидуального пожарного риска для людей в зданиях общеобразовательных учреждений (по величине пожарной защищенности), то в столбце “Риск” таблицы 1 ставился признак “р”, в противном случае - признак “н”.

Таблица 1. Общеобразовательные учреждения, используемые при ранжировании районов Удмуртской Республики, по величине пожарной опасности

Наименование	Район	Частота	Риск
ООШ Железнодорожная	Алнашский район	р	Р
ООШ Нижне-Котныревская	Алнашский район	р	Р
СОШ Алнашская с угл изуч предм	Алнашский район	р	р
СОШ Варзи-Ятчинская	Алнашский район	р	р
СОШ Кузубаевская	Алнашский район	р	р
СОШ Писеевская	Алнашский район	р	р
НОШ Котеговская	Балезинский район	р	р
НОШ Ахмадиевская	Балезинский район	р	р
ООШ Андреевская	Балезинский район	р	р
ООШ Кишонская	Балезинский район	р	р
СОШ Люкская	Балезинский район	р	р
СОШ Балезинская № 2	Балезинский район	р	р
СОШ Пыбьинская	Балезинский район	р	р
СОШ Балезинская № 3	Балезинский район	р	р
СОШ Большешворцинская	Якшур-Бодьинский район	р	р
НШДС Гулековская	Глазовский район	р	р
ООШ Слудская	Глазовский район	р	р
СОШ Адамская	Глазовский район	р	р
СОШ Ключевская	Глазовский район	р	р
СОШ Кожильская	Глазовский район	р	р
СОШ Парзинская	Глазовский район	р	р
СОШ Понинская	Глазовский район	р	р
8в СКОУ № 7	Город Можга	р	р
СОШ № 3 с угл изуч	Город Можга	р	р

<b>СОШ № 4</b>	Город Можга	р	р
<b>СОШ № 5</b>	Город Можга	р	р
<b>СОШ № 6</b>	Город Можга	р	р
<b>Гимназия № 8</b>	Город Можга	р	р
<b>СОШ Большеучинская</b>	Можгинский район	р	р
<b>СОШ Большекибынская</b>	Можгинский район	р	р
<b>СОШ № 1</b>	Город Можга	р	р
<b>СОШ № 9</b>	Город Можга	р	р
<b>НОШ Иж-Бобьинская СП</b>	Граховский район	р	р
<b>ООШ Порымская</b>	Граховский район	р	р
<b>СОШ Граховская</b>	Граховский район	р	р
<b>СОШ Мари-Возжайская</b>	Граховский район	р	р
<b>СОШ Зареченская</b>	Граховский район	р	р
<b>СОШ Староятчинская</b>	Граховский район	р	р
<b>НОШ № 8</b>	Город Сарапул	р	р
<b>НОШ № 9</b>	Город Сарапул	р	р
<b>2в СКОУ Школа-интернат</b>	Город Сарапул	р	р
<b>8в СКОУ № 5</b>	Город Сарапул	р	р
<b>Лицей № 18</b>	Город Сарапул	р	р
<b>Прогимназия № 10</b>	Город Сарапул	р	р
<b>СОШ № 12</b>	Город Сарапул	р	р
<b>СОШ № 15</b>	Город Сарапул	р	р
<b>Лингвистическая гимназия № 20</b>	Город Сарапул	р	р
<b>СОШ № 21</b>	Город Сарапул	р	р
<b>СОШ № 23</b>	Город Сарапул	р	р
<b>СОШ № 25</b>	Город Сарапул	р	р
<b>Лицей № 26</b>	Город Сарапул	р	р
<b>НШДС с.Северный</b>	Сарапульский район	р	р
<b>НШДС с.Мостовое</b>	Сарапульский район	р	р
<b>НШДС с.Шадрино</b>	Сарапульский район	р	р
<b>НШДС д.Костино</b>	Сарапульский район	р	р
<b>ООШ Дулесовская</b>	Сарапульский район	р	р
<b>СОШ Сигаевская</b>	Сарапульский район	р	р
<b>СОШ Уральская</b>	Сарапульский район	р	р
<b>СОШ Мостовинская</b>	Сарапульский район	р	р
<b>СОШ Шадринская</b>	Сарапульский район	р	р
<b>СОШ № 7</b>	Город Сарапул	р	р
<b>Гуманитарный лицей (автоп)</b>	г. Ижевск Индустриальный район	р	р
<b>5в СКОУ школа-интернат № 13</b>	г. Ижевск Индустриальный район	р	р
<b>7в СКОУ № 39</b>	г. Ижевск Индустриальный район	р	р
<b>СОШ № 52 с угл изуч</b>	г. Ижевск Индустриальный район	р	р
<b>СОШ № 64</b>	г. Ижевск Индустриальный район	р	р
<b>СОШ № 69 с угл изуч</b>	г. Ижевск Индустриальный район	р	р
<b>Спортивный лицей № 82</b>	г. Ижевск	р	р

