УДК 614.843.4:615.83:838.9

Н. Ф. СВИРИДЕНКО, А. П. КРЕМЕНА

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОМЁТНЫХ СРЕДСТВ ПОЛИЦЕЙСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Обоснован выбор рационального метода повышения эффективности и безопасности применения водометных средств полицейского назначения, базирующегося на использовании дальнобойных потоков диспергированной воды и водных растворов. Показана целесообразность использования для генерирования таких потоков гидроимпульсного диспергирования, позволяющего оперативно управлять в процессе работы характеристиками дисперсности потока и формой его факела. Разработано методическое обеспечение для выбора параметров диспергированного потока, дающего возможность успешного решения задач предотвращения и подавления негативных явлений, возникающих в зоне конфликта, при повышенном уровне безопасности противостоящих сторон и минимальных расходах на модернизацию используемых водометных и пожарных автомобилей.

Обґрунтовано вибір раціонального методу підвищення ефективності і безпеки застосування водометних засобів поліцейського призначення, що базується на використовуванні далекобійних потоків диспергованої води і водних розчинів. Показано доцільність використовування для генерації таких потоків гідроімпульсного диспергування, що дозволяє оперативно управляти в процесі роботи характеристиками дисперсності потоку і формою його факела. Розроблено методичне забезпечення для вибору параметрів диспергованого потоку, що дає можливість успішного рішення задач запобігання негативним явищам, що виникають у зоні конфлікту, та їх придушення при підвищеному рівні безпеки сторін, що протистоять одна одній, і мінімальних витратах на модернізацію використовуваних водометних і пожежних автомобілів.

The choice of a rational method for improving the effectiveness and safety of the police hydrojet facilities with long-range streams of the dispersed water and water solutions is grounded. The utility of the hydroimpulsive dispersion is most apparent for initiating these streams because it allows an operative control of the characteristics of the stream dispersion and the form of its spray. The methodic support was developed for the choice of the dispersed stream parameters resulting in a useful solution of the problem of prevention and mitigation of the negative phenomena occurring in the area of the conflict providing the improved security level of the opposing sides and the minimum expenses on modernization of the hydrojet and fire-engine vehicles used.

Ключевые слова: *конфликт, толпа, негативные явления, водомет, гидроимпульсная струя, параметры, эффективность, безопасность.*

Конфликтные ситуации, возникающие как следствие глубоких различий взглядов и интересов различных социальных кругов современного общества, являются потенциальным источником беспорядков. Наиболее опасны в этом плане конфликты, развивающиеся с участием значительных масс людей (толпа), взаимно связанных сходством эмоционального состояния, общностью объектов внимания и направленности действий [1].

Задача предотвращения возможности развития указанных конфликтов до непредсказуемых последствий решается силами обеспечения правопорядка с использованием различных методов и средств, обеспечивающих [2]:

– недопущение непосредственных силовых контактов индивидов толпы с силами правопорядка;

– снижение уровня эмоционального возбуждения индивидов толпы, интенсификацию дискомфортности их физиологического состояния;

– нейтрализацию и подавление интенсивности воздействия средств, используемых индивидами толпы против сил правопорядка в условиях отсутствия непосредственного их контактирования;

– ликвидацию загромождений, препятствующих передвижению сил правопорядка по территории конфликта;

– нарушение коммуникативных связей между индивидами, разделение и рассеивание толпы и т. п.

При решении указанных задач в настоящее время повсеместно используются водометы на базе пожарных автоцистерн или специальных автомобилей [3]. Такие подвижные установки включают бак для воды емкостью 2,5 – 10,0 м^3, баки для специальных жидкостей (пенообразователей, красителей), насос, осуществляющий подачу к лафетному стволу (стволам) воды с напором $H_{\Pi} = 80 - 100$ м и расходом до 40 – 60 л/с. В их состав входит от одного до пяти лафетных стволов различной размерности для формирования и подачи в зону конфликта дальнобойных потоков воды и технологических жидкостей (ТЖ) на ее основе.

