

С.Н. Думнов, В.А. Тарасенко

## КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*Рассмотрены основные объекты железной дороги, представляющие пожарную опасность. Предложены новые уравнения для расчета критериев пожарной опасности и безопасности объектов. Произведен расчет критериев пожарной опасности и безопасности по предложенным уравнениям, позволяющим определить уровни пожарной опасности и безопасности объектов Восточно-Сибирской железной дороги.*

*The main objects of the railway, representing the fire hazard. Proposed new equations for calculating the criteria of fire danger and safety facilities. The calculation criteria for fire risk and safety on the proposed equation, which allows to determine the level of fire danger and safety facilities of the East – Siberian railway*

Стратегическая роль железнодорожного транспорта в общей транспортной системе Российской Федерации известна. Его доля в грузообороте составляет 84%, а по пассажирообороту - 39%. Поэтому безаварийное и устойчивое функционирование железнодорожного транспорта является одной из составляющих жизнеобеспечения и национальной безопасности страны. Решение этих проблем неразрывно связано с необходимостью количественной оценки пожарной опасности и безопасности, как объектов, так и подвижного состава железнодорожного транспорта, объединения этих составляющих в единую комплексную систему обеспечения пожарной безопасности. В качестве объекта исследований при разработке методики количественной оценки пожарной опасности и безопасности была принята Восточно-Сибирская железная дорога - одна из крупнейших железных дорог России.

В состав Восточно-Сибирской железной дороги входит 4 основных отделения, это - Тайшетское (НОД-1), Иркутское (НОД-2), Улан-Удэнское (НОД-3) и Северобайкальское (НОД-4). Каждая из вышеперечисленных отделений включает линейные предприятия, обеспечивающие нормальное функционирование экономики региона [1,2]. Основные предприятия, Восточно-Сибирской железной дороги представлены в табл.1.

Таблица 1

## Предприятия Восточно-Сибирской железной дороги

№ п/п	Предприятие	№п/п	Предприятие
1	ВЧД-1 (Тайшет)	17	ПЧ-7 (ст.Иркутск-Сорт.)
2	ВЧД-2 (Нижеудинск)	18	РПЗ (ст.Ангасолка)
3	ВЧД-3 (Зима)	19	ТЧ-1 (ст.Тайшет)
4	ВЧД-4 (Черемхово)	20	ТЧ-12 (ст. Северобайкальск)
5	ВЧД-5 (Суховская-Южная)	21	ТЧ-14 (ст.Новая Чара)
6	ВЧД-6 (ст.Иркутск-Сорт.)	22	ТЧ-2 (ст.Нижеудинск)
7	ВЧД-7 (ст.Иркутск-Пасс.)	23	ТЧ-3 (ст.Зима)
8	ДОК (Военный городок)	24	ТЧ-5 (ст. Иркутск-Сорт.)
9	ДЭММ (ст.Иркутск-Сорт.)	25	ТЧ-6 (ст.Слюдянка)
10	ЖБК (ст.Иркутск-Сорт.)	26	ТЧ-9 (ст.Вихоревка)
11	НГЧ-9 (ст.Нижеудинск)	27	ШПЗ (ст. Тайшет)
12	ПМС-303 (ст.Кичера)	28	НГЧ-8( ст.Улан-Удэ)
13	ПМС-45 (ст.Гришево)	29	ПМС-56 (ст.Охоной)
14	ПМС-66 (ст.Вихоревка)	30	ТЧ-7 (ст.Улан-Удэ)
15	ПЧ-1 (ст.Тайшет)	31	ВЧД-9 (ст.Улан-Удэ)
16	ПЧ-2 (ст.Нижеудинск)		

В табл.1. приняты следующие сокращения, принятые на железных дорогах России:

ВЧД – вагонное депо; ДОК – деревообрабатывающий комбинат; ДЭММ – дорожные электромеханические мастерские; ЖБК – комбинат железобетонных конструкций; НГЧ – дистанция гражданских сооружений; ПМС – путевая машинная станция; ПЧ – дистанция пути; РПЗ – щебеночный завод; ТЧ – локомотивное депо; ШПЗ – шпалопропиточный завод.