	Индустриальный район		
<b>СОШ № 43</b>	г. Ижевск Индустриальный район	р	р
<b>СОШ № 84 с угл изуч</b>	г. Ижевск Индустриальный район	р	р
<b>СОШ № 8</b>	г. Ижевск Индустриальный район	р	р
<b>7в СКОУ № 23</b>	г. Ижевск Ленинский район	р	р
<b>СОШ № 12</b>	г. Ижевск Ленинский район	р	р
<b>Лицей № 14</b>	г. Ижевск Ленинский район	р	р
<b>СОШ № 55</b>	г. Ижевск Ленинский район	р	р
<b>СОШ № 6</b>	г. Ижевск Ленинский район	р	р
<b>СОШ № 60</b>	г. Ижевск Ленинский район	р	р
<b>Лицей № 95</b>	г. Ижевск Ленинский район	р	р
<b>6в СКОУ № 101</b>	г. Ижевск Октябрьский район	р	р
<b>8в СКОУ № 92</b>	г. Ижевск Октябрьский район	р	р
<b>СОШ № 11</b>	г. Ижевск Октябрьский район	р	р
<b>СОШ № 35 с угл изуч</b>	г. Ижевск Октябрьский район	р	р
<b>СОШ № 5</b>	г. Ижевск Октябрьский район	р	р
<b>СОШ № 62</b>	г. Ижевск Октябрьский район	р	р
<b>СОШ № 70</b>	г. Ижевск Октябрьский район	р	р
<b>СОШ № 40</b>	г. Ижевск Октябрьский район	р	р
<b>СОШ № 88</b>	г. Ижевск Октябрьский район	р	р
<b>7в СКОУ № 47</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>8в СКОУ школа-интернат № 75</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>СОШ № 31</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>СОШ № 36</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>СОШ № 46 1 корпус</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>СОШ № 46 2 корпус</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>СОШ № 48</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>СОШ № 58</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р

	район		
<b>СОШ № 6</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>СОШ № 65</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>СОШ № 66</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>СОШ № 74</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>СОШ № 91 с угл изуч</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>СОШ № 97 2 корпус</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>СОШ № 57</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>СОШ № 90 с угл изуч</b>	г. Ижевск Первомайский район	р	р
<b>ООШ № 94</b>	г. Ижевск Устиновский район	р	р
<b>Лицей № 41</b>	г. Ижевск Устиновский район	р	р
<b>СОШ № 50</b>	г. Ижевск Устиновский район	р	р
<b>СОШ № 53</b>	г. Ижевск Устиновский район	р	р
<b>СОШ № 7</b>	г. Ижевск Устиновский район	р	р
<b>СОШ № 73</b>	г. Ижевск Устиновский район	р	р
<b>СОШ № 76</b>	г. Ижевск Устиновский район	р	р
<b>СОШ № 81</b>	г. Ижевск Устиновский район	р	р
<b>СОШ № 16</b>	г. Ижевск Устиновский район	р	р
<b>СОШ № 34</b>	г. Ижевск Устиновский район	р	р
<b>СОШ № 93</b>	г. Ижевск Устиновский район	р	р
<b>ООШ Борковская</b>	Камбарский район	р	р
<b>ООШ Пужмезьская</b>	Кезский район	р	р
<b>СОШ Атабаевская</b>	Киясовский район	р	р
<b>СОШ Мушаковская</b>	Киясовский район	р	р
<b>СОШ Архангельская</b>	Красногорский район	р	р
<b>Красногорская гимназия</b>	Красногорский район	р	р
<b>ООШ Вятская</b>	Каракулинский район	р	р
<b>ООШ Колесниковская</b>	Каракулинский район	р	р
<b>СОШ Быргындинская</b>	Каракулинский район	р	р
<b>СОШ Галановская</b>	Каракулинский район	р	р
<b>СОШ Нырғындинская</b>	Каракулинский район	р	р
<b>СОШ Нырғындинская</b>	Каракулинский район	р	р
<b>СОШ Чегандинская</b>	Каракулинский район	р	р
<b>СОШ Халдинская</b>	Селтинский район	р	р