Для повышения эффективности применения такие установки, особенно специально созданные на базе тяжелых автомобилей, например, «Лавина - Ураган» (РФ), PWD1000 (Австрия), RCU6000 (Израиль), дополнительно оснащаются устройствами для метания гранат с ирритантами, светошумовых гранат и бронированной кабиной, что обусловливает их весьма высокую стоимость (1,2 – 1,5 млн. долл. США) и, как следствие, ограниченное распространение.

В подавляющем большинстве случаев в качестве водометных средств полицейского назначения используются пожарные автоцистерны, оснащенные лафетными стволами [4]. Однако анализ результатов их применения в условиях массовых беспорядков позволяет сделать вывод об их неудовлетворительной эффективности. Это обусловлено, главным образом, тем, что генерируемые их лафетными стволами высокоскоростные дальнобойные компактные струи воды, хотя и характеризуются значительной ударной силой, что позволяет успешно решать задачи ликвидации различного рода загромождений на территории конфликта, однако зачастую являются причиной тяжелых травматических последствий при воздействии на людей.

Кроме того, компактные струи воды характеризуются низкой пожаротушащей эффективностью и непродуктивным использованием теплофизического потенциала воды при решении задач обеспечения взрывопожарной и химической безопасности [5].

В связи с изложенным актуальной проблемой в условиях возрастающей конфликтности общества [6] является поиск и реализация рациональных путей повышения эффективности наиболее широко используемых водометных средств полицейского назначения с учетом наличия комплекса негативных факторов, сопутствующих условиям их применения, и необходимости обеспечения высокого уровня безопасности участников конфликта и сил правопорядка.

Системный анализ возможных путей решения этой проблемы позволил сделать вывод, что наиболее перспективным в этом плане направлением может быть использование диспергированных потоков воды и ТЖ, способных обеспечить, при соответствующем выборе характеристик дисперсности, параметров факела и интенсивности подачи:

– взрывопожарную и химическую безопасность проливов горючих и токсических жидкостей;

– ослабление ударных волн (УВ), интенсивное торможение и захолаживание метаемых предметов, в т. ч. горящих;

– тушение возгораний и развитых пожаров, экранирование теплового излучения факела пожара и охлаждение потоков горячих газов (продуктов сгорания);

– эффективное физиологическое воздействие на индивидов толпы.

Ниже приведены соотношения для определения количественных оценок параметров и характеристик диспергированных потоков воды и технологических жидкостей на ее основе, позволяющих решать перечисленные выше задачи.

Уменьшение взрывопожарной и химической опасности проливов горючих и токсических жидкостей обеспечивается комплексом мероприятий, включающих:

– постановку над проливом капельного экрана, полностью накрывающего поверхность пролива, который снижает интенсивность теплового потока от стороннего источника (q_0, кВт/м^2) до безопасного, с точки зрения взрыва и воспламенения паров над проливом, уровня. Толщина такого экрана Z определяется соотношением [5]

$$Z = \frac{1}{2J} \ln \frac{k_б \cdot q_0}{14} + H_{пр} \sqrt{1 - \frac{C_{нкпв}}{C_s}}\text{ , м,} \qquad (1)$$

где J – интенсивность подачи диспергированной воды или ТЖ на пролив, кг/(с·м^2); $k_б$ – коэффициент безопасности; $C_s, C_{нкпв}$ – концентрация пара у поверхности пролива и концентрация, равная нижнему концентрационному пределу воспламенения паров горючей жидкости, находящейся в проливе, соответственно; $H_{пр}$ – высота паровоздушного слоя над проливом,

$$H_{пр} = \sqrt{\frac{12 \cdot \tau_{пр} \cdot D_{пр}}{1 - C_s}}\text{ , м,} \qquad (2)$$

где $D_{пр}$ – приведенный коэффициент диффузии паров жидкости пролива в воздухе, м^2/с [5]; $\tau_{пр}$ – время свободного развития (растекания) пролива до момента постановки экрана, с.

