

УДК 614.844.2

Частные вопросы при проектировании водяных АУП

© Л. М. Мешман

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

РЕЗЮМЕ

Рассмотрены основные принципиальные различия между коэффициентом производительности и K -фактором. Приведены формулы пересчета K -фактора, выраженные в американской и европейской системах единиц, в коэффициент производительности, используемый для определения параметров диктующего и последующих оросителей при гидравлических расчетах распределительных сетей АУП по методике, приведенной в СП 5.13130.2009. Описан алгоритм выбора на гидравлической схеме распределительных сетей АУП диктующего оросителя и диктующей защищаемой площади. Отмечена разница между нормативной, допустимой и средней интенсивностью орошения. Представлен характер вариации как общего расхода АУП, так и расхода каждого из оросителей, находящихся над защищаемой площадью, при их последовательной активации. Показано, что расход, а следовательно, и интенсивность орошения диктующего оросителя, если он сработал первым, в несколько раз больше расчетных значений. По мере активации последующих оросителей, находящихся над защищаемой площадью, расход снижается, и, когда срабатывает последний принятый в расчет ороситель, параметры диктующего и последующих оросителей становятся равными расчетным.

Ключевые слова: давление; расход; диктующий ороситель; интенсивность орошения; коэффициент производительности; K -фактор; диктующая защищаемая площадь; эпюра орошения.

Для цитирования: Мешман Л. М. Частные вопросы при проектировании водяных АУП // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2019. — Т. 29, № 1. — С. 80–88.

Special issues on design water AFEI

© Л. М. Meshman

All-Russian Research Institute for Fire Protection
(12, VNIIPPO, Balashikha, Moscow Region, 143903)

ABSTRACT

The main principal differences between the coefficient of productivity and the K -factor are considered. The formulas for the conversion of the K -factor expressed in the American and European system of units in the coefficient of productivity used to determine the parameters of the dictating and subsequent irrigators in the hydraulic calculations of distribution networks AFEI (automatic fire extinguishing installation) by the method given in Set of rules 5. 13130.2009. The algorithm of selection of hydraulic scheme of distribution of networks AFEI dictates of the sprinkler and dictating the protected area. The difference between the normative, permissible and average intensity of irrigation is noted. The article presents the variation of both the total flow rate of the AFEI and the flow rate of each sprinkler located above the protected area with successive activation of the sprinklers. It is shown that the flow rate and, consequently, the intensity of irrigation of the dictating irrigator, if it was the first one, is several times higher than the calculated values. As the activation is the lasting of sprinklers located above the protected area, the flow rate is reduced and when triggered last adopted in the calculation of the sprinkler, the parameters dictating and subsequent sprinklers is equal to the estimated.

Keywords: pressure; flow rate; dictating irrigator; irrigation intensity; performance factor; K -factor; dictating protected area; irrigation diagram.

For citation: L. M. Meshman. Special issues on design water AFEI. *Pozharovzryvobezопасnost / Fire and Explosion Safety*, 2019, vol. 28, no. 1, pp. 80–88 (in Russian).



ВОПРОС 1:

Имеем: спринклерный ороситель типа TY365 с K -фактором $K = 80$, давление перед оросителем $P = 0,18$ МПа. Нужно определить расход огнетушащего вещества (ОТВ).

Согласно СП 5.13130.2009 расход ОТВ через диктующий ороситель q (л/с) вычисляется по формуле

$$q = 10K(P)^{0,5}, \quad (1)$$

где K — коэффициент производительности оросителя, принимаемый по технической документации на изделие, л/(с·м²);

P — давление перед оросителем, МПа.

Отсюда $q = 80(0,18)^{0,5} \sim 340$ л/с!!! Это нереальный расход. Тем не менее данная формула приведена в СП 5.13130.2009, а значит, все расчеты по методике этого стандарта ошибочны!?

ОТВЕТ:

Здесь мы имеем дело с довольно распространенной ошибкой начинающих и неопытных проектировщиков. Частично вину можно возложить и на некоторых производителей оросителей, которые в тех-

Таблица 1. Диапазон значений и особенность цифрового обозначения коэффициента производительности $K_{\text{рф}}$ и K -факторов при диаметрах выходного отверстия оросителей от 8 до 25 мм

Обозначение K по соответствующей системе стандартов	Значение K по соответствующей системе стандартов	Количество цифр в числовом значении K до запятой	Диапазон значений $K_{\text{рф}}$
$K_{\text{ISO}}, K_{\text{EN}}, K_{\text{LPS}}, K_{\text{VdS}}$	45,6–363,0	2–3 ($K \geq 40$)	0,24–1,91
K_{USA}	3,2–35,2	1–2 ($K \leq 40$)	0,24–1,91
$K_{\text{рф}}$	0,21–1,91	0–1 ($K \leq 2$)	0,21–1,91

нических паспортах или проспектах на оросители не указывают размерность K -фактора. Термин “ K -фактор” используется за рубежом при гидравлических расчетах распределительной сети АУП. Синонимом “ K -фактора” в отечественной практике по физической сущности, но не по размерности является коэффициент производительности.

Согласно международному стандарту ISO 6182-1 [1], европейскому стандарту EN 12259-1 [2], стандарту Великобритании Loss Prevention Standard (LPS) [3] и стандарту ФРГ Verband der Sachversicherere V. (VdS) [4] расход q определяется по формуле $K = q/P^{0,5}$ и выражается в л/мин, а давление P — в бар. Отсюда получаем размерность K -фактора (соответственно $K_{\text{ISO}}, K_{\text{EN}}, K_{\text{LPS}}, K_{\text{VdS}}$) л/(мин·бар^{0,5}).

По стандарту США Underwriters Laboratories Inc. (UL) [5] и Factory Mutual System (FM) [6] расход q в формуле $K = q/P^{0,5}$ выражается в галон/мин (1 галон = 3,785 л), а давление P — в psi (1 psi = 6,895 кПа). Тогда размерность K -фактора (K_{USA}) будет гал/(мин·psi^{0,5}). Согласно СП 5.13130.2009 [7] расход q в формуле $K = q/H^{0,5}$ выражается в л/с, давление H — в м вод. ст., а в формуле $K = 10q/(10P^{0,5})$ соответственно в л/с и МПа (1 МПа = 100 м вод. ст.). Размерность коэффициента производительности $K_{\text{рф}}$ в обоих случаях будет л/(с·м^{0,5}).

