

Росоха С.В., Сенчихин Ю.Н., Сыровой В.В., Остапов К.М.  
 Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ПОДАЧЕЙ ОГNETУШАЩИХ СОСТАВОВ БИНАРНЫМИ ПОТОКАМИ

**Введение.** Известно, что наиболее распространенным огнетушащим веществом (ОВ) в Украине остается вода. Она универсальна: доступна, относительно недорога, обладает высокими охлаждающими свойствами, экологически безопасна. Однако имеет существенный недостаток, заключающийся в несоизмеримо больших потерях связанных с ее стеканием с наклонных поверхностей, что приводит к дополнительным убыткам от залива нижерасположенных по отношению к очагу пожара коммуникаций. Уменьшить расход ОВ и материальные потери, связанные с использованием воды при пожаротушении, позволяет применение современных способов «накрытия пожара» пенообразующими и гелеобразующими огнетушащими составами.

**Цель и задачи.** Известен способ тушения пожаров [1]. Недостатками которого являются большие затраты огнетушащего состава (ОС), вследствие необходимости постоянно обеспечивать его пребывание на горящих поверхностях. Последнее приводит к тому, что тушение пожаров в высотных зданиях происходит с сопутствующими пожаротушению значительными проливами воды, с заливанием нижних этажей.

Другим известным способом является способ тушения пожаров [2], который заключается в том, что ОВ, которое подают в очаг пожара, формируют путем смешивания двух растворов на горячей поверхности. То есть в качестве ОВ используется гелеобразующие составляющие (ГОС).

Недостатки этого способа вытекают из того, что он регламентирует способ смешиванием двух растворов именно на горячей поверхности, предопределяя свою реализацию небезопасными и/или неэффективными методами, т.е. - не дистанционно. Например, двумя малярными кистями или обычным проливом двух компонент на горящий объ-

ект из двух емкостей с помощью леечных насадков. Смешивание же растворов компонент ГОС в непосредственной близости от горящих поверхностей небезопасно и не всегда приемлемо [3]. Кроме того, вряд ли можно считать и дистанционную подачу компонент ГОС с использованием опытной установки «АУТГОС» [4] эффективной без должной проработки вопросов вывода капель ОС 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 геле не будет образован, а часть компонент ГОС – бесполезно израсходована.

И еще. В случаях применения разных типов стволов-распылителей, в том числе установками «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 вполне благоприятны условия для образования частиц геля, которые будут оседать, и выпадать «в осадок» на подступах к объекту пожаротушения, иза чего эффективность использования ГОС может снизиться.

Следует заметить, что, как правило, ОС (в том числе и ГОС) подается на пожаротушение ствольщиками по фронту очага подвижными распыленными струями. И чтобы «охватить» весь фронт возгораний работа ствольщика связана с необходимостью перемещать стволы-распылители поперек направления движения потока ОС к объекту пожаротушения. Этот общепринятый прием в силу неопределенности стохастический действий различных ствольщиков разной квалификации тоже не всегда благоприятно сказывается на эффективности пожаротушения.

Дадим пояснення к цьому нежелателно-му явленню. На рис. 1, а на уровне феноменологического анализа показано, что капли ОС выпущенные из двух расположенных в т. О стволов-распылителей  $C_1$  и  $C_2$  (один над другим) в общем случае могут иметь разные скорости  $v_1$  и  $v_2$  по величине и по направлению. А так как ствольщик, желая охватить весь периметр пожара, вынужден перемещать стволы в поперечном направлении, то он придает каплям еще и боковую (к примеру  $v_{1n}$ ) составляющую скорости, несоразмерно каждой из них. Так что в определенные моменты времени скорости капель 1-го ствола будут отличаться со скоростями капель 2-го ствола. В результате капли могут

сталкиваться, соединяться друг с другом и химически реагировать. Увеличатся их суммарные массы, миделевы сечения, силы сопротивления их движению, а абсолютные скорости движения в итоге снизятся. Значит, уменьшатся и расстояния, пройденные отдельными каплями к объекту пожаротушения. Соответственно, существенного повышения эффективности пожаротушения с использованием ГОС в таких случаях не всегда следует ожидать, что нами наблюдалось [5], в том числе и при имитационном моделировании движения бинарного потока ГОС в виде двух распыленных струй подкрашенной воды (рис. 1, б).