Дополнительное снижение уровня взрывопожарной и химической опасности проливов обеспечивается:

– уменьшением скорости испарения жидкости в проливе вследствие ее перемешивания тонущими каплями воды;

– интенсификацией сорбционных процессов в капельном экране путем использования для его создания ТЖ с дополнительными компонентами (адсорбирующими, хемосорбирующими, нейтрализующими пары и т. п.).

Ослабление УВ, торможение и захолаживание метаемых горящих предметов. Газокапельные среды являются средами, существенно ослабляющими распространяющиеся в них ударные волны, генерируемые различного рода взрывами. Основным механизмом ослабления УВ являются потери на межфазное трение и тепловые потери [7].

Расчет затухания УВ выполняется по классическим уравнениям для идеального газа с эффективным показателем адиабаты и скоростью звука, соответствующими параметрам воздушно-капельной среды: относительным массовым содержанием капель в ней и протяженностью среды.

Относительное массовое содержание капель в воздушно-капельной среде, формируемой потоком диспергированной воды интенсивностью J, определяется соотношением

$$\tilde{\rho}_ж = \frac{J}{\rho_в \cdot \bar{v}_k}, \qquad (3)$$

где $\rho_в$ – плотность воздуха, кг/м^3; $\bar{v}_k$ – средняя скорость опускного движения капель в воздухе, м/с.

Для капель диаметром $10^{-4} < d_k < 1{,}5 \cdot 10^{-3}$, м, средняя скорость опускного движения по данным [8] составляет

$$\bar{v}_k \approx 2 \cdot 10^3 d_k, \text{ м/с.} \qquad (4)$$

С учетом (4) выражение (3) примет вид

$$\tilde{\rho}_ж = \frac{J}{2 \cdot 10^3 \rho_в \cdot d_k}. \qquad (5)$$

Оценки показывают, что при соответствующем выборе $\tilde{\rho}_ж$ воздушно-капельная среда протяженностью от 20 до 30 м с медианным диаметром капель воды $10^{-4} < d_k < 5 \cdot 10^{-4}$, м, может обеспечить значительное (от 10 до 50 раз) снижение интенсивности УВ [7].

Дисперсионная воздушно-капельная среда оказывает также интенсивное тормозящее действие на движущиеся в ней физические тела (метаемые предметы, осколки и т. п.), что обусловлено увеличением сопротивления их движению, характеризуемого коэффициентом C_x [7]

$$C_x = \frac{1}{1+\tilde{\rho}_ж} C_{x_в} + \frac{2\tilde{\rho}_ж}{1+\tilde{\rho}_ж}(1+k_0), \qquad (6)$$

где $C_{x_в}$ – коэффициент аэродинамического сопротивления тела, движущегося в воздухе [9]; k_0 – коэффициент отражения капель, ударяющихся о движущееся в газокапельной среде физическое тело.

Необходимо отметить, что максимальное тормозящее действие на движущиеся в воздушно-капельной среде физические тела оказывают капли диаметром $d_k \le 0{,}65 \cdot 10^{-3}$ м, для которых k_0 = 0,6 – 0,7 [7].

Принимая во внимание, что дальность полета метаемых тел пропорциональна коэффициенту их аэродинамического сопротивления C_x^{-1}, можно показать [10], что длина пути, проходимого физическим телом, метаемым с начальной скоростью v_0, в воздушно-капельной среде с относительным массовым содержанием капель $\tilde{\rho}_ж$ составляет

$$X = \frac{v_0}{\tau_g} \ln(1 + \tau_g \cdot t), \text{ м,} \qquad (7)$$

где τ_g – параметр движения,

$$\tau_g = \frac{3}{4}\frac{\rho_{\text{в}}}{\rho_{\text{т}}} \cdot \frac{C_x}{D_{\text{т}}} \cdot v_0 \text{, с}^{-1}, \quad (8)$$

где $\rho_{\text{т}}$; $D_{\text{т}}$ – плотность и эквивалентный (гидравлический) диаметр физического тела соответственно.

