

К.С. Власов, А.А. Порошин
(ВНИИПО МЧС России; e-mail: vlasov-k@yandex.ru)

ИНДЕКСЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Методами факторного анализа и теории графов определены индексы (обобщённые показатели) комплексной оценки действий пожарных подразделений при тушении пожаров на объектах топливно-энергетического комплекса.

Ключевые слова: пожар, факторный анализ, объекты топливно-энергетического комплекса.

K.S. Vlasov, A.A. Poroshin

PERFORMANCE INDICES FIRE DEPARTMENTS IN THE ORGANIZATION OF EXTINGUISHING FIRES ON OBJECTS OF FUEL AND ENERGY COMPLEX

Methods of factor analysis and graph theory defined indices (summary measures) allow a comprehensive assessment of action fire departments to extinguish fires on objects of fuel and energy complex.

Key words: fire, factor analysis, objects of fuel and energy complex.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 18 марта 2015 г.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 2 июня 2008 г. № 420 "О Федеральной службе государственной статистики" и соответствующими ведомственными подзаконными нормативными актами МЧС России, сведения о всех пожарах на территории России регистрируются в государственной информационной системе "**Федеральный банк данных "Пожары"** (БД "**Пожары**").

В структуре БД "Пожары" для каждого учитываемого пожара зарезервировано 195 полей для записи соответствующих показателей. Для незначительных пожаров это количество информации более чем достаточно для статистической обработки. Но для анализа действий оперативных пожарных подразделений при тушении крупных пожаров с большим материальным ущербом, гибелью или травмированием людей этого, как правило, мало.

Достаточно полная информация о крупных пожарах содержится в описаниях пожаров, составляемых в соответствии с методическими рекомендациями МЧС России по изучению пожаров [0], где информация представляется в виде структурированного текста. Однако, анализ описаний пожаров, проводимый сотрудниками ВНИИПО МЧС России в рамках научно-исследовательских работ [0], начиная с 2000 года, показал, что тексты описаний имеют большое количество отличий, поэтому их практически невозможно обрабатывать на компьютерах и при статистическом анализе информации о пожарах тексты

описаний могут быть использованы только в качестве дополнительной справочной информации.

В БД "Пожары" не менее 10 % данных являются некорректными или ошибочными [0]. Поэтому для выявления общих закономерностей необходимо определить размер репрезентативной выборки.

На первом этапе исследований в выборку были включены все пожары, за исключением не прошедших ряд проверок на полноту заполнения сведений, логическую согласованность и др. В результате из порядка 180 *тыс.* случаев ежегодно регистрируемых пожаров было отсеяно около 10-15 %. И это позволило корректно использовать статистические методы многофакторного анализа. Однако, как показали результаты исследований, частично опубликованные в статье [0], полученные статистические выводы имеют достаточно общий характер и малопригодны для принятия решений в деятельности противопожарной службы.

На следующем этапе были применены более жёсткие условия отбора, основным из которых была тактическая сложность пожара. Сложность пожара определялась по комплексу условий: значительное количество сил и средств, привлекаемых на пожар; размеры пожара; продолжительность ведения действий и ряд других. В результате в выборку попали пожары, подавляющее большинство из которых произошли на крупных промышленных объектах. После дополнительного анализа было решено ограничить выборку и по видам объектов пожара и исследовать только пожары на объектах *топливно-энергетического комплекса (ТЭК)*, а именно – пожары на объектах нефтегазовой, угольной и деревообрабатывающей промышленности.

В России за пятилетний период 2009-2013 годов на объектах ТЭК произошло в общей сложности более 2,7 *тыс.* пожаров. Из них на объектах нефтегазовой промышленности – более 1800 пожаров, из которых отобрано 535 наиболее сложных в тактическом отношении; для наземных объектов угольной промышленности – 50 из 126 и для объектов деревообработки – 248 из 830.

