

## **СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ С ОБРАЩЕНИЕМ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

*Получены статистические закономерности по пожарам на объектах с обращением нефтепродуктов в 2000-2013 гг.*

*Ключевые слова: статистические данные, объекты нефтепродуктообеспечения, пожарная опасность.*

**Shiryayev E.V., Nazarov V.P., Maizlish A.V., Gogin A.A.**

## **STATISTICAL ANALYSIS OF FIRES IN THE OBJECTS WITH HANDLING OF OIL PRODUCTS**

*Derived statistical laws on fires in the objects with handling of oil products for the period from 2000 to 2013.*

*Key words: statistics, objects of oil products, fire danger.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 10 апреля 2014 г.

### **Введение**

Объекты нефтепродуктообеспечения играют важную роль не только в различных отраслях промышленности, но и в экономической жизни страны в целом. На территории России в 2000-2013 гг. на объектах с обращением нефтепродуктов ежегодно происходило в среднем 600 пожаров, при этом погибли десятки, получали травмы сотни людей, материальный ущерб от пожаров на данных объектах огромен (достигал нескольких млрд рублей).

Крупные аварии на объектах с обращением нефтепродуктов связаны с пожарами и взрывами паров нефтепродуктов при их утечке или аварийном проливе. Даже незначительные проливы нефтепродуктов в местах расположения технологического оборудования представляет серьёзную опасность. Известно немало примеров, когда опасное событие развивалось по принципу "домино" – от небольшой утечки нефтепродукта до полного выгорания объекта [1, 2]. В связи с этим необходима разработка дополнительных мероприятий, направленных на повышение уровня пожарной безопасности объектов с обращением нефтепродуктов.

Обеспечение пожарной безопасности на объектах с обращением нефтепродуктов достигается за счёт выполнения мероприятий, изложенных в действующих нормативных документах по пожарной безопасности. Для повышения устойчивости к возникновению и развитию пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов необходимо выполнение дополнительных мероприятий:

- модернизация, а также своевременная замена оборудования, прошедшего нормативный срок службы, более взрывопожаробезопасным;
- применение взрывобезопасных технологий хранения нефтепродуктов;

- противоаварийная защита, обеспечивающая предотвращение аварийного выхода нефтепродукта за пределы обвалования и контакт взрывоопасной зоны с возможными источниками зажигания;

- противопожарная защита, обеспечивающая предотвращение развития пожара в крупномасштабную аварию, связанную с выходом в селитебную зону;

- организационные мероприятия по подготовке персонала объектов нефтепродуктообеспечения к предупреждению, локализации и ликвидации аварий и пожаров [3];

- компенсирующие мероприятия систем предотвращения пожара и противопожарной защиты объекта [4].

Разработка мероприятий по снижению пожарной опасности аварийных проливов нефтепродуктов на объектах нефтепродуктообеспечения невозможна без изучения пожарной обстановки на данных объектах. Для этого необходимо провести статистический анализ пожаров и математический расчёт закономерностей пожаров на этих объектах.

### **Статистические данные по пожарам на объектах с обращением нефтепродуктов**

Статистические данные по пожарам на объектах с обращением нефтепродуктов за период с 2000 г. по 2013 г. включительно были представлены ВНИИПО МЧС России [5] в соответствии с [6, 7]. Общая динамика числа пожаров в рассматриваемом периоде свидетельствует о тенденции их снижения, что не означает уменьшение проблем в области обеспечения пожарной безопасности на объектах с обращением нефтепродуктов.

Во-первых, в современных условиях происходит интенсификация различных отраслей промышленности, где в качестве топлива используются нефтепродукты, укрупнение мощностей установок и аппаратов с большим запасом взрывопожароопасных веществ, что повышает риск возникновения пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов.

Во-вторых, пожары на рассматриваемых объектах влекут за собой угрозу жизни, здоровью людей, наносят непоправимый экологический ущерб, а материальный ущерб – один из самых высоких среди отраслей экономики.

В-третьих, нельзя признать имеющийся объём статистических данных полным, что обуславливается рядом причин:

- нежелание собственников придавать широкой огласке аварийные ситуации, которые не сопровождались крупными пожарами, гибелью людей, значительным материальным ущербом третьим лицам, большими экологическими потерями;

- неразвитое социальное страхование, не позволяющее фиксировать травмы, полученные на пожаре в полном объёме;

- ошибки в установлении причины гибели человека;

- закрытая информация по пожарам на объектах оборонного ведомства.

