

*Ю.Н. Сенчихин, к.т.н., профессор, НУГЗУ,
В.В. Сыровой, к.т.н., доцент, НУГЗУ,
К.М. Остапов, преподаватель, НУГЗУ*

ТАКТИКА ПОДАЧИ ПОТОКА СТРУЙ ОГNETУШАЩИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ УСТАНОВКАМИ ТИПА АУТГОС

(представлено д.т.н. Киреевым А.А.)

Проведены экспериментальные исследования и разработаны тактические приемы подачи потоков струй гелеобразующих огнетушащих составляющих (ГОС) с использованием установок типа АУТГОС. Создана новая установка АУТГОС-М дистанционной подачи бинарных потоков ГОС. Разработаны тактические приемы к ее использованию.

Ключевые слова: гелеобразующие огнетушащие составляющие (ГОС), огнетушащие вещества (ОВ), установка, объект пожаротушения и защиты.

Постановка проблемы. Известно, что вода, применяемая как огнетушащее вещество (ОВ), доступна, недорога и универсальна. Вместе с тем, при пожаротушении ее использование сопровождается непроизводительными потерями, связанными с ее стеканием по вертикальным и наклонным поверхностям объектов пожаротушения и защиты, а это (обычно) связано с чрезмерным проливом воды на нижерасположенные не горящие материальные ценности, особенно при пожарах в многоэтажных зданиях и сооружениях. Как показывает анализ последних достижений и публикации по данному вопросу, снизить потери ОВ, материальные затраты и потери в связи с проливами воды на пожарах можно используя при пожаротушении гелеобразующих составляющих (ГОС) [1].

Одной из проблем применения ГОС является то, что идея способа реализации тушения с его использованием в некоторых аспектах тактически недоработана. Вследствие чего применением установок АУТГОС и АУТГОС-П, не пошли дальше тушения модельных очагов пожаров 1А [2].

Анализ последних исследований и публикаций. Действительно. Во-первых, способ применения компонент ГОС описанный в [3] основан по идеи на обычном смешивании двух растворов компонент составляющих, которое осуществляется, можно сказать, не дистанционно, а в непосредственной близости к горящему объекту, предопределяя тем самым реализацию способа небезопасными и/или малоэффективными приемами [4]. Во-вторых, навряд ли можно считать подачу компонент ГОС с использованием установок АУТГОС и АУТГОС-П эффективной без должной проработки вопросов вывода капель двух струй на прицельные траектории, так как капли одной составляющей компоненты по причине разнящихся скоростей могут либо перелетать очаг, а капли другой – не долетать до очага пожара. Вследствие этого гель не будет образовываться в требуемом ко-

личестве, часть компонент ГОС будет бесполезно израсходована.

В случаях применения одинаковых рядом расположенных стволов-распылителей в установках типа АУТГОС без надлежащего тактико-технического обеспечения не исключена возможность преждевременного образования капель геля на начальном этапе пути движения бинарного потока ГОС к очагу пожара. Тут благодаря благоприятным условиям для образования частичек геля, которые (теряя скорость) могут преждевременно оседать, и выпадать «в осадок» на подступах к объекту пожаротушения, вследствие чего эффективность использования ГОС снижается.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является повышения эффективности использования ГОС при дистанционном пожаротушении (до 10 метров), для чего нами была разработана новая установка АУТГОС-М, которая предназначена для тушения пожаров и для защиты соседствующих с очагом пожара объектов жидкофазными огнетушащими веществами. В частности – водными растворами ГОС (рис. 1). Как показали эксперименты, данная установка может быть использована и в исследовательских целях при создании инструкций пользователям автономных установок дистанционного пожаротушения (тактико-технического обеспечения).