Методами факторного анализа были исследованы пожары по следующим 30 статистическим и расчётным показателям: регион России; дата пожара; вид пожарной охраны объекта; место возникновения пожара; источник зажигания; причина пожара; расстояние до пожарной части; количество пострадавших людей и отдельно – пожарных; ущерб; площадь пожара; количество сгоревших строений и автотракторной техники; время прибытия пожарного подразделения*; продолжительность свободного горения*, локализации* и ликвидации пожара*; условия развития пожара; вид пожарного подразделения; количество пожарной техники и подаваемых стволов; численность личного состава; общий расход *огнетушащих веществ (ОТВ)**; вид ОТВ; использование СИЗОД; водоисточники; работа автоматических установок пожаротушения; РТП (первый); РТП (старший по должности); штаб пожаротушения. Звёздочкой отмечены расчётные показатели, некоторые из них, например, показатели времени (прибытия, локализации и др.) определяются по утверждённой методике [0], а показатель "расход огнетушащих веществ" рассчитывается по количеству

и видам применённых пожарных стволов так же, как показатель "численность личного состава" рассчитывается по видам и количеству пожарных автомобилей, выезжающих на пожар. Некоторые показатели для усиления корреляционной зависимости объединены в группы, например, 57 показателей условий развития пожара БД "Пожары" распределены по 8 группам.

Начальный массив данных $\{X\}$, характеризующих обстоятельства развития и тушения пожаров на объектах ТЭК, был сжат без существенной потери информации с использованием методов факторного анализа [0] в соответствии с выражением

$$X = Q \times Y + U,$$

где X – матрица исходных параметров $X(1:p, 1:n)$, в которой p – количество параметров, n – количество (пожаров) строк матрицы;

Y – матрица $Y(1:p', 1:n)$, содержащая общие (не наблюдаемые на практике) факторы, которые по существу являются обобщёнными показателями или **индексами**, характеризующими наиболее общие свойства анализируемого объекта;

U – матрица $U(1:p', 1:n)$, состоящая из остаточных факторов (невязок), которые включают в себя в основном ошибки измерений показателей.

Путём линейного преобразования размерность исходного факторного пространства $X(1:p)$ уменьшена до уровня $Y(1:p')$, при этом $p' \ll p$. Это соответствует преобразованию точки, характеризующей состояние объекта в p -мерном пространстве, в новое пространство измерений с меньшей размерностью p' .

Для большего выделения факторов дополнительно проведено вращение факторного пространства, максимизирующего дисперсию, в данном случае использован метод "варимакс нормализованных показателей" [0].

Критерий "каменистой осыпи" (рис. 1) показывает значимость полученных в результате факторного анализа индексов. Как видно на рис. 1, наибольшее значение имеют первые два индекса, однако при этом значения остальных восьми индексов также превышают единицу, что свидетельствует об их значимости. Если бы удалось получить набор индексов, у которых суммарная доля первых двух-трёх превышала бы 80 %, то они могли бы полностью охарактеризовать весь анализируемый процесс. В данном случае видно, что обстоятельства развития и тушения пожаров на объектах ТЭК зависят не менее чем от десяти обобщённых показателей (индексов).

Наиболее значимые индексы, полученные в результате факторного анализа, и соответствующий им факторный вес (Σr) приведены в табл. 1. Вес рассчитан как сумма значений коэффициентов корреляции, полученных после вращение факторного пространства. В зависимости от показателей, содержащихся в индексе, можно присвоить ему наиболее подходящее название. Например, первый индекс из таблицы содержит четыре показателя (количество пожарной техники, численность личного состава, количество стволов и расход огнетушащих веществ) и поэтому может быть назван "Действия сил пожарной охраны", и т. д. для остальных показателей.

