

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ СТРАТЕГИИ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУБЪЕКТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Мир-Гусейн Мир-Шамиль-оглы Мирфатуллаев,
кандидат технических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложена математическая модель расчета коэффициентов успеха по группам показателей. Приведено описание компьютерной программы методики оценки технико-экономической эффективности пожарно-технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объектов. Проведена оценка практического применения данной методики на примере анализа применимости автоматических установок газового пожаротушения с различными типами газового огнетушащего вещества для противопожарной защиты аппаратных залов и кроссово-коммутационного оборудования автоматических телефонных станций, как одного из важнейших направлений инвестиционной стратегии в области пожарной безопасности субъекта РФ.

Ключевые слова: методика оценки технико-экономической эффективности, пожарно-технические мероприятия, пожарная безопасность субъекта РФ, компьютерная программа, автоматическая установка газового пожаротушения, газовое огнетушащее вещество

THE ESTIMATES METHODOLOGY OF TECHNO-ECONOMIC EFFICIENCY OF FIRE-TECHNICAL MEASURES, AIMED AT ENSURING OF OBJECT'S FIRE SAFETY BY FORMATION OF INVESTMENT STRATEGY IN THE FIRE SAFETY AREA OF RUSSIAN FEDERATION SUBJECT

Mir-Gusseyn Mir-Shamil'-ogly Mirfatullaev.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Mathematic model of hit rate calculation by index groups is suggested. The computer program description of estimates methodology of techno-economic efficiency of fire-technical measures, aimed at ensuring of object's fire safety is described. Estimate of practical approach of this methodology computer realization is built, which as one of important direction of investment strategy in the fire safety area of Russian Federation subject. As an example, analysis of gas firefighting autoset application with various type of fire-quenching matter for fire safety in a automatic switching center (for example, apparatus rooms, connecting equipment and etc).

Key words: estimates methodology of techno-economic efficiency, fire-technical measures, fire safety of Russian Federation subject, computer program, gas firefighting autoset, gaseous fire-quenching matter

В настоящее время актуальной проблемой является разработка и создание современных и эффективных методов и средств, позволяющих обеспечить экспертизу качества инвестиционных проектов (в том числе оценить технико-экономическую эффективность пожарно-технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объектов) при формировании инвестиционной стратегии в области пожарной безопасности субъекта РФ. Это связано с тем, что финансирование проектирования систем комплексной пожарной безопасности (СКПБ) объектов (особо важных и с массовым пребыванием людей) является достаточно затратным процессом, затрагивает значительное количество параметров и характеристик различной природы, требует высокого уровня подготовки соответствующих специалистов.

Представленная методика оценки технико-экономической эффективности пожарно-технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объектов при формировании инвестиционной стратегии в области пожарной безопасности субъекта РФ, позволяет оценивать предлагаемые для инвестирования проекты сложных пожарно-технических систем и другие пожарно-технические мероприятия, направленные на обеспечение пожарной безопасности объектов по группам показателей в отдельности и комплексно. Данная методика по сравнению с существующими (в том числе и в других предметных областях) является более простой, а также универсальной по отношению к любым видам СКПБ, емкой с точки зрения всестороннего учета разнообразных факторов и возможности охвата всего жизненного цикла СКПБ. Достоверность предложенной методики основывается на результатах практической оценки эффективности применения этой методики.

Расчет коэффициентов успеха по группам показателей

На основании результатов проведенного технико-экономического анализа, а также экспертизы цены и анализа затрат (бухгалтерской экспертизы) заполняется таблица основных технико-экономических показателей.

В таблице: строки – это показатели оцениваемых сложных пожарно-технических систем, распределенные по группам; столбцы – сравниваемые изделия СКПБ, гипотетический образец, базовые образцы; кроме того, по решению лица, принимающего решения для повышения объективности оценки, могут быть добавлены и ближайшие иностранные и отечественные аналоги. Последний столбец – это отличительный признак поиска максимума, равного единице, или минимума, равного нулю, в некоторых случаях может быть и столбец весовых коэффициентов, которые назначаются специальной комиссией экспертов.

