

УДК 614.843.4

ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЕНОГЕНЕРАТОРА ПОЖАРНОГО СТВОЛА СПРУК 50/0,7 «ВИКИНГ»

Камлюк А.Н., Пармон В.В., Стриганова М.Ю., Морозов А.А.

Приведены результаты экспериментальных исследований пеногенератора с раструбами различной длины. Представлена испытательная установка, ее характеристики, условия проведения экспериментальных исследований. По результатам экспериментов получены зависимости кратности и дальности пенной струи от расхода огнетушащего вещества и длины раструба. Определены оптимальные геометрические параметры пеногенератора и режим подачи огнетушащего вещества.

Ключевые слова: пеногенератор, пена низкой кратности, сетка, раструб, стенд, дальность пенной струи, кратность пены.

(Поступила в редакцию 9 октября 2018 г.)

Введение. Ежегодно в Республике Беларусь происходят десятки пожаров, связанных с необходимостью применения для их тушения воздушно-механической пены. В настоящее время для ее получения в Республике Беларусь используются стволы воздушно-пенные (СВП, СВП-4 и т. д.), генераторы пены средней кратности (ГПС-200, ГПС-600, ГПС-2000) установки комбинированного тушения пожаров УКТП «ПУРГА». Данные приборы позволяют формировать пену в большом количестве, однако при тушении большинства пожаров такой объем огнетушащего вещества не требуется. Кроме того, масса и габариты данных устройств затрудняют их использование при тушении внутри помещений. Также они не обладают универсальностью, т. е. неприменимы для подачи воды. Поэтому, при необходимости замены вида огнетушащего вещества затрачивается время на смену прибора подачи, что зачастую приводит к увеличению площади пожара.

В 2017 году на вооружение белорусских спасателей поступил ствол пожарный ручной универсальный комбинированный СПРУК 50/0,7 «Викинг» [1]. Согласно паспортным данным [2] он обладает следующими гидродинамическими параметрами: дальность сплошной струи – 38 м; дальность распыленной струи – 20 м; возможность создания защитного экрана диаметром 4 м; регулируемый расход – до 4,9 л/с; рабочее давление – 0,7 МПа. Кроме того, его конструкция предусматривает возможность использования пеногенератора для получения воздушно-механической пены низкой кратности. В настоящее время пеногенератор не входит в комплектацию пожарного ствола, вследствие того, что не были изучены его основные характеристики. В работе [3] были представлены результаты экспериментальных исследований семи опытных образцов пеногенератора, отличающиеся друг от друга размером ячейки пеногенерирующей сетки, в ходе которых было установлено, что наиболее оптимальным является опытный образец пеногенератора с сеткой с площадью ячейки $S = 4 \text{ мм}^2$. Однако в [3] не приведены данные по обоснованию геометрических параметров пеногенератора, режима подачи огнетушащего вещества, а также дальности подачи пенной струи.

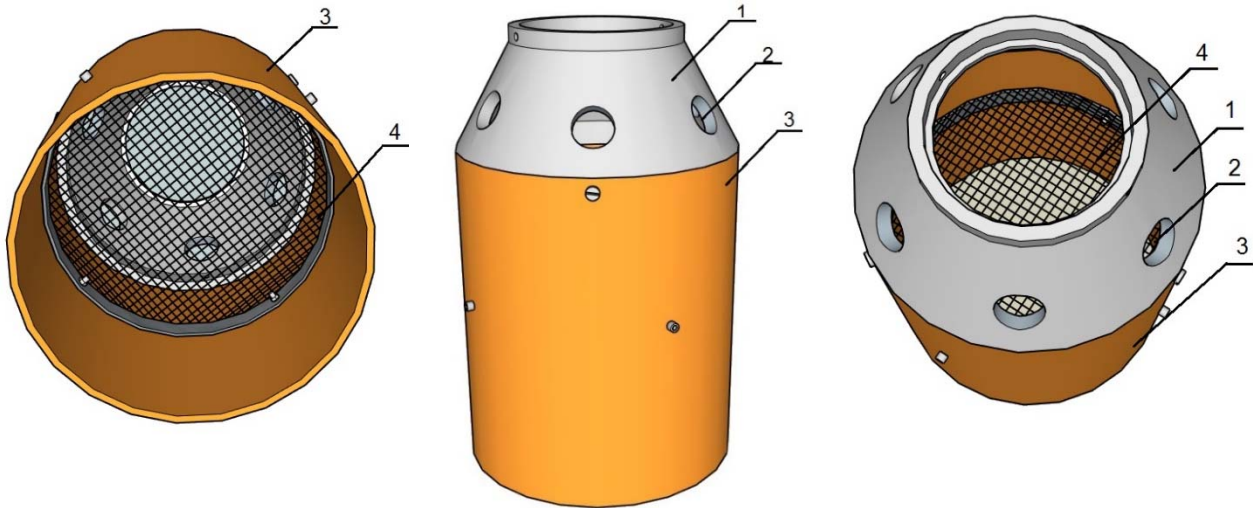
В данной работе будут впервые представлены результаты по оптимизации геометрических параметров пеногенератора на пожарный ствол СПРУК 50/0,7 «Викинг».

