

# **Актуальные проблемы навигации на очаг пожара пожарных роботизированных стволов в роботизированных установках пожаротушения. Часть 3. Программы управления ПРС при тушении строчными струями с учетом компоновки ПРС относительно очага пожара\***

© **Л. М. Мешман<sup>1</sup>, В. А. Былинкин<sup>1</sup>, Ю. И. Горбань<sup>2✉</sup>,**  
**М. Ю. Горбань<sup>2</sup>, К. Ю. Фокичева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России (Россия, 143903, г. Балашиха Московской обл., мкр. ВНИИПО, 12)

<sup>2</sup> ООО “Инженерный центр пожарной робототехники “ЭФЭР” (Россия, 185031, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Заводская, 4)

## **РЕЗЮМЕ**

В третьей части рассмотрены особенности навигации ПРС в режиме сканирования; сформулированы определения основных параметров тушения сканирующими струями в угловых координатах и линейных размерах; предложены расчетные выражения для определения области сканирования ПРС относительно очага загорания. Для разработки алгоритмов тушения строчными струями рассмотрены раstry сканирования по площади и графики угловых перемещений ствола ПРС в горизонтальной и вертикальной плоскостях при сканировании, которые вместе со скоростями перемещения составляют основу программы тушения. Рассмотрены варианты орошения защищаемой площади навесными или фронтальными сканирующими струями. Представлены эпюры орошения плоских поверхностей сканирующими струями под разными углами атаки. Приведены исходные требования по проведению гидравлических и огневых испытаний ПРС.

**Ключевые слова:** сканирующие струи; угол атаки; эффективная дальность; извещатель наведения; угловые координаты; площадь орошения; фронтальная поверхность.

**Для цитирования:** Мешман Л. М., Былинкин В. А., Горбань Ю. И., Горбань М. Ю., Фокичева К. Ю. Актуальные проблемы навигации на очаг пожара пожарных роботизированных стволов в роботизированных установках пожаротушения. Часть 3. Программы управления ПРС при тушении строчными струями с учетом компоновки ПРС относительно очага пожара // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. – 2019. – Т. 28, № 5. – С. 71–81. DOI: 10.18322/PVB.2019.28.05.71-81.

✉ Горбань Юрий Иванович, e-mail: frgroup@firerobots.ru

# **Actual problems of positioning of the robotic monitors to fire area in robotic fire suppression systems. Part 3. RFM operating programs for fire extinguishing with scanning streams considering RFMs positioning to fire area\***

© **Leonid M. Meshman<sup>1</sup>, Vladimir A. Bylinkin<sup>1</sup>, Yuriy I. Gorban<sup>2✉</sup>,**  
**Mikhail Yu. Gorban<sup>2</sup>, Kristina Yu. Fokicheva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (VNIIPo, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation)

<sup>2</sup> Engineering Centre of Fire Robots Technology “FR” LLC (Zavodskaya St., 4, Petrozavodsk, Republic of Karelia, 185031, Russian Federation)

## **ABSTRACT**

The third part describes the features of RFM positioning in scanning mode; definitions of the main parameters of extinguishing by scanning streams in angular coordinates and linear dimensions are formulated; design calculations are proposed to determine the RFM scanning area relative to fire area.

\* Окончание. Начало см. журнал “Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety” № 3 и 4 за 2019 г.

It is end. See the beginning of this article in *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*, 2019, no. 3 and 4.

To develop line streams' extinguishing procedure, the scanning rasters by area and graphs of RFM angular movements in horizontal and vertical planes during scanning were considered, which together with the movement rates are the basis for extinguishing program. Options for protected area coverage with high-angled or frontal scanning streams were considered. Coverage diagrams of flat surfaces by scanning streams at different angles of attack were presented. The initial requirements to RFM hydraulic and fire tests were presented.

**Keywords:** scanning streams; angle of attack; effective range; targeting detectors; angular coordinates; coverage area; frontal surface.

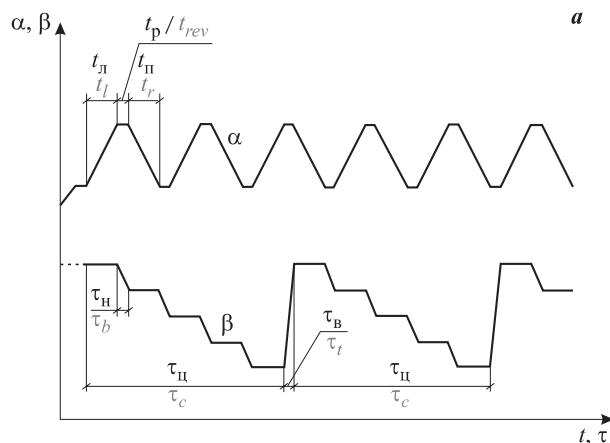
**For citation:** L. M. Meshman, V. A. Bylinkin, Yu. I. Gorban, M. Yu. Gorban, K. Yu. Fokicheva. Actual problems of positioning of the robotic monitors to fire area in robotic fire suppression systems. Part 3. RFM operating programs for fire extinguishing with scanning streams considering RFMs positioning to fire area. *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*, 2019, vol. 28, no. 5, pp. 71–81. DOI: 10.18322/PVB.2019.28.05.71-81.

✉ Yuriy Ivanovich Gorban, e-mail: frgroup@firerobots.ru

### 3.1. Особенности навигации ПРС при тушении строчными сканирующими струями

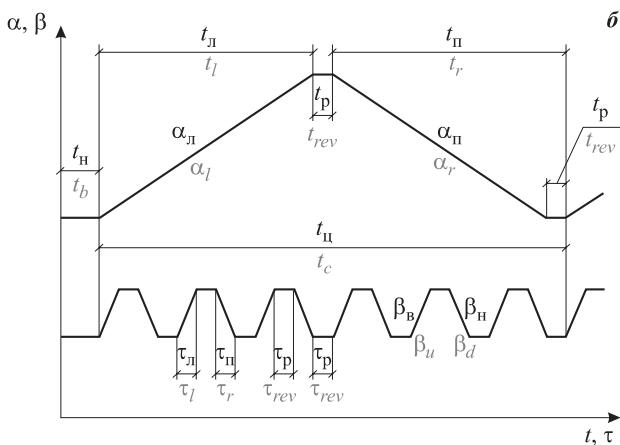
Строчное сканирование используется в тех случаях, когда необходимо увеличить эффективную дальность струи или обеспечить тушение пожара на большей площади очага пожара по сравнению с площадью пятна соприкосновения струи с защищаемой поверхностью.

Угловые перемещения струи ОТВ, формируемой стволом ПРС, при сканировании строками в горизонтальной плоскости приведены на рис. 18, а, а при сканировании строками в вертикальной плоскости — на рис. 18, б.



Баллистика (траектория) струи при строчном сканировании задается совокупностью трех из возможных шести характерных параметров раstra строчного сканирования: точки начала отсчета А, конечной точки раstra сканирования В, высоты раstra сканирования  $H$ , длины строки сканирования  $L$ , шага сканирования по вертикали  $h$  и числа строк  $n$ . Причем достаточно варьировать только тремя параметрами, например А, В,  $h$ , или А, В,  $n$ , или  $L, H, h$ , или  $L, H, n$  (рис. 19).

