

Частотный анализ пожарной безопасности общественных зданий
Frequency analysis of fire safety in public buildings

Варламова Д. М. (Varlamova D.M.), Колодкин В.М. (Kolodkin V.M.)

Для оценки частоты возникновения пожара в общественных зданиях разработана регрессионная модель на основе трех факторов, влияющих на частоту пожара: огнестойкость здания; износ здания (электропроводка, отопительное оборудование); климатические факторы (среднегодовая температура воздуха). На основе данной модели была проведена оценка частоты возникновения пожаров в 100 школах Удмуртской Республики, выделены образовательные учреждения, которые в меньшей степени защищены от пожара.

To estimate the frequency of fires in public buildings was developed regression model based on three factors affecting the rate of fire: fire building, depreciation of the building (electricity, heating equipment), climatic factors (annual average air temperature). Based on this model was conducted to estimate the incidence of fires in 100 schools in the Udmurt Republic, highlighted the educational institutions that are less protected from fire.

Ключевые слова: частота возникновения пожара; факторы, влияющие на частоту возникновения пожара.

Keywords: fire frequency, factors affecting the fire frequency.

Согласно статистике пожары в общественных зданиях (ОЗ) происходят чаще, чем пожары на промышленных предприятиях, и составляют примерно 7 % пожаров от общего количества пожаров в Российской Федерации. На пожарах в общественных зданиях погибает в среднем от 6 до 7 % всех погибших на пожарах.

В целях определения соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности в порядке, установленном Федеральным законом «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и нормативными правовыми актами Российской Федерации, следует проводить оценку пожарного риска. Согласно методике [1] расчетная величина индивидуального пожарного риска $Q_с$ в каждом здании рассчитывается по формуле:

$$Q_с = Q_n \cdot (1 - R_{an}) \cdot P_{np} \cdot (1 - P_с) \cdot (1 - P_{н.з.}), \quad (1)$$

где Q_n – частота возникновения пожара в здании в течение года;

R_{an} – вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения (далее – АУПТ);

P_{np} – вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения

$$P_{np} = \frac{t_{функц}}{24}, \text{ где } t_{функц} \text{ – время нахождения людей в здании в часах;}$$

$P_э$ – вероятность эвакуации людей;

$P_{п.з.}$ – вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

Одним из показателей, входящих в оценку пожарного риска, является частота возникновения пожара в здании. Значения частот возникновения пожара в общественных зданиях различного функционального назначения представлены в [1]. Приведенные частоты есть результат усреднения статистических данных по возникновению пожаров в зданиях определенного функционального назначения для всей территории России. Но при решении ряда задач (например, ранжирование объектов одного функционального назначения по уровню пожарной опасности), требуются уточнение значения частоты возникновения пожара.

При анализе причин возникновения пожара к одной из главных причин относится высокая степень износа оборудования (электропроводка, отопительное оборудование). Во многих ОЗ электропроводка не обновлялась и не менялась с момента постройки здания. Наибольшее количество пожаров от данной причины происходит зимой в результате нарушения правил пожарной безопасности при эксплуатации отопительных приборов, а также неисправность или перегрузка электропроводки.

Некоторые учреждения расположены в деревянных зданиях и имеют печное отопление. Пожар в таких зданиях происходит при неисправности печей и дымоходов, их неправильного устройства или эксплуатации.

Рассмотрев основные причины пожаров в общественных зданиях, можно выделить следующие факторы, влияющие на частоту возникновения пожара:

- огнестойкость здания (под огнестойкостью понимают способность конструктивных элементов зданий сохранять прочность в условиях пожара), μ_1 ;
- износ здания (электропроводка, отопительное оборудование), μ_2 ;
- климатические факторы, μ_3 .

Для оценки частоты возникновения пожара разработана регрессионная модель. Если Q_n - оценка математического ожидания частоты возникновения пожара в здании в расчете на одного человека в течение года, а μ_i – факторы, определяющие частоту, то раскладывая $Q_n(\mu_i)$ в ряд относительно точки математического ожидания факторов и ограничиваясь первыми членами разложения, имеем

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

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 β_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 μ_i изменялись от 0 до 1, то есть $\mu_{\max} = 1, \mu_{\min} = 0$. Количественные значения факторов оценивались с помощью индексного (бального) 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.;

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

По огнестойкости (μ_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

Тип здания	Огнестойкость основных строительных конструкций	Количественное значение фактора μ_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

Характеристика фактора μ_1 определяется на основе нормативного документа [3].