Описание опытного образца пеногенератора и методика проведения экспериментальных исследований.

Описание опытного образца пеногенератора представлено в [3] (рис. 1). В ходе проведения экспериментальных исследований на базе Университета гражданской защиты МЧС Беларуси были рассмотрены пять опытных образцов пеногенератора с пеногенерирующей сеткой с площадью ячейки $S = 4 \text{ мм}^2$, отличающиеся друг от друга длиной раструба: 140, 160, 220, 260, 300 мм.

Описание стенда и методики проведения испытаний представлено в [3] и [4].

Результаты экспериментальных исследований. При обработке экспериментальных данных применяли методики, приведенные в [5]. При этом полагали, что случайная ошибка измерений подчиняется нормальному закону распределения Гаусса. Оценка точности проводилась по методике оценки погрешности косвенных измерений.



1 – крепежная система; 2 – аэрационное отверстие; 3 – раструб; 4 – пеногенерирующая сетка

Рисунок 1. – Трехмерная модель пеногенератора

При исследовании кратности пены для всех опытных образцов пеногенератора проводили по 5 серий измерений для каждого положения регулятора расхода раствора пенообразователя при заданном давлении.

Согласно методике проведения экспериментов, описанной в предыдущем разделе, установлены $V_{II} = 2 \text{ дм}^3$ и $m_1 = 1029 \text{ г}$.

Результаты проведения исследований по определению кратности пены, генерируемой опытными образцами, представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1. – Результаты определения кратности пены для раструба различной длины

Длина раструба, мм	Расход пожарного ствола											
	1-е положение регулятора, 0,5 л/с		2-е положение регулятора, 1 л/с		3-е положение регулятора, 2 л/с		4-е положение регулятора, 3,1 л/с		5-е положение регулятора, 4 л/с		6-е положение регулятора, 4,9 л/с	
	m_2 , г,	K	m_2 , г,	K	m_2 , г,	K	m_2 , г,	K	m_2 , г,	K	m_2 , г,	K
140	264	7,58	197	10,15	154	12,99	185	10,81	229	8,73	253	7,91
180	250	8,00	184	10,87	142	14,08	173	11,56	212	9,43	240	8,33
220	244	8,20	164	12,20	123	16,26	154	12,99	196	10,20	224	8,93
260	247	8,10	170	11,76	132	15,15	165	12,12	203	9,85	235	8,51
300	274	7,30	204	9,80	160	12,50	193	10,36	234	8,55	263	7,60

Стоит отметить, что полученные результаты экспериментальных исследований отличаются от результатов, опубликованных в [3]. Так, согласно рисунку 2, для всех опытных образцов кратность увеличивается с увеличением расхода раствора пенообразователя, достигая пикового значения при 2 л/с. Далее с увеличением расхода кратность падает, что обусловлено высокими скоростями движения жидкости и, как следствие, уменьшением времени для газонасыщения раствора пенообразователя [6]. Различия в зависимостях кратности пены от расхода огнетушащего вещества связаны в способах получения раствора пенообразователя в данной работе и [3]: в первой – раствор получали через пеносмеситель пожарного насоса, а во второй – непосредственно в цистерне с водой, добавив в нее пенообразователь. Конечно, в этой работе результаты экспериментальных данных (рис. 2) максимально приближены к реальным условиям, поэтому представляют не только теоретический, но и практический интерес.

В связи с этим проведены повторные исследования влияния площади ячейки пеногенерирующей сетки на кратность получаемой пены с построением новых зависимостей. При этом за базовую принята длина раструба 180 мм. Результаты полученных экспериментальных исследований представлены в таблице 2 и на рисунке 3.