Из (4) – (8) следует, что, регулируя характеристики дисперсности и протяженность воздушно-капельного экрана, можно обеспечивать эффективное торможение метаемых физических тел, в том числе горящих. В последнем случае, наряду с торможением, существенно интенсифицируется (вплоть до подавления горения) процесс захолаживания горящего тела каплями воды, расплющивающимися на его поверхности без образования сплошного слоя. В этом случае, как показано в [11], происходит значительное (до 100 – 140 кВт/(м^2·К)) увеличение теплоотдачи от горящей поверхности к испаряющимся каплям воды, обусловливающее снижение температуры горящей поверхности вплоть до подавления горения.

Тушение возгораний и развитых пожаров. В работе [12] на основании данных экспериментов получена регрессионная зависимость, адекватно [13] описывающая процесс тушения пожара потоком диспергированной воды с интенсивностью подачи J в виде соотношения

$$J = 8{,}5 \cdot 10^{-6} K_3 \left(\frac{M_{\text{пн}}}{\tau_{\text{т}}} \right)^{0{,}83} \cdot \dot{m}_{\text{сг}}^{0{,}17} \cdot Q_{\text{сг}} \text{, кг/(с·м}^2\text{)}, \quad (9)$$

где $M_{\text{пн}}$ – пожарная нагрузка (ПН), кг/м^2; $\dot{m}_{\text{сг}}$ – удельная скорость сгорания ПН, кг/(с·м^2); $Q_{\text{сг}}$ – удельная теплота сгорания ПН, кДж/кг; K_3 – коэффициент (K_3 =1,5 для твердых ПН и K_3 =2,0 для горючих жидкостей); $\tau_{\text{т}}$ – время тушения, с.

Воздушно-капельная среда является также эффективным средством ослабления теплового потока от факела пожара (и любого другого источника его излучения) путем его рассеивания. Зависимость ослабления теплового потока от интенсивности диспергированного потока воды имеет вид [14]

$$\dot{q} = \dot{q}_0 \exp(-2\delta J) \text{, кВт/м}^2, \quad (10)$$

где $\dot{q}_0$ и $\dot{q}$ – интенсивности исходного и ослабленного тепловых потоков, кВт/м^2; δ – протяженность воздушно-капельного слоя в защищаемом от излучения направлении, м.

Из (10) следует, что воздушно-капельный слой протяженностью δ = 10 – 15 м обеспечивает, при интенсивности диспергированного потока воды J = 0,2 кг/(с·м^2), ослабление исходного теплового потока излучения в 50 – 40 раз.

Кроме того, поток высокотемпературного газа (например, продуктов взрыва, сгорания и т. п.) при движении через капельную среду интенсивно охлаждается, в том числе за счет внесения в конвективную составляющую теплообмена теплоты фазового превращения капельной жидкости. Выражение для определения глубины охлаждения потока газов с температурой $T_{\text{г}}$, движущегося через газокапельную среду протяженностью δ, полученное обработкой многочисленных экспериментальных данных [15], имеет вид

$$\Delta T \approx 0{,}014 \cdot \frac{(T_{\text{г}} - 373)^{1{,}07}}{C_{\text{рг}} T_{\text{г}}^{0{,}545}} \cdot \frac{\overline{W_{\text{г}}}^{0{,}143} \cdot \delta^{1{,}43}}{d_k^{0{,}572}} \cdot \frac{J}{\dot{m}_{\text{г}}}, \text{ К}, \qquad (11)$$

где $C_{\text{рг}}$ – теплоемкость газа, кДж/(кг·К); $W_{\text{г}}$ – скорость движения газа относительно капель, м/с; d_k – медианный диаметр капель воздушно-капельной среды, м; $\dot{m}_{\text{г}}$ – удельный расход потока газа, кг/(с·м^2).