Расчет коэффициентов успеха по группам показателей осуществляется в следующей последовательности [1]:

1. Определяется коэффициент успеха по каждому показателю по формуле:

$$\eta_{ij} = \begin{cases} A_{ij} / A_{n\max} & \text{при } A_{ij} < A_{n\max}, \\ A_{n\min} / A_{ij} & \text{при } A_{ij} > A_{n\min}, \end{cases}$$

то есть для первого показателя:

$$\begin{aligned} \eta_{11} &= A_{11} / A_{1\max} & \text{или} & & A_{1\min} / A_{11}; \\ & & & & \dots \\ \eta_{1n} &= A_{1n} / A_{1\max} & \text{или} & & A_{1\min} / A_{1n}; \end{aligned}$$

для второго показателя:

$$\eta_{21} = A_{21} / A_{2\max} \quad \text{или} \quad A_{2\min} / A_{21};$$

$$\eta_{2n} = A_{2n} / A_{2\max} \quad \text{или} \quad A_{2\min} / A_{2n} \quad \text{и т.д.};$$

где $j = 1, 2, 3, \dots, n$; $i = 1, 2, 3, \dots, k$; $P_i = 1$ – отличительный признак поиска максимума (если предпочтительнее увеличение значения параметра), а $P_i = 0$ – минимума (если предпочтительнее уменьшение значения параметра).

2. Рассчитывается среднее арифметическое коэффициентов $\bar{\eta}_n$ по сравниваемым образцам j для каждого показателя i :

$$\bar{\eta}_1 = (\eta_{11} + \eta_{12} + \dots + \eta_{1n}) / n;$$

$$\bar{\eta}_2 = (\eta_{21} + \eta_{22} + \dots + \eta_{2n}) / n;$$

$$\bar{\eta}_k = (\eta_{k1} + \eta_{k2} + \dots + \eta_{kn}) / n.$$

3. Вычисляется усредненное значение абсолютных отклонений $\Delta \bar{\eta}$ от их среднего арифметического значения:

$$\Delta \bar{\eta}_1 = (|\eta_{11} - \bar{\eta}_1| + \dots + |\eta_{1n} - \bar{\eta}_1|) / n;$$

$$\Delta \bar{\eta}_2 = (|\eta_{21} - \bar{\eta}_2| + \dots + |\eta_{2n} - \bar{\eta}_2|) / n;$$

$$\Delta \bar{\eta}_k = (|\eta_{k1} - \bar{\eta}_k| + \dots + |\eta_{kn} - \bar{\eta}_k|) / n.$$

4. Определяется мера разброса D_i для каждого показателя:

$$D_1 = \Delta \bar{\eta}_1 / \bar{\eta}_1;$$

$$D_2 = \Delta \bar{\eta}_2 / \bar{\eta}_2;$$

$$D_k = \Delta \bar{\eta}_k / \bar{\eta}_k.$$

5. Вычисляется сумма разброса $\sum D_i$ для каждой группы показателей оценки:

$$\sum_{i=1}^{s-1} D_1 = D_1 + D_2 + \dots + D_{s-1};$$

$$\sum_{i=s}^{t-1} D_2 = D_s + D_{s+1} + \dots + D_{t-1};$$

$$\sum_{i=t}^{w-1} D_3 = D_t + D_{t+1} + \dots + D_{w-1};$$

$$\sum_{i=w}^k D_4 = D_w + D_{w+1} + \dots + D_k;$$

где l, s, t и w – начальные порядковые числа показателей в группе.

6. Рассчитываются групповые коэффициенты успеха для каждого из сравниваемых образцов с учетом разброса для каждой группы показателей:

$$Q_{11} = (D_1\eta_{11} + D_2\eta_{21} + \dots + D_{s-1}\eta_{s-11}) / \sum_{i=1}^{s-1} D_i;$$

...

$$Q_{4n} = (D_w\eta_{wn} + D_{w+1}\eta_{w+1n} + \dots + D_k\eta_{kn}) / \sum_{i=w}^k D_i.$$

Для данной математической модели разработана блок-схема алгоритма компьютерной программы расчета технико-экономической эффективности пожарно-технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объектов.

