

УДК 614.841.411

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ РЕСУРСНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОБЪЕКТОВОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ И ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПОЖАРНУЮ ОПАСНОСТЬ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЫ

**П. А. МАРАХОВ¹, А. А. ПОРОШИН², А. А. КОНДАШОВ²,
Е. Ю. УДАВЦОВА², Е. В. БОБРИНЕВ², Т. А. ШАВЫРИНА²**

¹ Главное управление МЧС России,

² ФГБУ ВНИИПО МЧС России,
Российская Федерация, г. Балашиха

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

В целях совершенствования методики расчета численности и технической оснащенности подразделений пожарной охраны, создаваемых для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в организациях, утвержденной приказом МЧС России от 15.10.2021 № 700 «Об утверждении методик расчета численности и технической оснащенности подразделений пожарной охраны» проведены статистические исследования по изучению взаимосвязи ресурсной обеспеченности объектового подразделения пожарной охраны и факторов, определяющих пожарную опасность объектов промышленной сферы. Проведена аппроксимация распределений, полученных на основе анкетных данных, с использованием статистических законов распределения случайных величин. Методом главных компонент исследованы взаимосвязи тактико-технических параметров объектовых подразделений пожарной охраны и характеристики охраняемых объектов защиты. На примере производственных объектов, относящихся к химической и нефтехимической промышленности, выявлено семь значимых факторов, которые необходимо учитывать при обосновании ресурсного обеспечения объектовых подразделений пожарной охраны. Первый фактор показывает, что на тех производственных объектах, где расстояние до подразделения пожарной охраны местного пожарно-спасательного гарнизона большое, ресурсы местного гарнизона не учитываются при определении состава сил и средств объектового подразделения. Вторым по значимости фактор показывает взаимосвязь ресурсной обеспеченности объектового подразделения пожарной охраны с максимальным требуемым расходом воды на наружное пожаротушение. Третий фактор описывает особенности технологических процессов производственных объектов и оборота на них горючих и легковоспламеняющихся веществ. Факторы 4-6 описывают взаимосвязь ресурсной обеспеченности объектового подразделения пожарной охраны с площадью территории и застройки производственного объекта. Седьмой фактор описывает взаимосвязь ресурсов профилактического отделения с пожарной опасностью объекта.

Ключевые слова: объектовая пожарная охраны, производственный объект, распределения, факторный анализ, ресурсное обеспечение.

THE STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE RESOURCE SECURITY OF THE FIRE DEPARTMENT AND THE FACTORS DETERMINING THE FIRE HAZARD OF INDUSTRIAL FACILITIES

**P. A. MARAKHOV¹, A. A. POROSHIN², A. A. KONDASHOV²,
E. Y. UDAVTSOVA², E. V. BOBRINEV², T. A. SHAVYRINA²**

¹ The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia,

² FGBU VNIIPPO EMERCOM of Russia,
Russian Federation, Balashikha

E-mail: otdel_1_3@mail.ru

In order to improve the methodology for calculating the number and technical equipment of fire protection units created to extinguish fires and conduct emergency rescue operations in organizations, approved by Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 10/15/2021 No. 700 "On Approval of methods for calculating the number and technical equipment of fire protection units", statistical studies were conducted to study the relationship between the resource availability of the fire protection unit and factors determining the fire hazard of industrial facilities. The distributions obtained on the basis of personal data are approximated

using statistical laws of the distribution of random variables. The interrelationships of the tactical and technical parameters of the fire protection units and the characteristics of the protected objects of protection are investigated by the method of the main components. Using the example of production facilities related to the chemical and petrochemical industries, seven significant factors have been identified that must be taken into account when justifying the resource provision of fire protection units. The first factor shows that at those production facilities where the distance to the fire protection unit of the local fire and rescue garrison is large, the resources of the local garrison are not taken into account when determining the composition of the forces and means of the facility unit. The second most important factor shows the relationship between the resource availability of the fire department facility and the maximum required water consumption for outdoor firefighting. The third factor describes the features of the technological processes of production facilities and the turnover of combustible and flammable substances on them. Factors 4-6 describe the relationship between the resource availability of the fire department facility and the area of the territory and construction of the production facility. The seventh factor describes the relationship between the resources of the preventive department and the fire hazard of the facility.

Keywords: object fire protection, production facility, distribution, factor analysis, resource provision.