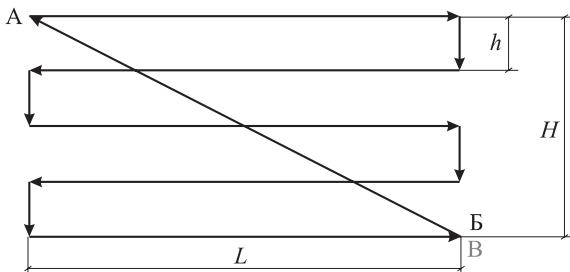
При принятой скорости сканирования ( $\sim 3$  град/с) чем больше длина строки сканирования (т. е. чем больше угол сканирования) и чем больше строк  $n$



**Рис. 18.** Графики угловых перемещений ствола ПРС в горизонтальной (а) и вертикальной (б) плоскостях при сканировании строками:  $\alpha, \beta$  — угловые перемещения ствола ПРС соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях;  $\alpha_l, \alpha_r$  — угловые перемещения соответственно влево и вправо;  $\beta_u, \beta_d$  — угловые перемещения соответственно вверх и вниз;  $t_l, t_r$  — продолжительность перемещения ствола ПРС по строке в горизонтальной плоскости соответственно влево и вправо;  $\tau_l, \tau_r$  — то же, в вертикальной плоскости;  $t_h, t_v$  — продолжительность перемещения ствола ПРС в вертикальной плоскости соответственно снизу вверх и сверху вниз;  $t_p, t_{rev}$  — продолжительность реверса соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях;  $t_{\alpha}, \tau_{\alpha}$  — продолжительность цикла сканирования соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях. **П р и м е ч а н и е .** При сканировании в одной плоскости возможны небольшие колебания пожарного ствола ПРС в другой плоскости. На рис. 18, б основное сканирование осуществляется в плоскости  $\alpha$ , а колебательные движения пожарного ствола ПРС — в плоскости  $\beta$

**Fig. 18.** Graphs of RFM angular movements in horizontal (a) and vertical (b) planes at line scanning:  $\alpha, \beta$  — RFM angular movements in horizontal and vertical planes, respectively;  $\alpha_l, \alpha_r$  — angular movements to the left and to the right, respectively;  $\beta_u, \beta_d$  — angular movements up and down, respectively;  $t_l, t_r$  — the duration of RFM line movement in horizontal plane, respectively, left and right;  $\tau_l, \tau_r$  — the same, in vertical plane;  $t_h, t_v$  — the duration of RFM movement in vertical plane, respectively, from bottom to top and from top to bottom;  $t_p, t_{rev}$  — the duration of reverse movement, respectively, in horizontal and vertical planes;  $t_c, \tau_c$  — the duration of scanning cycle, respectively, in horizontal and vertical planes.

**Note.** When scanning in plane, slight RFM vibrations in another plane might appear. In Fig. 18b, the main scanning is made in the plane  $\alpha$ , and RFM vibration motions are in the plane  $\beta$



**Рис. 19.** Растр последовательного строчного сканирования пожарным стволовом ПРС: А, Б — соответственно начальная и конечная точки раstra сканирования; L — длина строки сканирования в горизонтальной плоскости; H — высота раstra сканирования; h — шаг сканирования по вертикали

**Fig. 19.** Raster of RFM sequential line scanning: А, Б — respectively, the reference point and the destination point of scanning raster; L — length of scanning line in horizontal plane; H — height of scanning raster; h — vertical scanning step

сканирования, тем продолжительнее цикл сканирования. Если при этом тушение осуществляется компактной струей, то период возвращения струи в исходное (начальное) положение цикла может быть настолько большим, что пожар не может быть потушен.

Сканирующая струя ОТВ, квазиперпендикулярная защищаемой поверхности, в месте соприкосновения с защищаемой поверхностью имеет форму круга, а сканирующая струя ОТВ, подаваемая под углом атаки  $\theta$  к защищаемой поверхности, — форму эллипса.

### 3.2. Сканирующие струи, квазиперпендикулярные фронтальной поверхности ( $\theta \sim 90^\circ$ )

Если защищаемая площадь подвергается орошению навесными или фронтальными струями со сканированием стволовом ПРС при  $\theta \sim 90^\circ$ , то программа управления должна предусматривать навигацию и визирование ствола ПРС на осевую линию пламени таким образом, чтобы нижняя кромка пламени совпадала с нижней кромкой пятна контакта струи с защищаемой поверхностью (или несколько ниже).

Для сканирующей фронтальной струи, квазиперпендикулярной фронтальной поверхности, пятно соприкосновения струи с орошаемой поверхностью и орошаемая площадь не совпадают, а диаметр струи  $D_{\text{ст}}^*$  и длительность цикла сканирования изначально принимают исходя из предельно допустимой площади пожара (рис. 20).

В процессе сканирования возможно отклонение раstra сканирования от исходного положения, которое согласно ГОСТ Р 53326–2009 не должно превышать  $2^\circ$ .

Если визирование струи предполагается за пределами регистрируемой области очага пожара, очаг пожара не выходит за пределы площади взаимодействия сканирующей струи с поверхностью ABCD и угол  $(\psi + 2\alpha + 2\beta)$  не выходит за пределы угла  $\Delta$ , то фронтальная сканирующая струя обеспечивает ликвидацию пожара при соответствующей корректировке расхода по отношению к расходу стационарной струи при  $\theta \sim 90^\circ$ . В этом случае (при  $R \gg D_{\text{ст}}$ ) угол сканирования  $\omega$  струи, пятно соприкосновения струи с поверхностью орошения и площадь, орошающаяся с квазистационарной интенсивностью, имеют вид (см. рис. 20):

а) пятно соприкосновения:

— в угловых координатах:

$$\Delta_{\text{соп}} = \psi + 2\alpha + 2\beta = \omega + 2\delta; \quad (14)$$

— в линейных размерах:

$$\begin{aligned} L_{\text{соп}} &= AD = D_{\text{ст}} + OO_1 = D_{\text{ст}} + l = \\ &= 2R \operatorname{tg}(\psi/2 + \alpha + \beta + \gamma) \end{aligned} \quad (15a)$$

$$\text{или} \quad L_{\text{соп}} = \Delta_{\text{соп}} R / 57,3; \quad (15b)$$

— площадь соприкосновения:

$$\begin{aligned} S_{\text{соп}} &= \frac{\pi D_{\text{ст}}^2}{8} + l D_{\text{ст}} + \frac{\pi D_{\text{ст}}^2}{8} = \\ &= \left( \frac{\pi D_{\text{ст}}}{4} + l \right) D_{\text{ст}}; \end{aligned} \quad (16)$$

б) область сканирования струи:

— в угловых координатах:

$$\omega \geq \psi; \quad (17)$$

— в линейных размерах:

$$l = OO_1 \geq AD - D_{\text{ст}} = 2R \operatorname{tg}(\omega/2), \quad (18a)$$

$$\text{или} \quad l = \omega R / 57,3; \quad (18b)$$

в) орошаемая площадь:

— в угловых координатах:

$$\Delta_{\text{орош}} = \psi + 2\alpha + 2\beta + 2\gamma = \omega + 2\delta; \quad (19)$$

— в линейных размерах:

$$\begin{aligned} L_{\text{орош}} &= AD = D_{\text{ст}} + OO_1 = D_{\text{ст}} + l = \\ &= 2R \operatorname{tg}(\psi/2 + \alpha + \beta + \gamma), \end{aligned} \quad (20a)$$

