

УДК 519.812.3:504.06

А.И. Севриков, аспирант*Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua***ОПТИМИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
КОНТРОЛЯ И ЗАЩИТЫ ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ
ПО КОЛИЧЕСТВУ ОГНЕТУШАЩЕГО ВЕЩЕСТВА**

Выбраны частные целевые функции оптимизации информационно-эргатических систем по необходимому количеству огнетушащего вещества для подавления взрыва и тушения возгорания в начальной стадии их развития. Даны математические выражения для расчёта количеств различных огнетушащих веществ с учётом особенностей средств доставки их в очаг возгорания.

Ключевые слова: взрыв, быстроразвивающийся пожар, огнетушащее вещество, информационно-эргатическая система, исполнительное устройство, оптимизация системы.

1. Актуальность и цель исследования. Информационно-эргатические системы применяются для активного подавления взрывов газо-паро-пылевоздушных смесей и тушения быстроразвивающихся пожаров в их начальных стадиях. Взрывопожароопасные объекты широко распространены в различных отраслях хозяйственной деятельности, а также в военном деле. Наибольшая частота аварий происходит на этих объектах. Эти аварии сопровождаются большими экономическими ущербами и, в ряде случаев, человеческими жертвами.

Взрывопожароопасным объектам придано особое государственное значение. Контроль и защита этих объектов регламентированы обязательным применением автоматических систем (установок). В ранее выполненных публикациях [1-5] обоснованы необходимость оптимизации структур информационно-эргатических систем и оптимальный выбор средств контроля и защиты взрывопожароопасных объектов, что определяет *актуальность* данных исследований. Там же сформулированы условия оптимизации систем и дано их математическое описание. Одним из условий оптимизации является разрешающая способность информационно-эргатических систем по временному [4], масштабному [5] факторам и количеству огнетушащего вещества.

Целью данного исследования является выбор и математическое описание частной целевой функции оптимизации необходимого количества огнетушащего вещества для подавления возникающего взрыва и тушения быстроразвивающегося пожара в их начальных стадиях с учётом нормативных требований защиты взрывопожароопасных объектов.

2. Предпосылки к исследованию. Данное исследование является продолжением предыдущих [4, 5] по временному и масштабному факторам, относящимся к свойству информационно-разрешающей способности эргатических систем. В основе оптимизации необходимого количества огнетушащего вещества (ВО) находятся его вид (состав), динамика развития взрыва и пожара, тип эргатической системы, нормативные показатели (время, интенсивность подачи, расход ВО).

В [4] рассмотрена динамика взрыва в системе координат время (τ , мс) — давление (P , кПа) и динамика развития пожара в помещении в системе координат время (τ , мин) — температура (T , °C).

При развитии взрыва в закрытом объёме выделен первоначальный период времени τ_1 , примерно равный 0,2 от общего времени взрыва τ_e ($\tau_1 \approx 0,2\tau_e$), который для большинства газо-паровоздушных углеводородных смесей равен 15...30 мс. Для более чувствительных ко взрыву смесей: водородовоздушных, ацетиленовоздушных, сероводородовоздушных и некоторых других, первоначальный период времени $\tau_1 \approx 10...15$ мс. Для менее чувствительных ко взрыву смесей и при больших объёмах ёмкостей V время первоначального периода развития взрыва $\tau \sim \sqrt[3]{V}$ и оно может составлять 150...200 мс. В первоначальный период создаётся возможность управлять взрывом, т.е. подавлять его при применении соответствующих эффективных огнетушащих веществ. К таким веществам относятся галоид-алканы, представляющие собой производные предельных углеводородов, в которых один или несколько атомов водорода замещены на атом фтора, брома, хлора и других галоидов. Например, такими замещёнными соединениями, по нижеприведённой схеме, являются:



К ингибиторам относятся также мелкодисперсные порошковые составы.

Время первоначального взрыва принимается за критическое ($\tau_1 = \tau_{кр}$), в течение которого в герметическом объёме нарастает критическое давление $P_{кр}$. Выше критического времени и давления управление (подавление) реакцией взрыва затруднительно. Поэтому система взрывоподавления должна быть сверхбыстродействующей. По времени действия τ_d она должна срабатывать, с учётом времени доставки ВО в пламя, не превышающем критического времени, т.е. должно сохраняться условие $\tau_d \leq \tau_1 \leq \tau_{кр}$. Это время является расчётным при определении требуемого количества огнетушащего вещества $Q_{тр}$ для подавления взрыва.