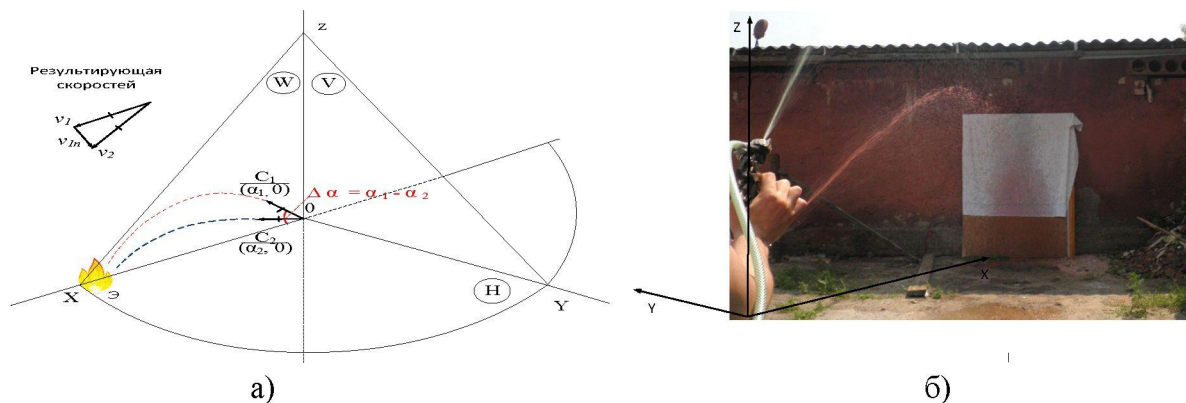


Рис. 1. а) Схема расположения в т. О стволов-распылителей  $C_1$  и  $C_2$ , подающих компоненты бинарного потока ГОС ( $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – углы возвышения стволов и  $\psi_1$  и  $\psi_2$  – углы рыскания, соответственно); б) Подача ОС установкой «АУТГОС» распыленными струями подкрашенной воды

**Результаты исследования.** В основу исследований поставлена задача повышения эффективности и уменьшения расхода ОБ при пожаротушении за счет целенаправленной дистанционной подачи стволами-распылителями бинарного потока ГОС, а также уменьшения убытков от пожаротушения исключением возможности заливания нижних этажей зданий и сооружений.

Поставленная задача решается за счет использования способа одновременной подачи в очаг пожара двух независимых друг от друга распыленных струй бинарного потока ГОС стволами-распылителями, нацеленными на очаг под разными углами возвышения и/или рыскания в соответствии с заранее рассчитанными траекториями их движения к очагу [6].

ми углами возвышения  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  и/или рыскания (возможно из разных точек базирования стволов-распылителей, отстоящих друг относительно друга на некотором расстоянии), составляющие бинарного потока ГОС движутся по расчетным траекториям, определенным, например, с помощью программного компьютерного тактического обеспечения. Этим самым создаются условия своевременного образования в пространстве над/перед очагом пожара, последующего покрытия и удержания защитного геля на поверхностях твердых горящих в очаге веществ и материалов, где в течение времени (не более 1 с) происходит затвердевание геля, локализация и прекращение горения объектов пожаротушения, благодаря чему повышается эффективность пожаротушения.

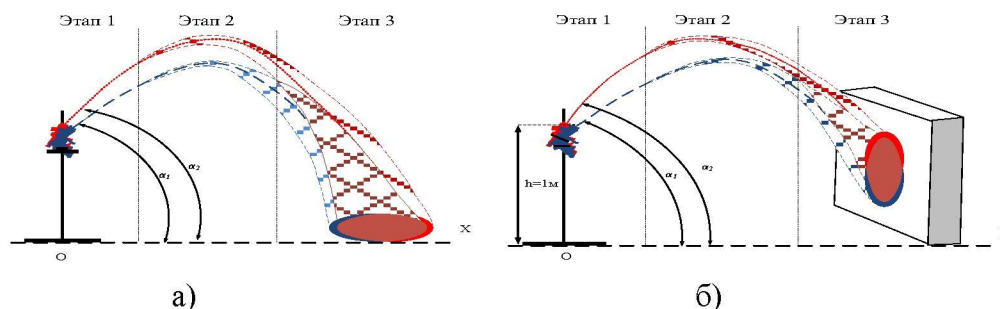


Рис. 2. Схемы подачи в очаг пожара двух независимых друг от друга распыленных струй бинарного потока ГОС стволами-распылителями, нацеленными на очаг по независимым траекториям движения:

а) – на горизонтально расположенные горящие объекты; б) – на вертикально (наклонно) расположенные горящие поверхности

Из рис. 2, а и 2, б следует, что процесс движения незатопленных потоков струй (составляющих ГОС) можно разделить на три этапа: этап I – впрыск компактных частей составляющих ГОС в атмосферу; этап II – свободное движение дробящихся струй; этап III – попадание на объект пожаротушения распыленных потоков ГОС. Все три этапа относятся к внешней баллистике гидродинамических потоков водных растворов и потому допускают прогнозирования своего движения в пространстве расчетными методами [6].