В связи с этим при гидравлических расчетах по СП 5.13130.2009 [7] значение коэффициента производительности в соответствии с приведенными выше международным, европейским и национальными стандартами необходимо принимать равным:

$$K_{\text{рф расч}} = K_{\text{ISO}}/190 = K_{\text{EN}}/190 = K_{\text{LPS}}/190 = K_{\text{VdS}}/190,$$

$$\text{или } K_{\text{рф расч}} = K_{\text{USA}}/13,2 = K_{\text{FM}}/13,2 = K_{\text{UL}}/13,2.$$

А можно ли определить, к какой системе стандартов (международной, европейской или национальной) относится коэффициент производительности или K -фактор, если его размерность не указана?

Да, это определить несложно, если воспользоваться сведениями, приведенными в табл. 1.

Таким образом, спринклерный ороситель типа TY365 с K -фактором $K = 80$ соответствует $K_{\text{ISO}}, K_{\text{EN}}, K_{\text{LPS}}, K_{\text{VdS}}$ и имеет размерность л/(мин·бар^{0,5}).

Тогда можно рассчитать $K_{\text{рф}}$:

$$K_{\text{рф расч}} = K_{\text{ISO}}/190 = 80/190 = 0,42 \text{ л/(с·м}^{0,5}\text{)}.$$

Если сравнить расход оросителя модели СВВ-12 или СВН-12 Бийского ЗАО “ПО “Спецавтоматика” с коэффициентом производительности $K_{\text{рф}} = 0,42 \text{ л/(с·м}^{0,5}\text{)}$ с расходом универсального оросителя модели TY365 фирмы TYCO с коэффициентом производительности $K_{\text{ISO}} = 80 \text{ л/(мин·бар}^{0,5}\text{)}$, то их расход при том же давлении 0,18 МПа (18 м вод. ст.) составит:

$$q_{\text{рф}} = 10K(P)^{0,5} = 10 \cdot 0,42(0,18)^{0,5} \sim 1,78 \text{ л/с},$$

или

$$q_{\text{ISO}} = K(P)^{0,5} = 80(1,8)^{0,5} \sim 107,3 \text{ л/мин} = 1,79 \text{ л/с}.$$



ВОПРОС 2:

В проекте новой редакции СП 5.13130 (п. В.1.1.8) предлагается для гидравлического расчета распределительной сети выделить на плане или гидравлической схеме АУП диктующую защищаемую орошаемую площадь, на которой расположен диктующий ороситель. За площадь орошения оросителя с интенсивностью орошения не менее нормативной принимается квадрат с длиной стороны: 4 м — $S = 4 \times 4 = 16 \text{ м}^2$;

3 м — $S = 3 \times 3 = 9 \text{ м}^2$ и т. д.

Что делать с этим квадратом? Причем здесь квадрат, если известно, что нормативная интенсивность орошения оросителем должна обеспечиваться на площади круга (радиусом 2 м) $S = 12 \text{ м}^2$?

ОТВЕТ:

Все оросители сертифицируют по ГОСТ Р 51043.2002 [8]. Основные гидравлические параметры оросителей типа СВН и СВВ (интенсивность и равномерность орошения) при сертификационных испытаниях измеряют на приведенной круглой площади $\sim 12 \text{ м}^2$, т. е. при диаметре $D \sim 4 \text{ м}$. Вследствие этого в заводском техническом паспорте на ороситель указывают площадь орошения также 12 м^2 . При этом в пределах этой площади средняя интенсивность орошения должна быть не менее нормативной.

Допустим, необходимо провести гидравлический расчет спринклерной АУП для распределительной сети помещения, относящегося к группе помещений 1 по СП 5.13130.2009 [7]. Нормативная площадь должна быть не менее 60 м^2 . С учетом архитектурных и объемно-планировочных особенностей защищаемого

помещения принимаем сетку расстановки оросителей с расстоянием в рядке L_{op} и между рядками L_p . Согласно СП 5.13130.2009 (табл. 5.1) [7] максимальное расстояние между оросителями не должно превышать 4 м. Минимальное расстояние между спринклерными оросителями в зависимости от высоты монтажа не рекомендуется принимать менее 2,0–2,5 м. Минимальное расстояние между дренчерными оросителями не регламентируется.

Сетка расстановки оросителей может быть как квадратной, так и прямоугольной. Например, при квадратной площади при $L_{op} = L_p = 3$ или 4 м условная расчетная площадь орошения, приходящаяся на один ороситель, составляет соответственно $\Omega = 3 \times 3 = 9 \text{ м}^2$ или $\Omega = 4 \times 4 = 16 \text{ м}^2$, а при прямоугольной — $\Omega = L_{op} \times L_p = 4 \times 3 \text{ м} = 12 \text{ м}^2$ или $\Omega = L \times B = 3,5 \times 2,5 = 8,75 \text{ м}^2$ и т. д.

Расстояние от оросителей до стен помещений группы 1 согласно СП 5.13130.2009 (табл. 5.1) [7] должно составлять не более половины нормативного максимального расстояния между спринклерными оросителями. При $\Omega = 4 \times 3 = 12 \text{ м}^2$ и $\Omega = 4 \times 4 = 16 \text{ м}^2$ это расстояние принимают равным 2 м, а при $\Omega = 3 \times 3 = 9 \text{ м}^2$ и $\Omega = 3,5 \times 2,5 = 8,75 \text{ м}^2$ — 1,5 и 1,75 м и т. д.

Определим местоположение диктующего оросителя. Предварительно наметим место положения проблемной диктующей защищаемой орошаемой зоны* площадью S_A не менее нормативной площади, т. е. $S_A \geq S_{норм} = 60 \text{ м}^2$, на которой расположены наиболее удаленные от водопитателя оросители, в том числе диктующий ороситель 1 (рис. 1).

Если защищаемая нормативная площадь составляет $S_{норм} = 60 \text{ м}^2$ и $\Omega = L_{op} \times L_p = 4 \times 4 \text{ м}^2$, то длина рядка $L_A = 16 \text{ м}$, а диктующая защищаемая площадь $S_A = 64 \text{ м}^2$, и на этой площади будет размещено четыре оросителя (1–4). Если $\Omega = L_{op} \times L_p = 3 \times 4 = 12 \text{ м}^2$ или $\Omega = L_{op} \times L_p = 4 \times 3 = 12 \text{ м}^2$, то длина рядка или длина участка составит также 16 м, а $S_A = 64 \text{ м}^2$, но на этой площади будет расположено уже пять оросителей (1–5).