Поскольку подавление взрыва является объёмным тушением, то при расчёте общего количества огнетушащего вещества Q_g , подаваемого в зону пламени, принимается нормативная удельная концентрация $Q_{н.г}$ в кг/м^3 или л/м^3 и объём ёмкости (объём взрывоопасной смеси в части помещения) V . В этом случае не вводится понятие нормативного времени подавления взрыва τ_n , так как оно ничтожно мало. Для подавления взрыва наиболее важной характеристикой является его первоначальный период τ_1 . В этом случае $\tau_n \leq \tau_1$.

Динамика развития пожара характеризуется пятью стадиями изменения температуры пожара во времени. Внутренние (в помещении) пожары характеризуются среднеобъёмной температурой T_v , а наружные пожары — средней температурой пламени $T_{пл}$. Первая стадия — воспламенение и вторая — начальное развитие пожара характеризуют начальный период пожара, продолжительность которого для внутренних быстроразвивающихся пожаров равна 1...3 мин, а для пожаров с меньшей скоростью развития 3...5 мин. Очевидно, что эргатические системы контроля и пожарной защиты объектов с наличием легковоспламеняющихся (ЛВЖ), горючих жидкостей (ГЖ), газов и других материалов должны быть быстродействующими, т.е. срабатывать и подавать первые порции ВО в пламя в начальный период развития пожара. Время действия этих систем (тушение пламени) является нормативным τ_n . Определение общего количества огнетушащего вещества для тушения пожара Q_n производится по требуемому расходу $Q_{тр}$, который, в свою очередь, рассчитывается по нормируемой интенсивности подачи I_n в $\text{л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ или $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ воды, пены; нормируемому удельному количеству Q_n в $\text{кг}/\text{м}^2$ и в $\text{кг}/\text{м}^3$ порошка, а также площади пожара F_n при поверхностном тушении или объёма помещения V_n при объёмном тушении. Подача огнетушащих веществ в очаг пожара производится соответствующими им установками (АУП) или быстродействующими системами локального пожаротушения.

3. Результаты исследования — частная целевая функция оптимизации количества огнетушащего вещества и её математические выражения

Выделим характерные огнетушащие вещества, системы (установки) их использующие и воспользуемся нормативными параметрами. Уточним понятие расхода огнетушащего вещества как базовой величины. Обычно в пожарной практике выделяют три вида расхода: требуемый, фактический и общий.

Требуемый (расчётный) расход — это весовое или объёмное количество огнетушащего вещества $Q_{тр}$ в л/с , кг/с , $\text{м}^3/\text{с}$, подаваемое в единицу времени на величину соответствующего параметра (в нашем случае — объём при взрывоподавлении и объёмном тушении или площадь пожара при поверхностном тушении).

Фактический расход Q_f в л/с , кг/с , $\text{м}^3/\text{с}$ — это фактически подаваемое количество огнетушащего вещества с учётом его запаса, обусловленного характеристиками объекта и техническими средствами подавления взрыва или тушения пожара. Для АУП, а следовательно и для эргатических систем фактический расход практически равен требуемому расходу.

Общий расход $Q_{об}$ в л , кг , м^3 должен рассчитываться с учётом общего запаса огнетушащих веществ, необходимого на весь период тушения пожара и защиты негорящих объектов. Он должен обеспечивать, при необходимости, повторное тушение пожара. Поскольку АУП и эргатические системы этого свойства лишены, то к расчёту принимается требуемый расход.

С учётом отмеченного, необходимое оптимизированное общее количество огнетушащего вещества, подаваемое для взрывоподавления или пожаротушения, определяется по его требуемому (расчётному) расходу. В этом случае частная целевая функция оптимизации имеет вид

$$\text{opt.}\{Q_{(в.п.)} = f(Q_{mp})\}. \quad (1)$$

Формулируя условие эффективного взрывоподавления и тушения быстроразвивающегося пожара, к учёту следует принимать возможные потери огнетушащего вещества при его доставке от исполнительного устройства (пламеподавителя) системы до очага (эпицентра) пламени, а также необходимости повышения эффективности пожаровзрывозащиты. Это может быть учтено коэффициентом повышения безопасности K_{δ} , значение которого определяется опытным путём, исходя из конкретных реальных условий. Практически, при проектировании систем взрывоподавления и АУП количество огнетушащего вещества увеличивается в 1,25...2,5 раза по отношению к требуемому (расчётному) значению.