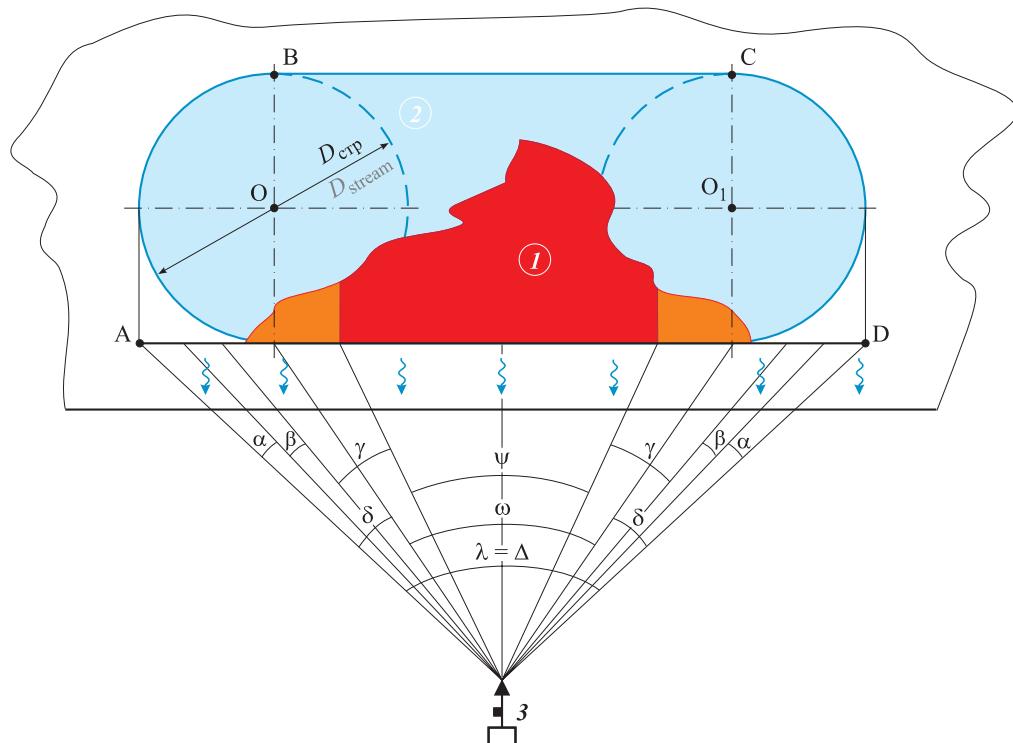
$$\text{или} \quad L_{\text{орош}} \approx \Delta_{\text{орош}} R / 57,3; \quad (20b)$$

— площадь орошения:

$$S_{\text{орош}} = \zeta S_{\text{соп}} = \zeta (\pi D_{\text{ст}} / 4 + l) D_{\text{ст}}, \quad (21)$$

где  $\zeta$  — коэффициент, учитывающий увеличение площади орошения струей за счет ее растекания по направлению подачи.

При этом интенсивность орошения в пределах раstra сканирования в зоне контакта струи с орошаемой поверхностью должна соответствовать ГОСТ Р 51043–2002 и СП 5.13130.2009 [40]. Предполагается, что интенсивность орошения в зоне, расположенной ниже строки орошения, не хуже, чем в зоне не-



**Рис. 20.** Эпюра орошения плоской поверхности сканирующей струей с углом атаки  $\theta \sim 90^\circ$ : 1 — пламя; 2 — орошаемая площадь; 3 — ПРС;  $\omega$  — угол сканирования;  $\Delta$  — угол орошения сканирующей струей защищаемой поверхности;  $\psi$  — угол зоны чувствительности извещателя наведения;  $\alpha$  — угол погрешности навигации;  $\beta$  — угол погрешности юстировки извещателя наведения;  $\eta$  — угол погрешности позиционирования (не указан, принимается только на одну сторону);  $l = OO_1$  — длина перемещения (длина сканирования);  $L = AD$  — максимальная длина орошения (длина строки);  $D_{\text{стру}}$  — диаметр струи в месте соприкосновения с защищаемой поверхностью;  $\lambda = \Delta$  — расчетный угол орошения струей;  $\delta$  — угол зоны охлаждения защищаемой поверхности;  $\gamma$  — погрешность позиционирования

**Fig. 20.** Diagram of a flat surface coverage with a scanning stream at an angle of attack  $\theta \sim 90^\circ$ : 1 — flame; 2 — covered area; 3 — RFM;  $\omega$  — scanning angle;  $\Delta$  — angle of scanning stream coverage of the surface to be protected;  $\psi$  — angle of targeting detector threshold level;  $\alpha$  — positioning inaccuracy angle;  $\beta$  — angle of targeting detector adjustment tolerance;  $\eta$  — positioning inaccuracy angle (not specified, taken only per one side);  $l = OO_1$  — movement length (scanning length);  $L = AD$  — maximum coverage length (line length);  $D_{\text{стру}}$  — stream diameter at contact spot with the surface to be protected;  $\lambda = \Delta$  — calculated angle of stream coverage;  $\delta$  — angle of the cooling zone of the protected surface;  $\gamma$  — positioning tolerance

посредственного контакта струи с поверхностью, а на границах предельных угловых координат она сохраняется вследствие более продолжительного пребывания в этой зоне, обусловленного реверсом движения.

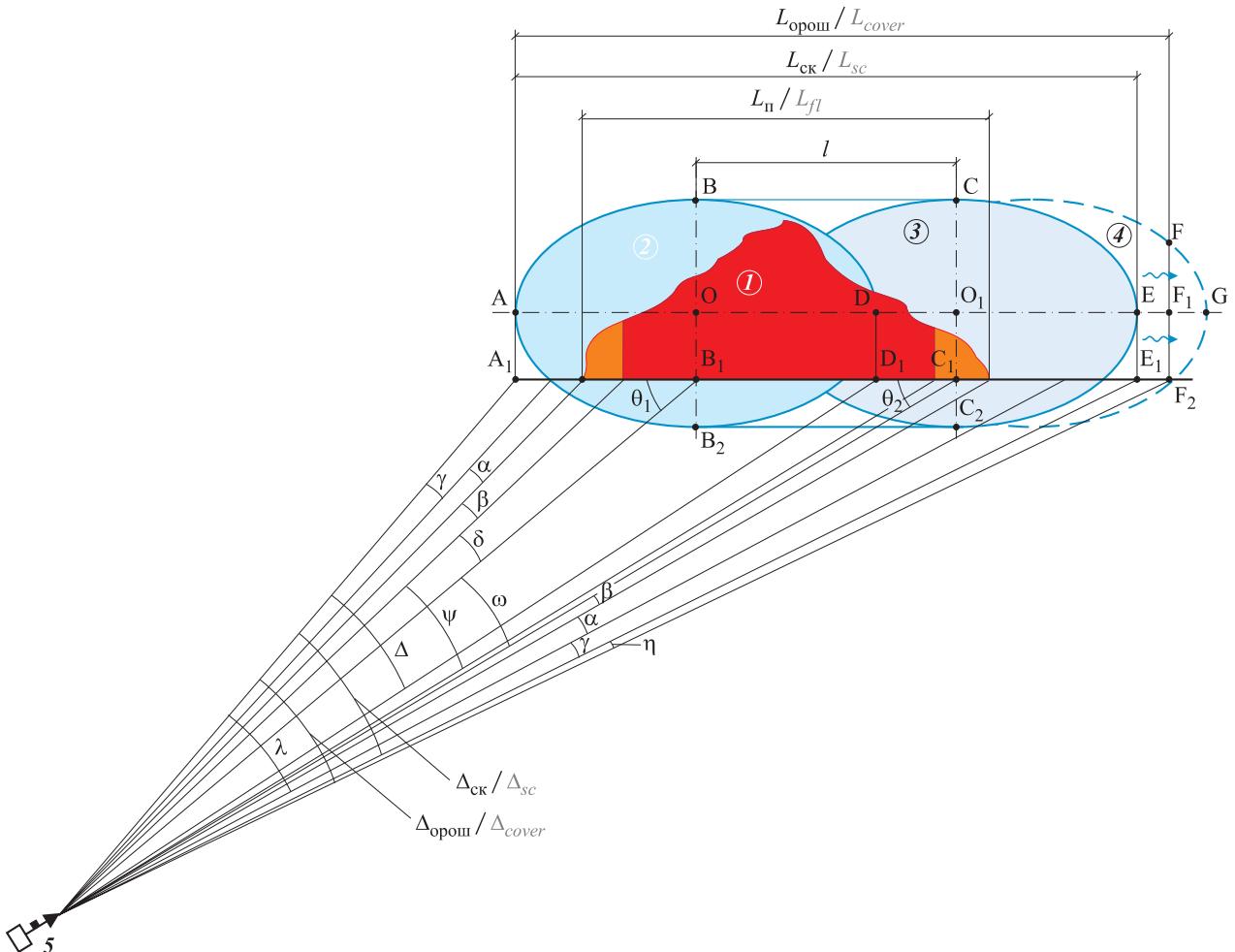
Аналогичные положения по определению эпюр орошения приемлемы и для сканирующей навесной струи, квазиперпендикулярной горизонтальной поверхности.