<b>СОШ Гонгуртская</b>	Селтинский район	р	р
<b>ООШ Карсашурская</b>	Шарканский район	р	р
<b>СОШ Быгинская</b>	Шарканский район	р	р
<b>СОШ Мишкинская</b>	Шарканский район	р	р
<b>ООШ Гуртлудская</b>	Сюмсинский район	р	р
<b>СОШ Увинская № 2</b>	Увинский район	р	р
<b>СОШ Киби-Жикьянская</b>	Увинский район	р	р
<b>СОШ Ува-Туклинская</b>	Увинский район	р	р
<b>СОШ Увинская № 4</b>	Увинский район	р	р
<b>СОШ Поршурская</b>	Увинский район	р	р
<b>СОШ Увинская № 4</b>	Увинский район	р	р
<b>НШДС д. Березек</b>	Вавожский район	р	р
<b>НШДС д. Ожги</b>	Вавожский район	р	р
<b>ООШ Большеможгинская</b>	Вавожский район	р	р
<b>СОШ Водзимонская</b>	Вавожский район	р	р
<b>СОШ Волипельгинская</b>	Вавожский район	р	р
<b>СОШ Большеволоквская</b>	Вавожский район	р	р
<b>СОШ Брызгаловская</b>	Вавожский район	р	р
<b>СОШ Гурезь-Пудгинская</b>	Вавожский район	р	р
<b>СОШ Нюрдор-Котьянская</b>	Вавожский район	р	р
<b>ООШ Черновская</b>	Воткинский район	р	р
<b>ООШ Пихтовская</b>	Воткинский район	р	р
<b>СОШ Болгуриная</b>	Воткинский район	р	р
<b>СОШ Гавриловская</b>	Воткинский район	р	р
<b>СОШ Кварсинская</b>	Воткинский район	р	р
<b>СОШ Перевозинская</b>	Воткинский район	р	р
<b>СОШ Муважинская</b>	Алнашский район	р	н
<b>СОШ Староутчанская</b>	Алнашский район	н	н
<b>СОШ Удм.Тоймобашская</b>	Алнашский район	р	н
<b>СОШ Балезинская № 1</b>	Балезинский район	н	н
<b>СОШ Кестымская</b>	Балезинский район	р	н
<b>СОШ Нововолоквская</b>	Балезинский район	р	н
<b>ООШ Алгазинская</b>	Якшур-Бодьянский район	р	н
<b>СОШ Новогорская</b>	Граховский район	р	н
<b>СОШ Верхнеигринская</b>	Граховский район	н	н
<b>СОШ № 24</b>	Город Сарапул	н	н
<b>СОШ Зуриная</b>	Игринский район	н	н
<b>СОШ № 100</b>	г. Ижевск Ленинский район	р	н
<b>СОШ № 20</b>	г. Ижевск Ленинский район	р	н
<b>Лицей № 45</b>	г. Ижевск Ленинский район	н	н
<b>СОШ № 61</b>	г. Ижевск Ленинский район	р	н
<b>СОШ № 28</b>	г. Ижевск Октябрьский район	н	н
<b>СОШ № 87</b>	г. Ижевск Октябрьский район	н	н
<b>СОШ № 18</b>	г. Ижевск Первомайский	р	н

	район		
СОШ № 49	г. Ижевск Устиновский район	р	н
СОШ № 54 с угл изуч	г. Ижевск Устиновский район	Р	н
СОШ Бачумовская	Ярский район	Р	н
СОШ Малокалмашинская	Каракулинский район	н	н
Удмуртская госуд нац гимназия	Удмуртская госуд нац гимназия	н	н
ООШ Дулесовская	Сарапульский район	н	н
ООШ Маркеловская	Сюмсинский район	р	н
ООШ Орловская	Сюмсинский район	н	н
ООШ Гуринская	Сюмсинский район	р	н
ООШ Муки-Каксинская	Сюмсинский район	н	н
ООШ Васькинская	Сюмсинский район	р	н
СОШ Дмитрошурская	Сюмсинский район	р	н
СОШ Кильмезская	Сюмсинский район	н	н
СОШ Нылгинская	Увинский район	р	н
СОШ Жужгеская	Увинский район	р	н
НШДС Кудринская	Воткинский район	н	н
ООШ Кельчинская	Воткинский район	р	н
ООШ Черновская	Воткинский район	р	н
СОШ Верхнепозимская	Воткинский район	н	н
СОШ Верхнеталицкая	Воткинский район	н	н
СОШ Июльская	Воткинский район	н	н
СОШ Камская	Воткинский район	н	н
СОШ Первомайская	Воткинский район	н	н
СОШ Светлянская	Воткинский район	р	н

### 3. РАНЖИРОВАНИЕ РАЙОНОВ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ПО ЧАСТОТЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

К основным причинам возникновения пожаров в образовательных учреждениях относятся:

- неосторожное обращение с огнем;
- нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования;
- поджог.

Анализ причин возникновения пожаров позволяет выделить факторы, влияющие на частоту возникновения пожара:

- огнестойкость строительных конструкций здания (под огнестойкостью строительных конструкций понимают способность конструктивных элементов зданий сохранять прочность в условиях пожара),  $\mu_1$ ;
- износ здания (электропроводка, отопительное оборудование),  $\mu_2$ ;
- климатические факторы,  $\mu_3$ .

Если  $Q_n$  – оценка математического ожидания частоты возникновения пожара в здании в расчете на одного человека в течение года, а  $\mu_i$  – количественная характеристика фактора, определяющая частоту, то, раскладывая  $Q_n(\mu_i)$  в ряд относительно точки

математического ожидания значений факторов и ограничиваясь первыми членами разложения, имеем:

$$Q_n = Q_n(\langle \mu_i \rangle) + \sum_{i=1}^n \beta_i \left( \frac{\mu_i}{\langle \mu_i \rangle} - 1 \right), \quad \beta_i = \frac{\partial Q_n}{\partial \mu_i} \langle \mu_i \rangle. \quad (3.1)$$

В этих выражениях:  $\langle \mu_i \rangle$  – математическое ожидание значения  $i$ -го фактора ( $i = 1, 2, \dots, n$ );  $Q_n(\langle \mu_i \rangle)$  – значение частоты в точке математического ожидания значений факторов, которое можно аппроксимировать значением  $\langle Q_n \rangle$ . Величина  $\langle Q_n \rangle$  определяется функциональным назначением здания. В первом приближении значение частоты варьируется в пределах  $K$  при максимальной вариации значений факторов. Производная, входящая в выражение для  $\beta_i$ , приближается выражением

$$\frac{\partial Q_n}{\partial \mu_i} = \frac{K \langle Q_n \rangle}{n(\mu_{\max} - \mu_{\min})}. \quad (3.2)$$

Для каждого показателя разработан алгоритм количественной оценки [4]. Выбрана шкала изменения основных факторов, влияющих на частоту возникновения пожара, таким образом, чтобы значения факторов  $\mu_i$  изменялись от 0 до 1, т. е.  $\mu_{\max} = 1, \mu_{\min} = 0$ . Численное значение  $K$  принимается равным 0,3. Соотношения (3.1) и (3.2) позволяют уточнить значение частоты возникновения пожара в здании в течение года  $Q_n$  в зависимости от характеристики здания.