Описание компьютерной программы методики оценки технико-экономической эффективности пожарно-технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объектов

На рис. 1 представлен вид первого (главного) окна методики.

Методика оценки технико-экономической эффективности пожарно-технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объектов



Рис. 1. Вид первого (главного) окна методики

Основные преимущества настоящей программы:

1. Кроссплатформенность. Данный программный продукт может работать под любой распространенной операционной системой: Windows (ME, XP, Vista, 7), Unix подобные системы (Linux, Ubuntu, Madriva...), Macintosh.

Программа не использует дополнительное программное обеспечение сторонних производителей. Нет надобности в загрузке дополнительных фреймворков или плагинов.

Разработанная программа использует исключительно внутренние ресурсы операционной системы и предустановленные программы. В частности, для успешной работы программы достаточно использовать любой веб-браузер, который является предустановленным. Данная версия программы стабильно работает в следующих браузерах: IE (рекомендуется использовать IE8-9), Firefox Mozilla (3.x–4.x), Opera (10 и выше), Google Chrome, Safari. Более того, для разработки программы использовались стандартизованные технологии, такие как html, Dhtml, CSS, Javascript, JQuery, что позволяет делать прогнозы, что программа будет работать на всех современных веб-браузерах.

2. Не требуется соединения с Интернетом.

3. Данная программа является программным продуктом с открытым исходным кодом, что позволяет впоследствии легко добавлять программные компоненты, функции и методы для решения других задач.

4. Программный код строго типизирован и легко читаем. Код программы выполнен в рамках функционального программирования.

5. Весь программный продукт занимает не более 17 мегабайт. Системные требования для успешной работы программы самые минимальные (по современным меркам).

6. Одно из основных требований – в веб-браузере должна быть включена поддержка Javascript.

7. Ввод данных можно осуществлять как через динамический интерфейс в любом веб-браузере, так и посредством добавления данных в файл Static/Начальные данные.js.

Оценка практического применения компьютерной реализации методики

Для оценки практического применения компьютерной реализации методики оценки технико-экономической эффективности пожарно-технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности объектов при формировании инвестиционной стратегии в области пожарной безопасности субъекта РФ, проведем анализ применимости автоматических установок газового пожаротушения (АУГПТ) с различными типами газового огнетушащего вещества (ГОТВ) для противопожарной защиты аппаратных залов и кроссово-коммутационного оборудования автоматических телефонных станций (АТС), как одного из важнейших направлений инвестиционной стратегии в области пожарной безопасности Московской области.

Стоимость установки газового пожаротушения зависит от площади защищаемого объекта или помещения. Однако надо отметить, что цена внедрения изменяется не равномерно с увеличением площади объекта, а скачкообразно. Скачок происходит при переходе на модуль с большим объемом. Поэтому, наличие баллонов различного объема оказывает большое влияние на экономичность автоматических установок газового пожаротушения. Например, в установках с CO₂ применяются баллоны только одного размера, что приводит к высокой стоимости защиты помещений малого объема. Для применения в установке газового пожаротушения с Noves 1230 имеются баллоны семи разных объемов: ёмкостью 8, 16, 32, 52, 106, 147 и 180 литров. В рамках исследования проводилось сравнение стоимости защиты одного кубического метра для помещений объёмом от 50 до 1000 м³ для трех газовых огнетушащих веществ: Хладона 125, углекислого газа и систем с Noves 1230. Результаты анализа стоимости АУГПТ представлены на рис. 2 [2].