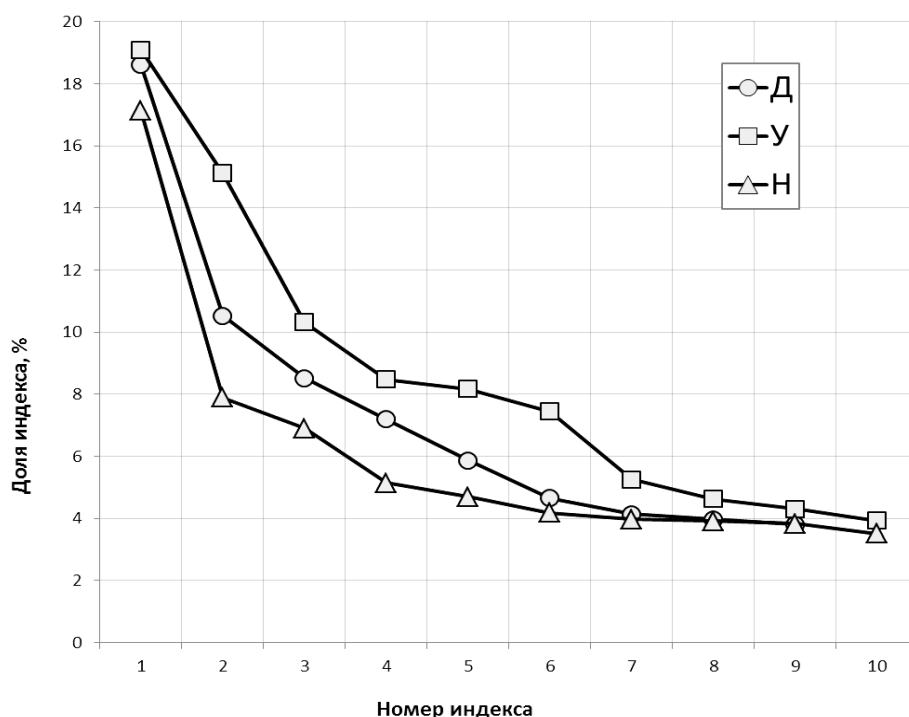


Рис. 1. Критерий "каменистой осыпи" для индексов, характеризующих организацию тушения пожаров на объектах деревообрабатывающей (Д), угольной (У) и нефтегазовой (Н) промышленности

Таблица 1

Индексы, характеризующие организацию тушения на объектах ТЭК

Индекс	Показатели, входящие в состав индекса и единицы измерения	Вес Σr
Объекты деревообработки		
Д1	Количество пожарной техники; численность личного состава; количество стволов; расход огнетушащих веществ, $л \cdot с^{-1}$	3,53
Д2	Время прибытия, мин.; расстояние до пожарной части, км; время свободного горения, мин.	-2,77
Д3	РТП-1; РТП – старший по должности	-1,70
Д4	Площадь пожара, $м^2$; время ликвидации пожара, мин.	1,76
Д5	Место возникновения пожара	0,72
Объекты хранения каменного угля		
У1	Количество пожарной техники; численность личного состава; количество стволов; расход огнетушащих веществ, $л \cdot с^{-1}$; время ликвидации пожара, мин.	4,17
У2	Время прибытия, мин.; расстояние до пожарной части, км; время свободного горения, мин.	2,90
У3	РТП-1; РТП – старший по должности	-1,90
У4	Прямой ущерб, руб.; площадь пожара, $м^2$	1,58
У5	Регион	0,78
У6	Пострадало строений условия развития пожара	-1,60
У7	Дата пожара, месяц	-0,89
У8	Пострадало техники	-0,95
У9	Участники тушения	0,71
У10	Организация штаба пожаротушения	0,91
Резервуарные парки		
Н1	Количество пожарной техники численность личного состава; количество стволов расход огнетушащих веществ, $л \cdot с^{-1}$	3,27
Н2	Время прибытия, мин.; время свободного горения, мин.	1,93
Н3	Пострадало пожарных; прямой ущерб; время локализации пожара, мин.	2,46
Н4	Регион	0,74
Н5	РТП-1	-0,76
Н6	Условия развития пожара	-0,78
Н7	Огнетушащие вещества	-0,82
Н8	Дата пожара (месяц)	-0,75

Практическая значимость преобразования повышается в том случае, когда новое факторное пространство имеет ясный физический смысл. Как уже отмечалось, оптимальным результатом факторного анализа является ситуация, когда общая доля первых двух-трёх факторов превышает 80 %, что не достигнуто в данном случае (рис. 1). Поэтому дополнительно выполнен структурный анализ матрицы исходных параметров $\{X\}$ с использованием методов теории графов.

Из $\{X\}$ получена корреляционная матрица, которая представлена в виде графа. Нагруженный неориентированный граф для объектов ТЭК представляет собой довольно сложную для анализа систему. Её общий вид со связями представлен на рис. 2. Для снижения значений степеней вершин графа осуществлены преобразования по ограничению набора исходных показателей.

