

УДК 614.841

**Бунто И.А., Кицак А.И., Никиточкин Е.Л., Надточий Д.Н., Хотеловский П.В.**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОРОШЕНИЯ ОРОСИТЕЛЯ ВОДЯНОГО ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЕ ВЫСОТНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И СКЛАДОВ**

*Учреждение «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, г. Минск*

Целью работы является исследование основных характеристик орошения оросителя водяного общего назначения – интенсивности и равномерности орошения защищаемой площади для высот установки оросителя существенно больших нормировочных при испытании оросителей по СТБ 11.16.06.

Установлено, что с увеличением высоты расположения оросителя относительно защищаемой площади интенсивность орошения для исследованных типов оросителей уменьшается примерно одинаково для различного монтажного расположения розетки оросителя и давления перед его выходным отверстием. Однородность орошения при этом улучшается. При высоте установки оросителя  $H = 9,5$ , м, наблюдается уменьшение интенсивности орошения на 30-50 % относительно значения интенсивности, измеренной при нормированной высоте  $H = 2,5$ , м. Однородность орошения возрастает примерно на 15-20 %.

Рекомендовано осуществлять при проектировании АУП для высотных помещений экспериментальную оценку характеристик орошения выбранного типа оросителя для предполагаемой высоты его установки, либо определение экспериментальной зависимости их от высоты установки оросителя относительно защищаемой площади на ограниченном интервале высот установки с целью оценки значений характеристик орошения на предполагаемой высоте установки оросителя методом аппроксимации полученной зависимости.

*Ключевые слова:* пожар, автоматическая установка пожаротушения, ороситель, интенсивность орошения, однородность орошения, защищаемая площадь.

**Bunto I.A., Kitsak A.I., Nikitochkin E.L., Nadtochii D.N., Hotelovski P.V.**

**STUDY OF THE IRRIGATION CHARACTERISTICS OF A GENERAL-PURPOSE WATER SPRINKLER FOR USE IN FIRE PROTECTION HIGH-RISE BUILDINGS AND WAREHOUSES**

*The Establishment "Research Institute of Fire Safety and Emergencies" of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk*

The purpose of the work is to study the main characteristics of irrigation of a general-purpose water sprinkler - the intensity and uniformity of irrigation of the protected area for sprinkler installation heights significantly higher than those normalized when testing sprinklers according to STB 11.16.06.

It has been established that with an increase in the height of the sprinkler relative to the protected area, the irrigation intensity for the studied types of sprinklers decreases approximately equally for different mounting locations of the sprinkler outlet and the pressure in front of its outlet. This improves the uniformity of irrigation. When the sprinkler installation height is  $H = 9.5$ , m, there is a decrease in irrigation intensity by 30-50% relative to the intensity value measured at  $H = 2.5$ , m. Irrigation uniformity increases by approximately 15-20%.

When designing fire extinguishing installation for high-rise buildings, it is recommended to evaluate the irrigation characteristics of the selected type of sprinkler for the expected height of its installation, or to determine their experimental dependence on the height of installation of the sprinkler relative to the protected area over a limited interval of installation heights in order to estimate the values of the irrigation characteristics at the expected height of installation of the sprinkler using the approximation method the resulting dependency.

*Keywords:* fire, automatic fire extinguishing installation, sprinkler, irrigation intensity, irrigation uniformity, protected area.

## Введение

Автоматические установки водяного и пенного пожаротушения (далее – АУП) остаются в настоящее время наиболее востребованными системами противопожарной защиты зданий, сооружений, производств и складов.

Основными функциями АУП являются:

- запуск процесса тушения пожара на начальной стадии его развития (критического времени свободного развития пожара по [1]);
- тушение пожара с целью его ликвидации или локализации в течение времени, требуемого для применения оперативных сил и средств.

АУП подразделяются на спринклерные и дренчерные в зависимости от типа применяемого основного элемента установки – оросителя. Ороситель – устройство для разбрызгивания или распыления воды и/или водных растворов. Ороситель дренчерный это ороситель с открытым выходным отверстием. Спринклерный ороситель – ороситель с запорным устройством выходного отверстия, вскрывающимся при срабатывании теплового замка.

Выбор спринклерной или дренчерной АУП определяется в зависимости от технологических, конструктивных и объемно-планировочных особенностей защищаемых зданий и помещений в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами (далее – ТНПА), пожарной опасности и физико-химических свойств производимых, хранимых и применяемых веществ и материалов, температуры защищаемых помещений и их площади.

Эффективность работы АУП определяется качеством проведенных расчетных работ при ее проектировании. Основу расчета АУП составляет гидравлический расчет спринклерной или дренчерной сети пожаротушения. Он бази-

руется на выборе требуемого для достижения цели пожаротушения типа оросителя и его характеристик орошения.

Важнейшими характеристиками орошения оросителя, на основе которых производится гидравлический расчет АУП являются: расход воды через ороситель  $Q$ ,  $\text{дм}^3/\text{с}$ , защищаемая площадь оросителя  $S$ ,  $\text{м}^2$ , интенсивность  $I$ ,  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , и равномерность  $R$  орошения защищаемой площади. Защищаемая площадь – это площадь, на которой обеспечивается тушение пожара [2].

