

## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ»

Варламова Д.М.

Частотный анализ пожарной безопасности общественного здания позволяет определить как часто происходят пожары в общественных зданиях того или иного типа. В работе [1] представлены статистические значения частоты возникновения пожара, например, в образовательных учреждениях частота возникновения пожара равна  $4,16 \cdot 10^{-5}$  (в расчете на одного учащегося). Но данное значение не позволяет определить пожароопасность образовательного учреждения, так как здания отличаются рядом характеристик (огнестойкость, износ, район расположения и т.д.), которые в той или иной мере влияют на частоту возникновения пожара.

Таким образом, оценка частоты возникновения пожара в общественных зданиях является актуальной задачей. Для решения данной задачи были проанализированы основные причины пожаров в общественных зданиях и выделены следующие факторы, влияющие на частоту возникновения пожара:

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

На основе данных факторов построена регрессионная модель. Если  $Q_n$  - оценка математического ожидания частоты возникновения пожара в здании в расчете на одного человека в течение года, а  $\mu_i$  – факторы, определяющие частоту, то, раскладывая  $Q_n(\mu_i)$  в ряд относительно точки математического ожидания факторов и ограничиваясь первыми членами разложения, то частота возникновения пожара равна

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

В этих выражениях:  $\langle \mu_i \rangle$  - математическое ожидание значения  $i$ -ого 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 -

$$\frac{\partial Q_n}{\partial \mu_i} = \frac{K \cdot \langle Q_n \rangle}{n \cdot (\mu_{\max} - \mu_{\min})}. \quad (2)$$

Для каждой характеристики разработаны алгоритмы их количественной оценки. Выбрана шкала изменения основных факторов, влияющих на частоту возникновения пожара так, чтобы значения факторов  $\mu_i$  изменялись от 0 до 1, то есть  $\mu_{\max} = 1, \mu_{\min} = 0$ . Количественные значения факторов оценивались с помощью индексного (балльного) метода [2].

Математическое ожидание значения  $i$ -ого фактора определяется по формуле:

$$\langle \mu_i \rangle = \frac{\sum_{j=1}^N \mu_{ij}}{N - 1},$$

где  $i$  – факторы, влияющие на частоту возникновения пожара;

$N$  – число общественных зданий, шт.;

$\mu_{ij}$  - числовые значения факторов, влияющих на частоту возникновения пожара, в общественном здании  $j$ .

По огнестойкости ( $\mu_1$ ) строительные конструкции здания делят на пять степеней. Группы возгораемости и минимальные пределы огнестойкости основных строительных

конструкций устанавливаются по СНиП 2.01.02-85\* [3]. В соответствии с группами определены количественные значения, влияющие на уровень пожарной безопасности (табл. 1).

**Таблица 1.** Количественные значения групп огнестойкости основных строительных конструкций

Огнестойкость основных строительных конструкций	Типы зданий	Количественное значение фактора $\mu_1$
I	1) Каркасные, с железобетонным или металлическим каркасом, с заполнением каркаса каменными материалами.	0,1
	2) Здания особо капитальные, с каменными стенами из штучных камней или крупноблочные; колонны и столбы – железобетонные или кирпичные; перекрытия – железобетонные или каменные своды по металлическим балкам.	0,2
	3) С каменными стенами из штучных камней или крупноблочные; колонны и столбы – железобетонные или кирпичные; перекрытия – железобетонные или каменные своды по металлическим балкам.	0,3
II	Со стенами облегченной (каменной) кладки; колонны или столбы – железобетонные; перекрытия – деревянные.	0,4
III	Со стенами облегченной (каменной) кладки; колонны или столбы – кирпичные или деревянные; перекрытия – деревянные.	0,5
IV	1) Деревянные, с бревенчатыми или брусчатыми рубленными стенами.	0,6
	2) Деревянные, каркасные, щитовые.	0,7
V	1) Камышитовые или прочие облегченные здания.	0,8
	2) Палатки, павильоны, ларьки и другие облегченные здания торговых организаций	0,9

Характеристика фактора  $\mu_1$  определяется на основе нормативного документа [3].