Приказом МЧС России от 15.10.2021 № 700 «Об утверждении методик расчета численности и технической оснащенности подразделений пожарной охраны» определены основные факторы, которые необходимо учитывать для расчета численности и технической оснащенности подразделений пожарной охраны, создаваемых для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в организациях. В методике отсутствует математическая модель или эмпирические таблицы для проведения таких расчетов. В целях совершенствования данной методики разработана анкета с градациями указанных в методике факторов. Процедура анкетирования описана в статье [1]. Поскольку полученные в результате анкетирования данные могут иметь различные типы распределения, перед проведением факторного анализа проведена обязательная процедура – аппроксимация распределений, полученных в результате анкетирования данных, с использованием статистических законов распределения случайных величин. Цель исследований – изучение взаимосвязи ресурсной обеспеченности объектового подразделения пожарной охраны и факторов, определяющих пожарную опасность объектов промышленной сферы. Полученные результаты позволят в дальнейшем разработать математическую модель для расчета численности и технической оснащенности подразделений пожарной охраны, создаваемых для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в организациях с учетом выделенных значимых факторов.

По результатам анкетного опроса получена информация от более 700 производственных предприятий, которые располагаются в 72 субъектах Российской Федерации. Значения

соответствующих характеристик были сгруппированы в данные гистограмм. Количество интервалов гистограммы выбрано равным $N = 30$, правая граница гистограммы выбиралась таким образом, чтобы в гистограмму попало около 95 % значений изучаемой характеристики.

Аппроксимация проводилась методом наименьших квадратов. Примеры аппроксимации приведены на рис. 1-5. Для идентификации закона, наилучшим образом описывающего изучаемое распределение, использовался χ^2 -критерий Пирсона.

На рис. 1 показано распределение расстояния по транспортной сети от производственного объекта до подразделения пожарной охраны местного пожарно-спасательного гарнизона, прибывающего на производственный объект согласно расписанию выездов. Данное распределение наилучшим образом описывается с использованием логнормального закона с параметрами $A = 1,04$, $\sigma = 1,38$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,997$.

На рис. 2 показано распределение площади территории производственного объекта. Данное распределение наилучшим образом описывается с использованием логнормального закона с параметрами $A = 3,24$, $\sigma = 1,4$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,928$.

На рис. 3 показано распределение численности персонала производственного объекта. Данное распределение наилучшим образом описывается с использованием логнормального закона с параметрами $A = 5,31$, $\sigma = 1,1$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,906$.

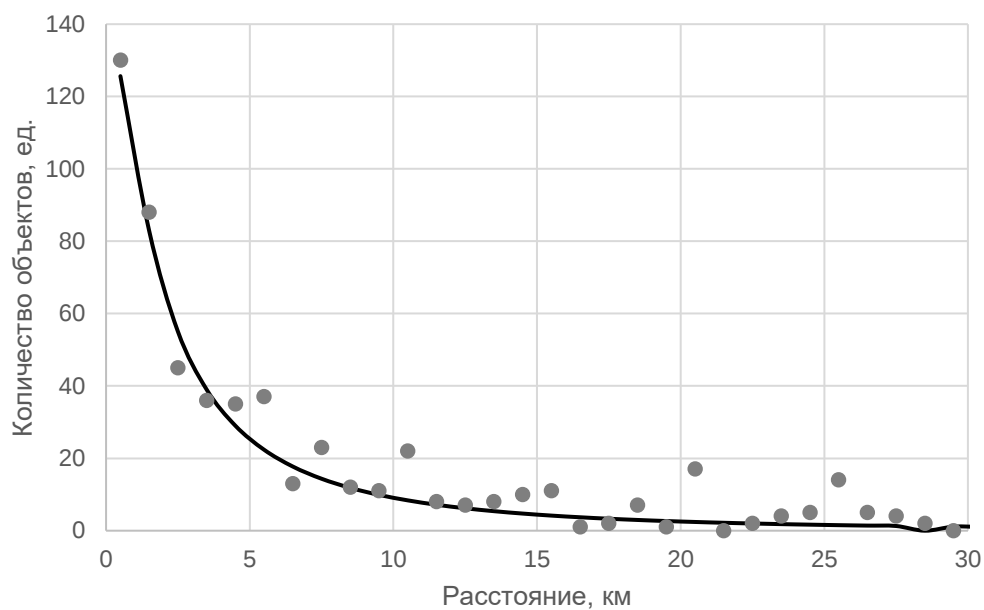


Рис. 1. Распределение расстояния по транспортной сети от производственного объекта до подразделения пожарной охраны местного пожарно-спасательного гарнизона.
Кривая – логнормальное распределение