Исходя из целесообразности унификации показателя повышения безопасности, в нашем случае коэффициента K_{δ} , который обоснован в публикациях [1, 2], принимаем его ориентировочные значения от 0,4 до 0,8, в зависимости от категории взрывоопасной смеси, типа 1, 2, 3, 4, 5 взрывозащиты электрооборудования и средств контроля ($K_1 = 0,6$; $K_2 = 0,7$; $K_3 = 0,4$; $K_4 = 0,8$; $K_5 = 0,5$). Если эти значения K_{δ} находятся в знаменателе правой части выражения (1), то расчётный запас ВО соответствует практически принимаемому запасу, который в 1,25...2,5 раза больше требуемого (расчётного). С учётом отмеченного, общее количество огнетушащего вещества определяется неравенством

$$Q_{(в.п.)} \geq Q_{mp} / K_{\delta}. \quad (2)$$

3.1. Необходимое количество огнетушащего вещества для подавления взрыва

Выше отмечено, что подавление газо-паро-пылевоздушных смесей в ёмкостях и технологическом оборудовании возможно только сверхбыстродействующими системами с применением эффективных галоидо-алканов (хладонов, ингибиторов) и мелкодисперсных порошковых составов или комбинированных — хладонов и порошков. Побудителями срабатывания пламеподавителей этих систем являются небольшие заряды взрывчатых веществ (ВВ), детонируемых электродетонаторами, капсюлями или детонирующим шнуром. Время срабатывания таких систем должно быть соизмеримо с первоначальным периодом времени развития взрыва. И только в этом случае возможно успешное подавление взрыва.

Создание эффективных систем активного взрывоподавления и совершенствование систем локального пожаротушения крайне необходимо, потому что ущербы от этих аварий и катастроф исключительно велики. Однако научные исследования в этом направлении очень ограничены, а поэтому отсутствуют достоверные расчётные методы оценок параметров явлений взрывов и быстроразвивающихся пожаров, в том числе и оценок необходимых количеств огнетушащих веществ, что усложняет разработку и проектирование эргатических систем контроля и защиты взрывопожароопасных объектов. Поэтому приходится прибегать к экспериментальным оценкам, что сопряжено со значительными трудностями и затратами.

Требуемое количество огнетушащего вещества для подавления взрыва ($Q_{mp.в}$, кг) рассчитывается по выражению

$$Q_{mp.в} = q_{н.в} V, \quad (3)$$

где $q_{н.в}$ — удельная огнетушащая весовая концентрация, кг/м³; V — объём взрывоопасной смеси в ёмкости (помещении), м³.

Удельные огнетушащие концентрации уточняются опытным путём для конкретных условий и огнетушащих составов. Если удельные огнетушащие концентрации определяются по объёму в %, то расчётное выражение (3) преобразуется к следующему виду

$$Q_{mp.в} = C \gamma V / 100, \quad (4)$$

где C — огнетушащая концентрация, % об.; γ — плотность огнетушащего вещества, кг/м³.

Для примера в таблице 1 приведены известные жидкостногазовые, а в таблицах 2, 3 порошковые огнетушащие составы и их усреднённые концентрации.

Таблица 1 – Характеристики жидкостногазовых огнетушащих составов

Обозначение (индекс) состава	Компоненты состава	Соотношение компонентов, %	Огнетушащая концентрация q_n	
			Объёмная, %	Весовая, $кг/м^3$
БЭ	Бромистый этил	100	5,4	0,242
4НД	Бромистый этил Двуокись углерода	97 3	5,6	0,203
3,5	Бромистый этил Двуокись углерода	70 30	6,7	0,207
7	Бромистый метилен Бромистый этил	80 20	3,0	0,157
БФ-1	Бромистый этил Тетрофтордибромэтан	84 16	4,8	0,198
БФ-2	Бромистый этил Тетрофтордибромэтан	73 27	4,6	0,192
БМ	Бромистый этил Бромистый метилен	70 30	4,6	0,184
Фреон 114 В2	Тетрафтордибромэтан	100	4,0	0,266
CO ₂	Двуокись углерода	100	22,4	0,70
H ₂ O	Водяной пар	100	35,0	0,30