Степень износа электропроводки, отопительного оборудования, встроенного в здание,  $\mu_2$ , определяется на основе износа здания путем соотношения срока службы здания ( $T_z$ ) на нормативный срок службы ( $T_n$ ) [4]:  $\mu_2 = \frac{T_z}{T_n}$ .

В качестве климатического фактора рассматривалась среднегодовая температура воздуха, которая зависит от района расположения здания. В соответствии с температурой воздуха определены количественные значения (табл. 2).

**Таблица 2.** Количественные значения по среднегодовым температурам воздуха

Среднегодовая температура воздуха, °С	Количественное значение фактора $\mu_3$
0,1 : +5	0 – 0,25
-5 : 0	0,26 – 0,5
+5,1 : +10, -5,1 : -10	0,51 – 0,75
+10,1 и выше, -10,1 и ниже	0,76 – 1,0

Значение фактора  $\mu_3$  определяется на основе таблицы 2.

Для автоматического вычисления частоты возникновения пожара разработан программный комплекс «Частотный анализ пожарной безопасности общественных зданий» (далее программный комплекс). Программный комплекс доступен через интернет по адресу <http://rintd.ru/freqa>, разработан на основе языков программирования: HTML, JavaScript и состоит из 2 HTML - страниц: Главная страница, Настройка и одного pdf-файла: Обучение работе.

**Главная страница** предназначена для ввода характеристики здания. **Настройка** предназначена для ввода допустимого интервала варьирования частоты возникновения пожара и ожидаемых характеристик здания, также в настройке раскрыты некоторые понятия, используемые в инструментарии. **Обучение работе** – страница, в которой описан алгоритм работы в программном комплексе и представлена регрессионная модель, на основе которой разработан программный комплекс.

Первоначальная настройка численных значений параметров Сервиса выполнена разработчиками. При необходимости предусмотрен возврат к значениям, предложенным разработчиками. Допустимый интервал варьирования частоты равен 0,1. Пользователю дана возможность изменить значения в режиме Настройки (допустимый интервал варьирования частот и значения ожидаемых характеристик здания), сохранить значения и вернуться на Главную страницу.

Пользователь начинает работу на Главной странице с ввода информации по объекту.

#### **Алгоритм работы:**

1. Вводится информация об общественном здании:

- наименование здания;
- функциональное назначение здания;
- характеристика здания;
- количество лет, прошедших с момента постройки здания или с момента последнего капитального ремонта;
- количество людей в здании;
- месторасположение здания (среднегодовая температура воздуха) (при выборе пункта «другое», вводятся данные, отсутствующие в общем списке (наименование населенного пункта, в котором расположено здание и среднегодовая температура воздуха)).

2. Формируются результаты расчета.

Результаты расчетов представляются в виде:

- 1) уточненной частоты возникновения пожара в общественном здании;
- 2) статистической частоты возникновения пожара в общественном здании.

На рисунках 1 - 3 представлены рабочие окна Главная страница, Настройка, Результаты расчета.

Добро пожаловать! Услуги Прогноз Инструменты Wiki Обучение Прайс-лист О нас Кабинет

rintd.ru > Инструменты > Частотный анализ

**Частотный анализ**

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА В ОБЩЕСТВЕННОМ ЗДАНИИ**

СЕРВИС ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ЧАСТОТЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА В ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ.