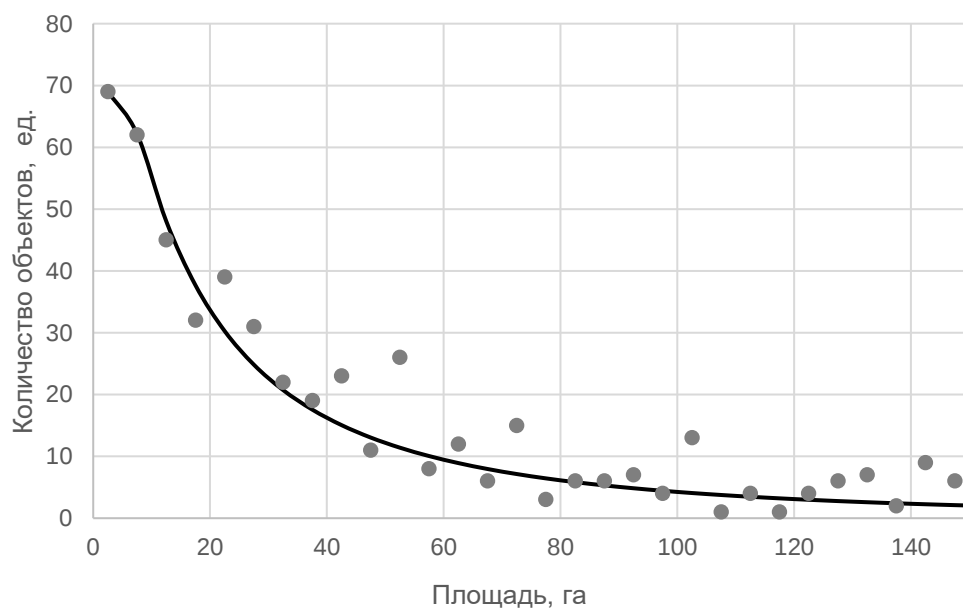


Рис. 2. Распределение площади территории производственного объекта.
Кривая – логнормальное распределение

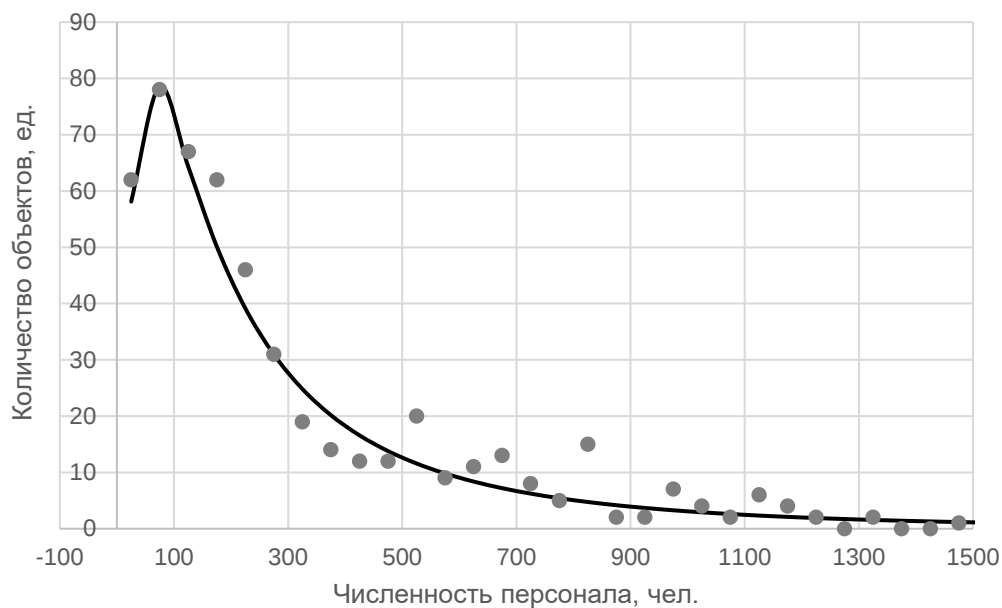


Рис. 3. Распределение численности персонала производственного объекта.
Кривая – логнормальное распределение

На рис. 4 показано распределение численности личного состава объектового подразделения пожарной охраны. Данное распределение наилучшим образом описывается с использованием гамма-распределения с параметрами $\lambda = 0,059$, $k = 1,69$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,851$.

На рис. 5 показано распределение численности личного состава профилактического подразделения пожарной охраны. Данное распределение наилучшим образом описывается с использованием экспоненциального распределения с параметром наклона $\lambda = -0,37$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,986$.