Третий этап характеризуется тем, что наступает момент, когда поступательные скорости частиц (капель) бинарного потока вдоль координатной оси X близки к нулевым значениям. Тогда их движение осуществляется либо по траектории свободного падения на горизонтальные поверхности пожаротушения, либо прекращается, когда гидродинамический поток встречает на своем пути наклонно расположенные горящие поверхности. Именно на этом этапе растворы обеих компонент ГОС одновременно формируют над/перед очагом пожара гелевую смесь капель двух составляющих ГОС. При этом гель способен закрепляться на вертикальных и наклонных поверхностях, в том числе на потолках.

Результат, который может быть получен при осуществлении предложенного нами способа, состоит в снижении потерь ОВ за счет его удержания на поверхностях объектов пожаротушения, уменьшении убытков от осуществления пожаротушения за счет

исключения чрезмерных проливов воды и заливания нижних этажей зданий и сооружений, а значит повышения эффективности пожаротушения. Способ допускает несколько тактических приемов своего применения, которые были апробированы с использованием предложенного нами модифицированного метода имитационного моделирования [7]. С целью экономии реагентов - составляющих и набора достаточного количества экспериментального материала вместо ГОС использовалась подкрашенная вода, обладающая близкими к ГОС гидродинамическими свойствами, которая подавалась стволами-распылителями на объекты пожаротушения двумя независимыми потоками. Во время проведения экспериментов, в ходе расшифровки фото- и видеоматериалов, при обработке опытных данных наработанных экспериментально устанавливались основные показатели гидродинамики потоков ОС, зависящие от рабочего давления и эйлеровых углов возвышения и углов рыскания, при расположении стволов-распылителей в т. 0 системы координат OXYZ (рис. 1). А именно: дальность и высота подачи ОС, форма траекторий движения двух потоков жидкости (подкрашенная вода) к мишени-экрану. Для этих целей было разработано устройство фиксации высоты расположения, углов возвышения стволов-распылителей к горизонту и углов рысканья, которые обеспечивает подачу ОС под заданными углами и влияют на траекторию, дальность, другие баллистические параметры, в том числе и на номинальные условия.

Кроме того оценивались геометрические параметры «пятен», образующихся при попадании каждой из составляющих ОС на поверхность разовой мишени-экрана, а также при их одновременном попадании и естественном смешивании на условно горячей поверхности, что характеризовало работу установки с т.з. «эффективности» тушения или огнезащиты. Причем, сама мишень-экран располагалась на «поражаемой» поверхности двояким образом: в вертикальной и наклонной плоскостях (рис. 3, а) или на горизонтали земли (рис. 3, б).

Сравнение полученных нами результатов – дальность и высота подачи, форма траектории бинарного потока струй при различных давлениях и эйлеровых углах наклона стволов распылителей – с некоторыми, имеющимися в литературе [6] свидетельствуют о правомерности использования предложенного нами имитационного моделирования [5].

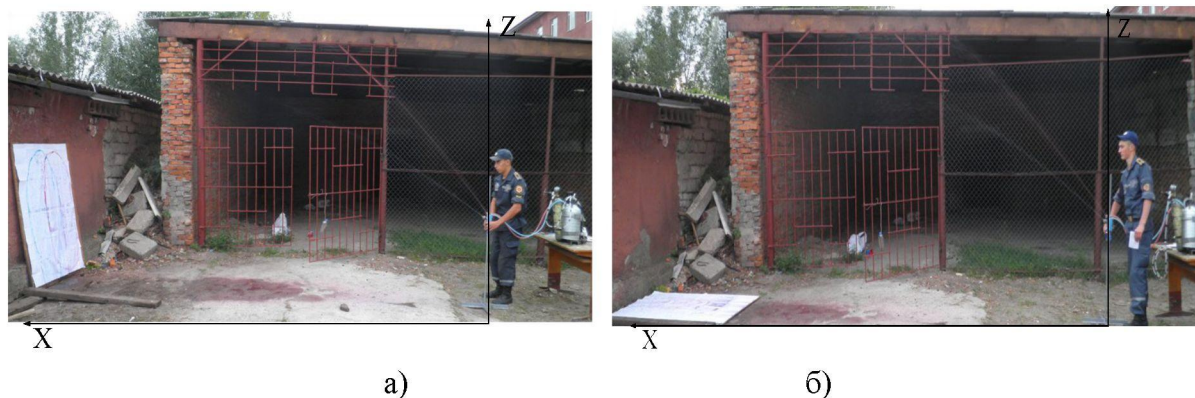


Рис. 3. Примеры проведения экспериментов: а) – подача ОС навесными потоками из двух стволов-распылителей на горизонтально расположенную мишень-экран; б) тоже, – на наклоненную мишень-экран