Введите характеристику здания: Обучение работе Настройка

Наименование	Значение
Наименование здания	<input type="text"/>
Функциональное назначение здания	Детские дошкольные учреждения (детский сад, ясли, дом ребенка)
Характеристика здания:	Здание каркасное, с железобетонным или металлическим каркасом, с заполнением каркаса каменными материалами
Количество лет, прошедших с момента постройки здания или с момента последнего капитального ремонта	<input type="text"/>
Количество людей в здании, чел.	<input type="text"/>
Месторасположение здания (среднегодовая температура воздуха, град. ):	<input type="text"/> <input type="checkbox"/> другое

Расчет

Powered By [Liferay](#)

**Рис. 1** Рабочая область инструментария «Частотный анализ ОЗ».

# Безопасность в Техносфере

Войти

Добро пожаловать! Услуги Прогноз Инструменты Wiki О нас Обучение

rintd.ru > Инструменты > Частотный анализ > Настройка ЧА

## Настройки частотного анализа

### НАСТРОЙКА

1. Допустимый интервал варьирования частот: 0.1

2. Ожидаемые характеристики здания:

Факторы	Значение
Огнестойкость здания	0.7
Степень износа пожароопасного оборудования в здании	0.6
Среднегодовая температура воздуха	0.2

Сохранить

На главную страницу

**Огнестойкость здания:** под огнестойкостью понимают способность конструктивных элементов зданий сохранять прочность в условиях пожара.

Группы возгораемости и минимальные пределы огнестойкости основных строительных конструкций устанавливаются по СНиП 2.01.02-85\*. В соответствии с группами определены количественные значения, влияющие на уровень пожарной безопасности (табл. 1).

**Таблица 1.** Количественные значения групп огнестойкости основных строительных конструкций

Тип здания	Огнестойкость основных строительных конструкций	Количественное значение фактора, $m_1$
Здания особо капитальные с железобетонным или металлическим каркасом, с заполнением каменными материалами	I	0 - 0,2
Здания капитальные со стенами из штучных камней или крупноблочные	II	0,21 - 0,4
Здания со стенами из облегченной каменной кладки	III	0,41 - 0,6
Здания со стенами из облегченной каменной кладки, колонны и столбы кирпичные или деревянные, перекрытия деревянные	IV	0,61 - 0,8
Здания деревянные с бревенчатыми или брусчатыми рубленными стенами	V	0,81 - 1,0

**Рис. 2** Рабочее окно «Настройка».

## Результаты расчета:

### Характеристика здания:

Наименование здания:	Школа № 3
Функциональное назначение объекта:	Детские дошкольные учреждения (детский сад, ясли, дом ребенка)
Характеристика здания:	Здание каркасное, с железобетонным или металлическим каркасом, с заполнением каркаса каменными материалами
Количество лет, прошедших с момента постройки здания или с момента последнего капитального ремонта:	44
Количество людей в здании, чел.:	253
Месторасположение здания, среднегодовая температура воздуха, град.:	(Ижевск (+2,3))

### Частота возникновения пожара:

Частота возникновения пожара в здании:	0.00002890
Средняя частота возникновения пожара в здании (в расчете на одного человека):	0.0000972

**Рис. 3** Окно «Результаты расчета».

В результате расчета выводятся два значения: уточненное значение частоты возникновения пожара и статистическое значение частоты возникновения пожара в здании. Сравнив два значения частоты, Пользователь может сделать выводы о пожарной опасности объекта.

Инструментарий был применен при анализе зданий общеобразовательных учреждений Удмуртской республики с целью ранжирования муниципальных образований Удмуртии по частоте возникновения пожаров в зданиях общеобразовательных учреждений. Выборка включала 165 зданий общеобразовательных учреждений, расположенных в муниципальных образованиях Удмуртии.

На первом этапе была проведена оценка математических ожиданий факторов (огнестойкость строительных конструкций здания, износ здания, климатический фактор). Для определения  $\mu_1$  образовательные учреждения проанализированы по огнестойкости строительных конструкций зданий, ниже представлены данные по количеству школ, относящимся к той или иной категории огнестойкости строительных конструкций.

Количественное значение огнестойкости строительных конструкций	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6
Количество образовательных учреждений, шт.	31	77	20	33	4

На основе рассмотренных данных было получено математическое ожидание значения первого фактора,  $\langle \mu_1 \rangle = 0,28$ .