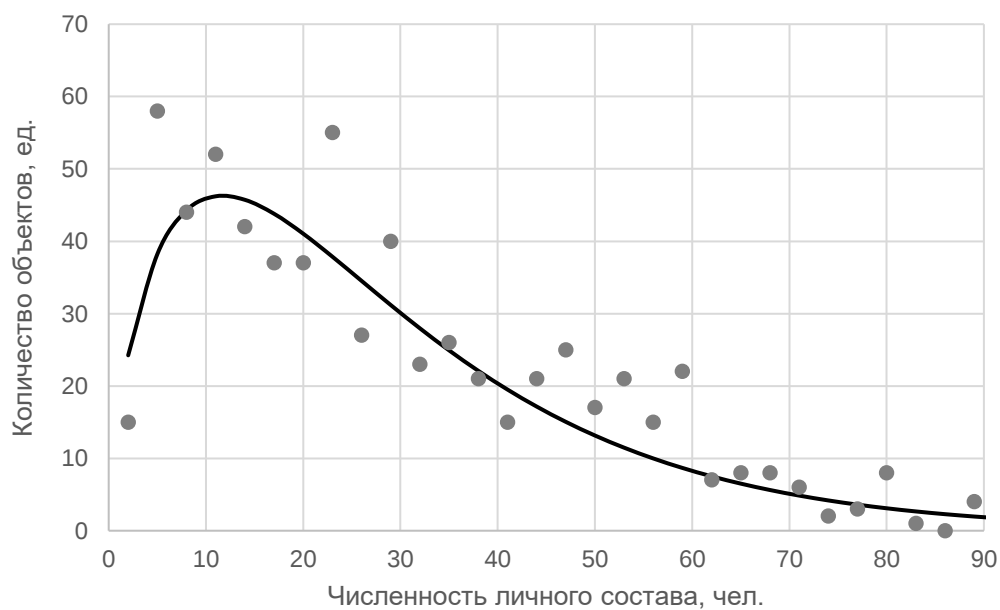


Рис. 4. Распределение численности личного состава объектового подразделения пожарной охраны.
Кривая – гамма-распределение

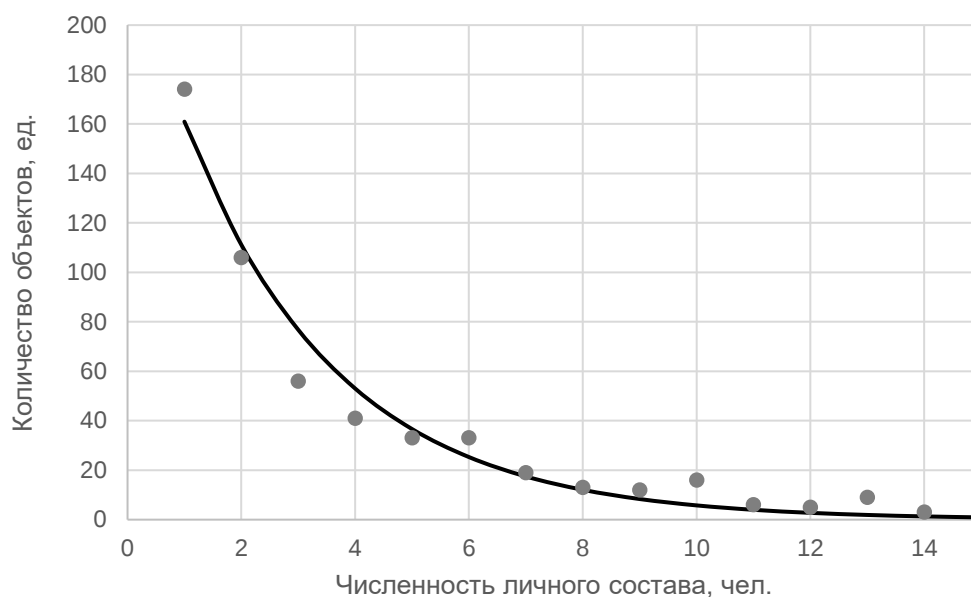


Рис. 5. Распределение численности личного состава профилактического подразделения производственного объекта. Кривая – экспоненциальное распределение

С использованием факторного анализа проведено изучение взаимосвязи тактико-технических параметров объектов подразделений пожарной охраны и охраняемых ими производственных объектов.

Факторный анализ выполняется с целью выявления структурных связей между показателями и выделения небольшого числа латентных факторов, изменение которых объясняет изменение наблюдаемых показателей [2, 3]. Факторный анализ включает три этапа:

- выделение первоначальных факторов;

- вращение выделенных факторов с целью облегчения их интерпретации в терминах исходных переменных;

- содержательная интерпретация новых факторов в предметных терминах, что является творческой задачей исследователя, выходящей за рамки формального метода.