Таблица 2 – Огнетушащая концентрация порошкового состава ПСБ-2 для взрывоопасных смесей в замкнутом объёме

Горючий компонент смеси	Категория и группа взрывоопасной смеси	Огнетушащая концентрация, $кг/м^3$
Метан	I, T1	0,65
Циклогексан	I, T3	0,75
Ацетон	II, T1	1,08
Бензол	II, T1	0,80
Пропан	II, T1	0,83
Бензин А-93	II, T2	0,87
Бензин А-76	II, T3	0,83
Диэтиловый эфир (серный)	II, T4	0,75

Таблица 3 – Расходные коэффициенты различных порошковых составов (расход состава ПСБ-2 принят за 1)

NN п/п	Наименование ингибитора	Сравнительный коэффициент
1	СИ	0,49
2	Монекс (Англия)	0,68
3	ЭКСГУ*	0,73
4	Углекислый натрий	0,86
5	Хлорид натрия	0,86
6	Сульфат натрия	0,88
7	Хлорид меди	0,88
8	П-ІА	0,90
9	ПФ	0,92
10	Мочевина	0,96
11	ПСБ-2	1,0
12	ПС-І	1,34

*) Экспериментальный состав Казахского госуниверситета на основе аммония фосфорнокислого трёхзамещённого.

Приведём уточнённую автором формулу А.Н. Баратова и В.А. Надубова оценки требуемого количества жидкостногазовых ингибирующих веществ реакций горения при подавлении взрывов

$$Q_{mp.вз} = \frac{1}{K_6} \left[\frac{z + V_{вб}(\tau_k + \tau_{нл.н})}{V_{в.нл} + V_{вб}} \cdot V_{в.нл} \right]^2 \delta q_{н.в}, \quad (5)$$

где z – расстояние от предполагаемого эпицентра взрыва до пламеподавителя; $V_{вб}$ – средняя скорость выброса огнетушащего вещества из пламеподавителя; $V_{в.пл}$ – видимая скорость распространения пламени; τ_k – суммарное время контроля воспламенения смеси; $\tau_{пл.л}$ – инерционность (время срабатывания) пламеподавителя; δ – глубина проникновения пламени в заингибированную зону смеси; $q_{н.в}$ – нормированная огнетушащая концентрация ингибирующего вещества в горючей смеси.

Значения z и $q_{н.в}$ задаются, исходя из конкретных условий. Числовые значения δ и $V_{вб}$ определяются опытным путём. Поэтому формула (5) является полуэмпирической и её практическое применение отягчено дополнительными сложностями и затратами, связанными с проведением эксперимента.

3.2. Необходимое количество огнетушащего вещества для тушения быстроразвивающегося пожара

Представим расчётные выражения требуемого количества огнетушащих веществ различного вида с учётом площади или объёма пожара, нормируемой интенсивности подачи или удельной огнетушащей концентрации и нормируемого времени тушения, как аргументов частной целевой функции оптимизации.

1. При *поверхностном* тушении пожара пеной, пеной с хладоном и использованием быстродействующих систем, спринклерных и дренчерных установок локального действия, требуемый расход ($Q_{тр.п}$, л/с) рассчитывается по выражению

$$Q_{тр.п} = I_{н.п} S_n, \quad (6)$$

где $I_{н.п}$ – нормируемая поверхностная интенсивность подачи пенообразователя; л/(м²·с) [6, 7]; S_n – площадь пожара, м² (определяется по формулам [5]).

Необходимое общее количество пены по раствору пенообразователя (Q_n , л), при поверхностном тушении, с учётом (2) и (6), определяется по выражению

$$Q_n \geq 60 I_{н.п} S_n \tau_{н.п} / K_{\delta}, \quad (7)$$

где $\tau_{н.п}$ – нормируемое время тушения пеной, мин [6, 7].