Оценка математическое ожидание значения первого фактора  $\langle \mu_1 \rangle = 0,28$ .

Для определения  $\langle \mu_2 \rangle$  рассмотрены сроки службы зданий образовательных учреждений и проведено сравнение фактических значений износа здания с нормативными, исходя из типа здания. В результате было получено математическое ожидание значения второго фактора  $\langle \mu_2 \rangle = 0,27$ .

Климатический фактор при оценке частоты возникновения пожара не учитывался в связи с тем, что все образовательные учреждения находятся в одной климатической зоне.

Средние значения частоты возникновения пожара в зданиях территориального образования (районах) определялись по формуле

$$\overline{Q_n} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i}, \quad (3.3)$$

где  $Q_i$  – частота пожара в  $i$ -м здании на одного человека;  $N_i$  – число людей в  $i$ -м здании;  $n$  – число зданий в районе.

В соответствии с [3] среднее значение частоты возникновения пожара в зданиях общеобразовательных учреждений России (школа, лицей, гимназия, колледж), равно  $4,16 \cdot 10^{-5}$  (в расчете на одного учащегося). Значение  $4,16 \cdot 10^{-5}$  использовалось для сравнения частот.

На основе полученных средних значений частоты возникновения пожара было проведено ранжирование районов Удмуртской Республики по прогнозируемой частоте возникновения пожара в зданиях образовательных учреждений, а также ранжирование районов города Ижевска. Результаты ранжирования представлены в таблице 2. Графическое представление результатов на рисунках 1-2, где также представлена средняя частота возникновения пожаров в зданиях общеобразовательных учреждений России.

Из приведенных данных следует, что наибольшая частота возникновения пожаров прогнозируется в зданиях общеобразовательных учреждений Кезского района. Огнестойкость (средняя) зданий образовательных учреждений Кезского района составляет 43 %; износ (средний) зданий 76%. Наименьшая частота возникновения пожаров прогнозируется в Красногорском и Якшур-Бодьинском районах. Огнестойкость (средняя)

зданий в данных районах соответственно 20% и 25 %, износ (средний) зданий – 7 % и 18 %.

В общеобразовательных учреждениях внутригородских районов г. Ижевска наибольшее значение частоты возникновения пожара прогнозируется в Ленинском районе. В районе огнестойкость (средняя) зданий – 33 %, износ (средний) зданий – 41%, наименьшее среднее значение частоты возникновения пожара отмечено в Устиновском районе, где среднее значение по огнестойкости зданий составляет – 15 %, износ зданий – 17 %.

В 9 из 19 муниципальных образований Удмуртской Республики и в одном из пяти районов г. Ижевска среднее значение частоты возникновения пожара в общеобразовательных учреждениях превышает этот показатель по России.

Таким образом, оценка среднего значения частоты возникновения пожара в общеобразовательных учреждениях позволила ранжировать муниципальные образования Удмуртской Республики по этому показателю и выявить те из них, которые нуждаются в проведении дополнительных мероприятий по повышению уровня защищенности общеобразовательных учреждений от пожаров.

Таблица 2. Ранжирование районов Удмуртской Республики и районов города Ижевска по прогнозируемой частоте возникновения пожара в зданиях общеобразовательных учреждений.

№ п/п	Муниципальные образования	Среднее значение частоты возникновения пожара, 1/ год
<b><i>Районы Удмуртской Республики</i></b>		
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	Воткинский	$4,01 \cdot 10^{-5}$
17	Селгинский	$4,01 \cdot 10^{-5}$
18	Красногорский	$4,00 \cdot 10^{-5}$
19	Якшур-Бодьинский	$4,00 \cdot 10^{-5}$
<b><i>Районы г. Ижевска</i></b>		
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	$3,96 \cdot 10^{-5}$