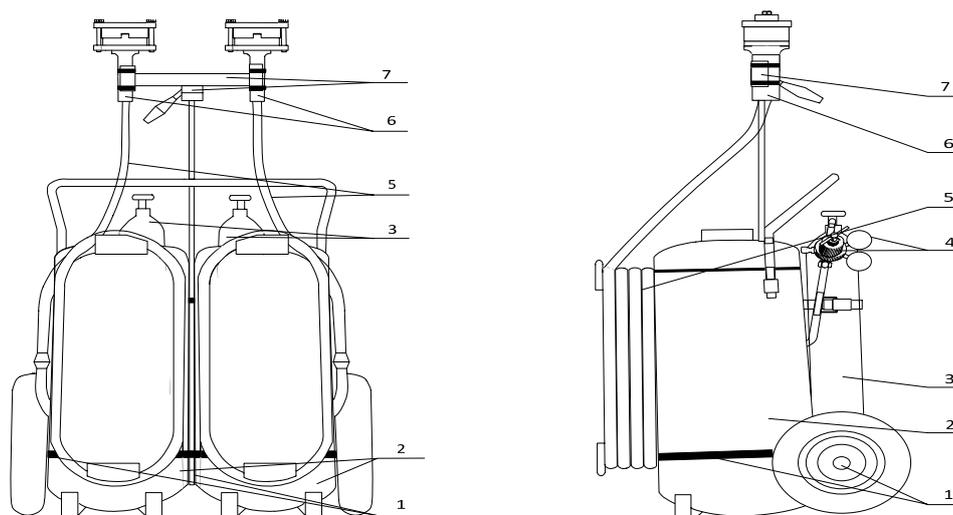


Рис. 1. Общий вид установки АУТГОС-М: 1 – рама тележки установки; 2 – емкости с водными растворами составляющих ГОС; 3 – баллоны со сжатым воздухом; 4 – редуктор с указателями давления (манометрами); 5 – система соединительных гибких шлангов; 6 – два ствола-распылителя; 7 – приспособление для наведения стволов на объект пожаротушения

АУТГОС-М содержит несущий каркас (раму), где установлены: две ёмкости с компонентами ГОС, баллоны со сжатым воздухом имеющие индикаторы визуального контроля давления в емкостях, которые объединены редуктором прямого действия. Причем, содержащаяся в емкостях, под давлением воздуха, каждая из компонент ГОС, благодаря системе соединительных гибких шлангов, подается на объект пожаротушения с помощью двух стволов-распылителей, имеющих по одному кра-

ну для их закрытия и открытия, что связано с отдельной или совместной подачей компонент ГОС. Кроме того на несущем каркасе (на раме) установлено приспособление наведения стволов-распылителей на объект пожаротушения с верификацией по углам возвышения, углам рыскания, высоте и базовой ширине симметричного размещения и фиксации стволов-распылителей.

Рассмотрим основные тактические приемы использования установки АУТГОС-М, которые связаны с дистанционной подачей составляющих ГОС на объект пожаротушения (рис. 2) и определяют движение в очаг пожара распыленных компонент бинарного потока, например, из одной точки двумя стволами-распылителями, нацеленными на очаг под разными углами возвышения α_1 и α_2 по заранее рассчитанным траекториям. Откуда следует, что процесс движения незатопленных струй составляющих ГОС естественным образом делится на три этапа: этап 1 – впрыск компактных частей составляющих ГОС в атмосферу; этап 2 – свободное движение дробящихся струй; этап 3 – попадание на объект пожаротушения распыленных струй ГОС [5].

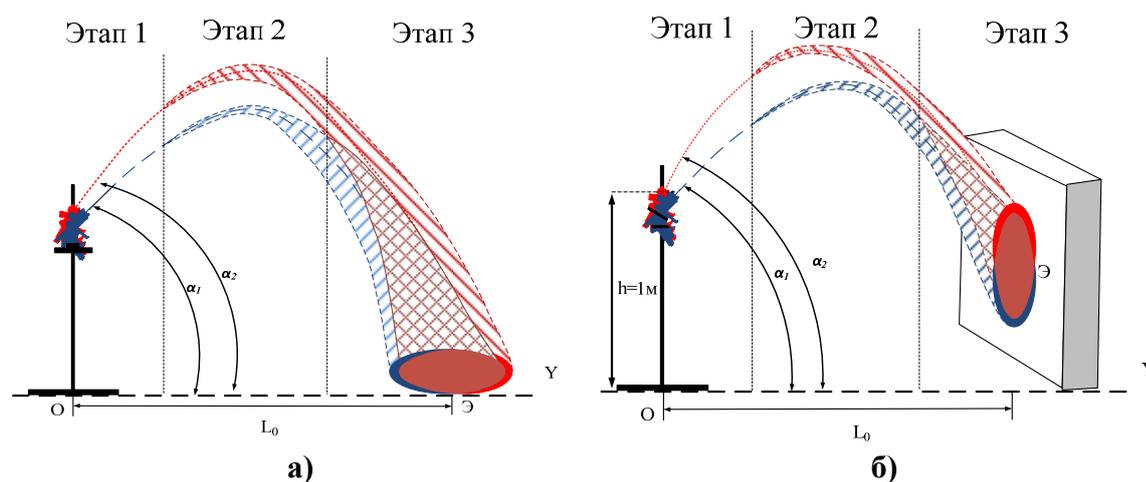


Рис. 2. Схемы подачи двух струй ГОС: а) на горизонтальную поверхность; б) на вертикальную поверхность