2. При *объёмном* тушении требуемый расход пены (м³/мин)

$$Q_{тр.п} = V_n / \tau_{н.п} = S_n H_n / \tau_{н.п}, \quad (8)$$

где V_n – объём горящего объекта (помещения), м³; S_n – площадь пожара (помещения), м² [5]; H_n – высота помещения, м.

Необходимое общее количество пены (Q_n , м³), подаваемое установкой, для объёмного тушения

$$Q_n \geq Q_{тр.п} \tau_{н.п} / K_{\delta}. \quad (9)$$

3. При *объёмном* тушении инертными газами, галоидоуглеводородами с использованием установок газового, хладонового, комбинированного тушения и быстродействующих систем импульсной подачи, требуемый расход ВО ($Q_{тр.г}$, кг/мин) рассчитывается по удельному количеству

$$Q_{тр.г} = q_{н.г} V_n / \tau_{н.г} = q_{н.г} S_n H_n / \tau_{н.г}, \quad (10)$$

где $q_{н.г}$ – нормируемое удельное количество газа (хладонов), кг/м³ [6,7]; $\tau_{н.г}$ – нормируемое время тушения газом (хладоном), мин [6, 7].

Требуемый расход газовых ВО (кг/мин) по объёмной огнетушащей концентрации

$$Q_{тр.г} = S_n H_n C \gamma / 100 \tau_{н.г}, \quad (11)$$

где C – огнетушащая концентрация, % об. [8]; γ – плотность огнетушащих газовых веществ, кг/м³.

Необходимое общее количество огнетушащих газовых веществ, подаваемых в ёмкость (помещение) для тушения пожара

$$Q_g \geq q_{н.г} V_n / K_{\delta} \geq q_{н.г} S_n H_n / K_{\delta}, \quad (12)$$

где $q_{н.г}$ – нормируемое удельное количество газовых ВО, кг/м³ [6 – 8].

4. При *поверхностном* тушении огнетушащими порошковыми составами с использованием установок порошкового типа и быстродействующих систем импульсной подачи, требуемый расход порошка ($Q_{тр.лр}$, кг/с) определяется по выражению

$$Q_{тр.лр}^S = q_{н.лр}^S S_n / \tau_{н.лр}, \quad (13)$$

где $q_{н.лр}^S$ – нормируемое удельное по площади S количество порошка, кг/м² [6, 7]; $\tau_{н.лр}$ – нормируемое время тушения пожара порошковым составом, с [6, 7]; S_n – площадь пожара, м² [5].

Общее количество порошка, подаваемое в очаг, при поверхностном тушении

$$Q_{нр}^S \geq q_{н.лр}^S S_n / K_{\delta}. \quad (14)$$

5. При *объёмном* тушении требуемый расход порошка (кг/с)

$$Q_{тр.лр}^V = q_{н.лр}^V V_n / \tau_{н.лр}, \quad (15)$$

где $q_{н.лр}^V$ – нормируемое удельное по объёму V количество порошка, кг/м³ [6, 7].

Общее количество порошка, подаваемое в помещение (объём), при объёмном тушении

$$Q_{нр}^V \geq q_{н.лр}^V V_n / K_{\delta}. \quad (16)$$

В выражениях (6) – (16) значение временных параметров τ_n и площадей пожаров S_n оценивается с учётом публикаций [4, 5].

Таким образом, количество огнетушащих веществ оптимизировано по нормативным параметрам I_H , Q_H , τ_H , соответственно, интенсивности подачи, удельной концентрации и времени тушения.

Следует иметь в виду, что при оценке необходимого запаса огнетушащего вещества, учитываемого унифицированным коэффициентом повышения пожарной безопасности $1/K_{\delta}$, его значение для взрывоподавления выше чем для пожаротушения, и оно принимается в зависимости от категории взрывоопасности смеси и типа взрывозащиты электрооборудования и средств контроля, а именно от 0,4 до 0,8. Для пожаротушения невзрывоопасных смесей, но быстроразвивающихся пожаров, на начальном периоде их развития, следует принимать ориентировочные значения $K_{\delta} = 0,7...0,8$. Для конкретных ситуаций эти значения должны уточняться опытным путём.

Выводы

1. Основой оптимизации информационно-эргатических систем, оптимального выбора средств контроля и защиты взрывопожароопасных объектов по количеству огнетушащего вещества является динамика взрыва и быстроразвивающегося пожара.