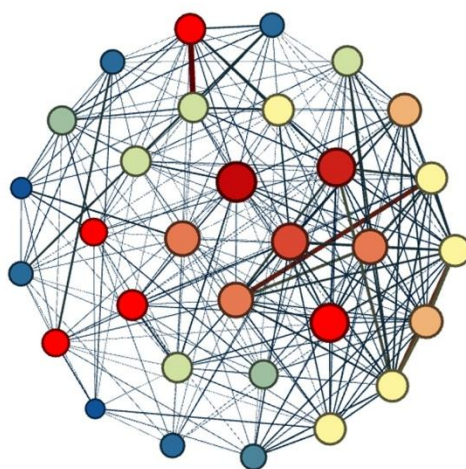


Рис. 2. Граф корреляционной матрицы Σ для объектов ТЭК

Применяя процедуру вращения факторного пространства по методу "варимакс нормализованных показателей" получаем граф в более структурированном виде (рис. 3), и при этом не допущена существенная потеря исходной значимой информации.

Принятые обозначения на рис. 3:

РЦ – региональный центр, статистические данные объединены по территориальному признаку в зависимости от принадлежности объекта пожара к зоне, контролируемой региональными центрами МЧС России;

РТП-1 – руководитель тушения пожара – первый из должностных лиц гарнизона пожарной охраны, принявший на себя руководство действиями по тушению пожара;

"Следование" – период времени от момента сообщения о пожаре до прибытия пожарных подразделений к месту вызова;

"Свобод. горение" – время свободного развития пожара, которое определяется от момента обнаружения горения до начала активных действий по тушению пожара;

$N_{\text{ств}}$, $N_{\text{техн}}$, $N_{\text{лс}}$ – соответственно количество пожарных стволов, единиц пожарной техники и численность личного состава противопожарной службы, привлеченных к тушению пожара;

Q – расход огнетушащих веществ, подаваемых в зону горения и на защиту соседних зданий и сооружений;

"Гибель и травм. (1)" – количество пожарных, получивших травмы или погибших в ходе тушения пожара;

"Ущерб" – сумма прямого ущерба причинённого пожаром;

"Локализация" – период времени с начала активных действий по тушению пожара до момента, когда ограничено дальнейшее распространение горения и созданы условия для его успешной ликвидации;

"Дата" – дата возникновения пожара, в данном случае для усиления корреляционной зависимости учитывался только месяц, когда произошёл пожар;

"Огнетуш. вещества" – виды применяемых огнетушащих веществ;

"Услов. развития пожара" – условия способствовавшие развитию пожара до крупных размеров (позднее обнаружение, ошибки РТП и др.).

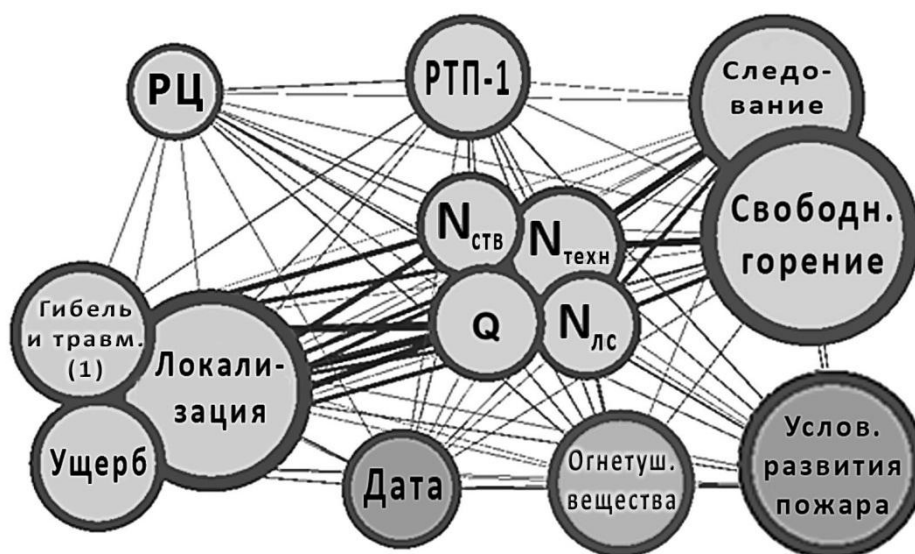


Рис. 3. Влияния отдельных статистических показателей на процесс организации тушения пожаров на объектах нефтегазовой отрасли

Дальнейшие преобразования графа, заключающиеся в слиянии узлов, входящих в объединенные показатели (индексы), позволяет получить структурированные графы (рис. 4-6), по которым уже достаточно наглядно можно проследить взаимное влияние различных факторов на процесс организации тушения пожаров на рассматриваемых объектах.

