
ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ ПО РАЗЛИЧНЫМ ГРУППАМ ПРИЧИН

А.Н. Батуро.

**Центр научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок
Сибирского института пожарной безопасности – филиал
Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.**

А.А. Мельник, кандидат технических наук, доцент.

**Сибирский институт пожарной безопасности – филиал
Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России**

Исследован процесс возникновения пожаров методами корреляционного и регрессионного анализа. Предложено разделение факторов, вызывающих пожары, на три группы: социальные, техногенные и прочие. Изучена взаимосвязь между предложенными группами факторов и количеством возникающих пожаров в разное время года.

Ключевые слова: причины пожаров, корреляционный анализ, регрессионный анализ, статистика пожаров

LAWS OF FIRES ACCORDING TO DIFFERENT GROUPS OF REASONS

A.N. Baturо.

Center of scientific research and experimental design development of the Siberian institute of fire safety – the branch of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.A. Melnik.

Siberian institute of fire safety – the branch of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In this paper the process of fire is researched by the methods of correlation and regression analysis. The factors that cause fires are divided into three groups: social, technological, and others. The interrelation between the offered groups of factors and the number of fires in different seasons has been studied.

Key words: causes of fires, correlation analysis, regression analysis, fire statistics

Оперативная обстановка с пожарами определяется влиянием двух системообразующих факторов – природного и антропогенного. Антропогенные факторы влияют непосредственно, в частности, среднее многолетнее число пожаров в регионе определяется численностью его жителей. В свою очередь, число пожаров определяет количество случаев травм и гибели людей. Природные факторы влияют косвенно, через деятельность человека, поэтому рассматривать их действие следует совместно с антропогенными. Например, недостаточное теплоснабжение само по себе не может являться причиной пожара, но при пониженных температурах оно вынуждает людей пользоваться

дополнительными источниками тепла. Непосредственно от природных источников огня (молний) в населенных пунктах возникает всего лишь около 1 % пожаров. Антропогенные факторы можно учитывать и контролировать, природные условия можно только учитывать, так как контролю они не поддаются (рис. 1).

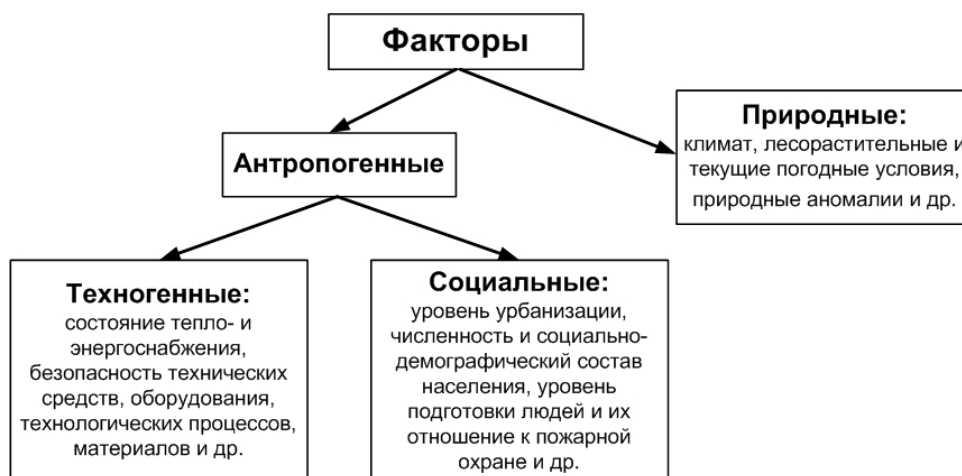


Рис. 1. Антропогенные и природные факторы обстановки с пожарами

Целью данной работы является определение меры и характера зависимости количества пожаров от различных групп причин (факторов).