Степень износа электропроводки, отопительного оборудования, встроенного в здание, μ_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 μ_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 μ_3 определяется на основе таблицы 2.

Данный алгоритм позволяет оценить частоту возникновения пожара в зависимости от характеристик здания, а также, изменяя значения характеристик здания, сравнить частоты возникновения пожара, определить «слабые» стороны здания и предпринять своевременные меры по противопожарной безопасности здания.

Алгоритм оценки частоты возникновения пожара в общественных зданиях реализован в виде Интернет-ресурса «Частотный анализ» (далее Сервис) <http://rintd.ru/freqa>. Он предназначен для оценки частоты возникновения пожара в общественных зданиях в зависимости от характеристик здания. Сервис разработан на основе языков программирования: HTML, JavaScript и состоит из 2 HTML - страниц: Главная страница, Настройка.

Главная страница предназначена для ввода характеристики здания (функциональное назначение, тип здания, износ пожароопасного оборудования здания.). **Настройка**

предназначена для ввода допустимого интервала варьирования частоты возникновения пожара и ожидаемых характеристик здания.

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 Сервиса (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:

- Функциональное назначение здания.
- Тип здания.
- Год постройки здания или год капитального ремонта здания.
- Количество людей в здании, чел.
- Среднегодовая температура воздуха, °С.

Затем выполняется расчет и результаты отображаются в новом окне «**Результаты расчета**». Также выводится статистическое значение частоты возникновения пожара в общественном здании, что позволяет сравнить полученное значение частоты со статистическим и сделать выводы по пожарной безопасности общественного здания.

Сервис был применен при оценке частоты возникновения пожара в результате выполнения работы по оценке пожарных рисков в образовательных учреждениях.

В качестве примера было проанализировано 100 зданий образовательных учреждений, расположенных в границах одной территориальной зоны (в Удмуртской Республике). Для определения математического ожидания значения факторов рассмотрены данные по типу здания и сроку службы зданий. Климатический фактор при оценке частоты возникновения пожара не учитывался в связи с тем, что все образовательные учреждения находятся в одном климатическом поясе и перепад температур отсутствует. Ниже представлены данные по количеству образовательных учреждений и количественному значению огнестойкости строительных конструкций зданий общеобразовательных учреждений.

Количественное значение огнестойкости строительных конструкций	0 - 0,2	0,21 - 0,4	0,41 - 0,6	0,61 - 0,8	0,81 - 1,0
Количество образовательных учреждений, шт.	19	48	9	20	4

Исходя из полученных значений, математическое ожидание значения первого фактора равно $\langle \mu_1 \rangle = 0.478$. Также проанализированы данные по срокам службы образовательных учреждений и проведено сравнение с нормативными сроками службы [4], исходя из типа

здания. Определив износ оборудования в каждом здании, было получено математическое ожидание значения второго фактора $\langle \mu_2 \rangle = 0,28$.

Применив данные показатели, была проведена оценка частоты возникновения пожаров в 100 образовательных учреждениях. На рисунке 1 представлено распределение частот возникновения пожара в образовательных учреждениях и статистическое значение частоты возникновения пожара в общеобразовательных учреждениях (школа, школа-интернат, детский дом, лицей, гимназия, колледж), равное $4,16 \cdot 10^{-5}$ (в расчете на одного учащегося) [1].