Собранные статистические данные отличаются большой вариабельностью из-за различных размеров (численности персонала, площади территории) рассматриваемых производственных объектов. Для того чтобы привести статистические данные к сопоставимому виду, была проведена процедура преобразования множества натуральных показателей в синтетические, т.е. осуществлена нормировка показателей на численность персонала производственного объекта. Дальнейшее моделирование проводилось на основе полученной матрицы синтетических (преобразованных) пока-

зателей. Каждому из показателей была присвоена индивидуальная кодировка.

Всего для факторного анализа использовался 21 показатель, каждый из которых нормирован на численность персонала:

- площадь территории производственного объекта на 1 человека, га (X_1);

- площадь застройки производственного объекта зданиями и сооружениями на 1 человека, тыс. м² (X_2);

- площадь застройки производственного объекта открытыми технологическими установками на 1 человека, тыс. м² (X_3);

- численность персонала производственного объекта в наиболее загруженную смену на 1 человека, чел. (X_4);

- площадь застройки производственного объекта зданиями (сооружениями) и помещениями, отнесенными к категориям взрывопожароопасности А на 1 человека, тыс. м² (X_5);

- площадь застройки производственного объекта зданиями (сооружениями) и помещениями, отнесенными к категориям взрывопожароопасности Б на 1 человека, тыс. м² (X_6);

- площадь застройки производственного объекта зданиями (сооружениями) и помещениями, отнесенными к категориям взрывопожароопасности Г на 1 человека, тыс. м² (X_7);

- площадь застройки производственного объекта зданиями (сооружениями) и помещениями, отнесенными к категориям взрывопожароопасности Д на 1 человека, тыс. м² (X_8);

- площадь застройки производственного объекта зданиями (сооружениями) и

помещениями, отнесенными к категориям взрывопожароопасности В1-В4 на 1 человека, тыс. м² (X₉);

– фактическое количество пожаров в течение 5 лет на производственном объекте на 1000 человек, ед. (X₁₀);

– объем искусственных резервуаров, используемых на производственном объекте в качестве источников наружного противопожарного водоснабжения на 1 человека, м³ (X₁₁);

– расстояние по транспортной сети от производственного объекта до подразделения пожарной охраны местного пожарно-спасательного гарнизона, прибывающего на производственный объект в соответствии с расписанием выездов, км (X₁₂);

– количество пожарных автоцистерн, имеющих в распоряжении подразделения пожарной охраны производственного объекта на 1000 человек, ед. (X₁₃);

– численность личного состава подразделения пожарной охраны местного пожарно-спасательного гарнизона, прибывающего на производственный объект в соответствии с расписанием выездов на 1000 человек, чел. (X₁₄);

– количество пожарных автоцистерн, имеющих в распоряжении подразделения пожарной охраны местного пожарно-спасательного гарнизона, прибывающего на производственный объект в соответствии с расписанием выездов на 1000 человек, ед. (X₁₅);

– максимально требуемый расход воды на наружное пожаротушение зданий (сооружений) производственного объекта, в соответствии с нормативными документами по пожарной безопасности, л/с (X₁₆);

– максимально требуемый расход воды на наружное пожаротушение технологических установок производственного объекта, в соответствии с нормативными документами по пожарной безопасности, л/с (X₁₇);

– максимально требуемый расход воды на наружное пожаротушение зданий, в соответствии с разработанным планом тушения пожара производственного объекта, л/с (X₁₈);

– численность личного состава руководства подразделения пожаротушения производственного объекта на 1000 человек, чел. (X₁₉);

– численность личного состава подразделения пожаротушения производственного объекта на 1000 человек, чел. (X₂₀);

– численность личного состава профилактического подразделения производственного объекта на 1000 человек, чел. (X₂₁).

Для факторного анализа были отобраны производственные объекты, относящиеся к одинаковым отраслям производства, в частности к химической и нефтехимической промышленности – 63 объекта. Отбирались только те объекты, для которых в анкете корректно указаны значения всех показателей X₁ – X₂₁.

Для выделения значимых факторов использовались следующие методы: главных компонент, центроидный и максимального правдоподобия. Все три метода приводят к близким результатам, согласующимся между собой в пределах статистических погрешностей. В дальнейшем для проведения факторного анализа был выбран метод главных компонент. Для облегчения предметной интерпретации факторов было проведено их вращение в пространстве переменных. Использовались несколько методов вращения: варимакс (обеспечивает лучшее разделение факторов за счет уменьшения числа переменных, связанных с каждым фактором), кватримакс (имеет тенденцию к выделению генерального фактора и упрощения интерпретации за счет уменьшения числа факторов, связанных с каждой переменной), бикватримакс и эквимакс. Перед вращением выполнена нормализация факторных нагрузок методом Кайзера, чтобы исключить влияние на результат переменных с большой общностью. Анализ полученных результатов показал, что факторные нагрузки не зависят от метода вращения. В дальнейшем вращение осуществлялось методом варимакс.