Таким образом, на фактической защищаемой орошением диктующей площади при прямоугольной сетке может располагаться разное количество оросителей.

В общем случае количество оросителей N , расположенных на диктующей защищаемой площади по квадратной сетке и обеспечивающих фактический расход спринклерной АУП с интенсивностью орошения не менее нормативной, определяют по формуле

$$N \geq S_{норм} / \Omega,$$

где N — минимальное количество оросителей, расположенных в фактической защищаемой орошением диктующей зоне и обеспечивающих нормативный рас-

* Выбор места положения проблемной диктующей защищаемой орошаемой площади S_A подробно описан в ответе на вопрос 3.

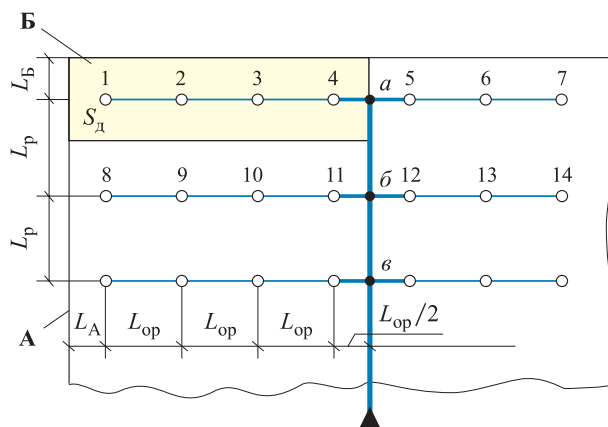


Рис. 1. План расположения оросителей (1–14) на распределительной сети: L_{op} — расстояние между оросителями в рядке; L_p — расстояние между рядками; L_A — расстояние от крайних оросителей до стены А ($L_A \leq L_{op}/2$); L_B — расстояние от наиболее удаленного рядка до стены В ($L_B = L_p/2$); S_A — диктующая защищаемая площадь

ход водяной или пенной АУП с интенсивностью орошения не менее нормативной;

$S_{норм}$ — минимальная нормативная площадь орошения АУП, приведенная в табл. 5.1 СП 5.13130.2009 [7], м^2 ;

Ω — условная расчетная площадь орошения с интенсивностью орошения не менее нормативной, приходящаяся согласно сетке распределительной сети на один ороситель, м^2 .

Если частное получается дробным, то его следует округлить до целого в большую сторону, независимо от значения остатка и, соответственно, откорректировать значение защищаемой орошаемой площади.



ВОПРОС 3:

Как выбрать диктующий ороситель, понятно: наиболее высоко расположенный и/или наиболее удаленный от насосной установки. Но каким образом на гидравлической схеме распределительной сети выбрать диктующую защищаемую площадь: принимать в один или более рядков оросителей по горизонтали или по вертикали? Можно ли определить место положения этой площади без сравнительных расчетов?

ОТВЕТ:

Допустим, что защищаемое помещение относится по СП 5.13130.2009 [7] к группе помещений 1. Для этой группы нормативная защищаемая площадь должна быть $S_{норм} \geq 60 \text{ м}^2$, коэффициент производительности оросителя $K = 0,42 \text{ л/(с·м}^{0,5})$, интенсивность орошения диктующего оросителя $i_A \geq 0,08 \text{ л/(с·м}^2)$, расстояние между оросителями и рядками $L_{op} = L_p = 4 \text{ м}$, диаметр трубопроводов во всех рядках DN 25, а диаметр питающих трубопроводов DN 40, удельное сопротивление трубопровода А составляет соответственно 0,306 и 0,0312 $\text{с}^2/\text{л}^2$.

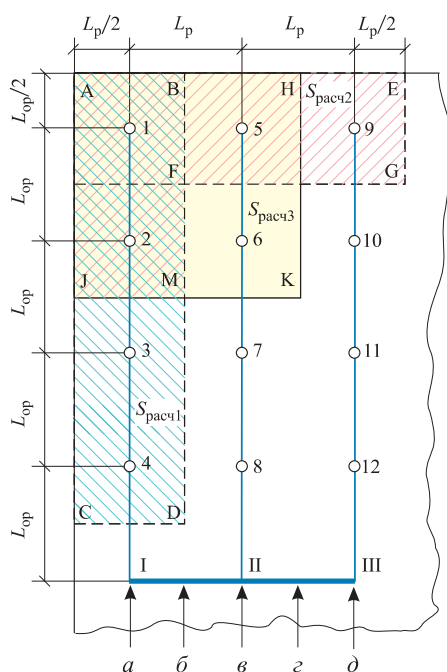


Рис. 2. Варианты предполагаемых диктующих участков расчетной защищаемой площади гидравлической схемы распределительной сети: $S_{расч1}$ (S_{ABDC}), $S_{расч2}$ (S_{AEGFMJ}), $S_{расч3}$ (S_{AHKJ}) — предполагаемые диктующие расчетные защищаемые площади; 1–12 — оросители; а–д — вероятные места подсоединения питающего трубопровода; I–III — номера рядков; $L_{ор}$ — расстояние между оросителями

Действительно, иногда по схеме распределительной сети вроде бы не всегда можно выбрать правильный вариант диктующей защищаемой расчетной площади, для которой потребуется, соответственно, наибольший расход и максимальное давление.

Расход и давление на диктующем и последующих оросителях, общий расход и давление на выходе расчетной защищаемой площади определяют по методике, приведенной в приложении В СП 5.13130.2009 [7]. Гидравлический расчет водяных и пенных АУП по-

дробно изложен также в учебно-методических пособиях [9, 10].

Гидравлические схемы распределительной сети АУП могут иметь различную конфигурацию. Например, варианты предполагаемых диктующих участков расчетной защищаемой площади гидравлической схемы распределительной сети с четырьмя оросителями в каждом из трех рядков с подачей ОТВ по стрелке “д” приведены на рис. 2.

Диктующим оросителем для всех вариантов $S_{расч1}$, $S_{расч2}$ и $S_{расч3}$ является один и тот же ороситель 1, и это понятно, так как он самый удаленный.

При расстоянии между оросителями и рядками $L_{ор} = L_p = 4$ м условная площадь, защищаемая каждым оросителем, составит: $\Omega = 4 \times 4 = 16 \text{ м}^2$ (см. рис. 2). Следовательно, количество оросителей N , обеспечивающих защиту площади $S_{норм}$, принимаем: $N = S_{норм} / \Omega = 60 : 16 = 3,75$. Округлив полученное значение до целого числа, получим количество оросителей $N = 4$, при этом защищаемая фактическая расчетная площадь составит 64 м^2 .