Отсюда, в частности, следует, что чем выше дисперсность газокапельной среды, т. е. чем меньше d_k, тем интенсивнее протекает процесс захолаживания потока горячих газов.

Физиологическое воздействие диспергированных потоков воды и ТЖ на индивидов толпы обусловлено тремя факторами:

– механическим воздействием высокоскоростных капель на открытые участки тел индивидов;

– охлаждением поверхности кожи и организма в целом;

– возможностью эффективной транспортировки ирритантов в зону конфликта.

Сила, возникающая при неупругом соударении движущейся со скоростью v_k капли воды диаметром d_k с преградой определяется выражением [8]

$$F_k = \rho_{\text{ж}} \frac{\pi}{3} v_k^2 d_k^2, \text{ Н}, \qquad (12)$$

или, после подстановки значения $\rho_{\text{ж}}$ воды,

$$F_k \approx 1{,}05 \cdot 10^3 v_k^2 d_k^2, \text{ Н}. \qquad (13)$$

Принимая во внимание, что при интенсивности подачи диспергированной жидкости J количество капель, находящихся в 1м^3, составляет

$$n = \frac{6J}{\pi d_k^3 \rho_{\text{ж}} v_k}, \text{ 1/м}^3, \qquad (14)$$

суммарное мгновенное силовое воздействие капельного потока на преграду площадью $S_{\text{п}}$, повторяющееся с частотой

$$f = v_k \cdot \sqrt[3]{n} \approx \frac{0{,}124}{d_k} \cdot \sqrt[3]{J v_k^2}, \text{ с}^{-1}, \qquad (15)$$

определится выражением

$$F_{\Sigma k} = F_k \cdot n^{2/3} \cdot S_{\text{п}} = 5{,}7 \cdot 10^3 \cdot S_{\text{п}} \cdot \sqrt[3]{J^2 v_k}, \text{ Н}. \qquad (16)$$

Из (14), (16) следует, что мгновенное силовое воздействие на человека ($S_{\text{п}} \approx 0{,}9$ м^2) диспергированного потока воды с параметрами

$J = 0{,}2$ кг/(с·м^2), $d_k = 0{,}001$ м, $v_k = 20$ м/с, составляющее $F_{\Sigma k} \approx 650$ Н, по порядку величины сопоставимо с ударом компактной струи, истекающей под напором $H_п = 80$ м из насадка ствола с диаметром отверстия $d_0 = 23$ мм на преграду, находящуюся на расстоянии 14 м от насадка ствола [16], но характеризуется значительно меньшей (в ~ 600 раз) травмоопасностью, т. к. в отличие от струи распределено по всей площади тела и воздействует периодически с частотой, зависящей от диаметра капель и скорости их движения. Однако подобное воздействие диспергированного потока соответствует параметрам «жесткого» душа Шарко, вызывающего болевые ощущения, покраснение открытых кожных покровов, обусловленное приливом крови к их поверхности. Такой душ применяется при физиотерапевтических процедурах с целью снижения уровня эмоционального возбуждения пациентов [17].

Кроме того, капли диспергированного потока, попадая на открытые участки тела индивида в толпе, а также впитываясь в его одежду с интенсивностью [18]

$$J_{вп} \approx 5 \cdot t^{0,5}, \text{ кг/(м}^2\text{·мин)}, \tag{17}$$

где t – время, мин., приводят к быстрому охлаждению организма [11], способствуя тем самым возрастанию ощущения дискомфортности его физиологического состояния и соответствующему снижению уровня возбуждения (~ в 3 раза на каждые 0,5 К понижения температуры тела).