### 3.3. Сканирующие струи, подаваемые под углом атаки к фронтальной поверхности ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ )

Для сканирующих струй, подаваемых под углом к фронтальной поверхности ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ), угол сканирования и размеры раstra изначально принимаются исходя из предельно допустимой площади или линейного размера пожара, диаметра струи  $D_{\text{стру}}$  и угла атаки струи  $\theta$  к объекту защиты (рис. 21).

При значительных размерах пламени и реализации программой управления недостаточно простого способа навигации и визирования ствола ПРС на осевую линию пламени не было бы необходимости применять сканирующую струю, но потребовалось бы такая струя, у которой диаметр превышал бы максимальный линейный размер пламени. В этом случае программа управления должна быть нацелена на визирование ствола ПРС и регистрацию такой точки или вертикальной линии на плоскости пламени, чтобы в зону начального сканирования (начального орошения) обязательно попала левая часть пламени (если сканирование начинается слева направо) с учетом погрешностей навигации  $\alpha$ , зоны нечувствительности извещателя наведения  $\beta$  и погрешности позиционирования  $\gamma$ . При этом нижняя кромка пламени должна, как минимум, совпадать с нижней кромкой пятна контакта струи с защищаемой поверхностью, а пятно контакта ОТВ с защищаемой поверхностью (независимо от расстояния от ПРС

до защищаемой поверхности) за счет регулировки угла раскрытия струи должно поддерживаться системой управления квазипостоянным. Таким образом, получим эпюру орошения в области сканирования струи  $ABC\bar{E}C_2B_2A$  длиной  $L_{sc}$  (в пределах угла орошения струей защищаемой поверхности при сканировании  $\Delta_{sc}$ ). Если очаг пожара не выходит за пределы площади орошения сканирующей струей  $ABC\bar{E}C_2B_2A$  и угол не выходит за пределы угла  $\Delta_{sc}$ , то сканирующая струя, действующая под углом атаки  $\theta$  к фронтальной поверхности, обеспечивает ликвидацию пожара.



**Рис. 21.** Эпюра орошения плоской поверхности сканирующей струей с углом атаки ( $0 < \theta < 90^\circ$ ): 1 — пламя; 2 — орошаемая площадь; 3 — сканируемая зона; 4 — зона, орошаемая за счет инерции; 5 — ПРС;  $\omega$  — угол сканирования;  $\theta$  — угол атаки;  $\delta$  — угол орошения струей защищаемой поверхности;  $\psi$  — угол зоны чувствительности извещателя наведения;  $\alpha$  — угол погрешности навигации;  $\beta$  — угол зоны нечувствительности извещателя наведения;  $\gamma$  — угол погрешности позиционирования (принимается только на одну сторону);  $\Delta_{sc}$  — угол соприкосновения сканирующей струи с защищаемой поверхностью;  $\Delta_{орощ}$  — угол орошения сканирующей струей защищаемой поверхности орошения с учетом инерционной составляющей;  $\eta$  — угол, учитывающий увеличение угла орошения сканирующей струей за счет ее растекания вдоль направления подачи;  $L$  ( $L = L_{sc} = L_{сопр} = AE$ ) — длина пятна соприкосновения струи с поверхностью;  $L_{орощ}$  — длина орошения сканирующей струей защищаемой поверхности с нормативной интенсивностью орошения;  $L_f$  — длина пламени;  $l = OO_1$  — длина сканирования;  $D_{струи}$  — диаметр струи в месте соприкосновения с защищаемой поверхностью;  $\Delta$  — реальный угол орошения струей защищаемой поверхности;  $\lambda$  — расчетный угол орошения струей, приходящийся на очаг пожара с учетом погрешности навигации

**Fig. 21.** Diagram of a flat surface coverage with a scanning stream at an angle of attack ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ): 1 — flame; 2 — covered area; 3 — scanning area; 4 — area covered by inertia; 5 — PRF;  $\omega$  — scanning angle;  $\theta$  — angle of attack;  $\delta$  — angle of stream coverage of the surface to be protected;  $\psi$  — angle of targeting detector threshold level;  $\alpha$  — positioning inaccuracy angle;  $\beta$  — angle of targeting detector dead zone;  $\gamma$  — positioning inaccuracy angle (taken only per one side);  $\Delta_{sc}$  — angle of scanning stream contact with protected surface;  $\Delta_{cover}$  — angle of scanning stream coverage of the protected surface in consideration of inertia;  $\eta$  — angle that takes into account the increase of scanning stream angle due to its spreading along the supply direction;  $L$  ( $L = L_{sc} = L_{contact} = AE$ ) — length of contact spot with surface;  $L_{cover}$  — length of scanning stream coverage of protected surface with standard coverage rate;  $L_f$  — flame length;  $l = OO_1$  — scanning length;  $D_{stream}$  — stream diameter at contact spot with the surface to be protected;  $\Delta$  — actual stream coverage angle of protected surface;  $\lambda$  — calculated angle of stream coverage of fire area in consideration of positioning tolerance

Поскольку ОТВ по инерции будет скользить по поверхности орошения по направлению его подачи, то интенсивность орошения будет сохраняться на некотором участке ABCFF<sub>1</sub>C<sub>2</sub>B<sub>2</sub>A длиной  $L_{\text{орош}}$  (в пределах угла орошения струй защищаемой поверхности при сканировании  $\Delta_{\text{орош}}$ ), заведомо перекрывая в этой зоне погрешность навигации  $\alpha$ , зону нечувствительности  $\beta$  извещателя наведения и погрешность позиционирования  $\gamma$ . Поэтому погрешности  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  во многих случаях можно учитывать только с одной левой стороны АО эпюры орошения ABCEC<sub>2</sub>B<sub>2</sub>A (особенно, когда  $\omega \gg \alpha + \beta + \gamma$ ), т. е. ликвидация пожара может быть обеспечена при некотором сокращении длины сканирования  $l = OO_1$  или уменьшении угла сканирования  $\omega$ .

Чем меньше угол атаки  $\theta$ , тем больше площадь эллипса  $S_3$  и при неизменном расходе меньше интенсивность орошения, а значит, меньше ОТВ стекает вниз по вертикальной плоскости.