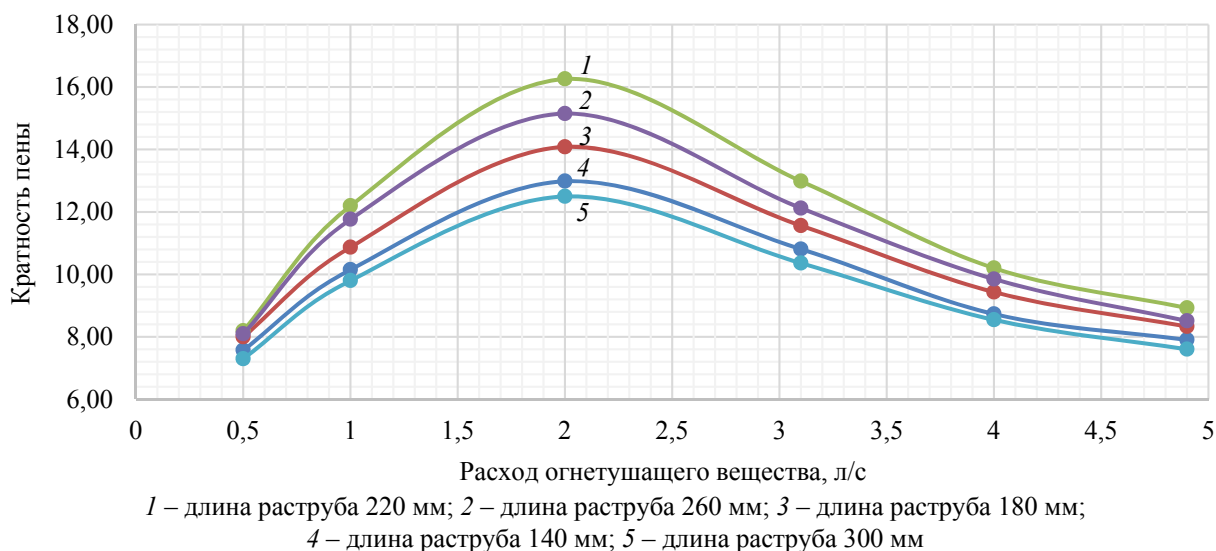
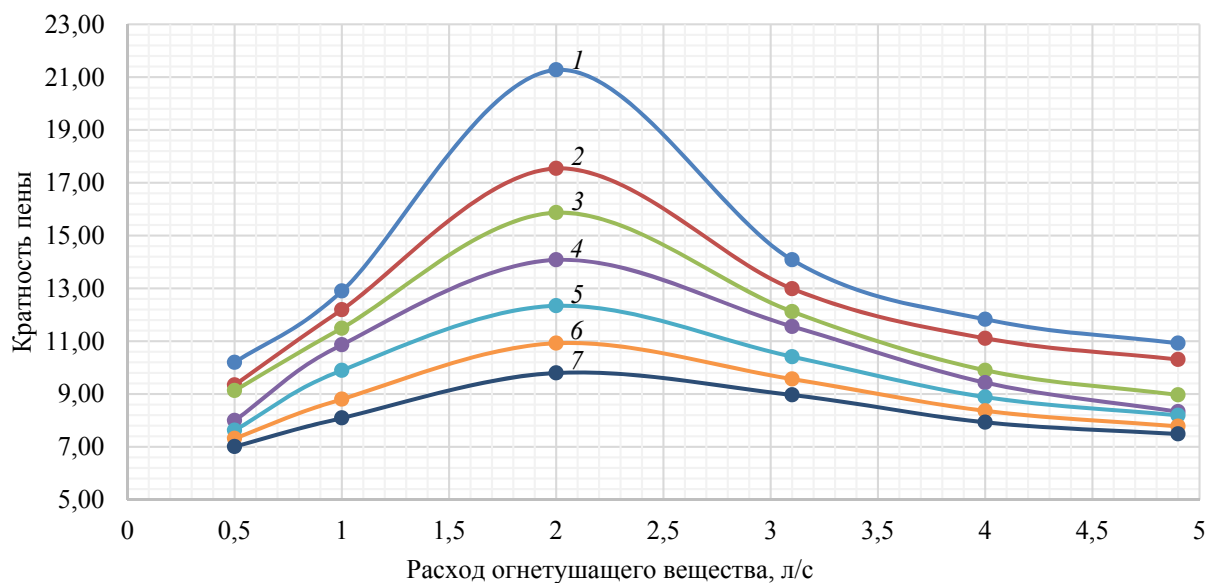