Дополнительное снижение уровня возбуждения агрессивно настроенной толпы может быть достигнуто использованием диспергированных потоков растворов ирритантов в воде.

Хотя технические газы (и ирританты в том числе) растворяются в воде в незначительных количествах [19], с повышением давления их растворимость возрастает пропорционально, достигая значений от 30 до 50 л в кубометре воды.

По аналогии с установками напорной флотации [20, 21], насыщение воды ирритантами может осуществляться либо в специальных емкостях, находящихся в составе водометных автоцистерн под повышенным давлением (≤1 МПа), либо в магистралях высокого давления после насоса.

Количество ирританта, растворившегося в воде, в зависимости от давления P и продолжительности насыщения определяется выражением [20]

$$Y = \frac{P}{P_a} \cdot b(1 - e^{K_т, \tau}), \text{ м}^3\text{/м}^3, \tag{18}$$

где P – давление насыщения, Па; P_a – атмосферное давление, Па; τ – время насыщения, с; $K_т$ – константа скорости растворения ирританта в воде, с$^{-1}$; b – предельная растворимость ирританта в воде при атмосферных условиях, м^3/м^3.

При последующем дросселировании раствора в насадке лафетного ствола растворенный ирритант десорбируется в виде пузырьков диаметром от $30 \cdot 10^{-6}$ до $60 \cdot 10^{-6}$ м [21] и выделяется в воздух при взаимодействии капель с различными преградами, осуществляя при этом дополнительное повышение уровня дискомфортности индивидов в толпе.

Таким образом, изложенное подтверждает возможность и целесообразность использования диспергированных потоков воды и различных водных растворов как рационального метода повышения эффективности водометных средств полицейского назначения.

Однако, учитывая особенности комплекса негативных явлений, сопутствующих различного рода конфликтам, для обеспечения максимального эффекта от применения диспергированных потоков, их параметры должны быть согласованы с условиями применения.

Это относится, прежде всего, к обеспечению возможности:

– управления характеристиками дисперсности потока и начальной скоростью движения капель в процессе работы;

– повышения дальнобойности диспергированного потока и увеличения накрываемой им площади;

– управления формой факела потока и переключения его на режим генерирования компактной (силовой) струи.

Анализ различных способов диспергирования жидкостей, ориентированный на решение задачи повышения эффективности и безопасности применения водометных средств полицейского назначения, позволил сделать вывод о целесообразности использования гидроимпульсного диспергирования для генерирования диспергированных потоков воды и технологических жидкостей на ее основе, удовлетворяющих указанным выше требованиям [22].

Гидроимпульсное диспергирование является комбинацией гидравлического и импульсного способов; при таком диспергировании пульсации давления в потоке, наиболее существенно влияющие на дисперсность, параметры и характеристики его факела, генерируются за счет энергии самого потока при фиксированном питательном напоре путем управления частотой пульсаций. Соотношения для определения основных параметров и характеристик факела гидроимпульсной струи (ГИС) в зависимости от частоты пульсаций давления и параметров питающего потока имеют вид [23, 24]:

– дальнобойность ГИС при угле установки ствола $\theta = 20^o - 22^o$ и питательном напоре $H_n = 80 - 100$ м

$$L_{\max} \approx 1{,}8 d_0 \text{, м,} \tag{19}$$

где d_0 – диаметр спрыска ствола, мм;

– расход ТЖ

$$Q \approx 2{,}26 \cdot 10^{-6} L_{\max}^2 \cdot H_n^{0,5} \text{, м}^3\text{/с;} \tag{20}$$

– медианный диаметр капель

$$d_k = 0{,}04 k_з f \frac{(1 - k_з f) H_п^{0,5} H_и^{0,5} + k_з f \cdot H_и}{[(1 - k_з f) H_п + k_з f H_и]^2} + 0{,}01 \frac{(1 - k_з f) H_п^{0,5} - k_з f H_и^{0,5}}{(1 - k_з f) H_п + k_з f H_и} \text{, м,} \tag{21}$$