В этом случае (при  $R \gg D_{\text{стР}}$ ) область сканирования  $\omega$  струи, пятно соприкосновения сканирующей струи с поверхностью орошения и площадь, орошающая с квазипостоянной интенсивностью, будут иметь вид (см. рис. 21):

а) пятно соприкосновения:

– в угловых координатах:

$$\Delta_{\text{ск}} = 2(\alpha + \beta + \gamma + \delta) + \omega = 2\Delta + \omega; \quad (22)$$

– в линейных размерах:

$$L_{\text{сопр}} = AO + l + O_1E = AD + l \approx 2R \operatorname{tg}(\omega/2 + \Delta); \quad (23a)$$

$$\text{или } L_{\text{сопр}} \approx \Delta_{\text{ск}} R / 57,3; \quad (23b)$$

– площадь соприкосновения:

$$S_{\text{сопр}} = \frac{\pi AD \cdot BB_2 / 4 + OO_1 \cdot BB_1}{\sin \theta} = \frac{\pi D_{\text{стР}}^2}{4 \sin \theta} + \frac{l D_{\text{стР}}}{\sin \theta} = \frac{D_{\text{стР}}}{\sin \theta} \left( \frac{\pi D_{\text{стР}}}{4} + l \right) = \frac{D_{\text{стР}} (0,785 D_{\text{стР}} + l)}{\sin \theta}; \quad (24)$$

б) область сканирования струи:

– в угловых координатах:

$$\omega \leq \psi; \quad (25)$$

– в линейных размерах:

$$l \approx 2R \operatorname{tg}(\omega/2) / \sin \theta; \quad (26a)$$

$$\text{или } l \approx \omega R / 57,3; \quad (26b)$$

в) орошаемая площадь:

– в угловых координатах:

$$\Delta_{\text{орош}} = \Delta_{\text{ск}} + \eta, \text{ или } \Delta_{\text{орош}} = v \Delta_{\text{ск}}; \quad (27)$$

– в линейных размерах:

$$L_{\text{орош}} = AO + l + O_1E + EF_1 = AF_1 + l \approx R \operatorname{tg}(\omega/2 + \Delta/2) \approx R \operatorname{tg}(\omega/2 + \Delta/2 + \eta), \quad (28a)$$

$$\text{или } L_{\text{орош}} \approx \zeta R \operatorname{tg}(\omega/2 + \Delta) + \xi R \operatorname{tg}(\omega/2 + \Delta) \approx \zeta \xi \Delta_{\text{сопр}} R / 57,3; \quad (28b)$$

– площадь орошения:

$$S_{\text{орош}} = \zeta \xi (\pi \cdot O_1 C_1 \cdot O_1 B_1 / 4 + D_{\text{стР}} \cdot OO_1) = \zeta \xi D_{\text{стР}} (0,785 D_{\text{стР}} + l) / \sin \theta, \quad (29)$$

где  $v$  — коэффициент, учитывающий увеличение угла орошения струи за счет ее растекания вдоль направления подачи;  $\xi$  — коэффициент, учитывающий увеличение площади орошения струей за счет ее стекания по вертикали;  $\zeta$  — коэффициент, учитывающий увеличение площади орошения струей за счет ее растекания по направлению подачи.

При этом интенсивность орошения в пределах растра сканирования в зоне контакта струи с орошаемой поверхностью должна соответствовать СП 5.13130.2009 [40]. Предполагается, что по сравнению с интенсивностью орошения в зоне непосредственного контакта струи с поверхностью интенсивность орошения в зоне, расположенной вдоль направления потока ОТВ на некотором расстоянии от границы контакта струи с орошающей поверхностью, при изменении угла атаки  $\theta$  от 0 до 90° изменяется от максимума до минимума (т. е. практически до нуля), и наоборот, в некоторой зоне, расположенной ниже строки орошения, при изменении угла атаки  $\theta$  от 0 до 90° изменяется от минимума до максимума (т. е. практически до интенсивности орошения, соответствующей интенсивности в зоне контакта струи с поверхностью).

Расход ПРС сканирующей фронтальной, действующей под углом к фронтальной поверхности ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ) или навесной струи рассчитывается следующим образом:

$$Q_{\text{п}} = \varphi Q \geq \varphi K i S_{\text{сопр}}, \quad (30)$$

где  $Q_{\text{п}}$  — расход при циклическом сканировании;

$\varphi$  — коэффициент цикличности сканирования;

$Q$  — расход статической струи;

$K$  — коэффициент использования расхода;

$K = (1,2 \div 1,3)$ ;

$i$  — нормативная интенсивность орошения по СП 5.13130.2009, л/(с·м<sup>2</sup>);

$S_{\text{сопр}}$  — площадь соприкосновения струи ОТВ с орошающей поверхностью, м<sup>2</sup>: для пятна контакта струи в форме круга  $S_{\text{сопр},k} = \pi D_{\text{стР}}^2 / 4$ , эллипса —  $S_{\text{сопр},e} = \pi D_{\text{стР}}^2 / (4 \sin \theta)$ .

Коэффициент цикличности сканирования  $\varphi$  существенным образом зависит от длительности сканирования по строке и длительности общего цикла

сканирования. Порядок оценки этого мультикритериального параметра предстоит определить по мере накопления массива данных огневых испытаний. Естественно, чем продолжительнее цикл сканирования, тем больше должен быть расход (при одинаковой конфигурации струи).

Аналогичные положения по определению эпюра орошения приемлемы и для сканирующей навесной струи, действующей под углом атаки к горизонтальной поверхности ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ).

#### **4. Номенклатура гидравлических и огневых испытаний ПРС**

В процессе проектирования РУП возникает необходимость в проведении огневых испытаний, в результате которых должны быть подтверждены предварительно принятые расход и навигационные параметры. При проведении огневых испытаний по определению эффективности РУП применительно к конкретному объекту защиты задают предварительно рассчитанные расход и давление у ствола ПРС, расстояние от него до максимально удаленной орошаемой зоны, ее линейные размеры, чувствительность извещателей общего обзора, зонных извещателей и извещателей наведения, начальную координату визирования ствола ПРС для подачи ОТВ, вид струи, количество строк сканирования, погрешность навигации и позиционирования. С учетом принятых исходных данных составляется схема раstra сканирования стволом ПРС.

В случае несоответствия результатов испытаний запланированным необходимо провести корректировку исходных гидравлических и навигационных параметров, алгоритма функционирования или перекомпоновку ПРС относительно защищаемого объекта и повторить полный цикл огневых испытаний с новыми откорректированными параметрами.

И наоборот, если результаты испытаний положительные, то можно снизить требования к исходным параметрам: например, увеличить размеры очага пожара или расстояние между ним и ПРС, сократить расход в орошаемую зону, уменьшить в целях ис-

ключения ложных срабатываний чувствительность извещателей, изменить угол атаки струи и т. п.

Следует иметь в виду, что расходы ПРС, входящих в состав РУП, в зависимости от пожарной нагрузки, расположенной в защищаемых ими производственных зонах, могут существенно различаться. В этом случае для обеспечения возможности вовлечения в рабочий режим большего количества ПРС они должны быть снабжены насадками с соответствующими коэффициентами производительности.

#### **Выводы**

1. Рассмотрены особенности навигации ПРС на очаг пожара.

2. Предложены расчетные выражения для определения области сканирования статическими и сканирующими струями, пятна соприкосновения струи с защищаемой поверхностью и орошаемой зоны в угловых координатах и в линейных размерах.

3. Для успешного функционирования в рабочем режиме алгоритм системы управления как РУП, так и отдельных ПРС в зависимости от архитектурно-планировочных решений защищаемого объекта должен позволять вносить автоматическую корректировку:

- процесса навигации в период поиска очага пожара и визирования на него пожарного ствола ПРС (на контур, в эпицентр или под обрез пламени);
- способа подачи струи ОТВ в очаг пожара (фронтальным или навесным распыленным потоком, статической или сканирующей струей);
- диаметра струи ОТВ (в зависимости от дальности подачи струи);
- угла возвышения ствола по отношению к углу визирования извещателя наведения (в зависимости от дальности и давления подачи струи ОТВ).