Очевидно, что в обеих разновидностях этой задачи нетрудно найти оптимальные (рациональные) дистанции L_0 , и соответствующие ей пары углов возвышения α_1 и α_2 при которых эффективность пожаротушения будет осуществлена наилучшим образом. В одних случаях (рис. 2, а) смешивание компонент ГОС желательно осуществлять в конце второго (начале третьего) этапа траектории потока; в других (рис. 2, б) – в конце первого (в начале второго) этапа [6].

Математически обобщенно рассматриваемые тактические задачи могут быть описаны уравнением

$$\max_{\alpha} K(\alpha, L_0, P, d, h \dots), \quad (1)$$

где K – качественная целевая функция, «пробегающая» значения:

$$\begin{cases} 1, & \text{если пожар потушен;} \\ K = 0, & \text{если очаг локализован} \\ -1, & \text{если цель не достигнута.} \end{cases}$$

В этих задачах принятия тактических решений, неуправляемые параметры задаются конкретными величинами: h – уровень высоты расположения объекта пожаротушения; d – глубина проработки площади пожара.

Управляемыми переменными будут: α_i ($i = 1; 2$) – угол возвышения и L_0 , – расстояние от установки типа АУТГОС-М к объекту пожаротушения; P – рабочее давление в установке. На изменения их величин накладываются ограничения:

$$P = const; \quad 0 < \alpha < 90^\circ; \quad L_{\min} < L_0 < L_{\max}, \quad (2)$$

где L_{\min} – минимальное расстояние, на которое можно приблизить установку АУТГОС-М к объекту пожаротушения, L_{\max} – максимальное расстояние, на которое можно ее удалить от объекта.

Понятно, что ограничения (2) ситуационно обусловлены и определяются в ходе разведки пожара. Вместе с этим в каждой из рассматриваемых задач дополнительно вводятся свои специфические параметры, присущие той или иной задаче, например, данные об обстановке пожара (метеоусловия и др.).

Тактика дистанционной подачи потока ОВ/ГОС на очаги пожара. Согласно схемам, приведенным на рис. 2, на рис. 3 представлены фотографии экспериментов подачи ГОС на очаги пожара навесными (рис. 3 а) и настильными (рис. 3 б) струями с использованием установки АУТГОС-М.



Рис. 3. Испытания установки АУТГОС-М по 2-м тактическим схемам

При пожаротушении с использованием АУТГОС-М и в том и другом случае главное целевое ограничение обусловлено тем, что струи потока ОВ/ГОС должны попадать в площадь очага пожара с точностью $\pm \Delta L_1$ (желательно вблизи эпицентра т. Э). То есть осевые линии распыленных струй ГОС не должны выходить за зону очага пожара:

$$Y' \pm \Delta L_1 = L_0, \quad (3)$$

где «+» и «-» в выражении (3) соответствуют ситуациям «недолет» или «перелет».

Из рис. 3 а видно, что на модельный очаг пожара 1А, расположенный на дистанции 10 метров, подавались огнетушащие компоненты из 2-х стволов-распылителей, установленных на специальных штативах и направленных на очаг в своих плоскостях прицеливания под равными углами возвышения $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha \approx 32^\circ$, когда дальность подачи ОВ близка к максимальной L_{\max} . Причем, высота размещения стволов $h_1 = h_2$ практически совпадала с уровнем верхней кромки очага h по высоте. Геометрия других параметров размещения стволов-распылителей в АУТГОС-М соответствовала симметричному их расположению относительно плоскости наведения стволов на очаг ($\alpha_1 = -\alpha_2$; $\psi_1 = -\psi_2$).

Некоторое множество решений этой тактико-технической задачи тушения модельного очага 1А представлено в табл. 1 для взаимозависимых параметров α и $L(\alpha)$. Откуда видно, что прицельно направить струи ОВ/ГОС на горизонтально расположенную цель в окрестность т. Э эпицентра очага можно расположив установку АУТГОС-М на бесконечном множестве дистанций L .