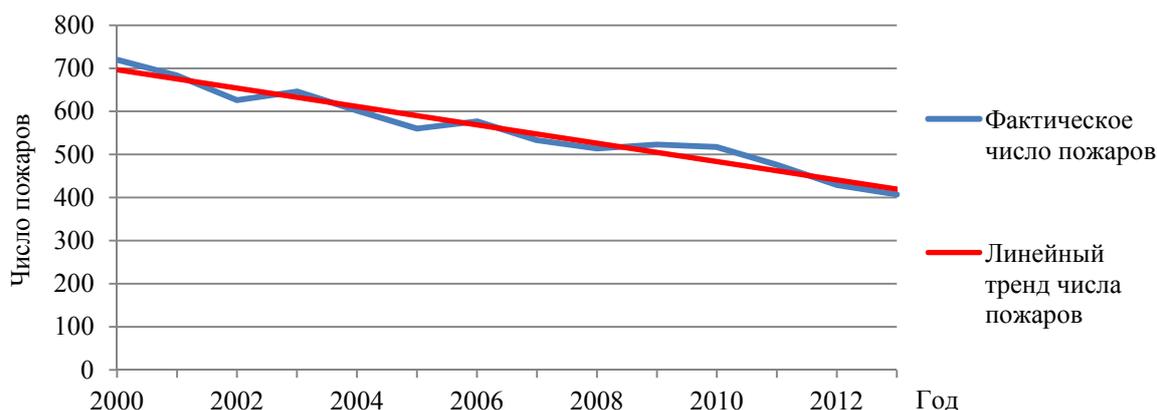
Несмотря на то, что банк данных не является достаточно полным, распределение количества неучтённых статистических элементов является достаточно равномерным на рассматриваемых объектах, что не вызовет серьёзных отклонений в математическом описании динамики числа пожаров.

По имеющимся статистическим данным целесообразно:

- оценить динамику числа пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов;
- оценить влияние сезонности (по месяцам) на частоту возникновения пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов;
- составить прогнозные модели числа пожаров;
- распределить типы предприятия по количеству пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов.

### Оценка динамики числа пожаров

На основе статистических данных проведём анализ годового числа пожаров за 2000-2013 гг. (рис. 1).



**Рис. 1.** Количество пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов в 2000-2013 гг.

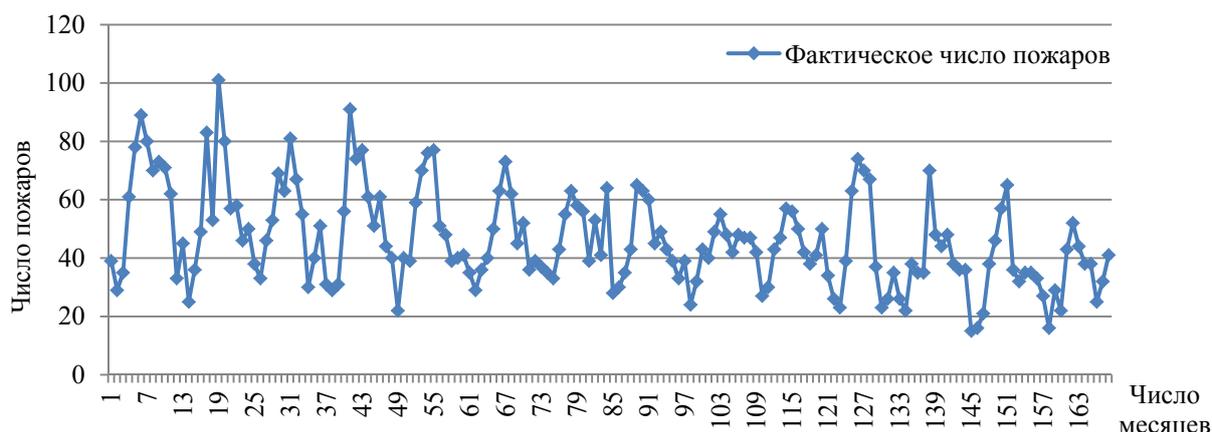
Как видно из рис. 1, число пожаров монотонно убывает с годами. На основании данных о ежегодном числе пожаров построим уравнение тренда для прогнозирования числа пожаров в перспективе. В качестве уравнения тренда выберем линейный тренд, который можно записать следующим образом:

$$y_1 = -21,30t + 717,85, \quad (1)$$

где  $t$  — порядковый номер года.