Расчет коэффициентов парной корреляции

Число пожаров в населенном пункте (районе, регионе) зависит от общей численности жителей, коэффициент парной корреляции между этими величинами, как показано в [1], составляет порядка $r=0,99$. Количество людей, погибших и травмированных при пожарах, в свою очередь, в очень большой степени связано с числом пожаров, коэффициент корреляции в первом случае составляет 0,95, во втором – 0,97. Эти зависимости выражаются уравнениями следующего вида:

$$N = 116,6 + 2,6P,$$

$$N_{\text{тп.}} = 2,06 + 0,027N,$$

$$N_{\text{гиб.}} = 1,78 + 0,033N,$$

где N – число пожаров за год; $N_{\text{тп.}}$ – число травмированных людей за год; $N_{\text{гиб.}}$ – число погибших людей за год; P – численность населения, тыс. чел.

Известно, что кроме антропогенных факторов на количество пожаров в населенных пунктах оказывает влияние и климат [2, 3]. Можно предположить, что наибольшее влияние из природных факторов на обстановку с пожарами имеет температура воздуха, но предыдущими исследованиями эта зависимость установлена как низкая. Однако влияние антропогенных и природных факторов на частоту пожаров различно. Это обусловлено причинами их возникновения. Поэтому выделены три группы причин: техногенная, социальная и прочие причины. К техногенной группе относятся те причины, которые связаны с обеспечением комфортных условий жизнедеятельности человека (неисправность и неправильная эксплуатация печей, недостатки конструкции, нарушение правил эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов); к социальной группе – причины, связанные с неосторожностью, халатностью (неосторожное обращение с огнем, курение,

детская шалость с огнем); к прочим – причины, число пожаров по которым в течение года не варьируется (нарушение технологических работ, поджоги и т.п.).

Количество пожаров техногенной группы при повышении температуры воздуха уменьшается $r=-0,72$, формула (1), а количество пожаров по социальной группе причин наоборот увеличивается ($r=0,73$, формула (2)). Количество пожаров по прочим причинам с динамикой температуры практически не связано.

$$N_{mex} = 0,73 - 0,015T ; \quad (1)$$

$$N_{соц} = 1,77 + 0,013T ; \quad (2)$$

где $N_{тех.}$ – частота пожаров по техногенным причинам, сл./100 тыс. чел. в сутки; $N_{соц.}$ – частота пожаров по социальным причинам, сл./100 тыс. чел. в сутки; T – температура воздуха, °С.

Исследования показали, что доля пожаров по группам причин в общем количестве не постоянна и зависит от уровня урбанизации территории. В частности, в г. Красноярске доля пожаров по прочим причинам составляет 12 %, по техногенным – 26 %, по социальным – 62 %; в городах Ачинск, Бородино, Игарка, Канск, Лесосибирск, Минусинск, Норильск, таких пригородных районах как Березовский и Емельяновский доля пожаров по прочим причинам составляет 13 %, по техногенным – 42 %, по социальным – 45%; в сельской местности соответственно 17 %, 45 % и 38 %; а в целом по Красноярскому краю 14 %, 37 % и 49 %. Влияние численности населения на частоту пожаров по разным группам причин можно выразить следующими уравнениями:

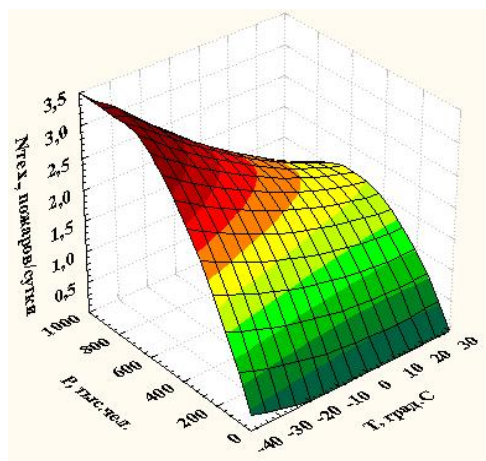
$$N_{mex.} = 0,038 + 0,002P , \quad r=0,98;$$

$$N_{соц.} = -0,062 + 0,005P , \quad r=0,98;$$

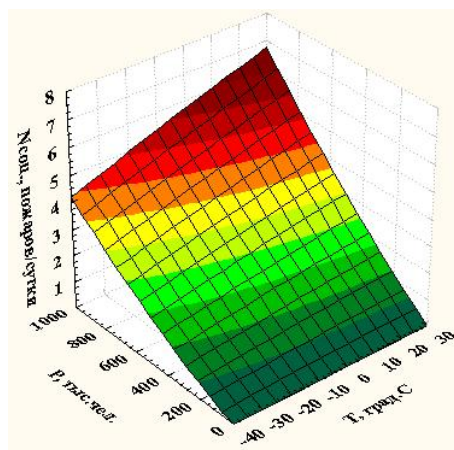
$$N_{пр.} = 0,005 + 0,001P , \quad r=0,99,$$

где $N_{пр.}$ – частота пожаров по прочим причинам, сл./сутки.