Рисунок 2. – Кратность пены для образцов пеногенератора с различными длинами раструба при изменении расхода раствора пенообразователя

Таблица 2. – Результаты определения кратности пены для сетки с различными размерами ячейки

Сетка		Расход пожарного ствола											
Размер ячейки, мм	Площадь ячейки, мм ²	1-е положение регулятора, 0,5 л/с		2-е положение регулятора, 1 л/с		3-е положение регулятора, 2 л/с		4-е положение регулятора, 3,1 л/с		5-е положение регулятора, 4 л/с		6-е положение регулятора, 4,9 л/с	
		<i>m</i> ₂ , г	<i>K</i>	<i>m</i> ₂ , г	<i>K</i>	<i>m</i> ₂ , г	<i>K</i>	<i>m</i> ₂ , г	<i>K</i>	<i>m</i> ₂ , г	<i>K</i>	<i>m</i> ₂ , г	<i>K</i>
		0,5 x 0,5	0,25	196	10,20	155	12,90	94	21,28	142	14,08	169	11,83
0,7 x 0,7	0,49	214	9,35	164	12,20	114	17,54	154	12,99	180	11,11	194	10,31
1,0 x 1,0	1	219	9,13	174	11,49	126	15,87	165	12,12	202	9,90	223	8,97
2,0 x 2,0	4	250	8,00	184	10,87	142	14,08	173	11,56	212	9,43	240	8,33
3,2 x 3,2	10,24	262	7,63	202	9,90	162	12,35	192	10,42	225	8,89	244	8,20
4,0 x 4,0	16	273	7,33	227	8,81	183	10,93	209	9,57	239	8,37	257	7,78
5,0 x 5,0	25	285	7,02	247	8,10	204	9,80	223	8,97	252	7,94	267	7,49



1 – размер ячейки 0,5 x 0,5 мм; 2 – размер ячейки 0,7 x 0,7 мм; 3 – размер ячейки 1,0 x 1,0 мм;
4 – размер ячейки 2,0 x 2,0 мм; 5 – размер ячейки 3,2 x 3,2 мм; 6 – размер ячейки 4,0 x 4,0 мм;
7 – размер ячейки 5,0 x 5,0 мм

Рисунок 3. – Кратность пены для пеногенирующих сеток с различным размером ячейки при изменении расхода раствора пенообразователя

Очевидно, что с увеличением площади ячейки сетки кратность уменьшается (рис. 3).

Однако для выбора оптимальных длины раструба и размера ячейки сетки необходимо дополнительно изучить дальность пенной струи для различных режимов работы пеногенератора. В таблице 3 и на рисунке 4 приведены результаты исследования дальности пенной струи.

Таблица 3. – Дальность пенной струи для сетки с различными размерами ячейки

Расход пожарного ствола	Дальность пенной струи, м, для сетки с размером ячейки, мм						
	0,5x0,5	0,7x0,7	1,0x1,0	2,0x2,0	3,2x3,2	4,0x4,0	5,0x5,0
1-е положение регулятора, 0,5 л/с	2,0	3,0	4,5	6,0	7,0	7,5	8,0
2-е положение регулятора, 1 л/с	5,0	7,0	8,5	10,0	11,0	12,0	12,5
3-е положение регулятора, 2 л/с	10,0	12,0	14,0	18,0	19,0	19,5	20,0
4-е положение регулятора, 3,1 л/с	11,0	12,5	15,0	18,5	19,5	20,0	20,5
5-е положение регулятора, 4 л/с	11,5	13,0	16,0	19,0	20,0	20,5	21,0
6-е положение регулятора, 4,9 л/с	12,0	13,5	16,5	19,5	21,0	21,5	22,0