Для определения  $\mu_2$  образовательные учреждения проанализированы по срокам службы и проведено сравнение с нормативными сроками службы [4], исходя из типа здания. Полученные данные по износу здания были поделены на диапазоны и определено количество школ, относящихся к тому или иному диапазону (ниже представлены данные).

№ п/п	Диапазон значений износа здания		Количество школ, шт.
1	0,006	0,134933	46
2	0,134933	0,263866	68
3	0,263866	0,392799	25
4	0,392799	0,521732	7
5	0,521732	0,650665	7
6	0,650665	0,779598	4
7	0,779598	0,908531	1
8	0,908531	1,037464	5
9	1,037464	1,166397	0
10	1,166397	1,29533	0
11	1,29533	1,424263	0
12	1,424263	1,553196	1
13	1,553196	1,682129	0
14	1,682129	1,811062	0
15	1,811062	1,94	2

Определив износ оборудования в каждом здании, 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.

На втором этапе, применив программный комплекс, была проведена оценка частоты возникновения пожаров в общеобразовательных учреждениях Удмуртской Республики, были определены средние значения частоты возникновения пожара в муниципальных образованиях Удмуртской Республики и внутригородских районах г. Ижевска, проведено сравнение со средним значением частоты возникновения пожара по России.

Среднее значение частоты возникновения пожара определялось по следующей формуле

$$\bar{Q}_n = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot N_i}{\sum_{i=1}^n N_i}, \quad (3)$$

где  $Q_i$  - частота пожара в здании  $i$  на одного человека;

$N_i$  - число людей в здании  $i$ ;

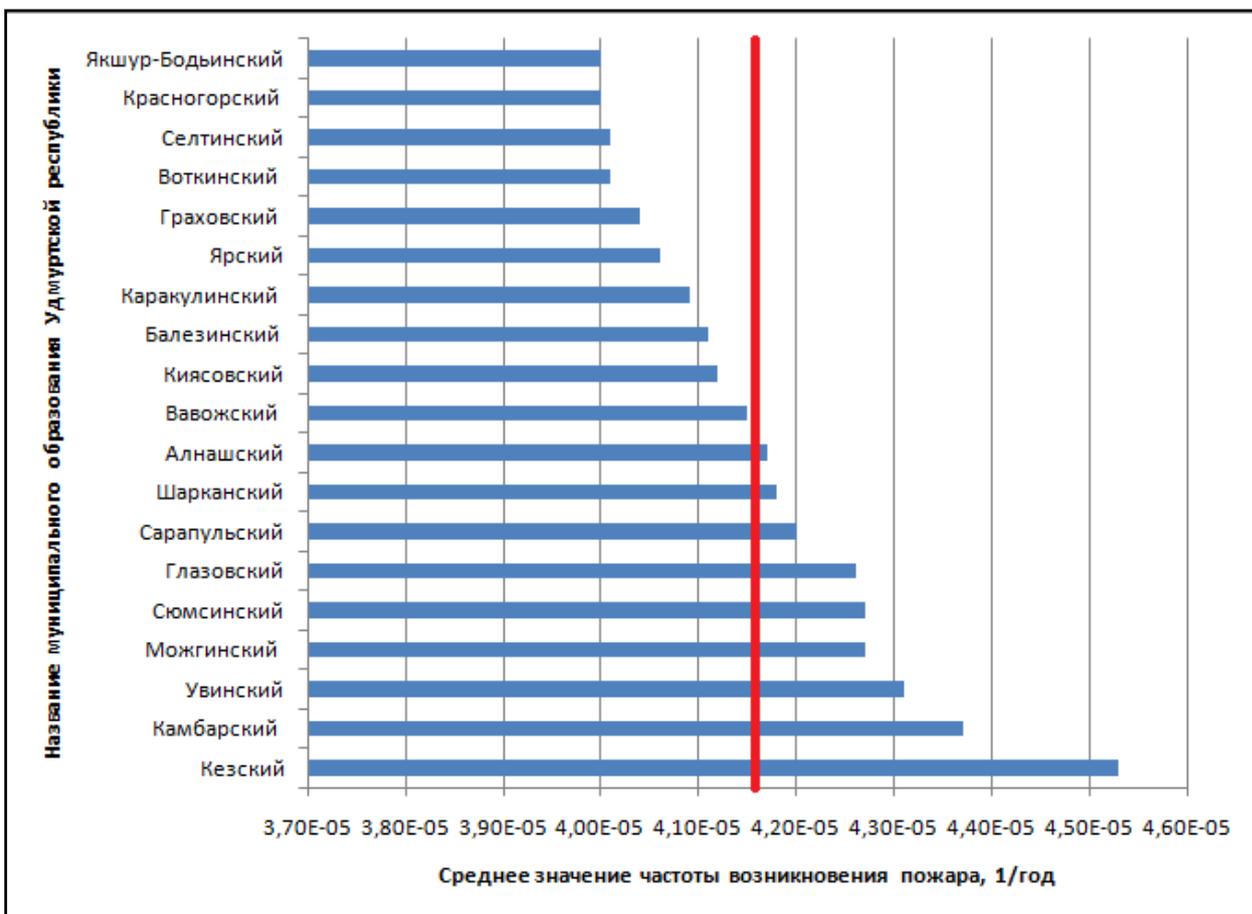
$n$  – число зданий в районе.