Графический характер зависимости частоты пожаров по социальной и техногенной группам причин от двух факторов – антропогенного и природного, представлен на рис 2. Поверхности получены с использованием данных ВНИИПО за 2002–2006 гг.



а)



б)

Рис. 2. Характер зависимости частоты пожаров от численности жителей и температуры воздуха (а – социальная группа причин, б – техногенная)

Представленные зависимости можно выразить алгебраическим уравнением второго порядка с тремя неизвестными x, y, z в виде:

$$Ax^2 + By^2 + Cz^2 + Dxy + Eyz + Fzx + Gx + Hy + Kz + L = 0,$$

где, по крайней мере, одна из шести величин A, B, C, D, E, F не равна нулю.

По данным о пожарах в Красноярском крае получены уравнения следующего вида:

а) социальная группа причин пожаров:

$$N_{соц} = 2,07 * 10^{-6} P^2 - 1,05 * 10^{-4} T^2 + 3,55 * 10^{-5} TP + 9,16 * 10^{-5} T + 0,004P + 0,05,$$

б) техногенная группа причин пожаров:

$$N_{тех} = 1,97 * 10^{-4} T^2 - 4,31 * 10^{-6} P^2 - 3,43 * 10^{-5} TP - 0,002T + 0,006P - 0,083.$$

Частота пожаров по прочим причинам от температуры воздуха не зависит и определяется уравнением:

$$N_{пр.} = 0,005 + 0,001P,$$

где $N_{соц.}$ – число пожаров по социальной группе причин в сутки; $N_{тех.}$ – число пожаров по техногенной группе причин в сутки; $N_{пр.}$ – число пожаров по прочим причинам в сутки; T – температура воздуха, °C; P – численность жителей, тыс. чел.

Количество пожаров определяет число случаев получения травм и гибели людей при пожарах. Причем, если случаи гибели людей происходят преимущественно в зимний период года и связаны с пожарами, возникающими по социальной и техногенной группам, то случаи травматизма людей чаще всего происходят в летнее время и связаны с пожарами по прочим причинам (рис. 3, 4).



Рис. 3. Динамика относительного числа случаев гибели людей в течение года с учетом групп причин пожаров

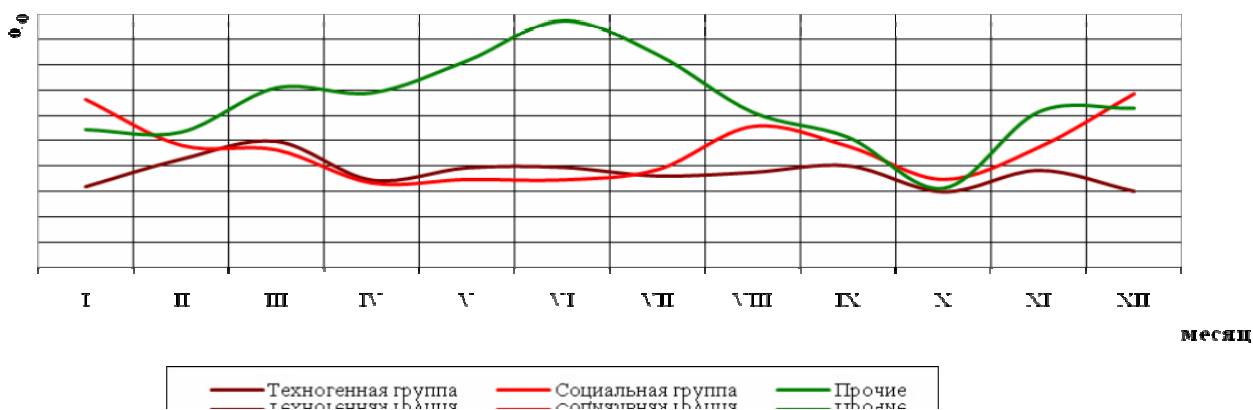


Рис. 4. Динамика относительного числа случаев травматизма людей в течение года с учетом групп причин пожаров