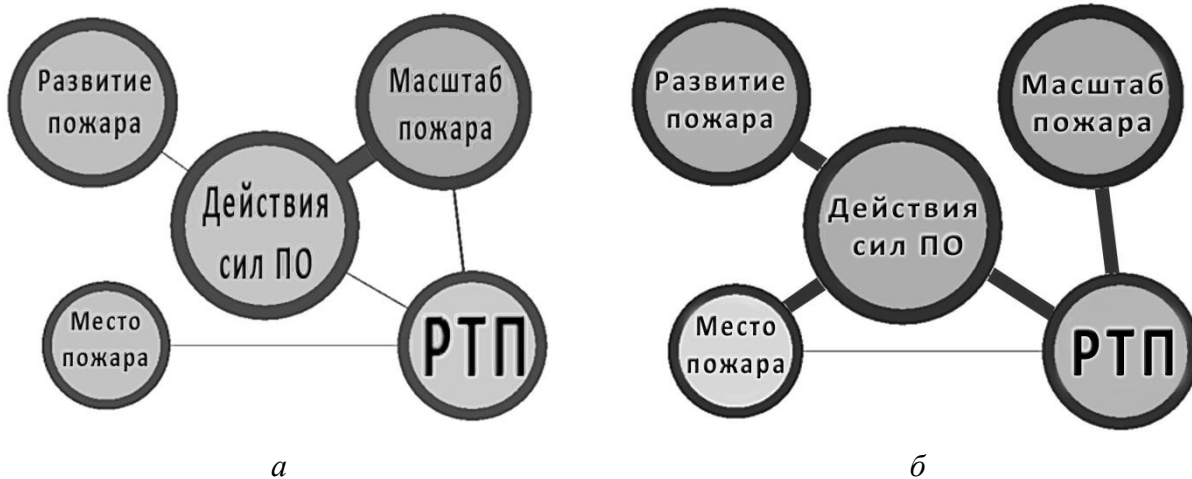


Рис. 4. Индексы (*a* – положительные, *б* – отрицательные), влияющие на процесс организации тушения пожаров на объектах деревообрабатывающей промышленности; толщина линий между факторами соответствует силе связи

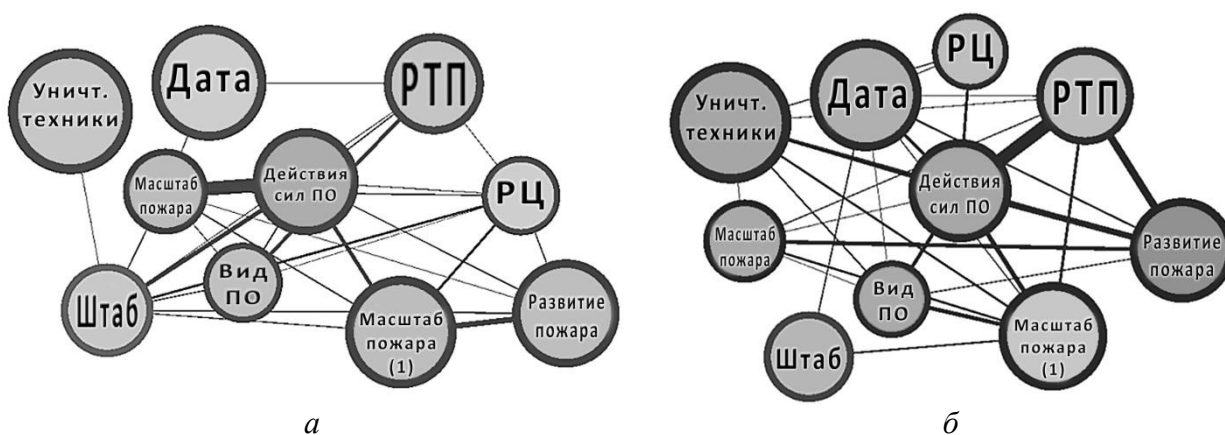


Рис. 5. Индексы (*a* – положительные, *б* – отрицательные), влияющие на процесс организации тушения пожаров на наземных объектах угольной промышленности