В этом случае в работе ствольщику потребуются использование так называемых сопряженных траекторий подачи двух потоков на очаг пожара: одна – навесная траектория, другая – настильная, которые для конкретных номинальных условий (топография места расположения очага и метеосостояния) доставляют ГОС в точку Э эпицентра пожара (рис. 1).

Имея в своем распоряжении компьютерное тактическое обеспечение к формированию искомых траекторий доставки бинарного потока ГОС в эпицентр пожара, данные

*Практические модификации тактико-технических приемов пожаротушения.*

1) Модификация традиционного подхода к решению задачи.

Избежать описанных выше нежелательных явлений преждевременного образования частичек геля при работе с бинарными потоками ГОС можно подавая компактные распыленные струи, расположив стволы-распылители один над другим с соответствующими углами возвышения, как показано на рис. 1. (Углы рыскания при этом изначально равны нулю.) То есть таким образом, чтобы угол возвышения верхнего ствола-распылителя имел определенное превышение относительно нижнего ствола. Причем настолько, насколько позволяет это сделать прицельное попадание осевыми линиями обеих струй потока составляющих ГОС в эпицентр пожара Э, желательно за минимальное время доставки.

оперативной разведки пожара и подготовленную к задействованию установку пожаротушения, в частности «АУТГОС», вполне доступно выполнить требуемые операции в процессе пожаротушения с максимальной возможной эффективностью.

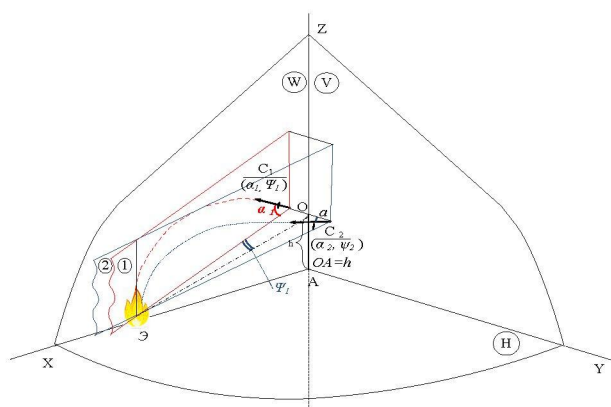
2) Другой путь решения задачи тоже можно отнести к модификации традиционного способа пожаротушения двумя стволами, имея в виду, что в качестве огнетушащего вещества, подаваемого в очаг пожара, выступает ГОС.

На рис. 4,а показано, что два одинаковых ствола  $C_1$  и  $C_2$  ( $2a$  – расстояние между ними) с одинаковыми расходными характеристиками сориентированы эйлеровыми координатами так, что две компоненты бинарного потока ОС подаются соответственно из т.  $C_1(\alpha_1$  и  $\psi_1)$  и из т.  $C_2(\alpha_2$  и  $\psi_2)$  прицельно в эпицентр очага Э.

Тогда подавая ГОС например дискретными порциями (импульсно) на горящий объект можно «охватить» определенный фронт работы, соответствующий углу распыла  $\beta$  и числу произведенных импульсов.

3) Третий тактико-технический прием решения задачи повышения эффективности пожаротушения связан с веерной подачи ОБ (рис. 4,б).

Если принимать во внимание особенности процессов пожаротушения с использованием ГОС (а именно - требования до определенного времени избегать смешивания двух составляющих ГОС), то наиболее эффективным приемом подачи ГОС следует считать такой, при котором составляющие бинарного потока разведены не только по углам возвышения стволов-распылителей ( $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ ), но и по углам рыскания ( $\psi_1, \psi_2$ ). Причем так, что момент начала смешивания составляющих ГОС приходится на третий этап движения составляющих бинарного потока, когда осевые линии струй пересекаются у/над очагом пожара (рис 4,а и рис. 4,б).