За диктующую защищаемую расчетную площадь следует принимать площадь, которая характеризуется максимальным расходом Q и, соответственно, максимальным давлением P на ее выходе. За защищаемую диктующую расчетную площадь можно принять (см. рис. 2):

- $S_{расч1}$ (S_{ABDC}): в нее входят оросители 1–4; все оросители находятся на одном рядке I; подача ОТВ по стрелке “д”;
- $S_{расч2}$ (S_{AEGFMJ}): в нее входят оросители 1, 2, 5 и 9. Оросители 1 и 2 находятся на рядке I, ороситель 6 — на рядке II, ороситель 9 — на рядке III; подача ОТВ по стрелке “д”;
- $S_{расч3}$ (S_{AHKJ}): в нее входят оросители 1, 2, 5 и 6. Оросители 1 и 2 находятся на рядке I, оросители 5 и 6 — на рядке II; подача ОТВ по стрелке “д”.

Таблица 2. Результаты расчета гидравлических параметров распределительной сети гидравлических схем предполагаемых диктующих площадей

Расход каждого оросителя, л/с						Давление на каждом оросителе, МПа					Общий расход Q_A , л/с	Давление на выходе P_A , МПа
Диктующая расчетная площадь $S_{расч1}$ (S_{ABDC})												
q_1	q_2	q_3	q_4	q_a	q_b	P_1	P_2	P_3	P_4	P_a	7,25	1,314
1,25	1,39	1,84	2,78	7,25	7,25	0,089	0,108	0,193	0,438	1,183		
Диктующая расчетная площадь $S_{расч2}$ (S_{AEGFMJ})												
q_1	q_2	q_5	q_9	q_a	q_b	P_1	P_2	P_a	P_b	P_A	6,30	0,435
1,25	1,39	1,74	1,86	2,63	4,37	0,089	0,108	0,372	0,381	0,435		
Диктующая расчетная площадь $S_{расч3}$ ($S_{АНКУ}$)												
q_1	q_2	q_5	q_6	q_a	q_b	P_1	P_2	P_a	P_b	P_A	5,29	0,416
1,25	1,39	1,27	1,41	2,63	5,29	0,089	0,108	0,372	0,381	0,416		

В случае если имеется гидравлическая схема предполагаемых диктующих участков распределительной сети с равномерно расположенными оросителями, то диктующую защищаемую расчетную площадь вроде бы определить довольно просто — по наибольшему гидравлическому сопротивлению на участке питающего трубопровода “а–д”.

Например, если подача осуществляется по направлению “а” или “б”, то диктующей будет площадь с оросителями 9–12 (рядок III); если по направлению “в”, то с оросителями 1–4 (рядок I) или 9–12 (рядок III); если по направлению “г” или “д”, то с оросителями 1–4 (рядок I). Но, может быть, диктующей площадью будет являться площадь с другой совокупностью оросителей, расположенных на разных рядках?

Результаты гидравлического расчета распределительной сети гидравлических схем с равномерно расположенными оросителями, представленных на рис. 2, сведены в табл. 2.

Согласно расчетам наиболее высокие значения гидравлических параметров (расхода Q и давления P) у диктующей защищаемой площади $S_{расч1}$, а затем по убывающей — у $S_{расч2}$ и $S_{расч3}$. Следовательно, диктующей защищаемой площадью должна быть принята $S_{расч1}(S_{ABDC})$, в которую входят оросители 1–4, находящиеся на одном рядке I.

Таким образом, ключом для оперативного распознавания истинной диктующей защищаемой площади данной гидравлической схемы распределительной сети АУП с четырьмя оросителями в каждом из трех рядков является максимальное количество оросителей, включая диктующий, расположенных на одном рядке, и максимальная длина питающего трубопровода.

Присуща ли полученная логическая обоснованность присуща только приведенной гидравлической схеме или является общей закономерностью для иных вариантов схем?

Рассмотрим, например, еще возможные варианты диктующих участков расчетной защищаемой площади гидравлической схемы с несимметричной распределительной сетью (рис. 3), с пятью оросителями в каждом из пяти рядков и с подачей ОТВ по стрелке “д”. Причем для всех вариантов длина питающего трубопровода “а–д” принята одинаковой — $L_{а-д} = 16$ м.

Диктующим оросителем для всех вариантов схем $S_{расч1}$, $S_{расч2}$ и $S_{расч3}$ является один и тот же ороситель 1. Так же, как и для схем, приведенных на рис. 2, условная площадь, защищаемая каждым оросителем, составляет $\Omega = 4 \times 4 = 16$ м². Защищаемая фактическая расчетная площадь принимается $S_{расч} = 64$ м², а количество оросителей, располагаемых над защищаемой площадью, $N = 4$. Диктующей защищаемой расчетной площадью следует считать площадь, которая характеризуется максимальным расходом Q и,

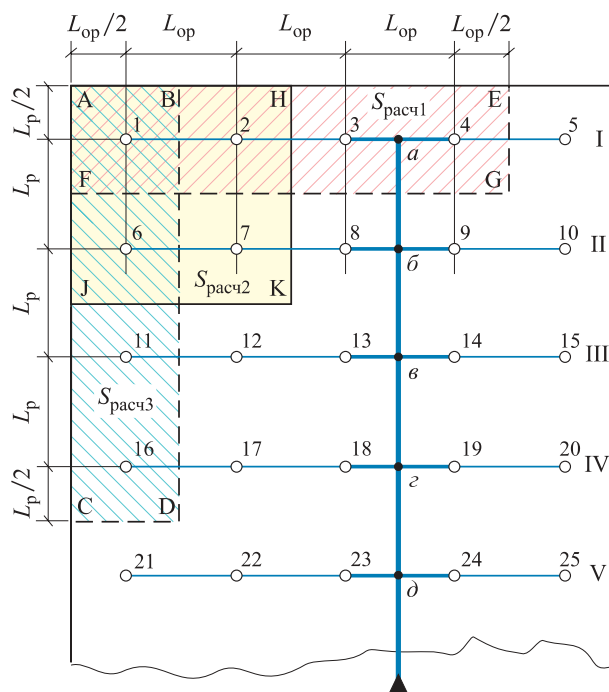


Рис. 3. Варианты предполагаемых диктующих участков расчетной защищаемой площади гидравлической схемы распределительной сети: $S_{расч1}$ (S_{AEGF}), $S_{расч2}$ ($S_{АНКJ}$), $S_{расч3}$ (S_{ABDC}) — предполагаемые диктующие расчетные защищаемые площади; 1–25 — оросители; а–д — точки соединения рядков с питающим трубопроводом; I–V — номера рядков; $L_{оп}$ — расстояние между оросителями

соответственно, максимальным давлением P на ее выходе.