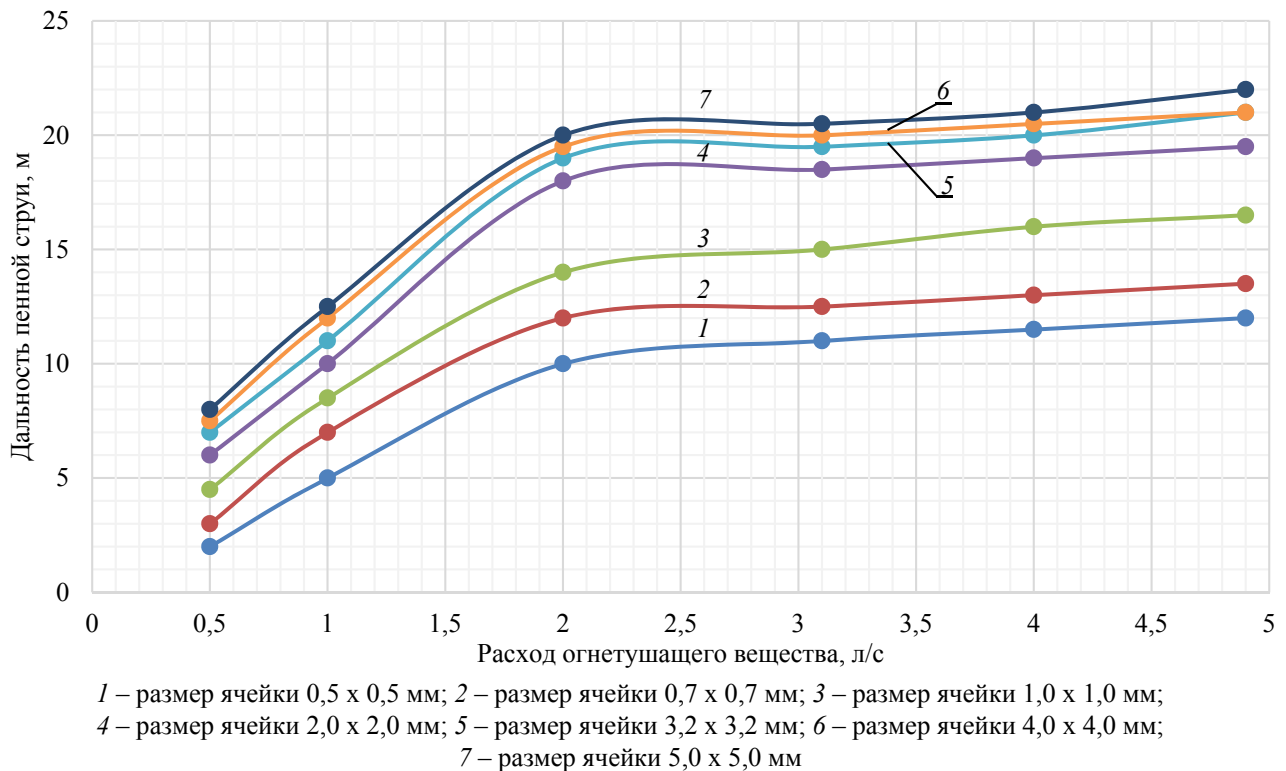


Рисунок 4. – Дальность пенной струи для пеногенерирующих сеток с различным размером ячейки при изменении расхода раствора пенообразователя

Согласно [7] дальность пенной струи из стволов с диаметром условного прохода соединительной головки 50 мм составляет не менее 18 м. Таким образом, сопоставив результаты, представленные на рисунках 6 и 7, можно сделать вывод, что по характеристике «кратность-дальность» наиболее оптимальной является сетка с площадью ячейки $S = 4 \text{ мм}^2$, для которой при расходе огнетушащего вещества 2 л/с дальность пенной струи составляет 18 м, а $K = 14$.