Для линейного тренда (1) значение коэффициента детерминации составит 0,9545, а значение  $F$  статистики составит 251,7363. При 99 %-м уровне значимости значение  $F_{кр}(1;12)$  составляет 9,33, что свидетельствует о статистической значимости коэффициента детерминации.

Далее проведём анализ ежемесячного числа пожаров (рис. 2).

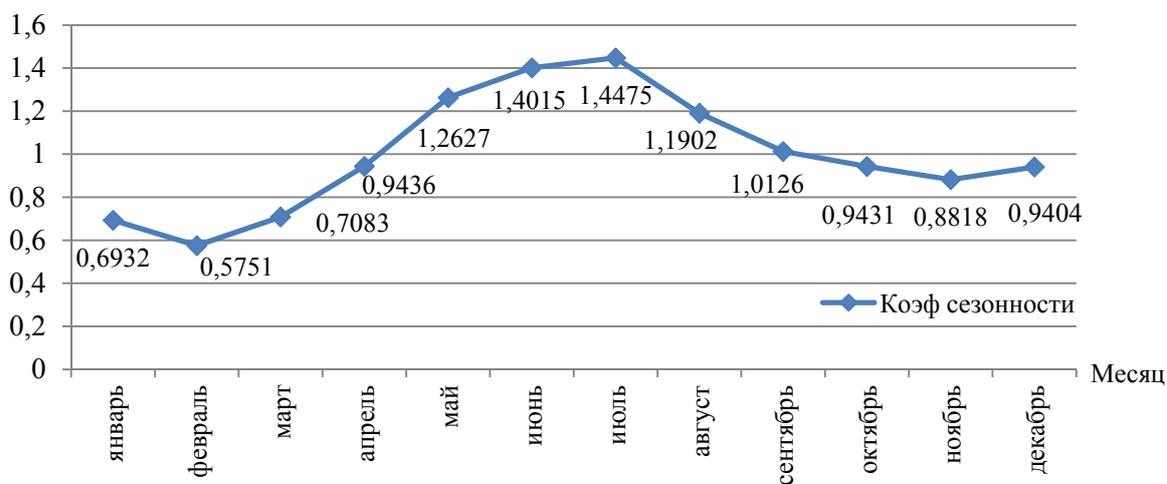


**Рис. 2.** Распределение числа пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов в 2000-2013 гг. по количеству месяцев

Как видно из рис. 2, имеются определённые колебания числа пожаров в зависимости от месяца, то есть на число пожаров в течение месяца влияет сезонность. Для построения прогнозной модели числа пожаров за месяц мы применим два подхода: 1) построение мультипликативной тренд-сезонной модели; 2) разложение исходных данных в ряд Фурье с 5 гармониками.

### Оценка влияния сезонности на распределение количества пожаров

Начнём с построения мультипликативной тренд-сезонной модели. Для построения данной модели нам необходимо рассчитать месячные коэффициенты сезонности. Рассчитанные коэффициенты сезонности пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов представлены на рис. 3.



**Рис. 3.** Распределение коэффициента сезонности пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов в 2000-2013 гг. по месяцам

Как видно из рис. 3, количество пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов начинает свой рост по мере приближения к летнему периоду, а пик пожаров приходится на июль. Это связано с рядом причин: увеличением в этот период ремонтных работ, грозовой активности, попадания нефтепродуктов под условие  $t_{\text{раб}} \geq t_{\text{всп}}$  и др.