Защищаемые диктующие расчетные площади имеют следующие характеристики:

- $S_{расч1}$ (S_{AEGF}): оросители 1–4 находятся на одном рядке I; подача ОТВ — между 3-м и 4-м оросителями;
- $S_{расч2}$ ($S_{АНКJ}$): оросители 1 и 2 находятся на рядке I, оросители 6 и 7 — на рядке II; подача ОТВ — в рядок I в т. “а”, в рядок II в т. “б”;
- $S_{расч3}$ (S_{ABDC}): в каждом из четырех рядков находится только по одному оросителю: в I — 1, во II — 6, в III — 11, в IV — 16; подача ОТВ — в рядок I в т. “а”, в рядок II в т. “б”, в рядок III в т. “в”, в рядок IV в т. “г”.

По приведенным вариантам диктующей защищаемой расчетной площади схемы распределительной сети, на первый взгляд, действительно сложно выбрать истинную диктующую площадь, для которой потребуются, соответственно, наибольший расход и максимальное давление.

Результаты гидравлического расчета приведенных на рис. 3 вариантов диктующей защищаемой расчетной площади распределительной сети сведены в табл. 3.

Согласно расчетам наиболее высокие значения гидравлических параметров (расхода Q и давления P)

Таблица 3. Результаты расчета гидравлических параметров распределительной сети гидравлических схем предполагаемых диктующих площадей

Расход каждого оросителя, л/с				Давление на каждом оросителе, МПа				Общий расход $Q_{\text{общ}}$, л/с	Давление на выходе $P_{\text{д}}$, МПа
Диктующая расчетная площадь $S_{\text{расч1}}$ ($S_{\text{АЕГФ}}$)									
q_1	q_2	q_3	q_4	P_1	P_2	P_3	$P_{\text{а}}$	6,72	0,544
1,25	1,39	1,85	2,24	0,089	0,108	0,193	0,318		
Диктующая расчетная площадь $S_{\text{расч2}}$ ($S_{\text{АНКJ}}$)									
q_1	q_2	q_6	q_7	P_1	P_2	$P_{\text{а}}$	P_6	5,34	0,313
1,25	1,39	1,28	1,42	0,089	0,108	0,197	0,206		
Диктующая расчетная площадь $S_{\text{расч3}}$ ($S_{\text{АВДС}}$)									
q_1	q_6	q_{11}	q_{16}	P_1	$P_{\text{а}}$	P_6	$P_{\text{в}}$ ($P_{\text{Г}}$)	5,19	0,190
1,25	1,26	1,29	1,38	0,089	0,128	0,130	0,138 (0,156)		

у диктующей защищаемой площади $S_{\text{расч1}}$, а затем по убывающей — у $S_{\text{расч2}}$ и $S_{\text{расч3}}$. Следовательно, диктующей защищаемой площадью должна быть принята $S_{\text{расч1}} (S_{\text{АЕГФ}})$, в которую входят оросители 1–4, находящиеся на одном рядке I.

Попробуем обосновать способ логического аналитического выбора положения истинной диктующей защищаемой площади.

Сравним $S_{\text{расч1}}$ на рис. 2 и $S_{\text{расч1}}$ на рис. 3. Их гидравлические параметры q_1 – q_3 и P_1 – P_3 одинаковы. Следовательно, отличие заключается только в значениях q_4 , но расход зависит от давления: $q = 10KP^{0,5}$. Давление на оросителе 4 определяется по формулам:

- для $S_{\text{расч1}}$ на рис. 2: $P_4 = P_3 + A(Q_{1-3})^2 L$;
- для $S_{\text{расч1}}$ на рис. 3: $P_4 < P_a = P_3 + A(Q_{1-3})^2 L/2$.

Поскольку

$$\begin{aligned} & (P_{4 \text{ расч1(рис. 2)}} - P_{4 \text{ расч1(рис. 3)}}) \sim \\ & \sim (P_3 + A(Q_{1-3})^2 L)_{\text{(рис. 2)}} - (P_3 + A(Q_{1-3})^2 L/2)_{\text{(рис. 3)}} \end{aligned}$$

то $q_{4 \text{ расч1(рис. 2)}} > q_{4 \text{ расч1(рис. 3)}}$.

Следовательно, при одних и тех же оросителях и одинаковых диаметрах трубопроводов рассматриваемых диктующих защищаемых площадей можно, не прибегая к гидравлическому расчету, установить, что для $S_{\text{расч1}}$, приведенной на рис. 2, общий расход и давление будут выше, чем для $S_{\text{расч1}}$, приведенной на рис. 3, т. е.:

$$\begin{aligned} P_{S_{\text{расч1(рис. 2)}}} & > P_{S_{\text{расч1(рис. 3)}}} \text{ и} \\ Q_{S_{\text{расч1(рис. 2)}}} & > Q_{S_{\text{расч1(рис. 3)}}} \end{aligned}$$

Сравним $S_{\text{расч1}}$ и $S_{\text{расч2}}$, приведенные на рис. 3. Их гидравлические параметры q_1 и q_2 , P_1 и P_2 одинаковы. Проведем оценку давлений в т. “а” для $S_{\text{расч1}}$ и в т. “б” для $S_{\text{расч2}}$.

Приращение давления ΔP_{2-a} в т. “а” определяется следующим образом:

- для $S_{\text{расч1}}$:

$$\Delta P_{2-a} = A_{25}(Q_{1-2})^2 L + A_{25}(Q_{1-3})^2 L/2;$$

$$P_3 = P_2 + A_{25}(Q_{1-2})^2 L; \quad q_3 = 10KP_3^{0,5};$$

$$Q_{1-3} = q_1 + q_2 + q_3;$$

- для $S_{\text{расч2}}$:

$$\Delta P_{2-a} = A_{25}(Q_{1-2})^2 1,5L; \quad Q_{1-2} = q_1 + q_2;$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{a \text{ расч1}} - \Delta P_{a \text{ расч2}} & = A_{25}(Q_{1-2})^2 L + A_{25}(Q_{1-3})^2 L/2 - \\ & - A_{25}(Q_{1-2})^2 1,5L = A_{25}(Q_{1-3})^2 L/2 - A_{25}(Q_{1-2})^2 L/2. \end{aligned}$$

Однако поскольку $A_{25}(Q_{1-3})^2 L/2$ гораздо больше $A_{25}(Q_{1-2})^2 L/2$, то $P_{a \text{ расч1}} > P_{a \text{ расч2}}$.