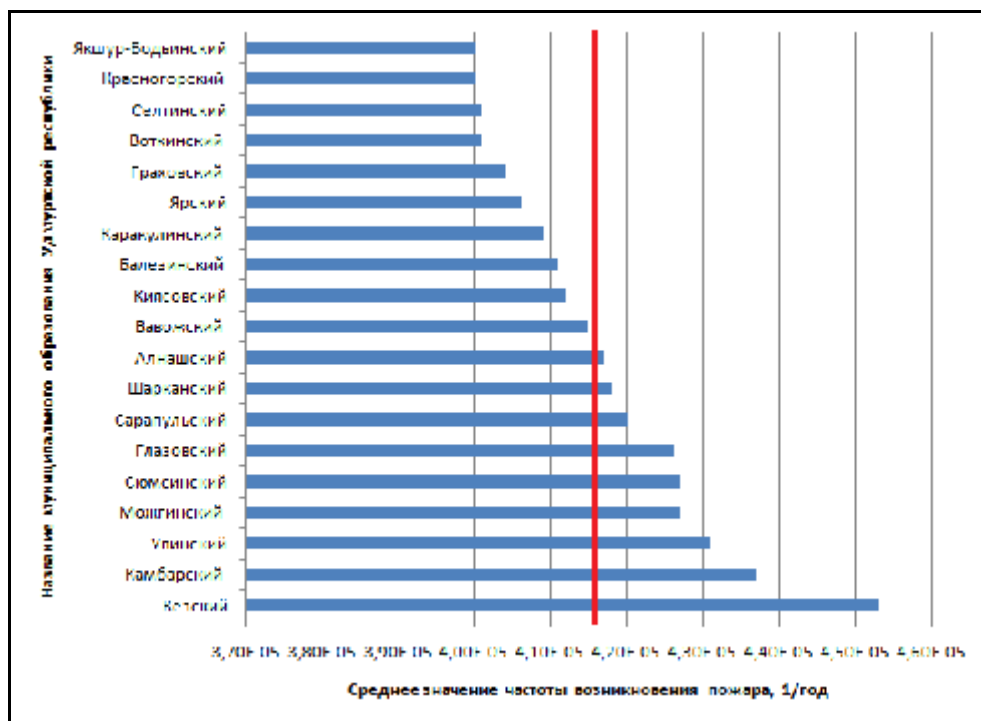


Рис.1. Ранжирование районов Удмуртской Республики по прогнозируемой частоте возникновения пожара в зданиях общеобразовательных учреждений.

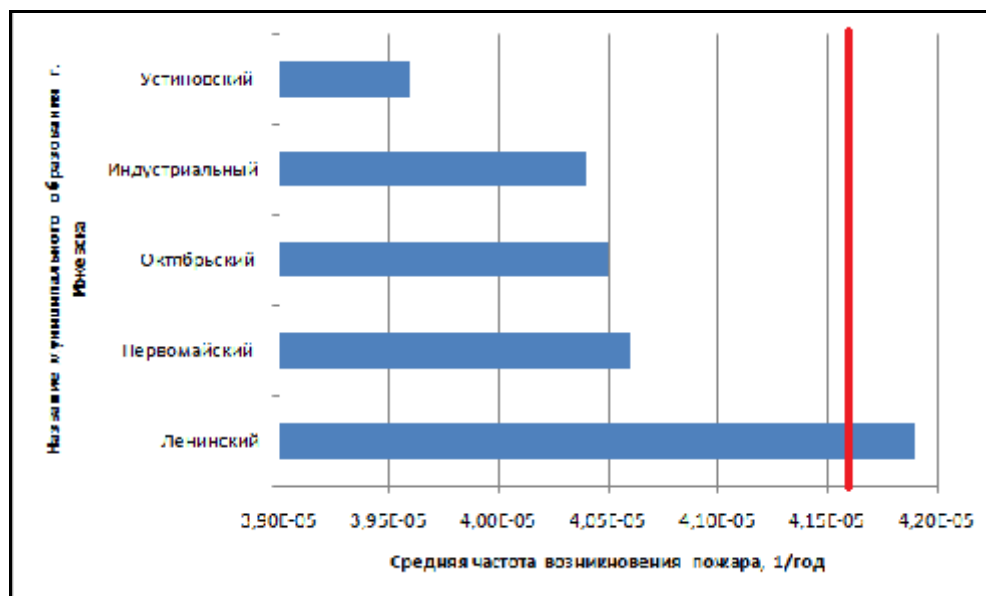


Рис.2. Ранжирование районов г.Ижевска по прогнозируемой частоте возникновения пожара в зданиях общеобразовательных учреждений.

#### 4. РАНЖИРОВАНИЕ РАЙОНОВ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ПО УРОВНЮ ПОЖАРНОЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ ЗДАНИЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

Величины пожарного риска для зданий общеобразовательных учреждений, расположенных в пределах района, рассматриваются как значения случайной функции. Ранжирование районов проводилось на основе средних по районам значений индивидуального пожарного риска  $\overline{Q_B}$  (выборочное среднее). На первом этапе для каждого района рассчитывались значения выборочного среднего и выборочной дисперсии  $s^2$  -

$$\overline{Q_B} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i}, \quad s^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (Q_i \cdot N_i - \overline{Q_B} \cdot \overline{N})^2, \quad (4.1)$$

где  $\overline{N} = \sum_{i=1}^n N_i / n$ ,  $Q_i$  - величина индивидуального пожарного риска для  $i$ -го здания общеобразовательного учреждения, размещенного в пределах района, в расчете на одного человека;

$N_i$  - число людей в здании  $i$ ;

$n$  - количество зданий в пределах района.

На втором этапе отсеивались значения индивидуального пожарного риска, значения которых не укладывались в интервал  $\pm 3s$ . По множеству значений индивидуального пожарного риска, отвечающих условию

$$|Q_i \cdot N_i - \overline{Q_B} \cdot \overline{N}| \leq 3 \cdot s,$$

определялось среднее по району значение индивидуального пожарного риска  $\overline{Q_B}$ , которое и использовалось в процедуре ранжирования районов территориального образования по уровню пожарной защищенности зданий общеобразовательных учреждений.