### Прогнозные модели распределения числа пожаров

В качестве тренда для мультипликативной тренд-сезонной модели мы использовали линейный тренд. В результате получили прогнозную модель (2) в табл. 1. Для подтверждения адекватности модели (2) перешли к разложению исходного временного ряда в ряд Фурье с 5 гармониками [8]. Прогнозная модель числа пожаров на основе разложения в ряд Фурье с 5 гармониками записана в (3) табл. 1:

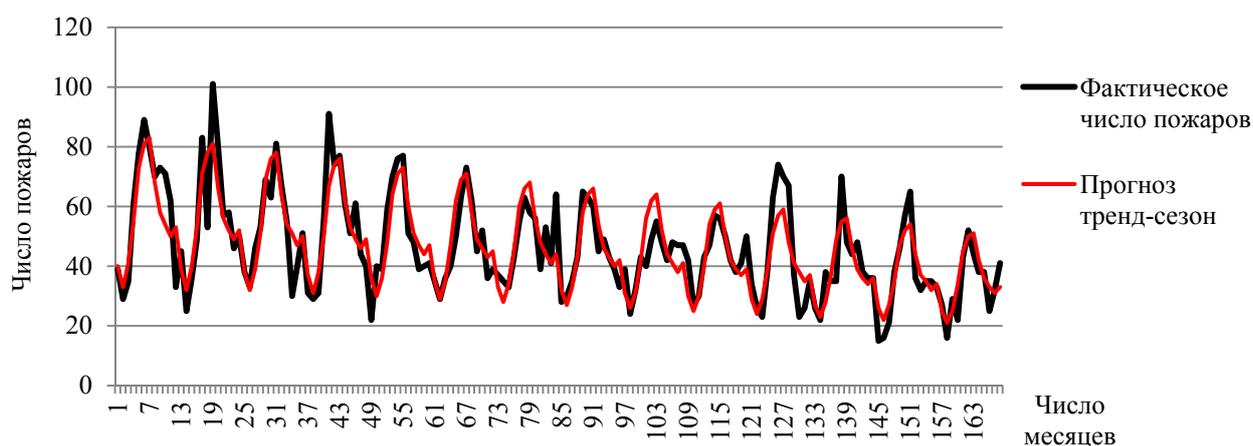
Таблица 1

Прогнозные модели распределения пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов в 2000-2013 гг.

№ п/п	Тип модели	Прогнозная модель	Коэфф. детерминации	Значение F статистики	$F_{\text{кр}}(1; 166)$ при 99 % уровне значимости
1	Тренд-сезонной модели	$y_2^l = (-0,14186n + 58,49301)S_l, \quad (2)$ <p>где <math>n = \overline{1,168}</math> – номер периода;  <math>l = \overline{1,12}</math> – номер месяца;  <math>S_l</math> – значение коэффициента сезонности для месяца <math>l</math></p>	0,7405	473,66	6,79
2	Ряд Фурье с 5 гармониками	$y_3^l = -0,14186n + 58,49301 + \sum_{k=1}^5 (a_k \cos(\frac{k\pi}{6}(l-1)) + b_k \sin(\frac{k\pi}{6}(l-1))), \quad (3)$ <p>где <math>k = \overline{1,5}</math> – число гармоник;  <math>a_k, b_k</math> – коэффициенты функции Фурье.</p>	0,7245	436,50	6,79

При 99 %-м уровне значимости значение  $F_{\text{кр}}(1; 166)$  составляет 6,79, что свидетельствует о статистической значимости коэффициента детерминации и подтверждает адекватность моделей. Модели (2) и (3) показали приемлемые результаты по значению коэффициента детерминации (разность коэффициента детерминации между прогнозными моделями не превышает 2 %), поэтому они могут быть применены для прогнозирования месячного числа пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов.

В качестве примера построения графика прогнозной модели на рис. 4 показана мультипликативная тренд-сезонная модель.



**Рис. 4.** Распределение фактического числа пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов в 2000-2013 гг. и числа пожаров по модели (2)

Проведён статистический анализ пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов и построены прогнозные модели для годового и месячного прогнозов числа пожаров.

### **Распределение пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов по типу предприятия**

Несмотря на общее снижение числа пожаров, есть наиболее проблемные объекты с обращением нефтепродуктов, на которые необходимо разработать дополнительные мероприятия, повышающие уровень пожарной безопасности. Для этого необходимо провести анализ пожарной обстановки на всех типах предприятий: объединить предприятия в группы по нисходящей численности пожаров, чтобы выделить потенциально наиболее пожароуязвимые предприятия на объектах с обращением нефтепродуктов. Чтобы сосредоточиться на объектах, где наиболее часто происходят аварийные проливы нефтепродуктов, было принято решение исключить пожары на электротрансформаторах, так как в 76,4 % случаев объекта и пожара были электротрансформаторная подстанция, будка, трансформатор, электродизельная установка (рис. 5<sup>1</sup>).