В связи со значительным влиянием температуры окружающего воздуха на обстановку с пожарами в зимнее время года особую актуальность приобретает вопрос теплоснабжения. При примерно одинаковом его уровне, чем севернее находится населенный пункт, тем больше возникает пожаров.

Статистический анализ пожароопасности

Статистический анализ пожароопасности осуществлялся исходя из деления районов Крайнего Севера на две группы: «Север» (Республика Карелия, Мурманская обл., Республика Коми, Архангельская обл., Тюменская обл., Ханты-Мансийский АО Тюменской обл., Эвенкийский АО Красноярского края) и «Крайний Север» (Ненецкий АО Архангельской обл., Ямало-Ненецкий АО Тюменской обл., Таймырский АО Красноярского края, Республика Саха, Чукотский АО, Корякский АО, Магаданская обл.), а также деление всех пожаров на три группы причин: социальную, техногенную и прочие причины.

Построим линейные математические модели для описания множественной регрессии, то есть моделей для описания характера зависимости числа пожаров по этой группе причин от численности населения и среднесуточной температуры воздуха.

Социальная группа причин:

а) Природно-климатическая зона «Север».

Зависимость числа пожаров в сутки по социальным причинам определяется уравнением:

$$N = 0,976 + 0,71 \cdot P + 0,006 \cdot T,$$

где N – среднестатистическое число пожаров в сутки; P – численность населения, 100 тыс. чел.; T – среднесуточная температура воздуха, °С.

Размер исходной выборки $n=685$.

Корреляционная матрица:

$$R = \begin{vmatrix} 1 & 0,043 & -0,884 \\ 0,043 & 1 & -0,154 \\ -0,884 & -0,154 & 1 \end{vmatrix}.$$

Выборочный коэффициент корреляции равен $\rho=0,79$. Частные коэффициенты корреляции равны соответственно: $\rho_{xy(z)}=0,043$; $\rho_{yz(x)}=-0,154$; $\rho_{xz(y)}=-0,884$.

Значение F-критерия равно 33,53, оно превосходит значение F-критерия из таблиц стандартного распределения $F_{0,05,2,685}$ равного 3,00, из этого следует, что модель не противоречит экспериментальным данным. Гипотеза о существовании линейной связи между переменными принимается с 5 % уровнем значимости.

Далее проверим каждое из значений коэффициентов регрессии по t-критерию.

Граничные значения на 0,5 % уровне: $t_{0,005}=\pm 2,6$.

В результате исследования значимости модели было доказано:

– что все независимые переменные на 0,5 % уровне значимости достоверны;

– значение F-критерия превосходит значение F-критерия из таблиц стандартного распределения.

Следовательно, математическая модель для описания зависимости числа пожаров по социальным причинам от температуры воздуха для зоны «Север» достоверна.

б) Природно-климатическая зона «Крайний Север».

Зависимость числа пожаров социальной группы причин в сутки для этой зоны определяется уравнением:

$$N = 1,103 + 0,739 \cdot P + 0,017 \cdot T$$

Размер исходной выборки $n=628$.

Корреляционная матрица:

$$R = \begin{vmatrix} 1 & 0,263 & -0,656 \\ 0,263 & 1 & 0,237 \\ -0,656 & 0,237 & 1 \end{vmatrix}$$

Выборочный коэффициент корреляции равен $\rho=0,61$. Частные коэффициенты корреляции равны соответственно: $\rho_{xy(z)}=0,263$; $\rho_{yz(x)}=0,237$; $\rho_{xz(y)}=-0,656$.