Процедура отсеивания значений индивидуального пожарного риска позволяет исключить из рассмотрения здания общеобразовательных учреждений, при формировании пространственно-информационных моделей которых, были допущены существенные ошибки.

Величина индивидуального пожарного риска для здания  $Q_B$  может быть определена соотношением [3] -

$$Q_B = Q_n \cdot (1 - R_{ап}) \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_э) \cdot (1 - P_{ПЗ}) \quad (4.2)$$

где  $Q_n$  - частота возникновения пожара в здании в течение года;

$R_{ап}$  - вероятность эффективного срабатывания установок автоматического 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] -

$$P_{ПЗ} = 1 - (1 - R_{обн} \cdot R_{СОУЭ}) \cdot (1 - R_{обн} \cdot R_{ПДЗ}), \quad (4.3)$$

или в соответствии с уточнением [5]:

$$P_{ПЗ} = R_{обн} \cdot [1 - (1 - R_{СОУЭ}) \cdot (1 - R_{ПДЗ})]. \quad (4.4)$$

В этих выражениях:

$R_{обн}$  - вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации;

$R_{COУЭ}$  - 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.

Для зданий общеобразовательных учреждений, в соответствии с рекомендациями [3], положим:

$R_{ап} = 0.9$  при наличии в здании системы автоматического пожаротушения и  $R_{ап} = 0$  в противном случае;

$R_{обн} = 0.8$ ;

$R_{COУЭ} = 0.8$ ;

$R_{ПДЗ} = 0.8$ .

Положим, что вероятность присутствия людей в зданиях общеобразовательных учреждений -  $P_{пр} = 0.42$ .

При оценке вероятности эвакуации  $P_э$  может быть использован подход, основанный на сопоставлении временных интервалов: расчетное время эвакуации людей  $t_p$ , интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации  $t_{нэ}$ , время блокирования путей эвакуации  $t_{бл}$  [3]. Вместе с тем, данный подход имеет ряд недостатков[6]. Поэтому при ранжировании зданий по уровню пожарной безопасности, в данной работе было использовано «частотное» определение вероятности эвакуации людей при пожаре. По определению, индивидуальный пожарный риск – вероятность гибели человека при воздействии на него опасных факторов пожара. 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  $t$ .  $x(t)$  - ограниченная сверху, кусочно-непрерывная функция, увеличивающая свои значения в моменты времени выхода очередного человека из здания (процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем). Свойства функции:  $x(t=0)=0$ ;  $x(t) \leq N_0$ , где  $N_0$  - количество людей в здании при  $t=0$ . Значения функции  $x(t)$  зависят от многих случайных факторов: сценарий пожара, распределение людей по зданию, распределение пожарной нагрузки и т.д. Функция  $x(t)$  является одной из возможных реализаций случайного процесса  $X(t) = \varphi(t, \omega)$ ,  $\omega \in \Omega$  ( $\Omega$  - пространство элементарных событий). В сечении случайного процесса  $X(t=t^*)$ , имеем совокупность случайных величин  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i, \dots, \xi_m$ .  $\xi_i$  - количество людей вышедших из здания к моменту времени  $t^*$  в условиях реализации  $i$ -го элементарного события. Распределение случайных величин в произвольном сечении случайного процесса характеризуется математическим ожиданием  $M[X(t)] = m_x(t)$ . Случайный процесс  $X(t)$  при  $t \geq t^0$  обращается в стационарный, если вариация математического ожидания случайного процесса, обращается в ноль -  $\delta M[X(t \geq t^0)] = 0$ . При этом  $\xi_1(t^0)/N_0, \xi_2(t^0)/N_0, \dots, \xi_i(t^0)/N_0, \dots, \xi_n(t^0)/N_0$  – 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

$$P_э = \frac{1}{N_0} M[X(t \geq t^0)]. \quad (4.5)$$

Пространство элементарных событий  $\Omega$ , порождающих реализацию случайного процесса, в общем случае, бесконечно. Действительно, элементарные события различаются распределением людей по зданию, местом возникновения пожара в здании и т.д.

Результаты моделирования пожара представляются для каждого помещения здания в виде момента времени  $t_{бл}$ , отсчитываемого с момента возникновения пожара, при котором значение хотя бы одного из опасных факторов пожара, достигает критического

значения для жизни человека (время блокирования путей эвакуации [3]). Введем функцию доступности  $k$ -го помещения для человека  $\Psi_k$ . Функция  $\Psi_k$  изменяется в пределах от единицы (полная доступность) до нуля (полная недоступность). Для целей данной работы принималось, что функция  $\Psi_k$  скачком изменяется от единицы до нуля при достижении момента времени  $t_{\text{бл}}$ .