Приращение давления ΔP_{a-b} в т. “б” для $S_{\text{расч2}}$ определяется по выражению

$$\Delta P_{a-b} = P_a - P_b = A_{40}(Q_{6-7})^2 L.$$

Гидравлическое сопротивление труб DN 40 почти в 10 раз меньше гидравлического сопротивления труб DN 25 ($A_{40} \sim 0,031 \text{ с}^2/\text{л}^2$, $A_{25} = 0,306 \text{ с}^2/\text{л}^2$) и на участке “а–б” с учетом расхода двух оросителей 1 и 2 составляет всего 0,86 м вод. ст. (или 0,0086 МПа). Поэтому $(q_1 + q_2) \sim (q_6 + q_7)$, т. е. $q_1 \sim q_6$, а $q_2 \sim q_7$. Однако давление и расход на оросителе 3 (P_3 и q_3) и тем более на оросителе 4 (P_4 и q_4) на площади $S_{\text{расч1}}$ гораздо больше, чем давление и расход на оросителе 6 (P_6 и q_6) и на оросителе 7 (P_7 и q_7) на площади $S_{\text{расч2}}$.

Следовательно, при одних и тех же оросителях и одинаковых диаметрах трубопроводов рассматриваемых диктующих защищаемых площадей можно, не прибегая к гидравлическому расчету, установить, что для $S_{\text{расч1}}$ общий расход и давление будут выше, чем для $S_{\text{расч2}}$, т. е.

$$P_{S_{\text{расч1}}} > P_{S_{\text{расч2}}} \text{ и } Q_{S_{\text{расч1}}} > Q_{S_{\text{расч2}}}.$$

Сравним $S_{\text{расч2}}$ и $S_{\text{расч3}}$, приведенные на рис. 3. Их гидравлические параметры q_1 и P_1 одинаковы.

Проведем оценку давлений в т. “а” для $S_{расч2}$ и $S_{расч3}$.

Приращение давления ΔP_{1-a} в т. “а” для $S_{расч2}$ определяется следующим образом:

$$\Delta P_{1-a} = A_{25}(Q_1)^2 L + A_{25}(Q_{1-2})^2 1,5L;$$

$$Q_{1-2} = q_1 + q_2, \text{ причем } q_1 < q_2.$$

Если допустить, что $q_1 = q_2$, то

$$\Delta P_{1-a} = A_{25}(Q_1)^2 L + A_{25}(2Q_1)^2 1,5L = A_{25}(Q_1)^2 7L.$$

Приращение давления ΔP_{1-a} в т. “а” для $S_{расч3}$ определяется следующим образом:

$$\Delta P_{1-a} = A_{25}(Q_1)^2 2,5L; \quad Q_1 = q_1.$$

Таким образом, $\Delta P_{1-a \text{ } S_{расч2}} - \Delta P_{1-a \text{ } S_{расч3}} = A_{25}(Q_1)^2 7L - A_{25}(Q_1)^2 2,5L$, т. е. приращение $\Delta P_{1-a \text{ } S_{расч2}}$ почти в 3 раза больше, чем приращение $\Delta P_{1-a \text{ } S_{расч3}}$. Следовательно, $P_{a \text{ } S_{расч2}} > P_{a \text{ } S_{расч3}}$.

Давление $P_{б \text{ } S_{расч2}}$ и $P_{б \text{ } S_{расч3}}$ в т. “б” соответственно для $S_{расч2}$ и $S_{расч3}$ определяется как:

$$P_{б \text{ } S_{расч2}} = P_{a \text{ } S_{расч2}} + A_{40}(Q_{1-2})^2 L;$$

$$P_{б \text{ } S_{расч3}} = P_{a \text{ } S_{расч3}} + A_{40}(Q_1)^2 L.$$

Как видно, потери в трубопроводе распределительной сети $S_{расч2}$ на участке “а–б” зависят от квадрата суммарного расхода двух оросителей — $(q_1 + q_2)^2$, а потери в трубопроводе распределительной сети $S_{расч3}$ — только от квадрата расхода одного оросителя — $(q_1)^2$.

Гидравлическое сопротивление труб DN 40 почти в 10 раз меньше гидравлического сопротивления труб DN 25 ($A_{40} \sim 0,031 \text{ с}^2/\text{л}^2$, $A_{25} = 0,306 \text{ с}^2/\text{л}^2$) и составляет при расходе двух оросителей $(q_1 + q_2)$ всего 0,86 м вод. ст. (или $\sim 0,009 \text{ МПа}$), а при расходе только одного оросителя (q_1) и того меньше — 0,19 м вод. ст. (или $\sim 0,002 \text{ МПа}$). Поэтому для логических рассуждений можно принять: $q_1 \sim q_6$.

Следовательно, давление $P_{б \text{ } S_{расч2}}$ и общий расход $Q_{б \text{ } S_{расч2}}$ на выходе $S_{расч2}$ в т. “б” будут больше, чем давление и общий расход на выходе $S_{расч3}$ в т. “г”.

Таким образом, при одних и тех же оросителях и одинаковых диаметрах трубопроводов рассматриваемых диктующих защищаемых площадей можно, не прибегая к гидравлическому расчету, установить, что для $S_{расч2}$ общий расход и давление будут выше, чем для $S_{расч3}$, т. е.

$$P_{S_{расч2}} > P_{S_{расч3}} \text{ и } Q_{S_{расч2}} > Q_{S_{расч3}}.$$

Результаты анализа гидравлического расчета диктующей защищаемой площади свидетельствуют о том, что общий расход и давление на выходе этой площади, а также количество оросителей, укладываемых в нормативный расход, зависят не только от диаметров трубопроводов распределительной сети, но и от принятой схемы последней.



ВОПРОС 4:

Прошу разъяснить, каким образом следует трактовать п. 5.1.4 табл. 5.1 СП 5.13130.2009 в части требований к интенсивности орошения защищаемой площади — как требования к минимально допустимой интенсивности или как требования к средней интенсивности по площади?