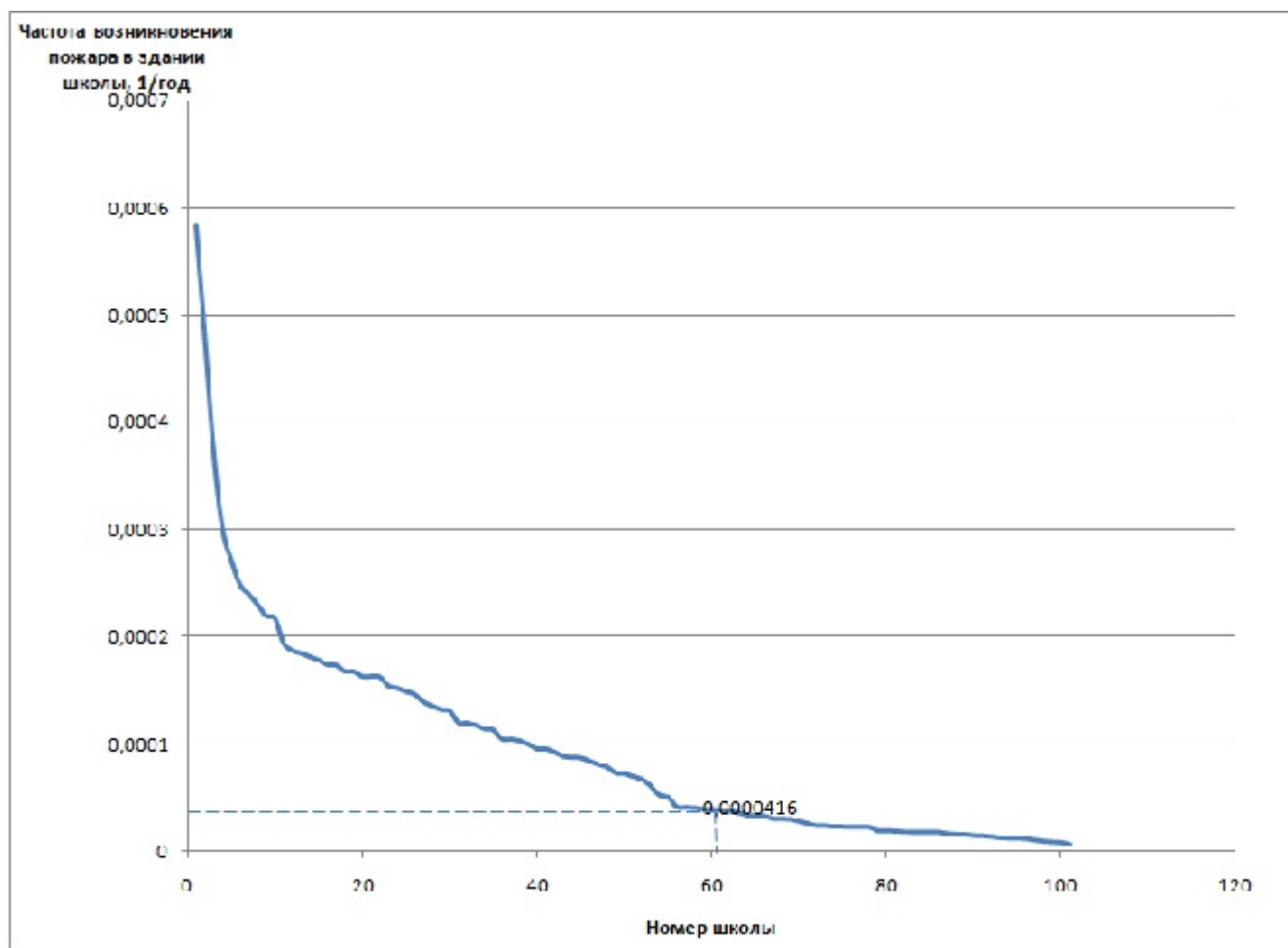


Рисунок 1. Распределение частоты возникновения пожара в образовательных учреждениях Удмуртской Республики.

Сравнив полученные результаты со статистическим значением частоты возникновения пожара в общеобразовательных учреждениях Удмуртской Республики, на рисунке 1 видно, что частота возникновения пожара примерно в 60 общеобразовательных учреждениях из 100 превышает статистическое значение частоты. Основным фактором, влияющим на частоту возникновения пожара, является износ электропроводки, отопительного оборудования.

Детальный анализ показал, что наибольшая частота возникновения пожара равна $5,83 \cdot 10^{-4}$ (в расчете на одного учащегося). Характеристика школы: здание деревянное с

бревенчатыми рубленными стенами, срок службы здания – 97 лет с момента постройки здания, оснащенность автоматическими системами пожаротушения – 0 %. Износ здания составляет 194 %, нормативный срок службы деревянных зданий равен 50 лет [4].

Наименьшая частота возникновения пожара равна $7,14 \cdot 10^{-6}$ (в расчете на одного учащегося). Характеристика школы: здание особо капитальное с железобетонным каркасом, с заполнением каменными материалами; срок службы здания – 1 год с момента постройки здания; оснащенность автоматическими системами пожаротушения – 100 %. Износ здания составляет 0,6 %, нормативный срок службы здания данного типа равен 175 лет [4].

Полученные результаты позволят выделить наиболее пожароопасные здания образовательных учреждений и своевременно принять меры по устранению возможных причин возникновения пожара исходя из характеристики здания.

Литература:

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., Эсманский 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).