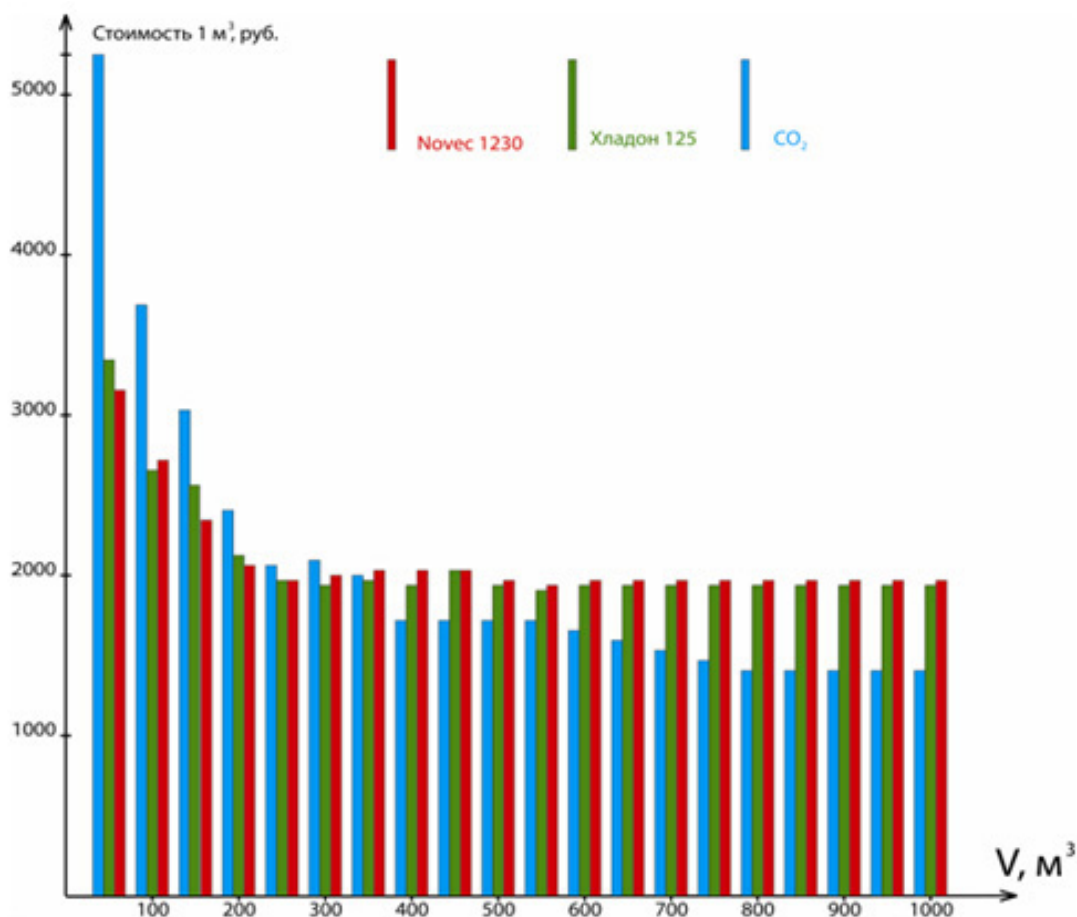


Рис. 2. Результаты анализа стоимости АУГПТ в зависимости от объема защищаемого помещения

Как следует из представленной гистограммы, для самых распространенных помещений АТС объемом от 50 до 100 м³ и от 120 до 250 м³ установка пожаротушения с применением Noves 1230 наиболее экономична. На других объемах защита данным ГОТВ на 5 % дороже устаревшей системы с ГОТВ Хладон 125.

Экономичность также определяется рабочей концентрацией ГОТВ, и следовательно, необходимым количеством модулей в УГПТ для обеспечения эффективного выполнения своих задач. В табл. 1 представлены результаты расчета количества модулей и занимаемая площадь АУГПТ для помещений АТС размером: 100×100×3,5 м.

Таблица 1. Результаты расчета количества модулей и занимаемая площадь АУГПТ

ГОТВ	АУГПТ для 100x100x3,5 м	
Хладон 125	23 модуля	16,6 м ²
Хладон 227	18 модулей	12,99 м ²
СО ₂	65 модулей	29,7 м ²
Инерген	63 модуля	25,2 м ²
Noves 1230	14 модулей	5,6 м ²

Срок службы модулей АУГПТ, а также сложность их перезарядки снижает расходы на обслуживание АУГПТ, что позволяет оценить эксплуатационные свойства ГОТВ. Оценка эксплуатационных свойств представлена в табл. 2.