Табл. 1. Результаты решения задачи подачи ОВ/ГОС в эпицентр пожара

Угол возвышения $\alpha, ^\circ$	32	40	50	60	70	80	89	90
Дистанция $L_0(\alpha), \text{ м}$	10	7,8	5,25	4,0	3,25	2,2	-	-

Тактика ведения оперативных действий в этом случае диктует следующий порядок их выполнения:

1) На основании данных разведки пожара имеем информацию о метеоусловиях, геометрии очага возгорания и значения других неуправляемых параметров задачи.

2) С этих данных и с учетом рельефа местности выбирается позиция для АУТГОС-М и находятся приемлемые значения L_0 , а также другие установочные параметры задачи.

3) На их основании определяется искомый угол α .

При апробации этого приема в результате дистанционного тушения водой модельного очага удалось локализовать горение за время порядка 1 мин. При этом было израсходовано каждым стволом воды около 4 литров. В последующие 30-39 секунд пожар был ликвидирован, дотушиванием внутренних полостей уложенного согласно [7] штабеля дров с помощью, подготовленной для этого ранцевой установки АУТГОС (общепринятая в таких случаях тактика пожаротушения).

Второй тактический прием, как уже говорилось, связан с прицель-

ной почти «прямоструйной» подачей составляющих потока ОВ/ГОС на пожаротушение.

Здесь, при подаче ГОС почти «прямоструйно», в силу относительно небольших дистанций движения струй и кривизны их траекторий желательнее начать смешивание распыленных струй до возникновения преграды (вертикально расположенного объекта пожаротушения), т.е. в период наступления этапа 2. Естественно, геометрия прицельного расположения стволов отличается от первого тактического варианта.

В связи с вероятностным характером событий (попадание в окрестность эпицентра очага т. Э), и в том и в другом случае возникает необходимость уточнять некоторые тактические особенности. Например, при «прямоструйной» подаче несложно определить: какой процент ОВ/ГОС подаваемых дискретными порциями (если такой тактический прием используется) в среднем будет успешным; какие следует принять меры для уменьшения площади рассеяния ОВ/ГОС. И другие вопросы, характеризующие ожидаемый положительный исход. Все это, в общем-то, как и в первой задаче, связано со стохастической природой таких процессов.

Для того чтобы дать на подобные вопросы исчерпывающие ответы, требуется отдельное рассмотрение явлений рассеяния с точки зрения статистических закономерностей, присущих им. То есть, надо дополнительно исследовать распределения точек («пятен») попадания бинарных потоков в цель, выяснить случайные причины, определяющие параметры рассеяния, сравнить их между собой по степени важности [8].

В настоящей работе эти вопросы не ставились в указанном объеме. Однако можно указать, что для решения таких тактических задач в уточненной постановке имеются определенные предпосылки.

Действительно, наилучших результатов при подаче бинарных потоков ОВ/ГОС в заданную точку («пятно») вертикально расположенной цели, например, на мебельную стенку, следует ожидать, когда движение составляющих потока происходят по траекториям в границах первого этапа почти «прямоточного» их движения. То есть тогда, когда траектория их осевых близка к прямым линиям. В этом случае, для обеспечения попадания бинарного потока в цель (эпицентр возгорания), которая с использованием АУТГОС-М непосредственно «поражается», например, через оконный или дверной проем помещения, должны быть известны соотношения между углом α и расстоянием L_0 , и некоторые другие параметры задачи принятия решений.

В теоретическом плане постановку задачи определения вероятности попадания потоком ОВ/ГОС в заданную область с эпицентром в т. Э установками типа АУТГОС можно рассматривать, как задачу теории вероятностей. Тогда, воспользовавшись математическим аппаратом, изложенным в [9], нетрудно определить и математическое ожидание, и среднеквадратичное отклонение случайной величины попадания осевых линий составляющих потока ОВ/ГОС от геометрического центра цели (рассеяние R). При этом сама цель (объект пожаротушения) может рас-

смагиваться в виде круга. Такой подход удобен с практической точки зрения.

Вместе с тем, при детальном исследовании здесь следует рассматривать более сложную задачу теории вероятностей (необходимо учитывать систематическую ошибку, обусловленную поправками на ветер и реальное отклонение траектории от прямой линии) [10]. Решение такой задачи требует более глубокого рассмотрения особенностей процесса подачи бинарных потоков ОВ/ГОС на тушение, которые выходят за рамки данной статьи.