Основные предприятия, представляющие пожарную опасность на Восточно – Сибирской железной дороге: вагонное депо; деревообрабатывающий комбинат; дорожные электромеханические мастерские; комбинат железобетонных конструкций; дистанция гражданских сооружений; путевая машинная станция; дистанция пути; щебеночный завод; локомотивное депо; шпалопропиточный завод. На территории этих предприятий расположены здания различной степени огнестойкости, наружные установки, склады. Здания и наружные установки имеют различные категории по взрывопожарной и пожарной опасности. Пожарная опасность этих объектов определяется наличием горючих веществ и материалов (твердые горючие материалы, ЛВЖ и ГЖ), наличием и использованием технологического оборудования, присутствием обслуживающего персонала.

Уровень пожарной опасности объекта производственного назначения авторы [3] предлагают оценивать по величине коэффициента пожарной опасности, который рассчитывается из уравнения регрессии:

$$K_{по}^o = 17,4 + 0,00872C + 0,0209N_{л} - 2,06Q + 1,72N_{зд} + 0,00161S_k. \quad (1)$$

но ввиду того, что данное уравнение было предложено в 80-х годах прошлого века, некоторые коэффициенты, входящие в его состав, утратили свою актуальность. Поэтому авторами предложены новые коэффициенты, оказывающие влияние на пожарную опасность объекта производственного назначения, входящего в состав ОАО РЖД.

Поскольку в состав Восточно-Сибирской железной дороги входит

31 основной объект производственного назначения, параметры пожарной опасности рассчитываются для каждого объекта в отдельности.

В результате расчетов функция коэффициента пожарной опасности образуется по аддитивному принципу и представляет собой сумму произведений нормированных частных факторов на их весовые коэффициенты.

$$y = \sum_{i=1}^n \alpha_i (x_i / x_{oi}) \cdot 100. \quad (2)$$

при  $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1. \quad (3)$

где:  $x_i$  – численное значение  $i$ -го фактора,

$x_{oi}$  – норма  $i$ -го фактора,

$\alpha_i$  – весовой коэффициент, учитывающий значимость  $i$ -го фактора.

В качестве нормы приняты максимальные значения факторов по рассматриваемой совокупности предприятий:

$$x_{01} = N_{л.маx} = 50;$$

$$x_{02} = Q_{маx} = 25;$$

$$x_{03} = S_{к.маx} = 8000;$$

$$x_{04} = N_{г.в.маx} = 3500;$$

$$x_{05} = N_{п.маx} = 20;$$

$$x_{06} = N_{т.у.} = 45.$$

Точно определить весовые коэффициенты может лишь квалифицированная экспертиза. В этом случае, что бы учесть различную значимость критериев, проводят ранжирование их по важности [4]. В качестве новых коэффициентов, влияющих на пожарную опасность объектов железнодорожного транспорта выбраны следующие показатели:

1.  $N_{л}$ , чел – максимальная численность людей в расчете на одно здание;

2.  $Q_{зд}$ , ед – число зданий, приведенных по степени огнестойкости;

3.  $S_K$ ,  $m^2$  – сумма поэтажных площадей зданий, приведенных по категории пожарной опасности;

4.  $N_{Г.В.}$ ,  $m^3$  – количество ЛВЖ И ГЖ, обращающихся в производстве;

5.  $N_{п.}$ , ед – количество помещений в здании;

6.  $N_{Т.у.}$ , ед – количество технологических установок в здании.