В таблице 3 представлены средние значения частоты возникновения пожара в муниципальных образованиях Удмуртской Республики.

**Таблица 3.** Средние значения частоты возникновения пожара в муниципальных образованиях Удмуртии.

№	Название района	Среднее значение частоты возникновения пожара, 1/ год
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.	Селтинский	$4,01 \cdot 10^{-5}$
18.	Красногорский	$4,00 \cdot 10^{-5}$
19.	Якшур-Бодьинский	$4,00 \cdot 10^{-5}$

На рисунке 4 представлены средние значения частоты возникновения пожара в образовательных учреждениях муниципальных образований Удмуртской Республики относительно среднего значения частоты возникновения пожара в общеобразовательных учреждениях России (школа, школа-интернат, детский дом, лицей, гимназия, колледж), равное  $4,16 \cdot 10^{-5}$  (в расчете на одного учащегося) [1].



**Рис. 4** Среднее значение частоты возникновения пожара в муниципальных образованиях Удмуртской Республики относительно среднего значения частоты возникновения пожара по России.

Сравнив результаты средних значений частоты возникновения пожаров в зданиях образовательных учреждений, из таблицы 3 видно, что в Кезском районе наибольшая средняя частота возникновения пожаров. Огнестойкость зданий образовательных учреждений Кезского района составляет 0,43; износ зданий – 0,76. Наименьшая средняя частота возникновения пожаров в Красногорском и Якшур-Бодьинском районах, огнестойкость зданий в данных районах – 0,2 и 0,25, износ зданий – 0,07 и 0,18 соответственно.

Также были проанализированы образовательные учреждения города Ижевска по внутригородским районам, было определено среднее значение частоты возникновения пожара, проведено сравнение со средним значением частоты возникновения пожара по России. Данные представлены в таблице 4 и на рисунке 5.

**Таблица 4.** Средние значения частоты возникновения пожара по внутригородским районам г. Ижевска

№	Название района	Среднее значение частоты возникновения пожара, 1/ год
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	$3,96 \cdot 10^{-5}$