Данное требование трактуется нами как необходимость обеспечить интенсивность орошения водной АУП не менее $0,08 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ в любой точке защищаемой площади.

В то же время подрядная организация, с которой мы работаем, трактует данное требование как необходимость обеспечить среднюю интенсивность по площади защищаемых помещений не ниже $0,08 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$, т. е. допускается ситуация, когда на некоторых участках защищаемых помещений интенсивность будет ниже $0,08 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ при условии, что средняя интенсивность орошения защищаемой площади в целом составит не менее $0,08 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$.

ОТВЕТ:

Интенсивность орошения, указанная в п. 5.1.4 и в табл. 5.1 СП 5.13130.2009 [7], должна соответствовать интенсивности диктующего оросителя при срабатывании всех запланированных оросителей спринклерной АУП на расчетной защищаемой площади. Поскольку расход каждого последующего оросителя (после диктующего) увеличивается, то, следовательно, и интенсивность орошения в их зоне действия также последовательно повышается (не надо путать с моментом, когда срабатывает только один первый ороситель) (рис. 4).

Когда срабатывает первым диктующий ороситель 1 (или любой другой ороситель) спринклерной АУП, его расход в этот момент гораздо больше расчетного значения диктующего оросителя $q_{1(1)} = q_{1 \text{ макс}} > q_{1 \text{ расч}}$, а следовательно, и максимальная интенсивность орошения в зоне его действия наивысшая. После срабатывания оросителя 2 его расход $q_{2(1-2)}$ становится больше изменившегося в меньшую сторону расхода $q_{1(1-2)}$. Аналогичным образом, когда срабатывает ороситель 3, его расход $q_{3(1-3)}$ становится больше, расход оросителей 1 и 2 снижается до уровня соответственно $q_{1(1-3)}$ и $q_{2(1-3)}$. Наконец, когда на расчетной площади сработает последний ороситель 4, расход Q выходит на расчетное значение. При этом расходы $q_{1(1-4)}$, $q_{2(1-4)}$ и $q_{3(1-4)}$ оросителей 1–3 опять снижаются и также выходят на конечное расчетное значение. Аналогичным образом снижается и интенсивность орошения предыдущих оросителей по мере срабатывания каждого последующего.

Расход диктующего оросителя $q_{1(1-4)}$, хотя и является минимальным по сравнению с расходами $q_{2(1-4)}$, $q_{3(1-4)}$ и $q_{4(1-4)}$, должен обеспечить интенсивность орошения не менее нормативного значения: $i \geq i_{\text{норм}}$.

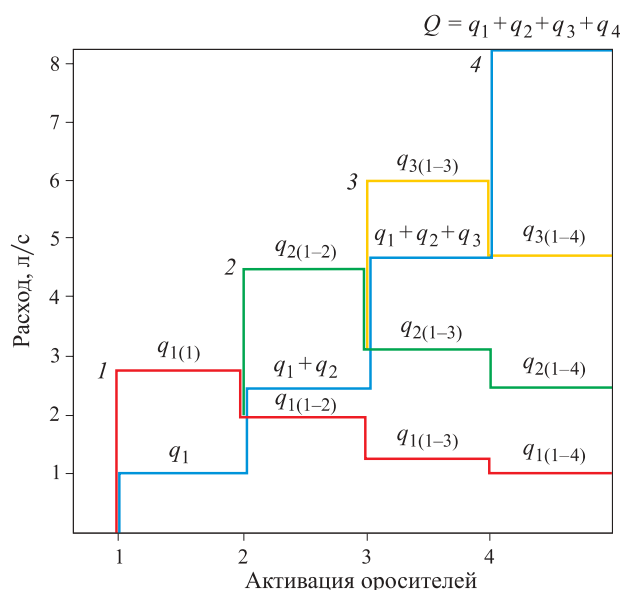


Рис. 4. Типичный характер изменения расхода по мере последовательного срабатывания оросителей на защищаемой диктующей площади спринклерной АУП: 1 — расход диктующего оросителя при его активации и по мере последующего срабатывания соответственно оросителей 2–4; 2 — расход оросителей 1 и 2 при их активации и по мере последующего срабатывания соответственно оросителей 3 и 4; 3 — расход оросителей 1–3 при их активации и по мере последующего срабатывания оросителя 4; 4 — расход оросителей 1–4 при их активации; Q — общий расход оросителей 1–4 при их активации (общий расход АУП); q_1 – q_4 — расход каждого из оросителей 1–4 при их общей активации; $q_{1(1)}$ – $q_{3(1-4)}$ — расход каждого из оросителей 1–3 (первая цифра индекса означает номер активированного оросителя, цифры в скобках — при каких номерах активированных оросителей указан этот расход)

Таким образом, при срабатывании четырех оросителей получим: $q_1 < q_2 < q_3 < q_4$, а следовательно, и $i_{\text{норм}} \leq i_1 < i_2 < i_3 < i_4$.

Если бы после этого, помимо оросителей 1–4, сработали еще один или несколько оросителей, не принятых в расчет, то интенсивность орошения оросителей 1–4 снизилась бы до значений $i_1 < i_{\text{норм}}$, $i_2 < i_{\text{норм}}$ или даже $i_3 < i_{\text{норм}}$ и $i_4 < i_{\text{норм}}$.

В связи с этим подрядная организация трактует п. 5.1 СП 5.13130.2009 [7] неправильно: если необходимо обеспечить среднюю интенсивность орошения $0,08 \text{ л/(с·м}^2\text{)}$, то такая интенсивность орошения (не менее) должна быть под диктующим оросителем, а на остальной расчетной площади интенсивность будет более $0,08 \text{ л/(с·м}^2\text{)}$.

При желании обеспечить интенсивность орошения, близкую к нормативной, на всей диктующей защищаемой площади (а следовательно, не завышать значительно общий расход АУП) необходимо увеличить диаметр трубопроводов распределительной сети. Чем больше будет их диаметр, тем ниже будет общий расход АУП и тем меньше будет отличаться интенсив-

ность орошения диктующего оросителя от интенсивности орошения остальных оросителей.



ВОПРОС 5:

Если производитель приводит данные, согласно которым у оросителя 70 % расхода воды при давлении 1,5 бар приходится на зону радиусом 1,75 м, то какое следует принять давление на оросителе, чтобы интенсивность орошения на площади 12 м^2 была не менее $0,12 \text{ л/(с·м}^2\text{)}$?