Тем не менее, Приемлемость использования такого тактического приема, как подача ОВ/ГОС на вертикально расположенный объект пожаротушения в соответствии со схемой рис. 2 б нашел свое подтверждение во второй серии экспериментов с опытной установки АУТГОС-М (рис. 4).

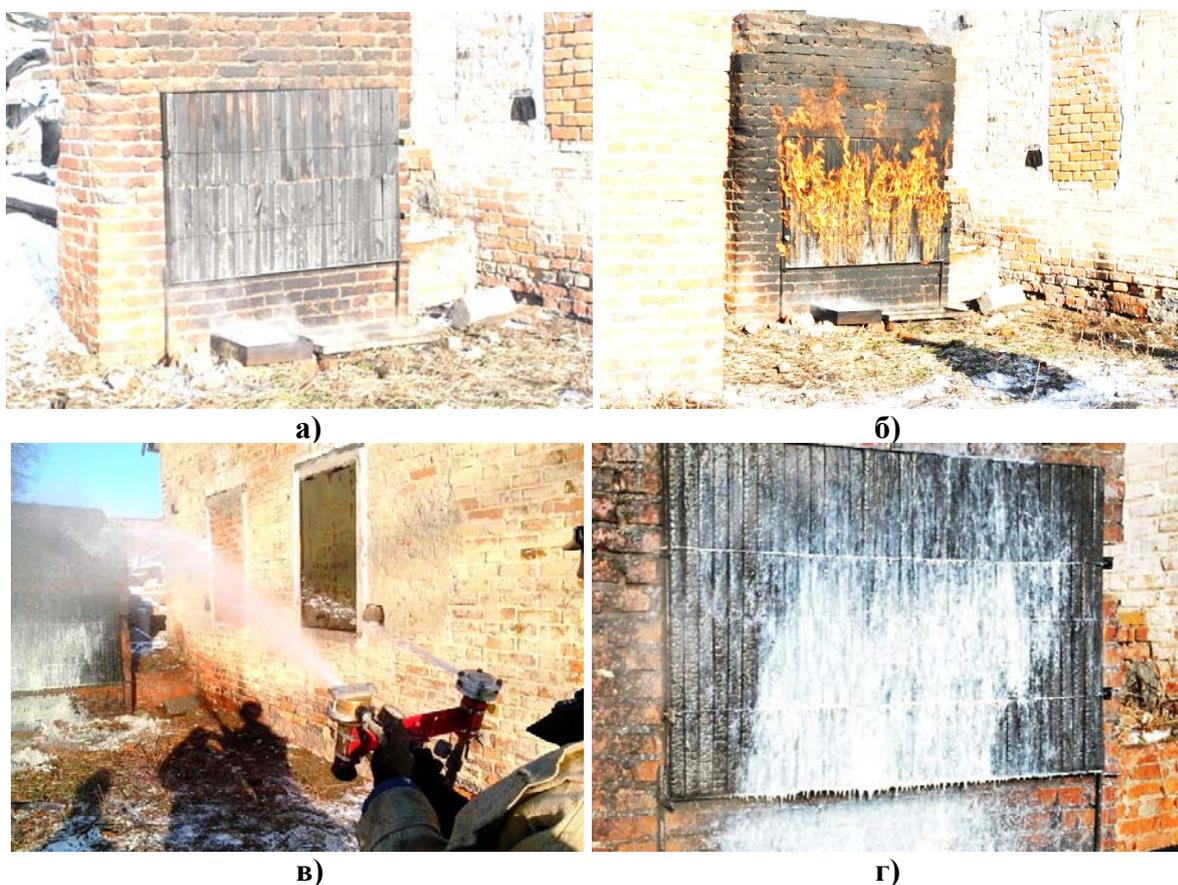


Рис. 4: а) подготовленный «модельный очаг», близкий по суммарной пожарной нагрузке к очагу 1А; б) вертикально расположенный объект пожаротушения; в) дистанционная подача ГОС до прекращения горения «модельного очага»; г) образовавшийся во время пожаротушения защитный ксерогель на поверхности «модельного очага»

Расшифровка фото- и видеоматериалов исследований показала, что выбранная дистанция до «модельного очага» 6 метров и почти «прямо-струйная» подача ГОС на очаг позволили сразу прекратить горение объекта пожаротушения, минуя стадию «локализация». Причем, в кратчайшие сроки (18-20 с).

Безусловно, эффективность подачи ОВ/ГОС в рассматриваемых вариантах можно повысить, если оснастить установку специальным прицелом.