Таблица 2. Оценка эксплуатационных свойств ГОТВ

ГОТВ	Срок службы модуля	Транспортировка, перезарядка
Хладон 125	не менее 11,5 лет	спец. предприятия
Хладон 227	не менее 11,5 лет	спец. предприятия
СО ₂	не менее 10 лет	спец. предприятия
Инерген	не менее 10 лет	спец. предприятия
Noves 1230	не менее 30 лет	жидкость, заправка на объекте

Как следует из таблицы, только ГОТВ Noves 1230 может свободно транспортироваться и перезарядаться на объекте, где установлена АУГПТ. Кроме этого, у этого ГОТВ рекордный срок службы модулей без перезарядки – не менее 30 лет.

По понятным причинам все новое, современное и более качественное имеет высокую стоимость. Noves 12300 действительно стоит дороже, если рассматривать стоимость 1 кг ГОТВ. Однако следует учитывать нормативную концентрацию ГОТВ при тушении, а также стоимость и состав оборудования АУГПТ. Рассматривая представленные на рынке средства пожаротушения системно и комплексно, можно сравнить стоимость эксплуатации наиболее распространенных АУГПТ со стоимостью эксплуатации систем с ГОТВ Noves 1230 и убедиться в экономическом преимуществе последнего.

Оценка безопасности применения ГОТВ для человека производится при помощи измерения показателя NOAEL (No observed adverse effect level) – уровня воздействия на организм человека, при котором не наблюдаются какие-либо биологически значимые неблагоприятные изменения (изменения морфологии, функциональные изменения возможности роста, развития или жизни) для рабочей концентрации ГОТВ.

Оценка безопасности применения различных ГОТВ для человека приведена в табл. 3.

Таблица 3. Оценка безопасности применения различных ГОТВ для человека

ГОТВ	Рабочая концентрация	NOAEL	Коэффициент безопасности
Хладон 125	9,8 %	7,5 %	нет
Хладон 227	7,2 %	9,0 %	1,25
СО ₂	34,9 %	5,0 %	нет
Инерген	36,5 %	43,0 %	1,18
Noves 1230	4,2 %	10,0 %	2,38

ГОТВ, коэффициент безопасности которых ниже единицы, запрещен к применению на объектах с людьми, так как рабочая концентрация таких ГОТВ летальна для человека. В данном рейтинге уверенно лидирует Noves 1230 с минимальной рабочей концентрацией, а значит, экономичным расходом ГОТВ и самым высоким коэффициентом безопасности.

Все рассматриваемые ГОТВ отличаются минимальными воздействиями на оборудование, практически не оставляют следов после их применения. Оценка безопасности оборудования от применения ГОТВ проводилась с помощью относительной диэлектрической способности, где за эталон взята диэлектрическая способность азота $N_2=1$, и представлена в табл. 4.

Таблица 4. Оценка безопасности оборудования от применения ГОТВ

ГОТВ	Относительная диэлектрическая способность
Хладон 125	0,95
Хладон 227	0,95
CO ₂	1,02
Инерген	1,03
Novec 1230	2,3

В наш век нельзя пренебрегать таким параметром, как экологичность – влияние ГОТВ на окружающую среду. ГОТВ, которые были выбраны для анализа, являются безопасными для озонового слоя атмосферы. Однако время разложения ГОТВ в атмосфере и потенциал глобального потепления различен. Результаты расчета экологической безопасности представлены в табл. 5.

Очень важен уровень влияния ГОТВ на потенциал глобального потепления, который определен межправительственной комиссией по изменению климата. Значения являются вычисленными по методу 2007 г., интегрируемыми за интервал 100 лет.

Таблица 5. Результаты расчета экологической безопасности

ГОТВ	Время существования в атмосфере	Потенциал глобального потепления
Хладон 125	29 лет	3400
Хладон 227	33 года	3500
CO ₂	–	1
Инерген	–	–
Novec 1230	0,014 лет	1

Исходные данные для расчета программы вводятся в сформированную таблицу начальных данных, представленную на рис. 3.