4. Для накопления исходных гидравлических и навигационных параметров для нормативной базы по проектированию РУП необходимо продолжить дальнейшие исследования баллистики и эпюра орошения различных видов как фронтальных и навесных, так и статических и сканирующих струй.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Shanee Honig, Tal Oron-Gilad. Understanding and resolving failures in human-robot interaction: Literature review and model development // Frontiers in Psychology. — 2018. — Vol. 9. — Article No. 861. — 21 p. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.00861.*
2. Аналитическое исследование: мировой рынок робототехники. — М. : Национальная Ассоциация участников рынка робототехники, 2016. — 157 с. URL: [http://robotforum.ru/assets/files/000\\_News/NAURR-Analiticheskoe-issledovanie-mirovogo-rinka-robototekhniki-%28yanvar-2016%29.pdf](http://robotforum.ru/assets/files/000_News/NAURR-Analiticheskoe-issledovanie-mirovogo-rinka-robototekhniki-%28yanvar-2016%29.pdf) (дата обращения: 05.01.2019).
3. *Marchant G. E., Allenby B., Arkin R. C., Borenstein J., Gaudet L. M., Kittrie O., Lin P., Lucas G. R., O'Meara R., Silberman J. International governance of autonomous military robots // Handbook of unmanned aerial vehicles / Valavanis K. P., Vachtsevanos G. J. (eds). — Dordrecht : Springer, 2015. — P. 2879–2910. DOI: 10.1007/978-90-481-9707-1\_102.*

4. *Møller Michael.* UN meeting targets ‘killer robots’ // UN News. — 14 May 2014. URL: <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=47794> (дата обращения: 07.01.2019).
5. *Cummings M. L.* Unmanned robotics and new warfare: a pilot/professor’s perspective // Harvard National Security Journal. — 24 March 2010. URL: <http://harvardnsj.org/2010/03/unmanned-robotics-new-warfare-a-pilotprofessors-perspective/> (дата обращения: 07.01.2019).
6. 11 police robots patrolling around the world // Wired. — 24 July 2016. URL: <https://www.wired.com/2016/07/11-police-robots-patrolling-around-world/> (дата обращения: 05.01.2019).
7. *Бойко Алексей* (ABlou). Каталог пожарных роботов. Пожарные роботы. Роботизированная техника для борьбы с пожарами. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/katalog-pozharnykh-robotov> (дата обращения: 05.01.2019).
8. *Tan Chee Fai, Liew S. M., Alkahari M. R., Ranjit S. S. S., Said M. R., Chen W., Rautenberg G. W. M., Sivakumar D., Sivarao.* Fire fighting mobile robot: state of the art and recent development // Australian Journal of Basic and Applied Sciences. — 2013. — Vol. 7, No. 10. — P. 220–230.
9. Fire robots and fire robots technology: product catalogue 2015–2016. — Petrozavodsk : “FR” Engineering Centre of Fire Robots Technology, LLC. Publ., 2017. — 23 p. URL: <http://www.russchinatrade.ru/assets/files/ru-offer/FR%4E%BA%A7%E5%93%81%E7%9B%AE%E5%BD%952015%E8%8B%B1%E6%96%87%E7%89%88.pdf> (дата обращения: 20.12.2018).
10. Роботы в промышленности — их типы и разновидности. Робототехника, 3D-принтеры. Блог компании Top 3D Shop. URL: <https://habr.com/ru/company/top3dshop/blog/403323/> (дата обращения: 25.12.2018).
11. *Melanson Tony.* What Industry 4.0 means for manufacturers. URL: <https://aethon.com/mobile-robots-and-industry4-0/> (дата обращения: 05.01.2019).
12. Каталог решений роботизированного транспорта. Транспорт и роботы. Зарубежные решения. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/katalog-resheniy-robotizirovannogo-transporta> (дата обращения: 10.01.2019).
13. *Ruggiero Alexander, Salvo Sebastian, Laurent Chase St.* Robotics in construction: IQP Final Report 3/24/2016. — Massport, 2016. — 78 p. URL: <http://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-032316-150233/unrestricted/FinalReport.pdf> (дата обращения: 10.01.2019).
14. Robots in Agriculture. URL: <http://www.intorobotics.com/35-robots-in-agriculture/> (дата обращения: 05.01.2019).
15. *Juan Jesús Roldán, Jaime del Cerro, David Garzón Ramos, Pablo García Aunon, Mario Garzón, Jorge de León, Antonio Barrientos.* Robots in agriculture: State of art and practical experiences // Service Robots / Rolf Dieter Schraft, Gernot Schmieder. — New York : A K Peters / CRC Press, 2018. — 228 p. DOI: 10.5772/intechopen.69874.
16. *Van Oost E., Reed D.* Towards a sociological understanding of robots as companions // HRPR 2010: Human-Robot Personal Relationships. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering / Lamers M. H., Verbeek F. J. (eds). — Heidelberg : Springer. — P. 11–18. DOI: 10.1007/978-3-642-19385-9\_2.
17. *Van der Plas A., Smits M., Wehrmann C.* Beyond speculative robot ethics: a vision assessment study on the future of the robotic caretaker // Accountability in Research. — 2010. — Vol. 17, Issue 6. — P. 299–315. DOI: 10.1080/08989621.2010.524078.
18. *Van Wyngaerde A.* Designing robots for care: care centered value-sensitive design // Science and Engineering Ethics. — 2013. — Vol. 19, Issue 2. — P. 407–433. DOI: 10.1007/s11948-011-9343-6.
19. *Robinette P., Howard A., Wagner A. R.* Conceptualizing overtrust in robots: why do people trust a robot that previously failed? // Autonomy and artificial intelligence: a threat or savior? / Lawless W. F., Mittu R., Sofge D., Russell S. (eds). — Cham : Springer, 2017. — P. 129–155. DOI: 10.1007/978-3-319-59719-5\_6.
20. *Ефанов В., Мартынов М., Пичхадзе К.* Космические роботы для научных исследований // Наука в России. — 2012. — № 1. — С. 4–11.
21. *Royakkers L., van Est R.* A literature review on new robotics: automation from love to war // International Journal of Social Robotics. — 2015. — Vol. 7, Issue 5. — P. 549–570. DOI: 10.1007/s12369-015-0295-x.
22. *Honig S., Oron-Gilad T.* Understanding and resolving failures in human-robot interaction: literature review and model development // Frontiers in Psychology. — 2018. — Vol. 9. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.00861.
23. Автоматическая установка с самонаведением средств тушения на очаг пожара // Пожарное дело. — 1970. — № 2. — С. 257.
24. А. с. 257300 СССР. МПК A62C 37/10 (2000.01), A62C 37/40 (2000.01). Устройство для наведения огнетушащей струи на очаг пожара / Веселов А. И., Абдеев М. Г., Балагин П. Г. — № 1206295.29-14; заявл. 26.12.1967; опубл. 11.11.1969, Бюл. № 35.
25. А. с. 370950 СССР. МПК A62C 37/04 (2000.01). Устройство для наведения огнетушащей струи на очаг пожара / Мешман Л. М. — № 1488694/29-14; заявл. 02.11.1970; опубл. 22.11.1973, Бюл. № 12.