В качестве экспертов были привлечены высоко квалифицированные специалисты в области пожарной безопасности, знакомые со спецификой предприятий ОАО РЖД:

Каждому из приведенных выше коэффициентов экспертами был присужден определенный ранг. Ранги в дальнейшем переводятся в весовые коэффициенты по определенным формулам без участия экспертов [4].

$$\alpha'_i = 1 - (i - 1) / n. \quad (4)$$

Предполагается, что критерию присвоен номер назначенного ему ранга. Нормирование  $\alpha'_i$  для перехода к  $\alpha_i$ , удовлетворяющих условию (3), не представляет труда.

В результате уравнение (1) приняло вид:

$$K_{по}^o = 0,2803N_{л.} + 0,1495Q + 0,2242S_K + 0,1915N_{з.в.} + 0,0607N_{п.} + 0,0934N_{т.у.} \quad (5)$$

Для изучения свойств полученной функции произведен расчет ее значений в интервалах изменения факторов:

$N_{л.}$ , чел – 0...50;

$Q_{зд.}$ , ед – 0...25;

$S_K$ ,  $m^2$  – 0...8000;

$N_{Г.В.}$ ,  $m^3$  – 0...3500;

$N_{п.}$ , ед – 1...20;

$N_{Т.у.}$ , ед – 1...45.

Одним из предположений, которое делается при обработке результатов наблюдений, является гипотеза о том, что наблюдаемые случайные величины подчиняются нормальному закону распределения. Это предположение используется как в регрессионном анализе при установлении зависимостей между случайными величинами, так и в дисперсионном анализе при проверке статистических гипотез. Поэтому выполнимость предположения о нормальности при обработке данных рекомендуется обязательно проверять. Для проверки соответствующих гипотез существуют различные критерии и программное обеспечение. Критерии этой проверки обычно требуют не менее 50-100 значений для уверенных выводов; в нашем случае имеется 1713666 значений, что существенно превышает минимальный уровень.

Один из наиболее известных критериев основан на анализе асимметрии  $A$  и эксцесса распределения  $E$ :

$$A = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum \left( \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right)^3. \quad (6)$$

$$E = \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum \left( \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right)^4 - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)}. \quad (7)$$

где  $\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$

$x_i$  – значение коэффициента пожарной опасности,

$\bar{x}$  – выборочное среднее значение,

$n$  – число значений,

Заметим, что  $\sigma$  характеризует группировку наблюдений вокруг центрального значения;  $A$  - скошенность графика функции  $f(x)$  (если  $A = 0$ , то график  $f(x)$  симметричен относительно центрального значения,  $A > 0$  - вытянут правый конец,  $A < 0$  - вытянут левый);  $E$  - показывает остроту пика кривой по сравнению с нормальным законом:  $E > 0$  - более острый пик, а  $E < 0$  - менее. Для нормального распределения  $A = E = 0$ .

Величины  $A$  и  $E$  на практике используют для оценки нормальности закона распределения через вспомогательные коэффициенты [5], которые зависят только от количества значений и определяются по формулам:

$$\sqrt{D(A)} = a_3 = \sqrt{\frac{6 \cdot (n-1)}{(n+1) \cdot (n+3)}} \quad (8)$$

$$\sqrt{D(E)} = a_4 = \sqrt{\frac{24 \cdot (n-2) \cdot (n-3)}{(n+1) \cdot (n+3) \cdot (n+5)}}$$

где  $D(A)$  и  $D(E)$  – оценка дисперсии асимметрии и эксцесса распределения.

Считается, что случайная величина распределена по нормальному закону, если выполняются нижеприведенные условия, являющиеся следствием из нормального закона распределения (по критерию Чебышева) [6] отличие  $A$  и  $E$  от нуля недостоверно и можно принять гипотезу о нормальном распределении случайной величины):

$$|A| \leq 3\sqrt{D(A)}$$

$$|E| \leq 5\sqrt{D(E)}$$

Результаты расчета подтвердили корректность гипотезы о нормальном распределении; полученные значения сведены в табл.2.