2. Решение оптимизационной задачи по необходимому количеству огнетушащего вещества, подаваемому в эпицентр взрыва (очаг пожара), выполняется с учётом нормативных ограничений, в частности, удельной огнетушащей концентрации, интенсивности подачи вещества и времени подавления взрыва или тушения пожара.

3. Достижение успешного подавления взрыва и тушения быстроразвивающегося пожара достигается путём принятия в расчётах дополнительного заноса огнетушащего вещества, подаваемого в зону горения, компенсирующего его потери и неучтённые факторы. В данном исследовании это учитывается унифицированным коэффициентом повышения взрывопожарной безопасности K_{δ} , значения которого обоснованы в предыдущих публикациях, приведённых в библиографическом списке.

Перспективой дальнейших исследований является использование интегрального критерия в виде целевой функции оптимизации информационно-эргатических систем контроля и защиты взрывопожароопасных объектов по свойству технико-экономической целесообразности.

Библиографический список использованной литературы

1. Севриков В.В. Рациональный выбор средств контроля по условию исполнения для взрывоопасных объектов / В.В. Севриков, Ю.А. Хашин, А.В. Клемяшова // Оптимизация производственных процессов: сб. науч. тр. — Севастополь, 2007. — Вып. 10. — С. 134–139.
2. Севриков И.В. Ориентировочный выбор средств контроля объектов повышенной опасности по свойству метрологического обеспечения / И.В. Севриков, А.В. Клемяшова, А.И. Севриков // Зб. наук. праць СНУ ЯтП. — Севастополь, 2009. — Вип. 1 (29). — С. 74–78.
3. Экономическая составляющая целевой функции оптимизации структур эргатических систем / И.В. Севриков, Ю.А. Хашин, Е.К. Паньков, А.И. Севриков // Вестник СевГТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. — Севастополь, 2009. — Вып. 97. — С. 150–153.

4. Одинцов А.Н. Оптимизация структур информационно-энергетических систем контроля и защиты взрыво-пожароопасных объектов по временному фактору / А.Н. Одинцов, А.И. Севриков // Вестник СЧУ им. В.Даля. — Луганск, 2010. — № 12 (154), ч. II. — С. 139–146.
5. Оптимизация структур информационно-энергетических систем контроля и защиты взрыво-опасных объектов по масштабному фактору / А.И. Севриков, А.Н. Одинцов, Л.В. Квасова, А.А. Колибабчук // Вестник СЧУ им. В. Даля. — 2011. — № 5 (159), ч. 2. — С. 190–197.
6. Баратов А.Н. Средства и нормы тушения: рекомендации / А.Н. Баратов. — М.:ВНИИПО, 1985. — 8 с.
7. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность: справочник / Под ред. А.Н. Баратова. — М.: Химия, 1987. — 270 с.
8. Иванников В.П. Справочник по тушению пожаров / В.П. Иванников, П.П. Кмос, Л.К. Мазур. — К.: МВД УССР, 1975. — 226 с.

Поступила в редакцию 16.02.2012 г.

Севриков А.І. Оптимізація інформаційно-енергетичних систем контролю і захисту вибухопожежонебезпечних об'єктів за кількістю вогнегасної речовини

Вибрано часткові цільові функції оптимізації інформаційно-енергетичних систем за необхідною кількістю вогнегасної речовини для придушення вибуху і гасіння спалаху в початковій стадії їх розвитку. Наведено математичні вирази для розрахунку кількостей різних вогнегасних речовин з врахуванням особливостей засобів доставки їх у зону займання.

Ключові слова: вибух, швидкорозвивна пожежа, вогнегасна речовина, інформаційно-енергетична система, виконавчий пристрій, оптимізація системи.

Sevrikov A.I. Optimization of information-ergatic systems of control and protection of explosion and fire dangerous objects for quantity of extinguishing agent

Selected private trust information and optimization features ergatic systems necessary quantity of extinguishing agent to suppress the explosion and fire suppression in the early stages of their development. Mathematical expressions are given for calculating the amounts of various fire extinguishing agents, taking into account the features of their delivery in the ignition.

Keywords: explosion, fast-moving fire extinguishing agent, information-ergatic system, actuator, optimization of the system.