26. Веселов А. И., Мешман Л. М. Автоматическая пожаро- и взрывозащита предприятий химической и нефтехимической промышленности. — М. : Химия, 1975. — 280 с.
27. Weselow A. I., Meschman L. M. Automatischer brand- und explosionsschutz. — Berlin : Staatsverlag DDR, 1979. — 200 s.
28. Попов Н. Л., Горбань Ю. И. Пожарные роботы // Пожарное дело. — 1986. — № 7. — С. 20–21.
29. Мешман Л. М., Верещагин С. Н. Современная пожарная робототехника : обзорная информация. — М. : ГИЦ МВД СССР, 1988. — 42 с.
30. Мешман Л. М., Пивоваров В. В., Гомозов А. В., Верещагин С. Н. Пожарная робототехника. Состояние и перспективы использования : обзорная информация. — М. : ВНИИПО МВД СССР, 1992. — 82 с.
31. Мешман Л. М., Верещагин С. Н., Широков С. М., Алдонясов В. И. Баллистика сканирующих струй // Пожарная техника и тушение пожаров. — М. : ВНИИПО МВД СССР, 1990. — С. 61–66.
32. НПБ 84–2000. Установки водяного и пенного пожаротушения роботизированные. Общие технические требования. Методы испытаний. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200016071> (дата обращения: 10.01.2019).
33. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ (в ред. от 29.07.2017). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 25.12.2018).
34. FM 142.1. Approval Standard for Fire Protection Monitor Assemblies. FM Approvals LLC, 2018. — 28 p.
35. Jensen G. Fire fighting systems: Comparison of performances of interior and exterior applications at large wood buildings. KA PROJECT. Test report A075349. Final. — Trondheim : COWI AS, 2018. — 26 p. (in Norwegian).
36. Gorban Yu. I. An automated fire-fighting complex integrating a television system. European patent 2599525B; publ. date 30.12.2015, Bull. 53.
37. Gorban Yu. I. Fire robots // Industrial Fire Journal. — 2016. — No. 103. — P. 12–13.
38. Пат. 2677622 Российская Федерация. МПК A62C 35/00(2006.01). Роботизированный пожарный комплекс на базе пожарных мини-роботов-оросителей с системой удаленного доступа / Горбань Ю. И. — № 2018116814; заявл. 04.05.2018; опубл. 17.01.2019, Бюл. № 2.
39. Горбань Ю. И. Пожарные роботы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране. — М. : Пожнаука, 2013. — 352 с.
40. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (ред. от 01.06.2011). URL: <http://base.garant.ru/195658/> (дата обращения: 15.12.2018).
41. ВНПБ 39–16 (СТО 1682.0017–2015). Роботизированная установка пожаротушения. Нормы и правила проектирования. — М. : ВНИИПО МЧС России, 2016. — 84 с.

## REFERENCES

1. Shanee Honig, Tal Oron-Gilad. Understanding and resolving failures in human-robot interaction: Literature review and model development. *Frontiers in Psychology*, 2018, vol. 9, article no. 861. 21 p. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.00861.
2. *Analiticheskoye issledovaniye: mirovoy rynok robototekhniki* [Analytical study: robotic technologies world market]. Moscow, Russian Association of Robotics Publ., 2016. 157 p. (in Russian). Available at: [http://robotforum.ru/assets/files/000\\_News/NAURR-Analiticheskoe-issledovanie-mirovogo-rinka-robototekhniki-%28yanvar-2016%29.pdf](http://robotforum.ru/assets/files/000_News/NAURR-Analiticheskoe-issledovanie-mirovogo-rinka-robototekhniki-%28yanvar-2016%29.pdf) (Accessed 5 January 2019).
3. G. E. Marchant, B. Allenby, R. C. Arkin, J. Borenstein, L. M. Gaudet, O. Kittrie, P. Lin, G. R. Lucas, R. O’Meara, J. Silberman. International governance of autonomous military robots. In: K. P. Valavanis, G. J. Vachtsevanos (eds). *Handbook of unmanned aerial vehicles*. Dordrecht, Springer, 2015, pp. 2879–2910. DOI: 10.1007/978-90-481-9707-1\_102.
4. Michael Möller. UN meeting targets ‘killer robots’. *UN News*, 14 May 2014. Available at: <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=47794> (Accessed 7 January 2019).
5. M. L. Cummings. Unmanned robotics and new warfare: a pilot/professor’s perspective. *Harvard National Security Journal*, 24 March 2010. Available at: <http://harvardnsj.org/2010/03/unmanned-robotics-new-warfare-a-pilotprofessors-perspective/> (Accessed 7 January 2019).
6. 11 police robots patrolling around the world. *Wired*, 24 July 2016. Available at: <https://www.wired.com/2016/07/11-police-robots-patrolling-around-world/> (Accessed 5 January 2019).
7. Aleksey Boyko (ABloud). *Catalog of firefighting robots. Firefighting robots. Robotic technologies for firefighting* (in Russian). Available at: <http://robotrends.ru/robopedia/katalog-pozharnyh-robotov> (Accessed 5 January 2019).

8. Chee Fai Tan, S. M. Liew, M. R. Alkahari, S. S. S. Ranjit, M. R. Said, W. Chen, G. W. M. Rauterberg, D. Sivakumar, Sivarao. Fire fighting mobile robot: state of the art and recent development. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2013, vol. 7, no. 10, pp. 220–230.
9. *Fire robots and fire robots technology. Product catalogue 2015–2016*. Petrozavodsk, “FR” Engineering Centre of Fire Robots Technology, LLC. Publ., 2017. 23 p. Available at: <http://www.russchinatrade.ru/assets/files/ru-offer/FR%EA%A7%E5%93%81%E7%9B%AE%E5%BD%952015%E8%8B%B1%E6%96%87%E7%89%88.pdf> (Accessed 20 December 2018).
10. *Industrial robots — types and varieties. Robotic technologies, 3D printers. Top 3D company blog* (in Russian). Available at: <https://habr.com/ru/company/top3dshop/blog/403323/> (Accessed 25 December 2018).
11. Tony Melanson. *What Industry 4.0 means for manufacturers*. Available at: <https://aethon.com/mobile-robots-and-industry4-0/> (Accessed 5 January 2019).
12. *Catalog of robotic transport solutions. Transport and robots. Foreign solutions* (in Russian). Available at: <http://robotrends.ru/robopedia/katalog-resheniy-robotizirovannogo-transporta> (Accessed 10 January 2019).
13. Alexander Ruggiero, Sebastian Salvo, Chase St. Laurent. *Robotics in construction. IQP Final Report 3/24/2016*. Massport, 2016. 78 p. Available at: <http://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-032316-150233/unrestricted/FinalReport.pdf> (Accessed 10 January 2019).
14. *Robots in Agriculture*. Available at: <http://www.intorobotics.com/35-robots-in-agriculture/> (Accessed 5 January 2019).
15. Juan Jesús Roldán, Jaime del Cerro, David Garzón Ramos, Pablo García Aunon, Mario Garzón, Jorge de León, Antonio Barrientos. Robots in agriculture: State of art and practical experiences. In: Rolf Dieter Schraft, Gernot Schmieder. *Service Robots*. New York, A K Peters / CRC Press, 2018. 228 p. DOI: 10.5772/intechopen.69874.
16. E. van Oost, D. Reed. Towards a sociological understanding of robots as companions. In: M. H. Lamers, F. J. Verbeek (eds). *Human-Robot Personal Relationships. HRPR 2010. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*. Heidelberg, Springer, pp. 11–18. DOI: 10.1007/978-3-642-19385-9\_2.
17. A. van der Plas, M. Smits, C. Wehrmann. Beyond speculative robot ethics: a vision assessment study on the future of the robotic caretaker. *Accountability in Research*, 2010, vol. 17, issue 6, pp. 299–315. DOI: 10.1080/08989621.2010.524078.
18. A. van Wynsberghe. Designing robots for care: care centered value-sensitive design. *Science and Engineering Ethics*, 2013, vol. 19, issue 2, pp. 407–433. DOI: 10.1007/s11948-011-9343-6.
19. P. Robinette, A. Howard, A. R. Wagner. Conceptualizing overtrust in robots: why do people trust a robot that previously failed? In: W. F. Lawless, R. Mittu, D. Sofge, S. Russell (eds). *Autonomy and artificial intelligence: a threat or savior?* Cham, Springer, 2017, pp. 129–155. DOI: 10.1007/978-3-319-59719-5\_6.
20. V. Efanov, M. Martynov, K. Pichkhadze. Space robots for scientific research. *Nauka v Rossii / Science in Russia*, 2012, no. 1, pp. 4–11 (in Russian).
21. L. Royakkers, R. van Est. A literature review on new robotics: automation from love to war. *International Journal of Social Robotics*, 2015, vol. 7, issue 5, pp. 549–570. DOI: 10.1007/s12369-015-0295-x.
22. S. Honig, T. Oron-Gilad. Understanding and resolving failures in human-robot interaction: literature review and model development. *Frontiers in Psychology*, 2018, vol. 9. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.00861.
23. Automatic system with self-targeting of fire extinguishing agents onto the fire source. *Pozharnoye delo / Fire Business*, 1970, no. 2, p. 257 (in Russian).
24. A. I. Veselov, M. G. Abdeev, P. G. Balagin. *A device for targeting of a fire extinguishing stream onto the fire source*. Inventor's Certificate USSR, no. 257300, publ. date 11 November 1969, Bull. 35 (in Russian).
25. L. M. Meshman. *A device for targeting of a fire extinguishing stream onto the fire source*. Inventor's Certificate USSR, no. 370950, publ. date 22 November 1973, Bull. 12 (in Russian).
26. A. I. Veselov, L. M. Meshman. *Avtomatischekaya pozharo- i vzryvozashchita predpriyatiy khimicheskoy i neftekhimicheskoy promyshlennosti* [Automatic fire and explosion safety of the chemical and petrochemical plants]. Moscow, Khimiya Publ., 1975. 280 p. (in Russian).
27. A. I. Weselow, L. M. Meschman. *Automatischer brand- und explosionschutz*. Berlin, Staatsverlag DDR, 1979. 200 sec. (in Germany).
28. N. L. Popov, Yu. I. Gorban. Fire robots. *Pozharnoye delo / Fire Business*, 1986, no. 7, pp. 20–21 (in Russian).
29. L. M. Meshman, S. N. Vereshchagin. *Sovremennaya pozharnaya robototekhnika: obzornaya informatsiya* [Modern fire robotics: Overview]. Moscow, Main Information Center of the Ministry of Internal Affairs USSR Publ., 1988. 42 p. (in Russian).
30. L. M. Meshman, V. V. Pivovarov, A. V. Gomozov, S. N. Vereshchagin. *Pozharnaya robototekhnika. Sostoyaniye i perspektivy ispolzovaniya: obzornaya informatsiya* [Fire robotics. State and prospects of use: Overview]. Moscow, VNIIPPO Publ., 1992. 82 p. (in Russian).