## Результаты расчета значений

№	Параметр	Обозначение	Значение
1	Число значений	$n$	1713666
2	Выборочное среднее значение	$\bar{x}$	49,888
3	Среднее квадратическое отклонение	$\sigma$	13,675
4	Ассиметрия распределения	$A$	-0,003251
5	Экссесс распределения	$E$	-0,00000261
6	Вспомогательный коэффициент	$a_3$	0,00187
7	Вспомогательный коэффициент	$a_4$	0,00000286

Методика оценки пожарной безопасности объектов, изложенная в [7], содержит большое количество критериев пожарной безопасности. Но в настоящее время некоторые критерии, так же как и критерии пожарной опасности утратили свою актуальность за счет изменений экономических, социальных, демографических и других факторов.

По этому расчет критерия  $K_{ПБ}$  [7] предлагается проводить в следующем виде:

$$K_{ПБ} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 - K_6. \quad (9)$$

В данном случае при оценке пожарной безопасности объекта не учитывается  $K_4$  – критерий комплексной оценки показателей, характеризующий деятельность добровольных пожарных дружин, поскольку на объектах железной дороги ДЖД практически не организуется.

Соответственно, для расчета критерии пожарной безопасности  $K_5, K_6, K_7$  по [7] заменены на  $K_4, K_5, K_6$ .

В результате предприятия Восточно – Сибирской железной дороги ОАО РЖД будут иметь следующие критерии пожарной опасности и безопасности, представленные в табл.3.

Таблица 3

Значения критериев пожарной опасности и безопасности для объектов Восточно – Сибирской железной дороги ОАО РЖД

№ п/п	Отделение дороги	Предприятия	$K_{no}^o$	$K_{пб}^o$
1	Улан-Удэнское отделение (НОД-3):	- НГЧ-8( ст.Улан-Удэ)	14,3	59
		- ПМС-56 (ст.Охоной)	11,1	57
		- ТЧ-7 (ст.Улан-Удэ)	22,9	68,4
		- ВЧД-9 (ст.Улан-Удэ)	24,6	62,4
		- ТЧ-6 (ст.Слюдянка)	23,04	59,4
		- РПЗ (ст.Ангасолка)	19,9	71,7

2	Иркутское отделение (НОД-2):	- ВЧД-6 (ст.Иркутск-Сорт.)	30,9	65,2
		- ВЧД-7 (ст.Иркутск-Пасс.)	34,7	59,3
		- ДОК (Военный городок)	35,1	63,7
		- ДЭММ (ст.Иркутск-Сорт.)	10,8	69,7
		- ЖБК (ст.Иркутск-Сорт.)	27,7	55,8
		- ПЧ-7 (ст.Иркутск-Сорт.)	16,7	53
		- ТЧ-5 (ст. Иркутск-Сорт.)	25,7	61
		- ВЧД-4 (Черемхово)	20,3	57,3
		- ВЧД-5 (Суховская-Южная)	24,6	67
		- ПМС-45 (ст.Гришево)	12,5	57
3	Тайшетское отделение (НОД-1):	- ВЧД-1 (Тайшет)	23,7	71,5
		- ПЧ-1 (ст.Тайшет)	13,1	55
		- ШПЗ (ст.Тайшет)	46,1	59
		- ТЧ-1 (ст. Тайшет)	24,3	66,1
		- ВЧД-3 (Зима)	21,2	71
		- ТЧ-3 (ст.Зима)	23,4	61
		- ВЧД-2 (Нижеудинск)	19,8	25,3
		- НГЧ-9 (ст.Нижеудинск)	13,7	61
		- ПЧ-2 (ст.Нижеудинск)	13,4	51
		- ТЧ-2 (ст.Нижеудинск)	18,3	61,2
		- ПМС-66 (ст.Вихоревка)	13,5	51
- ТЧ-9 (ст.Вихоревка)	21,7	54		
4	Северобайкальское отделение (НОД-4):	- ПМС-303 (ст.Кичера)	12,7	57
		- ТЧ-14 (ст.Новая Чара)	21,7	67,9
		- ТЧ-12 (ст. Северобайкальск)	24,2	72,7

Средние значения критериев пожарной опасности и безопасности объектов Восточно – Сибирской железной дороги ОАО РЖД представлены в табл.4.