Значение F-критерия равно 107,2, оно превосходит значение F-критерия из таблиц стандартного распределения $F_{0,05,2,628}$ равного 3,00, из этого следует, что мы получили результат с высокой достоверностью. Гипотеза о существовании линейной связи между переменными принимается с 5 % уровнем значимости.

Далее проверим каждое из значений коэффициентов регрессии.

Граничные значения на 0,5 % уровне: $t_{0,005,679}=\pm 2,6$.

В результате исследования значимости модели было доказано:

– что все независимые переменные на 0,5 % уровне значимости достоверны;

– значение F-критерия превосходит значение F-критерия из таблиц стандартного распределения.

Следовательно, математическая модель для описания зависимости числа пожаров по социальным причинам от температуры воздуха для зоны «Крайний Север» достоверна.

Техногенная группа причин:

а) Природно-климатическая зона «Север».

Зависимость числа пожаров в сутки по техногенной группе причин определяется уравнением:

$$N = 0,94 + 0,782 \cdot P - 0,0009 \cdot T$$

Размер исходной выборки $n=867$.

Корреляционная матрица:

$$R = \begin{vmatrix} 1 & -0,003 & -0,877 \\ -0,003 & 1 & 0,107 \\ -0,877 & 0,107 & 1 \end{vmatrix}$$

Выборочный коэффициент корреляции равен $\rho=0,78$. Частные коэффициенты корреляции равны соответственно: $\rho_{xy(z)}=-0,003$; $\rho_{yz(x)}=0,107$; $\rho_{xz(y)}=-0,877$. Значение F-критерия равно 26,4, оно превосходит значение F-критерия из таблиц стандартного распределения $F_{0,05,2,867}$ равного 3,00, из этого следует, что полученный результат не противоречит экспериментальным данным. Гипотеза о существовании линейной связи между переменными принимается с 5 % уровнем значимости. Далее проверим каждое из значений коэффициентов регрессии. Граничные значения на 0,5 % уровне: $t_{0,005}=\pm 2,6$.

В результате исследования значимости модели было доказано:

- что все независимые переменные на 0,5 % уровне значимости достоверны;
- значение F-критерия превосходит значение F-критерия из таблиц стандартного распределения.

Следовательно, математическая модель для описания зависимости числа пожаров по техногенным причинам от температуры воздуха для зоны «Север» достоверна.

б) Природно-климатическая зона «Крайний Север».

Зависимость среднесуточного числа пожаров техногенной группы причин определяется уравнением:

$$N = 1,02 + 0,482 \cdot P - 0,004 \cdot T$$

Размер исходной выборки $n=684$.

Корреляционная матрица:

$$R = \begin{vmatrix} 1 & 0,135 & -0,578 \\ 0,135 & 1 & 0,431 \\ -0,578 & 0,431 & 1 \end{vmatrix}$$

Выборочный коэффициент корреляции равен $\rho=0,6$. Частные коэффициенты корреляции равны соответственно: $\rho_{xy(z)}=-0,135$; $\rho_{yz(x)}=0,431$; $\rho_{xz(y)}=-0,578$.

Значение F-критерия равно 125,03, оно превосходит значение F-критерия из таблиц стандартного распределения $F_{0,05,2,684}$ равного 3,00, из этого следует, что мы получили результат не противоречащий данным эксперимента. Гипотеза о существовании линейной связи между переменными принимается с 5 % уровнем значимости.

Далее проверим каждое из значений коэффициентов регрессии.

Граничные значения на 0,5 % уровне: $t_{0,1,684}=\pm 2,6$.

Значения t-критерия по приведенным выше группам причин и природно-климатическим зонам сведены в табл. 1, 2.

В результате исследования значимости модели было доказано:

- что все независимые переменные на 0,5 % уровне значимости достоверны;
- значение F-критерия превосходит значение F-критерия из таблиц стандартного распределения.

Следовательно, математическая модель для описания зависимости числа пожаров по техногенным причинам от температуры воздуха для зоны «Крайний Север» достоверна.

Прочие причины:

а) Природно-климатическая зона «Север».