ОТВЕТ:

Принимаем допущение, что форма потока ОТВ, диспергируемого из оросителя, не зависит от давления.

Круглая зона радиусом 1,75 м имеет площадь $S = 9,6 \text{ м}^2$.

Если принять при давлении $0,15 \text{ МПа}$ (1,5 бар) на площади $S_{9,6}$ интенсивность орошения $i = 0,12 \text{ л/(с·м}^2\text{)}$, то 70 % расхода $q_{9,6}$, приходящегося на эту площадь, составит:

$$q_{9,6} = i S_{9,6} = 0,12 \cdot 9,6 \sim 1,15 \text{ л/с.}$$

Тогда общий расход оросителя $q_{\text{общ}}$ при давлении 1,5 бар должен быть не менее:

$$q_{\text{общ}} = q_{9,6} / 0,7 = 1,65 \text{ л/с.}$$

Как правило, общая площадь орошения примерно на 10–70 % больше $S_{12} = 12 \text{ м}^2$. При гидравлических расчетах рекомендуется общую площадь, орошаемую одним оросителем, S принимать на 30 % больше S_{12} (что соответствует коэффициенту распределения расхода ОТВ по орошаемой площади $\varphi = 1,3$), т. е. общая орошаемая площадь $S = \varphi S_{12} = S_{12} + \Delta S$ (рис. 9). При этом следует иметь в виду, что интенсивность орошения этого периферийного кольца крайне неравномерна и на границе крайних капель стремится к $i = 0$.

Следовательно, расход $q_{12\varphi}$, приходящийся на площадь $S = 12 \text{ м}^2$, при коэффициенте распределения расхода ОТВ по орошаемой площади $\varphi = 1,3$ составит:

$$q_{12\varphi} = q_{\text{общ}} / \varphi = 1,65 / 1,3 = 1,27 \text{ л/с.}$$

Однако расход q_{12} , приходящийся на площадь $S = 12 \text{ м}^2$, при средней интенсивности орошения $0,12 \text{ л/(с·м}^2\text{)}$ должен составлять:

$$q_{12} \geq i S_{12} \geq 1,44 \text{ л/с,}$$

т. е. получается больше, чем расход $q_{12\varphi}$, полученный при давлении 1,5 бар и коэффициенте распределения расхода ОТВ по орошаемой площади $\varphi = 1,3$.

Общий расход оросителя с интенсивностью орошения $0,12 \text{ л/(с·м}^2\text{)}$ на площади $S = 12 \text{ м}^2$ с учетом $\varphi = 1,3$ должен быть:

$$q_{\text{общ}} \geq \varphi q_{12} \geq 1,3 \cdot 1,44 = 1,87 \text{ л/с.}$$

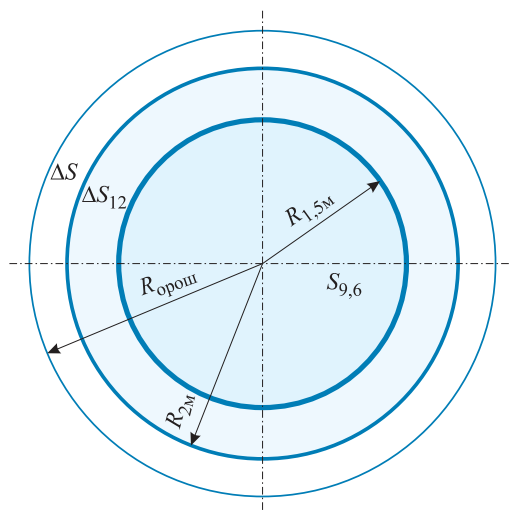


Рис. 5. Распределение интенсивности орошения на площади, орошаемой одним оросителем

Поскольку коэффициент производительности оросителя

$$K_{\text{рф}} = q_{\text{общ}} / (10P^{0,5}) = 1,65 / (10(0,15)^{0,5}) = 0,42 \text{ л/(см}^{0,5}\text{)},$$

давление P , обеспечивающее интенсивность орошения $0,12 \text{ л/(см}^2\text{)}$ на площади $S = 12 \text{ м}^2$, должно быть не менее:

$$P = (q_{\text{общ}} / (10K))^2 = (1,87 / (10 \cdot 0,42))^2 = 0,2 \text{ МПа}.$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO 6182-1:2014. Fire Protection — Automatic Sprinkler Systems — Part 1 : Requirements and test methods for sprinklers. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:6182:-1:ed-3:v1:en> (дата обращения: 10.01.2019).

2. EN 12259-1:1999. Fixed firefighting systems — Components for sprinkler and water spray systems — Part 1 : Sprinklers. — London : BSI, 1999.

3. LPS 1039 : Issue 5.2. Requirements and testing methods for automatic sprinklers. — BRE Global Ltd., 2014. — 41 p. URL: <http://www.redbooklive.com/download/pdf/LPS1039.pdf> (дата обращения: 10.01.2019).

4. VdS 2100-35. K 160 — Sprinkler. Anforderungen und prufmethoden. URL: http://vds-global.com/fileadmin/vds_publicationen/vds_2100-35_web.pdf (дата обращения: 10.01.2019).

5. UL 199. Standard for automatic sprinklers for fire-protection service. — 11th ed. — Northbrook : Underwriters Laboratories Inc., 2005.

6. FM Approval Standard for Sprinklers. URL: www.fmaprovals.com (дата обращения: 10.01.2019).

7. 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: 10.01.2019).

8. ГОСТ Р 51043–2002. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний. URL: <http://base.garant.ru/3924922/> (дата обращения: 10.01.2019).

9. Мешман Л. М., Былинкин В. А., Губин Р. Ю., Романова Е. Ю. Автоматические водяные и пенные установки пожаротушения. Проектирование : учеб.-метод. пособ. — М. : ВНИИПО, 2009. — 572 с.

10. Мешман Л. М., Былинкин В. А., Губин Р. Ю., Романова Е. Ю. Оросители водяных и пенных автоматических установок пожаротушения : учеб.-метод. пособ. — М. : ВНИИПО, 2002. — 315 с.

Материал поступил в редакцию 20 января 2019 г.

Информация об авторе

МЕШМАН Леонид Мунеевич, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны МЧС России, г. Балашиха Московской обл., Российская Федерация; e-mail: fire404@mail.ru

Information about the author

Leonid M. MESHMAN, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia, Balashikha, Moscow Region, Russian Federation; e-mail: fire404@mail.ru