а) б)

Рис.4. Подача ОС: а) – схема расположения стволов распылителей двумя компактными струями при их неподвижном размещении; б) – подача ГОС плоскорадиальными веерными струями при неподвижно закреплёнными стволами-распылителями

4) Четвертый прием пожаротушения

Особые условия расчетного характера сопровождают четвертый путь решения задачи повышения эффективности пожаротушения за счет применения ГОС. Здесь, водные растворы бинарных составляющих ГОС желательно подбирать таким образом, чтобы их гидродинамические свойства были примерно равными характеристикам воды, причем независимо от того подаются составляющие ГОС, на объект компактными или плоскими радиальными струями. В этих случаях факт повышения эффективности пожаротушения, как отмечается во многих исследованиях [8], обусловлен и «механизмами» тушения обычной водой и явлениями осо-

бенного характера – проявлением синергического эффекта от химической активности реагентов, который связан с возникновением во время смешивания двух составляющих ГОС не растекающейся защитной огне-тушащей пленки, покрывающей объект пожаротушения. Само смешивание гелеобразующих составляющих, как уже говорилось, желательно начать осуществлять непосредственно перед попаданием обеих реагентов в очаг горения или на защищаемый от огня объект. То есть – в определенный момент времени, на некотором оптимальном расстоянии от объекта при движении обеих потоков бинарного ГОС (на подходе).

Причем, если речь идет о плоских радиальных струях с веерной подачей ГОС [9], то искомое расстояние в первом приближении несложно вычислить, решая уравнения о пересечении двух движущихся секторальных потоков гелеобразующих составляющих в спроектированном на горизонтальную плоскость виде. Затем использовать полученные приближенные решения как элемент тактико-технического обеспечения для боевых действий на пожарах с применением установок типа «АУТГОС».

Преимущества такого подхода к решению рассматриваемой задачи очевидны. Во-первых, в этом случае мы избегаемся от боковых составляющих вектора скорости капель снижающих эффективность пожаротушения с использованием ГОС. Во-вторых, возможности для варьирования углами возвышения и рыскания обоими стволами, без преждевременного смешивания капель бинарного потока ГОС, значительно расширяются. Непроизводительные потери ГОС при этом могут быть существенно уменьшены, а эффективность пожаротушения повышена.

**Выводы.** В результате проведенных исследований модифицирован метод имитационного моделирования пожаротушения с использованием ГОС. Разработано устройство фиксации угла возвышения стволов-распылителей к горизонту и угла рысканья, которое обеспечивает подачу ОС под заданными углами. Предложено несколько приемов повышающих эффективность подачи ГОС на пожаротушение, которые оформлены заявкой на изобретение. Даны конкретные рекомендации к созданию тактико-технического обеспечения пожаротушения с использованием установок типа «АУТГОС»:

Во-первых, разводить по углам возвышения и рыскания два ствола-распылителя для того что бы конусы распыла этих стволов пересекались на третьем этапе движения бинарного потока ГОС.

Во-вторых, осуществлять распыление ОС плоскими радиальными струями.

Во время проведения экспериментальных исследований впервые были установлены наиболее критичные показатели гидродинамики потоков ГОС, учитывающие давление в системе подачи ГОС и углы наклона

и рыскания стволов распылителей, что необходимо для создания тактико-технического обеспечения к эффективному применению установок типа АУТГОС.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. А.с. 1659014 СССР, МКИ А 62 С 5/033; 39/00. Способ тушения пожара / В.К. Костенко, К.М. Деменкова, И.А. Шамардина (СССР). – №4632400/12; заявл. 02.12.88; опубл. 30.06.91. Бюл. №24. – 3 с.
2. Пат. 60882А Україна, МПК7 А62С 1/00. Спосіб гасіння пожежі та складу для його здійснення / Борисов П.Ф., Росоха В.О., Абрамов Ю.О., Кіреєв 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.
3. Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань: ДСТУ 3675-98. — [Чинний від 1999-01-01]. — К. : Держнаглядохоронпраці України, 1997. — 15 с. — (Національні стандарти України).
4. 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.
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 – Харьков: НУЦЗУ, 2016. – Вип. 38. – С. 146-155.
6. Горбань Ю.И. Пожарные роботы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране. — М.: Пожнаука, 2013. — 352 с.
7. 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.
8. Тарахно О.В. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі / О.В. Тарахно, А.Я. Шаршанов. – Харків: АЦЗУ, 2004. – 252 с.
9. Пат. 105235 Україна, МПК А 62 С 31/00. Насадок для створення плоско-радіальної водяної завіси / Росоха С.В., Сенчихин Ю.М., Голендер В.А., Остапов К.М., Дендаренко Ю.Ю., заявник і патентовласник Національний університет цивільного захисту України. – №201508629. Заявл. 07.09.2015; Надр. 10.03.2016; Бюл. 5. – 4 с.