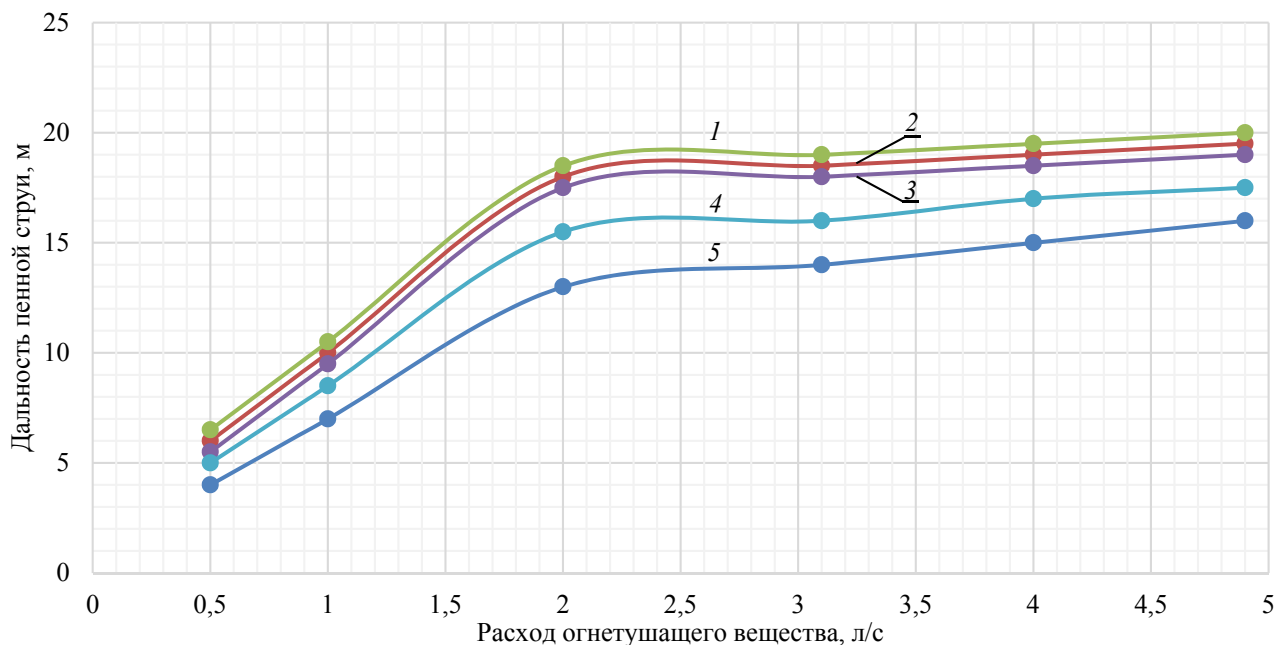
Аналогичным образом можно установить оптимальную длину раструба пеногенератора. Для этого дополним информацию о кратности (рис. 2) данными по дальности пенной струи в зависимости от длины раструба пеногенератора (табл. 3, рис. 5).

Сопоставив результаты, представленные на рисунках 2 и 5, можно сделать вывод, что по характеристике «кратность-дальность» наиболее оптимальным является раструб длиной 220 мм, для которого при расходе огнетушащего вещества 2 л/с дальность пенной струи равна 18 м, а $K = 16$.

На рисунке 6 показана зависимость дальности пенной струи от длины раструба. Видно, что при оптимальной длине 220 мм требуемая дальность достигается у кривых 1–4, однако только при расходе 2 л/с (кривая 4) достигается максимальная кратность $K = 16$ (рис. 2).

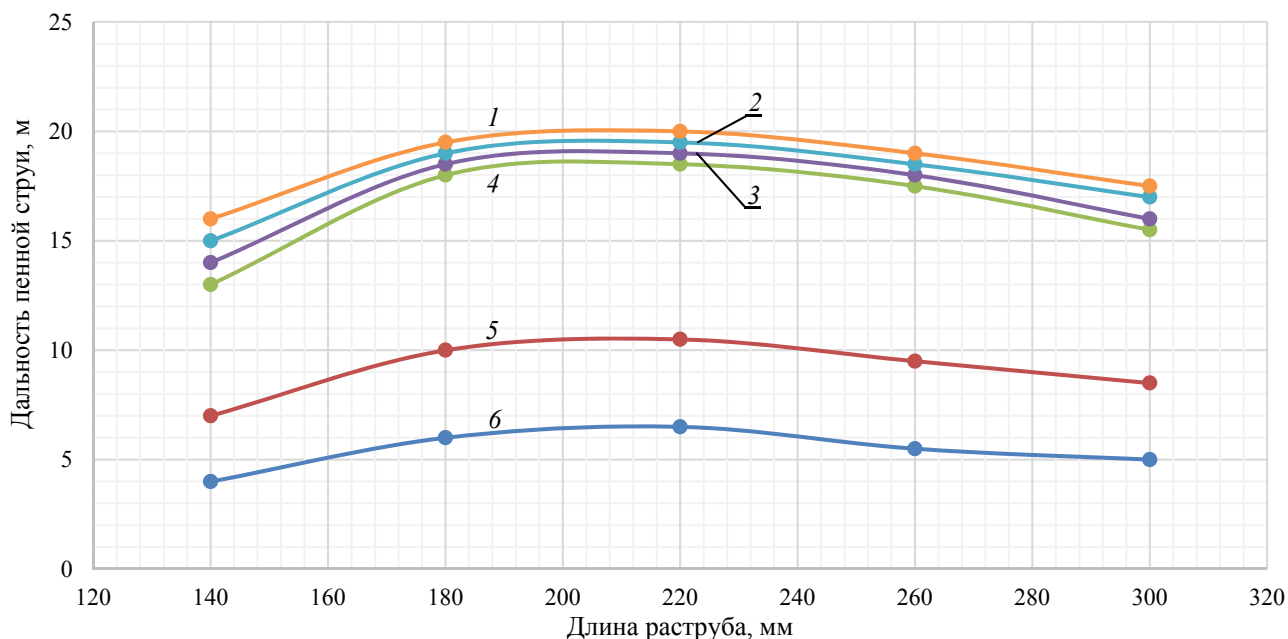
Таблица 4. – Дальность пенной струи для раструба различной длины