Сформированная таблица начальных данных

дальше

#	Основные показатели образцов	A	B	C	D	E	Г-гипотетический	P
1	Срок службы модуля, лет	11.5	11.5	10	10	30	30	1
2	Количество модулей для 100*100*3,5, шт	23	18	65	63	14	14	0
3	Площадь для УГПТ 100*100*3,5, м2	16.6	12.9	29.7	25.2	5.6	5.6	0
4	Перезаправка ГОТВ на объекте	0.01	0.01	0.01	0.01	1	1	1
5	Стоимость 1 м3 (до 200 м3)	2760	2600	3900	4500	2350	2350	0
6	ГОВТ - опасный груз	1	1	1	1	0.01	0.01	0
7	NOAEL, %	7.5	9	5	43	10	43	1
8	Коэффициент безопасности	0	1	1.25	0.001	1.18	2.38	1
9	Относительная диэлектрическая способность	0.95	0.95	1.02	1.03	2.3	2.3	1
10	Давление в пожарной системе, бар	65	65	150	300	24.8	24.8	0
11	Время существования в атмосфере, лет	29	33	0.01	0.01	0.014	0.01	0
12	Потенциал глобального потепления	3400	3500	1	0.01	1	0.01	0
13	Рабочая концентрация, %	9.8	7.2	34.9	36.5	4.2	4.2	0

Рис. 3. Сформированная таблица начальных данных

На основании наилучших показателей сравниваемых образцов ГОТВ представленных на рынке и используемых в АУГПТ для АТС: Хладон 125 (А), Хладон 227 (В), CO₂ (С), Инерген (D) и Noves 1230 (E), определены показатели гипотетического образца – Г. В таблице основных начальных данных сравниваемых АУГПТ, изображенной на рис. 3, рассматривается 13 показателей, которые наиболее полно отражают характеристики ГОТВ. Первые пять показателей относятся к экономико-эксплуатационным характеристикам, следующие пять показателей отвечают за оценку безопасности для человека, оставшиеся три показателя оценивают экологическую составляющую ГОТВ.

Программа производит промежуточные вычисления с занесением их в таблицу промежуточных данных. Диаграммы распределения полученных оценок и результатов анализа ГОТВ представлены на рис. 4 и 5.