где f – частота пульсаций давления, Гц; $H_и$ – напор в импульсе, м; $k_з$ – коэффициент заполнения импульса ($k_з = 0{,}0025$);

– начальная скорость движения капли

$$v_{k_0} = 4{,}2 \frac{k_з f H_п + (1 - k_з f) H_и}{k_з f H_п^{0,5} + (1 - k_з f) H_и^{0,5}} \text{, м/с;} \tag{22}$$

– угол раскрытия факела ГИС

$$\beta_{ф} \approx 1{,}1\beta_{стр}\text{, град,} \qquad (23)$$

где $\beta_{стр}$ – угол раскрытия сплошной струи, град ($\beta_{стр} = 20^{o} - 23^{o}$);

– площадь, накрываемая ГИС,

$$S_{н} = L_{\max}\left(d_{ф_0} + L_{\max} \cdot \mathrm{tg}\frac{\beta_{ф}}{2}\right)\text{, м}^2\text{,} \qquad (24)$$

где $d_{ф_0}$ – начальный диаметр факела ГИС

$$d_{ф_0} = 0{,}6\sqrt[3]{d_0^2 H_{и}^{0,5}}\text{, м.} \qquad (25)$$

Используя соотношения (1) – (25) можно осуществить обоснованный выбор характеристик диспергированного потока ТЖ (J, d_k, Z), обеспечивающего высокую эффективность и безопасность его использования в конфликтных ситуациях.

В рамках реализации предлагаемого пути повышения эффективности и безопасности применения водометов полицейского назначения разработаны проектные решения и способы применения унифицированных ствольных систем [13, 24] генерирования ГИС с оперативно управляемыми характеристиками дисперсности и параметрами факела струи, характеризующиеся технологичностью и высокой работоспособностью и функциональной совместимостью со штатным гидравлическим оборудованием существующих пожарных автомобилей и специальных водометных средств.

В целом предлагаемый метод повышения эффективности водометных средств полицейского назначения путем гидроимпульсного диспергирования подаваемых ими в зону конфликта потоков воды (водных растворов), позволит оперативно регулировать параметры факела потока и характеристики дисперсности жидкости изменением частоты следования генерируемых в потоке гидравлических импульсов и обеспечивать тем самым максимальную интенсивность подавления последствий негативных явлений, характерных для конфликтов с участием агрессивно настроенной толпы, при одновременном повышении безопасности противостоящих сторон.

Реализация предлагаемого метода может быть эффективным комплексным решением рассматриваемой проблемы при минимальных затратах времени и материальных ресурсов на модернизацию существующих водометных средств полицейского назначения на базе имеющегося на них гидравлического оборудования.

1. *Хевеши М. А.* Толпа, массы, политика / *М. А. Хевеши*. – М. : Изд. Института философии РАН, 2001. – 238 с.
2. *Скотт Д. Г.* Конфликты. Пути их преодоления / *Д. Г. Скотт*. – К. : Внешторгиздат, 1991. – 160 с.
3. Водомёт [Электрон. ресурс]. – Режим доступа : http : // trucs. Autoreview. Ru / arhive / 2007 / 02 / Vodomet /.
4. *Иванников В. П.* Справочник руководителя тушения пожара / *В. П. Иванников, П. П. Клюев*. – М. : Стройиздат, 1987. – 288 с.
5. *Кремена А. П.* Обеспечение химической и взрывопожарной безопасности проливов компонентов топлива на стартовых комплексах ракет-носителей / *А. П. Кремена, Н. Ф. Свириденко* // Техническая механика. – 2014. – № 1. – С. 95 – 104.
6. *Юрьев Е.* Украина: взгляд психолога / *Е. Юрьев*. – Днепропетровск : Пороги, 2004. – 160 с.