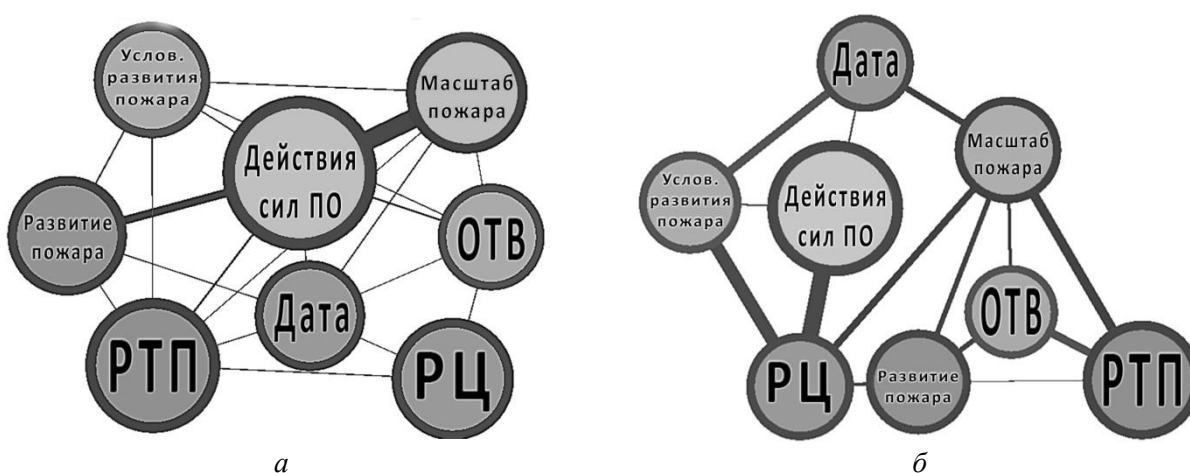


Рис. 6. Индексы (*a* – положительные, *б* – отрицательные), влияющие на процесс организации тушения пожаров на объектах нефтегазовой промышленности

Сокращения, применяемые на графах (рис. 4-6):

"Действия сил ПО" – соответствует индексам Д1, У1, Н1 (табл. 1) и является объединённым показателем, характеризующим количество сил и средств, применяемых на пожаре;

"Развитие пожара" – соответствует индексам Д2, У2, Н2 – характеризует период свободного развития пожара и сосредоточения сил пожарной охраны;

РТП – соответствует индексам Д3, У3, Н5 – действия всех РТП и других лиц, исполнявших обязанности РТП и т.д. для других индексов;

"Уничт. техники" – общее количество уничтоженной и повреждённой автотракторной техники;

"Штаб" – случаи, когда на пожаре организовывался штаб пожаротушения;

"Вид ПО" – виды пожарной охраны, подразделения которых участвовали в тушении пожара;

"Масштаб пожара" – фактор, характеризующий размеры материального ущерба и поврежденной пожаром поэтажной площади;

"Масштаб пожара (1)" – фактор, характеризующий количество уничтоженных и поврежденных зданий и сооружений, а также условия, способствовавшие развитию пожара до крупных размеров (др. обозначения см. рис. 3).

По результатам анализа можно сделать **выводы**.

Наиболее влиятельным индексом является "Действия сил пожарной охраны", который характеризует количество ресурсов противопожарной службы, сосредоточенных на месте тушения пожара. Важное значение имеют индексы структурного деления противопожарной службы на гарнизоны, уровня профессиональной подготовки руководителя тушения пожара и т.д.

Выявленные взаимосвязи (рис. 4-6) позволяют определить индексы (обобщенные показатели) и степень их влияния на эффективность деятельности пожарной охраны по ликвидации пожаров.

Литература

1. **Кафидов В.В., Севастьянов В.М.** Социология пожарной безопасности. М.: ВНИИПО МЧС России, 2003.

2. **Методические** рекомендации по изучению пожаров. Утв. МЧС России 27.02.2013, исх. № 2-3-87-2-18.

3. **Анализ** действий пожарной охраны при тушении крупных пожаров и проведении связанных с ними аварийно-спасательных работ на территории Российской Федерации // Отчёты по НИР. М.: ВНИИПО МЧС России, 2000-2014 гг.

4. **Власов К.С., Денисов А.Н., Зыков В.В.** Многомерный анализ показателей оперативной деятельности пожарных подразделений // Пожарная безопасность. 2013. № 4. С. 80-86.

5. **Приказ** МЧС России от 10 декабря 2008 г. № 760 "О формировании электронных баз данных учёта пожаров (загораний) и их последствий".

6. **Халафян А.А.** STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учеб. М.: ООО "Бином-Пресс", 2007. 512 с.