Факторный анализ для группы производственных объектов, относящихся к химической и нефтехимической промышленности, выявил семь значимых факторов. При этом первый фактор объясняет 35,4 % общей дисперсии, второй фактор – 10,7 %, третий – 9,0 %, четвертый – 7,0 %, пятый – 6,0 %, шестой – 5,6 %, седьмой фактор объясняет 5,1 % общей дисперсии, в сумме семь значимых факторов объясняют 78,9 % общей дисперсии.

Значения факторных нагрузок для каждого из семи факторов приведены в таблице. Значимые показатели для каждого фактора выделены полужирным шрифтом.

Таблица. Матрица факторных нагрузок
(объекты химической и нефтехимической промышленности)

Переменная	Фактор						
	1	2	3	4	5	6	7
X ₁	0,211	0,136	0,053	0,646	0,419	-0,075	0,265
X ₂	0,022	0,100	0,002	0,719	-0,199	0,269	-0,143
X ₃	0,104	0,044	0,036	-0,054	0,932	0,064	-0,085
X ₄	0,164	-0,055	0,451	0,193	-0,013	0,001	-0,052
X ₅	-0,064	0,809	-0,140	0,176	-0,110	-0,152	-0,099
X ₆	-0,030	-0,082	-0,948	-0,013	-0,040	-0,002	-0,047
X ₇	-0,021	-0,117	0,086	-0,117	-0,040	-0,765	0,003
X ₈	0,022	0,554	-0,190	-0,057	-0,094	-0,594	0,002
X ₉	0,042	-0,075	-0,924	0,139	-0,079	0,001	-0,011
X ₁₀	0,034	0,010	-0,055	0,085	-0,037	-0,023	0,889
X ₁₁	0,289	0,345	0,094	0,636	0,113	-0,050	0,434
X ₁₂	0,935	-0,023	0,014	0,081	-0,056	-0,090	-0,146
X ₁₃	0,604	0,643	0,095	0,073	0,235	0,166	0,220
X ₁₄	0,641	0,339	0,124	0,221	0,533	0,099	0,289
X ₁₅	0,708	0,408	0,060	0,337	0,022	0,008	0,334
X ₁₆	0,279	0,632	0,148	-0,273	0,029	0,415	0,120
X ₁₇	0,136	0,753	0,116	0,133	0,293	0,031	-0,009
X ₁₈	0,208	0,884	0,066	0,138	0,003	0,060	0,201
X ₁₉	0,795	0,177	0,099	0,077	0,508	0,084	0,102
X ₂₀	0,452	0,631	0,181	0,219	0,314	0,161	0,194
X ₂₁	0,533	0,246	0,090	-0,105	0,052	0,124	0,500

Для первого фактора наиболее значимыми являются следующие переменные: X₁₂; X₁₃; X₁₄; X₁₅; X₁₉; X₂₁. Данный фактор связан с численностью личного состава и технической оснащённостью объектового подразделения пожарной охраны. Большой вес переменной X₁₂ показывает, что на тех производственных объектах, где расстояние до подразделения пожарной охраны местного пожарно-спасательного гарнизона большое, ресурсы местного гарнизона не учитываются при определении состава сил и средств объектового подразделения.

Для второго фактора наиболее значимыми являются следующие переменные: X₅; X₈; X₁₃; X₁₆; X₁₇; X₁₈; X₂₀. Данный фактор показывает взаимосвязь ресурсной обеспеченности объектового подразделения пожарной охраны с максимальным требуемым расходом воды на наружное пожаротушение, который, в свою очередь, зависит от площади застройки зданиями (сооружениями) и помещениями, отнесенными к наиболее взрывопожароопасной категории А.

Для третьего фактора наиболее значимыми являются следующие переменные: X₆; X₉. Данный фактор описывает особенности технологических процессов производственных объектов и оборота на них горючих и легковоспламеняющихся веществ.

Для четвертого фактора наиболее значимыми являются следующие переменные: X₁; X₂; X₁₁. Данный фактор показывает взаимосвязь

объема искусственных резервуаров от площади территории производственных объектов и её застройки зданиями и сооружениями.