Расход пожарного ствола	Дальность пенной струи, м, для раструба различной длины, мм				
	140	180	220	260	300
1-е положение регулятора, 0,5 л/с	4,0	6,0	6,5	5,5	5
2-е положение регулятора, 1 л/с	7,0	10,0	10,5	9,5	8,5
3-е положение регулятора, 2 л/с	13,0	18,0	18,5	17,5	15,5
4-е положение регулятора, 3,1 л/с	14,0	18,5	19	18	16
5-е положение регулятора, 4 л/с	15	19,0	19,5	18,5	17
6-е положение регулятора, 4,9 л/с	16	19,5	20	19	17,5



1 – длина раструба 220 мм; 2 – длина раструба 180 мм; 3 – длина раструба 260 мм;
4 – длина раструба 300 мм; 5 – длина раструба 140 мм

Рисунок 5. – Дальность пенной струи для образцов пеногенератора с различными длинами раструба при изменении расхода раствора пенообразователя



1 – расход 4,9 л/с; 2 – расход 4,0 л/с; 3 – расход 3,1 л/с; 4 – расход 2,0 л/с; 5 – расход 1,0 л/с; 6 – расход 0,5 л/с

Рисунок 6. – Дальность пенной струи для образцов пеногенератора с различными расходами раствора пенообразователя при изменении длины раструба

Заключение. В ходе проведения экспериментальных исследований опытных образцов пеногенератора установлено, что наиболее оптимальным является опытный образец пеногенератора с длиной раструба 220 мм и сеткой с площадью ячейки 4 мм². При этом установлено, что с ростом расхода раствора пенообразователя кратность генерируемой пены растет, достигая максимума при расходе $Q = 2$ л/с, и далее начинает падать, поэтому для формирования воздушно-механической пены целесообразно пользоваться третьим положением регулятора расхода пожарного ствола. Опытный образец пеногенератора с длиной раструба 220 мм позволяет подавать пену с наиболее высокой кратностью и требуемой дальностью пенной струи. Кроме того, в результате сравнения результатов этой работы и данных [3] установлено, что для получения раствора пенообразователя необходимо использовать пеносмеситель пожарного насоса.

Таким образом, в результате проведенных исследований получены данные для последующей оптимизации устройства и размеров пеногенератора, даны рекомендации по использованию пеногенератора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Урядова, Н.В. Викинг знает свое дело / Н.В. Урядова // СБ Беларусь сегодня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/viking-znaet-svoe-delo.html>. – Дата доступа: 09.10.2018.
2. Ствол пожарный ручной универсальный СПРУК-50/0,7 «Викинг». Паспорт. Руководство по эксплуатации. ЭФЮП 306142.001 РЭ. – М.: РУП «Приборостроительный завод «ОПТРОН». – 9 с.
3. Камлюк, А.Н. Пеногенератор пожарного ствола СПРУК 50/0,7 «Викинг» / В.В. Пармон, М.Ю. Стриганова, А.А. Морозов, А.С. Курочкин // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2. – № 3. – С. 335–342.
4. Стенд для определения кратности и устойчивости пены низкой кратности: полез. модель ВУ 7605 / С.М. Малашенко, О.Д. Навроцкий. – Оpubл. 2011.10.30.
5. Учебно-методическое пособие по обработке экспериментальных данных / Н.И. Бохан [и др.]. – Светлая Роша: ИППК МЧС Республики Беларусь, 2008. – 34 с.
6. Качанов, И.В. О влиянии предварительного газонасыщения пенообразующего раствора на характеристики пены, генерируемой в автоматических установках пожаротушения / Д.А. Шафранский, В.В. Кулебякин, С.Ю. Павлюков // Вестник Командно-инженерного института. – 2015. – № 2 (22). – С. 53–60.
7. Система стандартов пожарной безопасности. Стволы пожарные ручные. Общие технические условия: СТБ 11.13.14-2009. – Введ. 21.08.09. – Минск: Госстандарт Респ. Беларусь: Минское областное управление МЧС Респ. Беларусь, 2009. – 12 с.