По имеющимся статистическим данным произвели группировку объектов по типу предприятий с наибольшим количеством пожаров по принципу ABC-анализа. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что 80 % пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов происходит на 25 % всех типах предприятий, что соответствует положенному в основу ABC-анализа принципу Парето. На рис. 6 показаны типы предприятий, на которых произошло подавляющее количество пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов.

<sup>1</sup> Данные по пожарам: на складах ЛВЖ, ГЖ в таре представлены до 2009 г. (до введения Приказа МЧС России от 10.12.2008 г. № 760); блоках, контейнерах хранения топлива на АЗС, АГЗС, сливо-наливных эстакадах представлены после 2009 г. (с момента введения Приказа МЧС России от 10.12.2008 г. № 760).

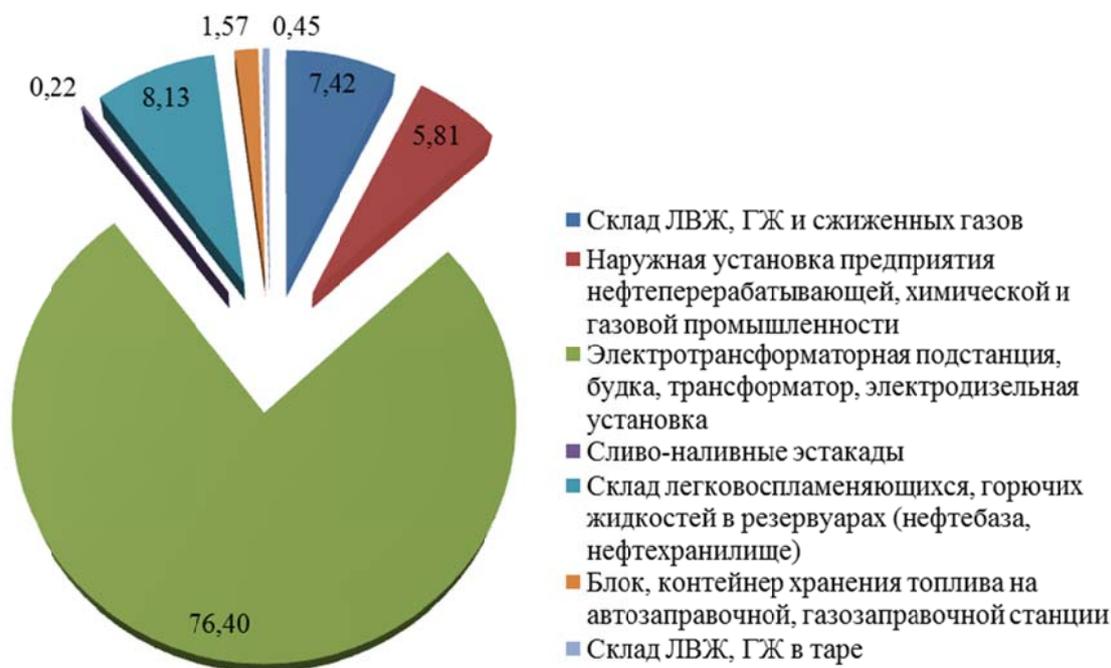


Рис. 5. Доли пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов в 2000-2013 гг.