Для пятого фактора наиболее значимыми являются следующие переменные: X₃; X₁₄; X₁₉. Данный фактор показывает, что на производственных объектах, где больше площадь застройки открытыми технологическими установками, выше численность личного состава пожарной охраны. Это можно объяснить тем, что при определении ресурсов подразделения пожарной охраны рассматриваются наиболее пожароопасные объекты, каковыми являются наружные установки.

Для шестого фактора наиболее значимыми являются следующие переменные: X₇; X₈. Данный фактор связан с застройкой территории производственного объекта зданиями (сооружениями) и помещениями, отнесенными к различным категориям пожарной и взрывопожароопасности, что может быть объяснено технологическими особенностями производства и оборота на них негорючих веществ.

Для седьмого фактора наиболее значимыми являются следующие переменные: X₁₀; X₂₁. Этот фактор показывает, что численность профилактического подразделения выше там, где выше частота пожаров (в расчете на численность персонала).

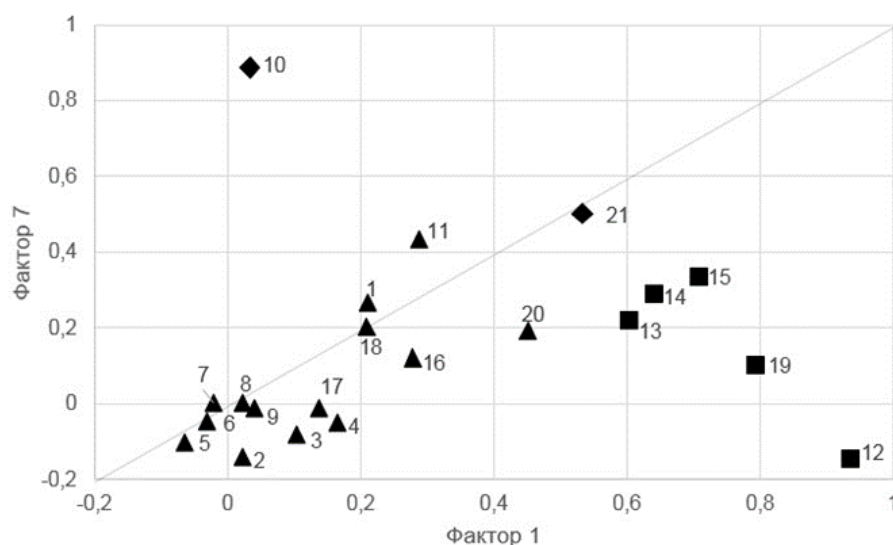


Рис. 6. Распределение факторных нагрузок переменных в плоскости фактор 1 – фактор 7

На рис. 6 показаны факторные нагрузки в плоскости фактора 1 «ресурсы пожарной охраны по тушению пожаров» и фактора 7 «ресурсы пожарной охраны по профилактике пожаров». Квадратом выделены значимые переменные для фактора 1, ромбом – для фактора 7.

Как видно из рис. 6, большинство из изученных показателей взаимосвязаны с обоими факторами. Следует обратить внимание на 2 показателя, удаленных от диагонали, проходящей через точки 0 и 1 – показатель X_{12} (расстояние по транспортной сети от производственного объекта до подразделения пожарной охраны местного пожарно-спасательного гарнизона, прибывающего на производственный объект в соответствии с расписанием выездов), связанный только с первым фактором, и показатель X_{10} (фактическое количество пожаров в течение 5 лет на производственном объекте на 1000 человек), связанный только с седьмым фактором.

Выводы.

1. Для информационного обеспечения расчетов ресурсного обеспечения объектовых подразделений пожарной охраны проведена аппроксимация распределений, полученных в результате анкетирования данных, с использованием статистических законов распределения случайных величин.

2. Методом главных компонент изучены взаимосвязи тактико-технических параметров объектовых подразделений пожарной охраны и охраняемых ими производственных объектов.

3. Показано, что на тех производственных объектах, где расстояние до подразделения пожарной охраны местного пожарно-

спасательного гарнизона большое, ресурсы местного гарнизона не учитываются при определении состава сил и средств объектового подразделения.

4. Показана взаимосвязь ресурсной обеспеченности объектового подразделения пожарной охраны с максимальным требуемым расходом воды на наружное пожаротушение, который, в свою очередь, зависит от площади застройки зданиями (сооружениями) и помещениями, отнесенными к наиболее взрывопожароопасной категории А.

5. Показана взаимосвязь объема искусственных резервуаров от площади территории производственных объектов и её застройки зданиями и сооружениями.

6. Показано, что численность профилактического подразделения выше там, где выше частота пожаров (в расчете на численность персонала).