Для каждого здания, размещенного в пределах территориального образования, рассчитывается величина индивидуального пожарного риска в соответствии с (4.2). Вероятность эвакуации людей из здания при пожаре, рассчитывается на основе соотношения (4.5). При этом для каждого здания создается пространственно-информационная модель. В автоматическом режиме на основе модели здания строится граф связности помещений, который определяет пути эвакуации людей из каждого помещения здания. Граф связности помещений перестраивается по мере развития пожара и изменений функций доступности помещений для человека  $\Psi_k$ . При расчете вероятности эвакуации людей из здания, в соответствии с (4.5), рассматривается  $M$  реализаций случайного процесса. Элементарные события, порождающие случайный процесс, в данном случае различаются местом возникновения пожара и распределением людей по зданию. Место возникновения пожара в здании в каждом из  $M$  реализаций случайного процесса определяется процедурой случайного выбора (монте-карловской процедурой). Распределение людей по зданию подчиняется условию нормировки -

$$N_0 = \int_S g(x,y) dx \cdot dy, \quad (4.6)$$

где  $g(x,y)$  – начальная плотность распределения людей по зданию, площадь которого  $S$ . При каждом испытании на функцию плотности распределения людей накладывается возмущение, так чтобы, наряду с условием (4.6) для каждого из помещений здания  $k$  выполнялось условие -

$$N_k \leq \int_{S_k} \tilde{g}(x,y) dx \cdot dy, \quad (4.7)$$

где  $N_k$  - предельное количество людей в помещении  $k$ ,  $S_k$  - площадь помещения.

Таким образом, при расчете вероятности эвакуации людей в условиях пожара для каждого из зданий, расположенных в пределах территориального образования, моделируются  $M$  аварийных сценариев. Предварительно строится пространственно-информационная модель здания. Аварийные сценарии идентифицируются значениями случайных функций: место возникновения пожара; распределение людей по зданию в момент возникновения пожара. Для каждого аварийного сценария цикл моделирования включает: моделирование развития пожара за элементарный интервал времени, корректировка функций доступности помещений для человека  $\Psi_k$ , 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  $\xi_i$  ( количество людей вышедших из здания при реализации  $i$ -го сценария) не обратится в константу.

Расчеты значений индивидуального пожарного риска базировались на возможностях проблемно-ориентированного Ресурса «Безопасность в техносфере» (<http://rintd.ru/>) [2].

Результаты ранжирования территории Удмуртской Республики по уровню пожарной опасности зданий общеобразовательных учреждений, размещенных в пределах территории района, представлены на рисунке 3. Результаты ранжирования районов города Ижевска по уровню пожарной опасности зданий общеобразовательных учреждений представлены на рисунке 4. Для сравнения на рисунках 3, 4 вертикальной линией выделено значение индивидуального пожарного риска, которое считается приемлемым для России.



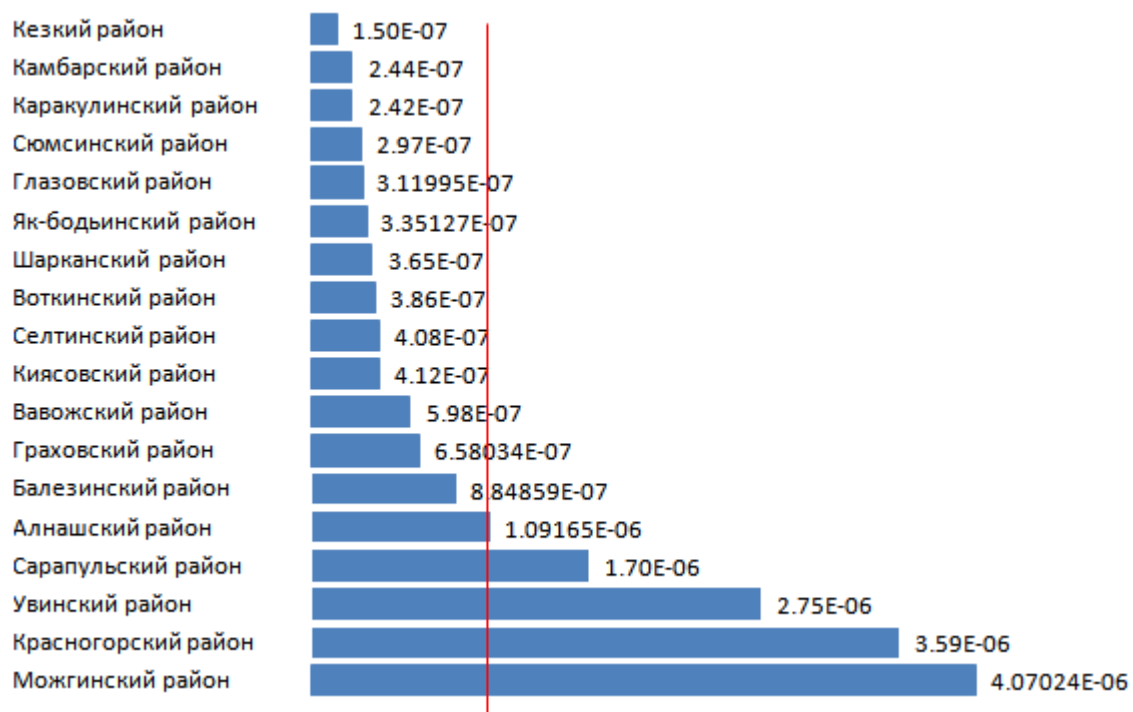


Рис.3. Ранжирование районов Удмуртской Республики по уровню пожарной опасности зданий общеобразовательных учреждений.