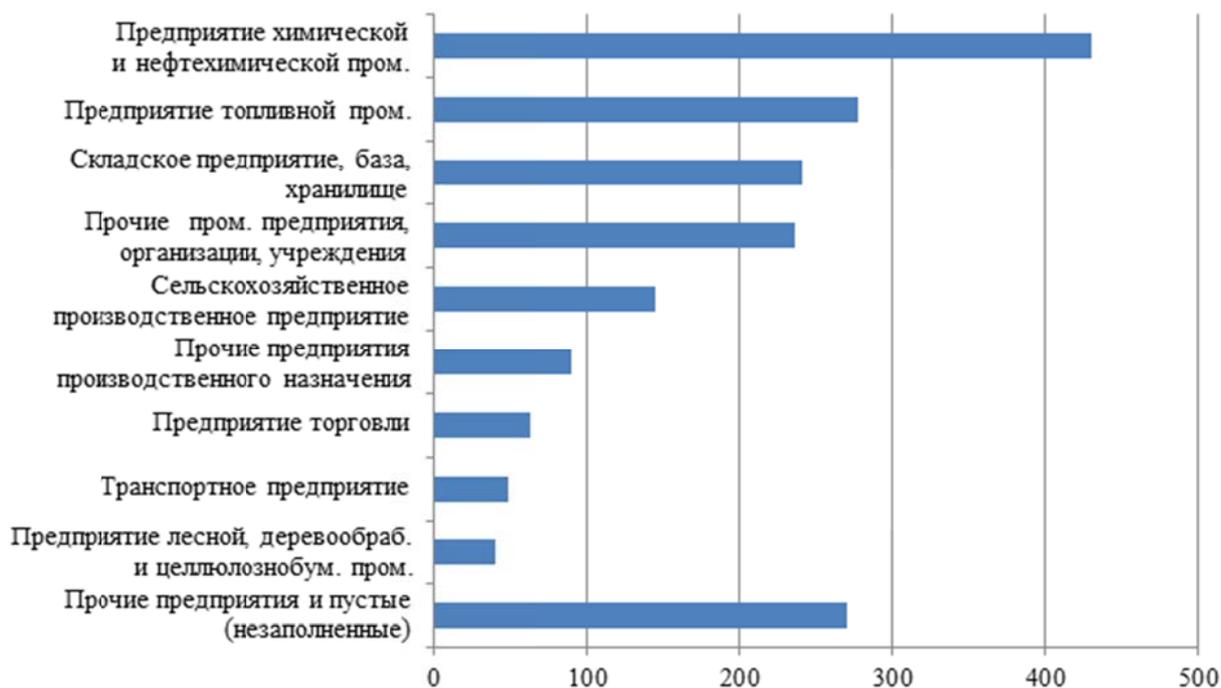


Рис. 6. Распределение количества пожаров по типам предприятий с объектами нефтепродуктообеспечения в 2000-2013 гг.

В связи с тем, что в нормативные документы по формированию электронных баз учёта пожаров вносились изменения (как отмечено в сноске 1) и они коснулись объектов с обращением нефтепродуктов, то целесообразно посмотреть распределение пожаров в период с 2009 по 2013 г. (рис. 7).



Рис. 7. Доли пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов в 2009-2013 гг.

### Выводы

На основе статистических данных по пожарам на объектах с обращением нефтепродуктов в 2000-2013 гг. построен тренд для прогнозирования числа пожаров; рассчитаны коэффициенты сезонности пожаров; построены прогнозные модели распределения числа пожаров; определены наиболее пожароуязвимые предприятия. Построены секторные диаграммы долей пожаров и график распределения пожаров на объектах с обращением нефтепродуктов по типам предприятий.

### Литература

1. **Маршалл В.** Основные опасности химических производств: пер. с англ. / Под ред. Чайванова Б.Б., Черноплекова А.Н. М.: Мир, 1989. 672 с.
2. **Аварии** и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий: учебное пособие. Книга 3. / Под ред.: Котляревского В.А., Забегаева А.В. М.: Изд-во АСВ, 1998. 416 с.
3. **Рекомендации** по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории. ВНИИПО МВД России, 1997.
4. **Обеспечение** пожарной безопасности предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Рекомендации. М.: ВНИИПО МЧС России, 2004.
5. **Письмо** ВНИИПО МЧС России от 31.01.2014 г. № 408-11-6-02 "О предоставлении статистической информации по пожарам".
6. **Приказ** МЧС России от 10 декабря 2008 г. № 760 "О формировании электронных баз данных учёта пожаров (загораний) и их последствий".
7. **Приказ** МЧС России от 30 декабря 2011 г. № 803. "О внесении изменений в приказ от 10 декабря 2008 г. № 760".
8. **Митропольский А.К.** Техника статистических вычислений. М.: Наука, 1971.