31. L. M. Meshman, S. N. Vereshchagin, S. M. Shirokov, V. I. Aldonyasov. Ballistics of scanning streams. In: *Pozharnaya tekhnika i tusheniye pozharov* [Fire equipment and fire extinguishing]. Moscow, VNIIPo Publ., 1990, pp. 61–66 (in Russian).
32. *Fire Safety Standards 84–2000. Water and foam fire extinguishing installations robotics. General technical requirements. Test methods* (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200016071> (Accessed 10 January 2019).
33. *Technical regulations for fire safety requirements*. Federal Law on 22.07.2008 No. 123 (ed. on 29.07.2017) (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (Accessed 25 December 2018).
34. FM 142.1. *Approval Standard for Fire Protection Monitor Assemblies*. FM Approvals LLC, 2018. 28 p.
35. G. Jensen. *Fire fighting systems: Comparison of performances of interior and exterior applications at large wood buildings*. KA PROJECT. Test report A075349. Final. Trondheim, COWI AS, 2018. 26 p. (in Norwegian).
36. Yu. I. Gorban. *An automated fire-fighting complex integrating a television system*. European patent 2599525B, publ. date 30 December 2015, Bull. 53.
37. Yu. I. Gorban. Fire robots. *Industrial Fire Journal*, 2016, no. 103, pp. 12–13.
38. Yu. I. Gorban. *Robotized fire complex on basis of mini-fire robot-irrigators with remote access system*. Patent RU, no. 2677622, publ. date 17 January 2019, Bull. 2 (in Russian).
39. Yu. I. Gorban. *Pozharnyye roboty i stvolnaya tekhnika v pozharnoy avtomatike i pozharnoy okhrane* [Firefighting robots, fire monitors and handline nozzles in fire automatics and fire protection]. Moscow, Pozhnauka Publ., 2013. 352 p. (in Russian).
40. *Set of rules 5.13130.2009. Systems of fire protection. Automatic fire-extinguishing and alarm systems. Designing and regulations rules* (in Russian). Available at: <http://base.garant.ru/195658/> (Accessed 15 December 2018).
41. *VNPB 39–16 (STO 1682.0017–2015). Robotic fire suppression system. Design rules and regulations*. Moscow, VNIIPo Publ., 2016. 84 p. (in Russian).

Поступила 12.01.2019, после доработки 20.02.2019;  
принята к публикации 22.02.2019

Received 12 January 2019; Received in revised form 20 February 2019;  
Accepted 22 February 2019

## Информация об авторах

**МЕШМАН Леонид Мунеевич**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, г. Балашиха Московской обл., Российской Федерации

**БЫЛИНКИН Владимир Александрович**, канд. техн. наук, начальник сектора, Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, г. Балашиха Московской обл., Российской Федерации; ORCID: 0000-0002-4034-2510; Author ID: 6506544327; e-mail: fire404@mail.ru

**ГОРБАНЬ Юрий Иванович**, генеральный директор, ООО “Инженерный центр пожарной робототехники “ЭФЭР”, Республика Карелия, г. Петрозаводск, Российская Федерация; ORCID: 0000-0002-4452-6798; e-mail: frgroup@firerobots.ru

**ГОРБАНЬ Михаил Юрьевич**, технический директор – ГИП, ООО “Инженерный центр пожарной робототехники “ЭФЭР”, Республика Карелия, г. Петрозаводск, Российская Федерация; ORCID: 0000-0001-9191-426X; e-mail: kristinaz@firerobots.ru

**ФОКИЧЕВА Кристина Юрьевна**, ведущий инженер-проектировщик, ООО “Инженерный центр пожарной робототехники “ЭФЭР”, Республика Карелия, г. Петрозаводск, Российская Федерация; ORCID: 0000-0003-2850-7324; e-mail: kristinaz@firerobots.ru

## Information about the authors

**Leonid M. MESHMAN**, Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Leading Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia, Balashikha, Moscow Region, Russian Federation

**Vladimir A. BYLINKIN**, Cand. Sci. (Eng.), Head of Department, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia, Balashikha, Moscow Region, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-4034-2510; Author ID: 6506544327; e-mail: fire404@mail.ru

**Yuriy I. GORBAN**, General Director, Engineering Centre of Fire Robots Technology “FR” LLC, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-4452-6798; e-mail: frgroup@firerobots.ru

**Mikhail Yu. GORBAN**, Technical Director – Chief Project Engineer, Engineering Centre of Fire Robots Technology “FR” LLC, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russian Federation; ORCID: 0000-0001-9191-426X; e-mail: kristinaz@firerobots.ru

**Kristina Yu. FOKICHEVA**, Lead Design Engineer, Engineering Centre of Fire Robots Technology “FR” LLC, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-2850-7324; e-mail: kristinaz@firerobots.ru