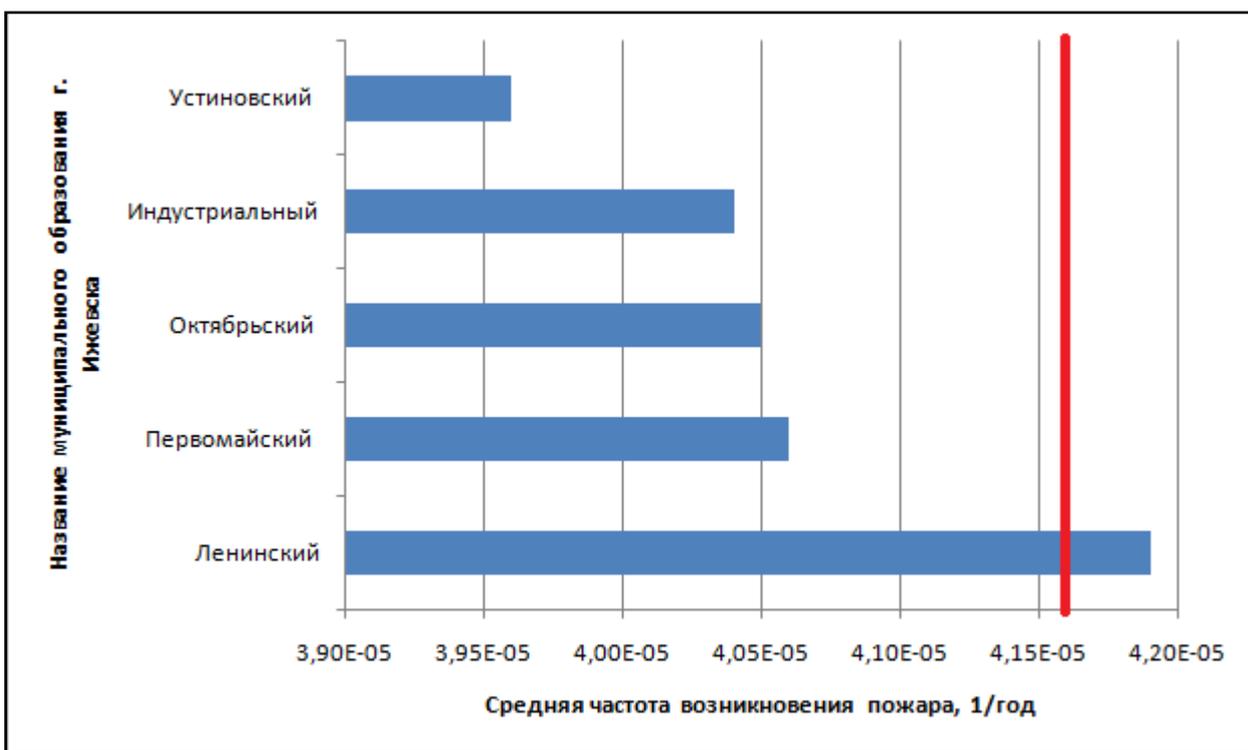


Рисунок 5. Среднее значение частоты возникновения пожара во внутригородских районах г. Ижевска относительно среднего значения частоты возникновения пожара по России.

Сравнив результаты, наименьшее среднее значение частоты возникновения пожара в Устиновском районе, среднее значение по огнестойкости зданий составляет – 15 %, износ зданий составляет 17 %. Наибольшее среднее значение частоты возникновения пожара в Ленинском районе, огнестойкость зданий – 33 %, износ зданий – 41%.

Таким образом, в категории «муниципальные образования» Удмуртской Республики в 9 из 19 муниципальных образований среднее значение частоты возникновения пожара превышает среднее значение частоты возникновения пожара по России. В категории «внутригородские районы» г. Ижевска в одном из пяти среднее значение частоты возникновения пожара превышает среднее значение частоты возникновения пожара по России. Оценка среднего значения частоты возникновения пожара обеспечила ранжирование муниципальных образования Удмуртской Республики, тем самым выявила территориальные образования, требующие дополнительных мероприятий по повышению пожарной защищенности общеобразовательных учреждений.

### Список литературы

1. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 № 382.
2. Якуш С.Е., Эманский Р.К. Анализ пожарных рисков. Часть I: Подходы и методы // Проблемы анализа риска, том 6, 2009, № 3. Стр. 8 - 27.
3. СНиП 2.01.02-85\* Строительные нормы и правила. Противопожарные нормы. Дата введения 1987-01-01.
4. ВСН 53-86 (р) Правила оценки физического износа жилых зданий (утв. приказом Госстроя СССР от 24 декабря 1986 г. N 446).