7. На примере группы производственных объектов, относящихся к химической и нефтехимической промышленности, выявлено семь значимых факторов, оказывающих влияние на уровень пожарной опасности производственных объектов и, следовательно, эти факторы необходимо учитывать при расчете ресурсного обеспечения объектовых подразделений пожарной охраны.

8. Полученные результаты позволят разработать базовую структуру объектового подразделения пожарной охраны и систему коэффициентов, влияющих на ресурсную обеспеченность этого подразделения и зависящих от факторов пожарной опасности объектов промышленной сферы.

Список литературы

1. Формирование информационной базы для расчета ресурсного обеспечения пожарной охраны по защите организаций от пожаров / П. А. Марахов, А. А. Порошин, О. В. Стрельцов [и др.] // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 3(52). С. 22–29.
2. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М.: Физ-матлит, 2012. 816 с.
3. Изучение факторов, влияющих на формирование обстановки с пожарами в сельских поселениях субъектов Российской Федерации с использованием факторного анализа / А. А. Порошин, В. В. Харин, Е. В. Бобринев [и др.] // Безопасность техногенных и природных систем. 2018. № 1–2. С. 69–85.

References

1. Formirovanie informacionnoj bazy dlya rascheta resursnogo obespecheniya pozharnoj ohrany po zashchite organizacij ot pozharov [Formation of an information base for calculating the resource provision of fire protection to protect organizations from fires] / P. A. Marahov, A. A. Poroshin, O. V. Strel'cov [et al.]. *Sovremennye problemy grazhdanskoj zashchity*, 2024, vol. 3 (52), pp. 22–29.
2. Kobzar' A. I. *Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnyh rabotnikov*. [Applied mathematical statistics. For engineers and scientists]. Moscow: Fiz-matlit, 2012. 816 p.
3. Izuchenie faktorov, vliyayushchih na formirovanie obstanovki s pozharami v sel'skih poseleniyah sub'ektov Rossijskoj Federacii s ispol'zovaniem faktornogo analiza [The study of factors influencing the formation of the fire situation in rural settlements of the subjects of the Russian Federation using factor analysis] / A. A. Poroshin, V. V. Harin, E. V. Bobrinev [et al.]. *Bezopasnost' tekhnogennyh i prirodnyh system*, 2018, issue 1-2, pp. 69–85.

Марахов Павел Анатольевич

Главное управление МЧС России,
Российская Федерация, г. Москва

заместитель начальника Главного управления – начальник Управления организации деятельности пожарной охраны

E-mail: otchel_1_3@mail.ru

Marakhov Pavel Anatolyevich

The Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters,
Russian Federation, Moscow

Deputy Head of the Main Department – Head of the Department of Organization of Fire Protection Activities

E-mail: otchel_1_3@mail.ru

Порошин Александр Алексеевич

ФГБУ ВНИИПО МЧС России,
Российская Федерация, г. Балашиха

доктор технических наук, главный научный сотрудник

E-mail: otchel_1_3@mail.ru

Poroshin Alexander Alexeevich

Federal State-Financed Establishment «All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,
Russian Federation, Balashikha

doctor of technical sciences, chief scientific officer

E-mail: otchel_1_3@mail.ru

Кондашов Андрей Александрович

ФГБУ ВНИИПО МЧС России,

Российская Федерация, г. Балашиха

кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник

E-mail: otel_1_3@mail.ru

Kondashov Andrey Alexandrovich

Federal State-Financed Establishment «All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Balashikha

candidate of physical and mathematical sciences, senior researcher

E-mail: otel_1_3@mail.ru

Удавцова Елена Юрьевна

ФГБУ ВНИИПО МЧС России,

Российская Федерация, г. Балашиха

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

E-mail: otel_1_3@mail.ru

Udavtsova Elena Yuryevna

Federal State-Financed Establishment «All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Balashikha

candidate of technical sciences, senior researcher

E-mail: otel_1_3@mail.ru

Бобринев Евгений Васильевич

ФГБУ ВНИИПО МЧС России,

Российская Федерация, г. Балашиха

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

E-mail: otel_1_3@mail.ru

Bobrinev Evgeny Vasil'yevich

Federal State-Financed Establishment «All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Balashikha

candidate of biological sciences, senior researcher

E-mail: otel_1_3@mail.ru

Шавырина Татьяна Александровна

ФГБУ ВНИИПО МЧС России,

Российская Федерация, г. Балашиха

ведущий научный сотрудник

E-mail: otel_1_3@mail.ru

Shavyrina Tatyana Aleksandrovna

Federal State-Financed Establishment «All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters»,

Russian Federation, Balashikha

senior researcher

E-mail: otel_1_3@mail.ru