Зависимость среднесуточного числа пожаров по прочим причинам для этой зоны определяется уравнением:

$$N_{np} = 0,007 + 0,01 \cdot P$$

При этом:

– коэффициент корреляции Пирсона $r = 0,881$;

– значение t-критерия равно 4,94, больше чем значение квантили распределения Стьюдента $t_{0,005,(n-2)}=3,25$ при $n=9$, а это значит, что между переменными существует линейная связь на 0,5 % уровне значимости.

б) Природно-климатическая зона «Крайний Север».

Зависимость среднесуточного числа пожаров по прочим причинам для этой зоны определяется уравнением:

$$N_{np} = 0,007 + 0,091 \cdot P$$

При этом:

– коэффициент корреляции Пирсона $r = 0,99$;

– среднее число пожаров в сутки равно 0,037;

– стандартное отклонение от среднего равно 0,067;

– значение t-критерия равно 24,93, больше чем значение квантили распределения Стьюдента $t_{0,005,(n-2)}=3,169$ при $n=11$, а это значит, что между переменными существует линейная связь на 0,5 % уровне значимости.

Таблица 1. Значения t-критерия для независимых переменных (социальная группа причин)

Независимая переменная	Социальная группа причин			
	зона «Север»		зона «Крайний Север»	
	Значение t-критерия	Достоверность на 0,5 % уровне значимости	Значение t-критерия	Достоверность на 0,5 % уровне значимости
Р-численность населения	49,4	достоверно	21,7	достоверно
Т-температура окружающего воздуха	4,1	достоверно	6,1	достоверно

Таблица 2. Значения t-критерия для независимых переменных (техногенная группа причин)

Независимая переменная	Техногенная группа причин			
	зона «Север»		зона «Крайний Север»	
	Значение t-критерия	Достоверность на 0,5 % уровне значимости	Значение t-критерия	Достоверность на 0,5 % уровне значимости
Р-численность населения	53,68	достоверно	18,5	достоверно
Т-температура окружающего воздуха	3,17	достоверно	12,5	достоверно

Таким образом, в результате работы установлено:

– существует два сезона, которые различаются по показателям обстановки с пожарами: зимний (октябрь–апрель) и летний (май–сентябрь). В зимний сезон преобладают

пожары техногенной группы причин, а в летний – пожары социальной группы. Большая часть пожаров и основное число случаев гибели людей при пожарах приходится на зимний сезон. В летнем сезоне можно выделить весенне-летний период (май–июнь), который характеризуется большим количеством пожаров вне зданий;

– среднестатистическое число пожаров в регионе определяется численностью его жителей, а отклонения от этой величины вызваны погодно-климатическими условиями местности;

– частота пожаров, их распределение по причинам возникновения обусловлены преимущественно уровнем урбанизации территории и погодными условиями. Повышение уровня урбанизации и температуры воздуха вызывают увеличение доли пожаров по социальным причинам, а их снижение – доли пожаров по техногенным причинам. Зависимости числа пожаров этих двух групп от численности населения и температуры воздуха выражаются алгебраическим уравнением второго порядка. Число пожаров по прочим причинам от температуры воздуха не зависит;

Выявленные в результате статистического анализа закономерности возникновения пожаров, случаев травматизма и гибели людей при пожарах позволяют моделировать оперативную обстановку с пожарами.

Литература

1. Андреев Ю.А., Амельчугов С.П., Комаров С.Ю. Возникновение и предупреждение пожаров на объектах Сибири и Дальнего Востока. // Сибирский вестник пожарной безопасности. 1999. № 1. С. 22–46.

2. Мешалкин Е.А., Фирсов А.Г., Порошин А.А. Геофизические факторы и обстановка с пожарами в регионах России // Обеспечение организационно-управленческой деятельности государственной противопожарной службы: сб. науч. тр. М.: ВНИИПО, 2000. С. 22–33.

3. Лупанов С.А., Мешалкин Е.А. [и др.]. Анализ обстановки с пожарами в регионах России с учетом их климатических особенностей. // Проблемы деятельности государственной противопожарной службы регионов Сибири и Дальнего Востока: Материалы I Сибирской науч.-практ. конф. 25–26 марта 1998 г. Иркутск, 1998. С. 74–77.