7. *Нигматулин Р. И.* Динамика многофазных сред. / *Р. И. Нигматулин*. – М. : Наука, 1987. – 464 с.
8. *Исаев А. П.* Гидравлика дождевальных машин / *А. П. Исаев*. – М. : Машиностроение, 1973. – 216 с.
9. *Тимошенко В. И.* Теоретические основы технической газовой динамики. Справ. пособие. / *В. И. Тимошенко*. – К. : Наукова думка, 2013. – 432 с.
10. *Дейч М. Е.* Гидрогазодинамика / *М. Е. Дейч, А. Е. Заранкин*. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 384 с.
11. *Боначина* Капельное испарение / *Боначина, Дель Джудиче, Комини* // Теплопередача : Тр. америк. общ. инж. – мех. – 1979. – Т. 101, № 3. – С. 69 – 76.
12. *Кремена А. П.* Определение пожаротушащей интенсивности полидисперсного потока жидкости / *А. П. Кремена* // Теория и практика металлургии. – 2003. – № 4. – С. 63 – 68.
13. Результати випробувань ручного диспергувальногопожежного ствола, розробленого на основі використання гідроімпульсних струмин / *В. С. Бабенко, В. Ф. Кравчуновський, В. В. Присяжнюк, А. П. Кремена* // Пожежна безпека. – 2003. – № 3. – С 91 – 95.
14. *Иванов Е. Н.* Пожарная защита открытых технологических установок / *Е. Н. Иванов*. – М. : Химия, 1975. – 200 с.
15. Эффективность охлаждения газового потока мелкодиспергированной водой / *В. Т. Буглаев, М. Н. Лифшиц, Ф. В. Васильев, А. С. Стребков* // Теплоэнергетика. – 1986. – № 5. – С. 45 – 49.
16. *Долгачев Ф. М.* Основы гидравлики и гидропривод / *Ф. М. Долгачев, В. С. Лейко*. – М. : Стройиздат, 1981. – 183 с.
17. Техника и методика физиотерапевтических процедур. (Справочник) / Под ред. *В. М. Боголюбова*. – М. : Медицина, 1983. – 382 с.
18. *Губер К. В.* Некоторые вопросы увеличения производительности дождевальных машин / *В. К. Губер* // Тракторы и сельхозмашины. – 1974. – № 10. – С. 19 – 21.
19. *Рябцев Н. И.* Природные и искусственные газы / *Н. И. Рябцев*. – М. : Стройиздат, 1967. – 326 с.
20. *Мацнев Л. И.* Очистка сточных вод флотацией / *Л. И. Мацнев*. – Киев : Будівельник, 1976. – 132 с.
21. *Покровский В. Н.* Очистка сточных вод теплоэлектростанций / *В. Н. Покровский, Е. П. Аракчеев*. – М. : Энергия, 1980. – 256 с.
22. Патент на винахід № 26542 Україна, МПК B05 B 1/08. Спосіб та пристрій для здобування струменя рідини з керованою дисперсністю крапель / *Олексіїв Ю. С., Свириденко М. Ф., Нода О. О.,* та ін. – 96093645 ; заявл. 23.09.96 ; опубл. 11.10.99. – Бюл. № 6.
23. *Бабенко В. С.* Гидроимпульсная струя : теория и характеристики диспергированного потока / *В. С. Бабенко, А. П. Кремена* // Восточноевропейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 5 / 7(65). – С. 48 – 54.
24. *Кремена А. П.* Синтез конструктивно-компоновочных схем устройств генерирования гидравлических импульсов / *А. П. Кремена* // Науковий вісник національного гірничого університету. – 2005. – № 10. – С. 50 – 53.

Институт технической механики
Национальной академии наук Украины и
Государственного космического агентства Украины,
Днепр

Получено 20.06.2016,
в окончательном варианте 14.09.2016

Государственное предприятие
«Конструкторское бюро «Южное»
им. М. К. Янгеля»,
Днепр