OPTIMIZATION OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE FIRE REMOVAL PENOGENERATOR SPRUK 50/0.7 «VIKING»

Andrei Kamluk, PhD in Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor

Valerij Parmon, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Marina Striganova, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Artsiom Marozau

The state educational establishment «University of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

Purpose. The study of the dependence of generated air-mechanical foam multiplicity on the socket length of foam generator of the fire-hose barrel SPRUK 50/0.7 «Viking».

Methods. Experimental studies were carried out on the basis of the University of Civil protection of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus in accordance with the requirements of Standard of Belarus 11.13.14-2009 «Manual fire barrel. General specifications».

Findings. It was stated that the prototype of the foam generator with a socket length of 220 mm was the most optimal. It was found that with increasing consumption of foaming agent, the multiplicity of generated foam grows, reaching a maximum at a flow rate of $Q = 2$ l/s, and then begins falling, therefore, to form an air-mechanical foam, it is advisable to use the third position of the flow regulator of fire-hose barrel. A prototype foam generator with a socket length of 220 mm allows you to apply the foam with the highest ratio and the required range of foam jet. It has also been established that to obtain a foam forming solution, it is necessary to use a fire pump foam mixer.

Application field of research. Extinguishing fires with air-mechanical foam using a fire-hose barrel SPRUK 50/0,7 «Viking».

Conclusions. In the course of experimental studies of prototypes of foam generator, it was established that the foam generator with a socket length of 220 mm allows to achieve the greatest range of the foam jet. Reducing or increasing the length of the socket leads to a decrease in the range.

Keywords: foam generator, low multiplicity foam, mesh, socket, stand, range of foam jet, foam multiplicity.

(The date of submitting: October 9, 2018)

REFERENCES

1. Uryadova N.V. *Viking znaet svoje delo* [Viking knows his stuff]: *Belarus' segodnya*, available at: <https://www.sb.by/articles/viking-znaet-svoe-delo.html> (accessed: October 9, 2018). (rus)
2. *Stvol pozharnyy ruchnoy universal'nyy SPRUK-50/0,7 «Viking» Passport. Rukovodstvo po ekspluatatsii* [Fire barrel manual universal SPRUK-50 / 0,7 «Viking»]: Passport. Manual. EfyuP 306142.001 RE. Minsk. RUP «Priborostroitel'nyy zavod «OPTRON»». 9 p. (rus)
3. Kamlyuk A.N., Parmon V.V., Striganova M.Yu., Morozov A.A., Kurochkin A.S. *Penogenerator pozharnogo stvola SPRUK 50/0,7 «Viking»* [Foam generator of the fire nozzle SPRUK 50/0,7 «Viking»]. *Vestnik Universiteta grazhdanskoy zashchity MChS Belarusi*, 2018. Vol. 2, No. 3. Pp. 335–342. (rus)
4. Malashenko M.S., Navrotskiy O.D. *Stend dlya opredeleniya kratnosti i ustoychivosti peny nizkoy kratnosti* [Stand for determining the multiplicity and stability of foam of low multiplicity]: patent BY 7605. Published December 30, 2005. (rus)
5. Bokhan N.I. *Uchebno-metodicheskoe posobie po obrabotke eksperimental'nykh dannykh* [Guide on experimental data processing]. Svetlaya Roshcha: Institute for Retraining and Professional Development of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, 2008. 34 p. (rus)
6. Kachanov I.V., Kulebyakin V.V., Pavlyukov S.Yu. *O vliyaniy predvaritel'nogo gazonasyscheniya penoobrazuyushchego rastvora na kharakteristiki peny, generiruemoy v avtomaticheskikh ustanovkakh pozharotusheniya* [On the effect of the preliminary gas saturation of a foaming solution on the characteristics of a foam generated in automatic fire extinguishing installations]. *Vestnik Komandno-inzhenerenogo instituta MChS Respubliki Belarus'*. 2015. No. 2 (22). Pp. 53–60. (rus)
7. *Sistema standartov pozharnoy bezopasnosti. Stvolyy pozharnyye ruchnyye. Obshchie tekhnicheskie usloviya* [Fire fighting trunks manual. General specifications: Standard of Belarus 11.13.14-2009]. Affirmed August 21, 2009. Minsk: The State Committee for Standardization of the Republic of Belarus, 2009. 12 p. (rus)