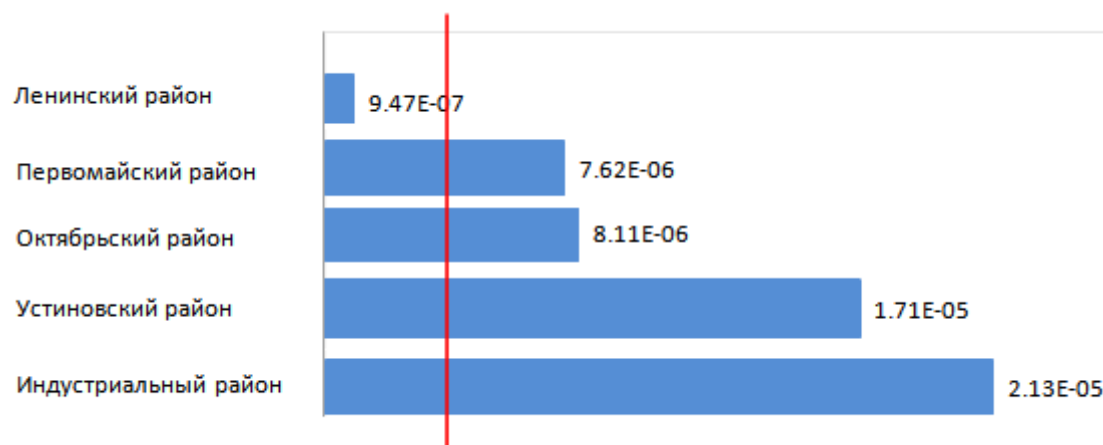


Рис.4. Ранжирование районов г. Ижевска по уровню пожарной опасности зданий общеобразовательных учреждений.

## 5. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Из рисунка 3 следует, что наиболее неблагоприятная ситуация с противопожарной защитой общеобразовательных учреждений, среди районов Удмуртской Республики имеет место в Можгинском, Красногорском, Увинском и Сарапульском районах. Некоторое сомнение вызывает уровень противопожарной защиты общеобразовательных учреждений в Красногорском районе, для которого среднее значение частоты возникновения пожара (рис. 1) значительно меньше, чем среднее по России. Результат по Красногорскому району требует уточнения. Тем более, что в Красногорском районе анализировались результаты всего по двум образовательным учреждениям.

Приемлемый уровень противопожарной защиты образовательных учреждений достигнут в Каракулинском, Глазовском, Воткинском, Вавожском, Граховском, Базинском и Алнашском районах.

Требуется проведения дополнительных исследований уровень противопожарной защиты общеобразовательных учреждений, размещенных в Кезском, Камбарском, Сюмсинском и Якшур-Бодьинском районах. Информация, представленная по образовательным учреждениям этих районов недостаточна для достоверных выводов.

**Таким образом, из районов Удмуртской Республики тройка лидеров по пожарной защищенности образовательных учреждений включает Каракулинский, Глазовский и Воткинский районы. Наиболее неблагоприятная ситуация с пожарной защищенностью общеобразовательных учреждений отмечена в Можгинском, Увинском и Сарапульском районах.**

Из рисунка 4 следует, что наиболее сложная ситуация с обеспечением пожарной безопасности имеет место в Индустриальном районе города Ижевска. Требуется дополнительные меры по повышению пожарной защищенности зданий образовательных учреждений, в первую очередь, в Индустриальном и Устиновском районах г. Ижевска.

Наиболее благоприятная ситуация – в Ленинском районе г. Ижевска. Причем, если сопоставить результаты ранжирования, представленные на рис. 2 и рис. 4, то по Ленинскому району г. Ижевска можно констатировать следующее. Прогнозируемая частота возникновения пожара в общеобразовательных учреждениях Ленинского района значительна, но последствия пожара для людей в образовательных учреждениях района, а именно этот показатель отражен в величине пожарного риска, - минимальны по отношению к другим районам города. Такие соотношения между средней по району частотой возникновения пожара и средней величиной пожарного риска имеют место в районах, где расположены небольшие образовательные учреждения. В Ленинском районе по причине пожара в образовательных учреждениях можно прогнозировать определенные материальные потери. Вероятность гибели людей при пожаре в образовательных учреждениях Ленинского района – наименьшая по отношению к другим районам города Ижевска.

**Таким образом, по уровню пожарной опасности образовательных учреждений города Ижевска наибольшую озабоченность вызывают учреждения, расположенные на территориях Индустриального и Устиновского районов.**

## 6. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колодкин В.М., Варламов Д.В., Малых Д.М. Количественная оценка пожарного риска образовательных учреждений // Пожаровзрыво Безопасность №4 2010, с.4-7.
2. В.М.Колодкин, О.А.Морозов, Д.В.Варламов. Количественная оценка пожарного риска общественных зданий территориального образования //Проблемы анализа риска, том 8, № 3, 2011, с.50-56
3. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Приложение к Приказу МЧС РФ от 30.06.2009 г. № 382 (Зарегистрировано в Минюсте РФ 6.08.2009 № 14486).
4. *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.
5. Седов Д.В. Уточнение методики расчета индивидуального пожарного риска // Пожарная безопасность , №2, 2010, с 116-122