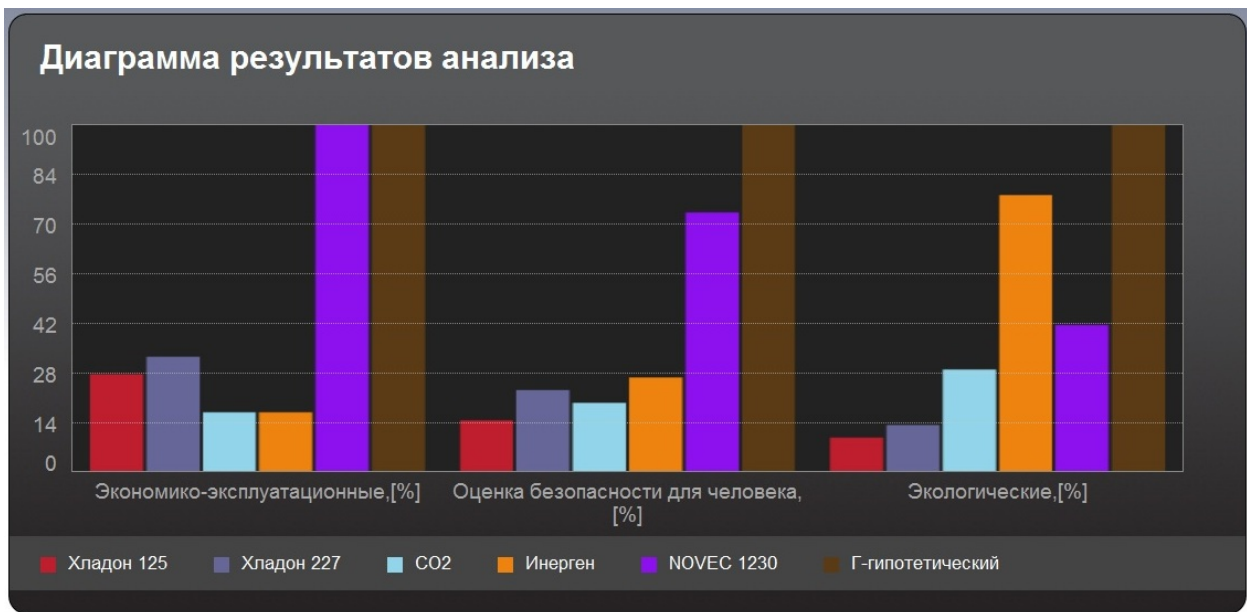


Рис. 4. Диаграмма результатов анализа ГОТВ

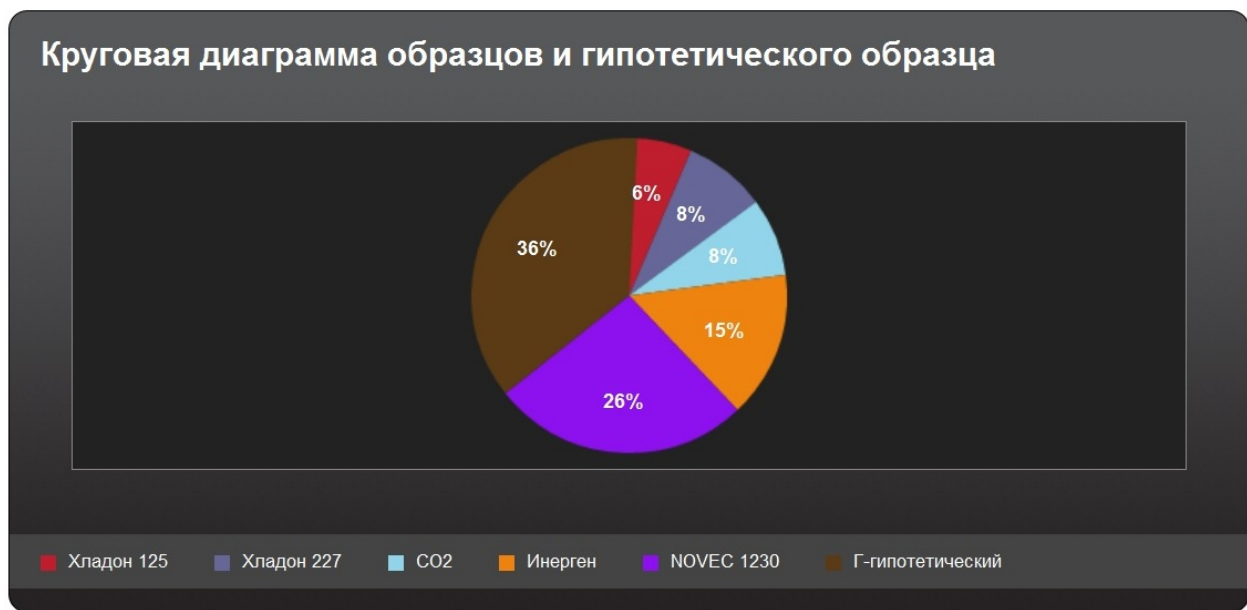


Рис. 5. Круговая диаграмма результатов технико-экономической оценки образцов ГОТВ

Вывод: в результате проведенного исследования можно констатировать, что для АУГПТ, рекомендуемых для внедрения на АТС на территории Московской области, целесообразно использовать Noves 1230, как наиболее перспективное ГОТВ для применения.

В круговой диаграмме на рис. 5 представлен обобщенный показатель целевой функции, который получен путем сложения групповых коэффициентов образцов. По значениям этого показателя видно, что предложенный образец газового пожаротушения на основе ГОТВ Noves 1230 предпочтительнее по сравнению с другими предложениями на рынке АУГПТ – Хладон 125, Хладон 227, CO₂ и Инергеном.

При сравнении коэффициентов успеха по группам показателей (рис. 4) видно, что Noves 1230 значительно превосходит все другие сравниваемые образцы по экономико-эксплуатационным показателям и безопасности для человека, но по экологическим показателям незначительно уступает Инергену.

Литература

1. Малыгин И.Г. Методы принятия решений при разработке сложных пожарно-технических систем: моногр. СПб.: СПб ун-т ГПС МЧС России, 2007. 288 с.
2. Мирфатуллаев М.М. Перспективные направления развития комплексных систем обеспечения пожарной безопасности на территории Московской области // Строительная орбита. 2008. № 3.