Таблица 4

Средние значения критериев пожарной опасности и безопасности объектов Восточно-Сибирской железной дороги ОАО РЖД

№ п/п	Отделение ВСЖД	Среднее значение критериев пожарной опасности объектов ВСЖД	Среднее значение критериев пожарной безопасности объектов ВСЖД
1	Улан-Удэнское отделение	19,3	62,9
2	Иркутское отделение	23,9	60,5
3	Тайшетское отделение	21	57,2
4	Северобайкальское отделение	19,5	65,8

На основании данных о средних значениях критериев пожарной опасности и безопасности можно сделать вывод, что наибольшую пожарную опасность представляет Иркутское отделение ВСЖД, наименьшую – Улан-Удэнское отделение ВСЖД. Что касается пожарной безопасности, то наименьшее значение имеет Тайшетское отделение ВСЖД, а наибольшее – Северобайкальское отделение ВСЖД.

Проведенные расчеты критериев пожарной опасности и безопасности объектов железной дороги позволяют:

1. Определить уровни пожарной опасности и безопасности объектов железной дороги.

2. Наметить стратегии функционирования системы обеспечения пожарной безопасности предприятий.

3. Предполагает создание механизма их практического воплощения.

Органы управления уже на этапе формирования комплекса пожарно – профилактических мероприятий должны очертить контуры такого механизма.

При разработке такого комплекса мероприятий, особое внимание необходимо обратить на следующие направления:

- разработать вопрос о выполнении намеченной стратегии с позиции ее правового обеспечения, то есть решить, какие организационно – правовые документы необходимо принять, что бы в полной мере реализовать основное содержание комплекса мероприятий;

- решить проблему финансирования, то есть оценить финансовые ресурсы объекта;

- рассмотреть варианты финансирования расходной части, включая самофинансирование, привлечение средств вышестоящих бюджетов, внебюджетных средств, кредитов, средств инвесторов и спонсоров;

- рассмотреть вопросы улучшения управления функционирования системы обеспечения пожарной безопасности предприятий, то есть совершенствование организационной структуры управления, подготовки и переподготовки кадров и т.п.

## ПРИМЕЧАНИЯ

1. Тарасенко В.А., Гармышев В.В., Никитин С.П. Некоторые аспекты причин чрезвычайных ситуаций при транспортировке грузов по ВСЖД МПС России. Материалы докладов VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов «Современные угрозы человечеству и обеспечение безопасности жизнедеятельности» «Безопасность -03». -Иркутск:Изд-во ИрГТУ. Т. 1. 2003, с. 170.

2. Тарасенко В.А., Гармышев В.В. Оценка риска пожарной опасности подвижного состава железнодорожного транспорта Восточно-Сибирской железной дороги МПС России. Материалы докладов IX Всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов «Диагностика опасностей и угроз современного мира и способы обеспечения безопасности» «Безопасность-04». Иркутск: Изд-во ИрГТУ. 2004. С. 212-214.

3. Панов Р.Г. Использование регрессионных моделей для количественной оценки пожарной опасности объектов. - В кн.: Пожарная профилактика: Сб. Тр. М.: ВНИИПО, 1980, вып. 16, с. 80-84.

4. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике. М.: Радио и связь, 1984. 288 с.



5. Гольцман Ф.М. Статистические модели интерпретации. - М.: Наука, 1971. -327 с.
6. Калиткин Н.Н. Численные методы: учебное пособие. - М.: Наука, 2000. – 512 с.
7. Козлачков В.И. Методические рекомендации к дипломному проектированию по теме «организация пожарно-технических обследований объектов народного хозяйства» курса «Организация и управление в деятельности пожарной охраны». - М.:ВИПТШ МВД СССР, 1989, с. 9-17.