Выводы. 1. В рамках феноменологического подхода предложен способ дистанционной подачи бинарного потока составляющих ГОС на объект пожаротушения навесными и «прямоточными» струями.

2. Разработана новая установка АУТГОС-М, которая предназначена для тушения пожаров и для защиты соседствующих с очагом пожара объектов жидкофазными огнетушащими веществами дистанционно (с расстояний до 10 метров).

3. Проведена экспериментальная апробация установки и оформлена заявка на изобретение способа и устройства его реализации.

4. Проанализированы результаты опытных данных. На основании этого анализа даны рекомендации по тактико-техническому применению установок типа АУТГОС на практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.А. Гелеобразующие огнетушащие и огнезащитные средства повышенной эффективности применительно к пожарам класса А: монография / Ю.А. Абрамов, А.А. Киреев. – Харьков: НУЦЗУ, 2015. – 254 с.

2. Киреев А.А. Определение показателя огнетушащей способности гелеобразующих огнетушащих составов при тушении модельного очага пожара 1А / А.А. Киреев, К.В. Жерноклёв, А.В. Савченко // Проблемы пожарной безопасности. – 2010 – Вып. 28. – С. 74 – 80. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol28/29.pdf>.

3. Пат. 60882А Україна, МПК7 А62С 1/00. Спосіб гасіння пожежі та склад для його здійснення / Борисов П.Ф., Росоха В.О., Абрамов Ю.О., Киреев О.О., Бабенко О.В., заявник і патентовласник Академія пожежної безпеки України. – №2003032600. Заявл. 25.03.2003; Надр. 15.10.2003; Бюл. №10. – 2 с.

4. Остапов К.М. Исследование тактико – технических аспектов применения автономной установки тушения гелеобразующими составами / К.М. Остапов, Ю. Н. Сенчихин // Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно-небезпечних об'єктах: всеукр. наук. – прак. конф., 28-29 жовтня, 2015 р. : тези доп. – Х., 2015. – С. 169-171.

5. Анализ процесса подачи и траектории потока струй огнетушащего вещества установкой АУТГОС / С.В. Росоха, Ю.Н. Сенчихин, А.А. Киреев, К.М. Остапов // Проблемы пожарной безопасности – 2015. – Вып. 38. – С. 146-155. – Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol38/RosokhaSenchykhinKireevOstapov.pdf>.

6. Росоха С. В. Повышение эффективности пожаротушения подачей огнетушащих составов бинарными потоками / С.В. Росоха,

Ю.Н. Сенчихин, В.В. Сыровый, К.М. Остапов // Науковий вісник будівництва. – 2016. – № 3. – С. 275-280.

7. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань: ДСТУ 3675-98. – [Чинний від 1999-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1998. – 15 с.

8. Справочник по теории вероятностей и математической статистике / [Под ред. Королюка В.С.]. – К.: Наукова думка, 1978. – 582 с.

9. Математическая энциклопедия, т. 1, 2 / [Под редакцией Виноградова И.М.]. – М.: «Советская энциклопедия». –1979.

10. Конченнова Н.В. Вычислительная математика в примерах и задачах / Н.В. Конченнова, И.А. Марон. – М.: Наука, 1972. – 126 с.

Получено редколлегией 11.03.2017

Ю.М. Сенчихін, В.В. Сировий, К.М. Остапов

Тактика подачі потоків струменеві вогнегасних складових установками типу АУТГОС

Проведено експериментальні дослідження і розроблені тактичні прийоми подачі потоків струменів гелеутворюючих вогнегасних складових (ГУС) з використанням установок типу АУТГОС. Створена нова установка АУТГОС-М дистанційного подавання бінарних потоків ГУС. Розроблено тактичні прийоми до її використання.

Ключові слова: гелеутворюючі вогнегасні склади (ГУС), вогнегасні речовини (ОВ), установка, об'єкт пожежогасіння і захисту.

Ju. Senchykhin, V. Syrovoy, K. Ostapov

Tactics of supplying a flow of fire of fire-extinguishing arrangements of AUTGOS type

Experimental studies have been carried out and tactical methods have been developed for supplying streams of jets of gel-forming fire-extinguishing components (GFC) using devices of the type AUTGOS. A new installation of AUTOGOS-M for remote feeding of binary streams of GFC was created. Tactical tactics for its use have been developed.

Keywords: gel – forming fire-extinguishing components, fire – extinguishing substances (OB), installation, fire extinguishing and protection object.