Расход воды через ороситель определяется по формуле

$$Q = 10 \cdot K \sqrt{P},$$

где  $K$  – коэффициент производительности оросителя,  $\text{дм}^3 / \text{с} \cdot \sqrt{\text{МПа}}$  ;

$P$  – давление воды перед оросителем, МПа.

Интенсивность орошения при неравномерном распределении воды по защищаемой площади равна среднему расходу воды, приходящемуся на единицу площади [2]. Равномерность орошения определяется отношением среднеквадратичного отклонения интенсивности орошения к средней интенсивности орошения защищаемой площади [2].

В зависимости от выбранного типа оросителя, расхода им огнетушащего вещества, интенсивности орошения и защищаемой площади орошения разрабатывается план размещения оросителей и трассировка трубопроводной сети. Выбор типа оросителя и его характеристик орошения усложняется при проектировании АУП для защиты высотных помещений и складов (до 20 м высотой). Это обусловлено тем, что строительные нормы Республики Беларусь [3] требуют применения в данном случае оросителей с регламентированными значениями характеристик орошения, которые, однако, определяются согласно [1] при значениях высоты установки оросителей относительно защищаемой площади, существенно меньших требуемых (в основном при 2,5 м), а также фиксированных давлениях огнетушащего вещества на входе оросителя (0,1 и 0,3 МПа). Очевидно, что при установке оросителей на высотах больше 2,5 м, характеристики орошения защищаемой площади будут отличаться от нормативных [4].

В настоящее время в технической документации на оросители не приводятся необходимые для корректного расчета АУП карты орошения (пространственные распределения интенсивности орошения по защищаемой площади) в зависимости от высоты расположения оросителя и давления огнетушащей среды на входе оросителя. В связи с этим при проектировании АУП для высотных помещений возникает задача количественной оценки интенсивности и равномерности орошения защищаемой площади оросителем на предполагаемой высоте его установки для различного монтажного положения розетки (вверх, вниз) и давления воды (раствора воды) перед ним.

Целью настоящей работы является исследование зависимости интенсивности и равномерности орошения защищаемой площади оросителей водяных общего назначения от высоты установки оросителя, монтажного расположения его розетки (вверх, вниз) и давления перед оросителем.

## Результаты исследований

Исследования проводились на базе созданного в испытательном-исследовательском полигоне НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси стенда для испытаний широкого спектра технических средств пожаротушения: оросителей водяных, в том числе совместно с подвесными потолками на высоте до 10,5 м, модулей порошкового, газового пожаротушения, а также систем пожаротушения тонкораспыленной водой.

Стенд представляет собой помещение с габаритными размерами 13,7x8,65 м<sup>2</sup> и регулируемым по высоте до 10,5 м потолком. В состав стенда входит испытательное, насосное оборудование и системы управления данным оборудованием. Он включает также две емкости для хранения огнетушащих веществ:

- объемом 1000 м<sup>3</sup>, подключенную в обвязку трубопроводов через дозатор с возможностью автоматического смешивания раствора пенообразователя с необходимым процентным соотношением;
- объемом 12000 м<sup>3</sup>, для хранения огнетушащих веществ, с обвязкой трубопроводов, позволяющей осуществлять подачу ОТВ циклично (по замкнутому контуру).

Применяемое насосное оборудование позволяет создавать контролируемый расход огнетушащих веществ до 650 м<sup>3</sup>/ч.

Измерения характеристик орошения оросителей водяных общего назначения: интенсивности и равномерности орошения защищаемой площади проводилось по методике [2] в широком диапазоне высот установки оросителя относительно защищаемой площади. Для измерений были подобраны спринклерные оросители различных изготовителей с разными формами розеток распыления воды и их монтажным расположением, а также различными коэффициентами производительности,  $K$ .

В таблице 1 приведены справочно технические характеристики испытуемых оросителей, а также их нормативная интенсивность орошения для высоты установки оросителей, равной 2,5 м, и давлениями перед оросителями 0,1 и 0,3 МПа.

Таблица 1. – Технические характеристики оросителей водяных спринклерных общего назначения

Номер оросителя	Монтажное расположение оросителя	Коэффициент производительности $K$ , дм <sup>3</sup> / с · √МПа	Диаметр выходного отверстия оросителя $d$ , мм	Давление воды на входе оросителя $P$ , МПа	Средняя интенсивность орошения (нормативная) $I$ , дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·с)
1	Розеткой вниз	0,35	10,5	0,1	0,054
				0,3	0,092
2	Розеткой вверх	0,42	11,2	0,1	0,062
				0,3	0,106
3	Розеткой вниз	0,60	13,4	0,1	0,094
				0,3	0,160

4	Розеткой вверх	0,84	15,8	0,1	0,137
				0,3	0,234

В таблицах 2-5 приведены средние по трем независимым измерениям значения интенсивности и равномерности орошения защищаемой площади спринклерными оросителями общего назначения с техническими характеристиками, приведенными в таблице 1, для различных высот их установки относительно защищаемой площади и давления перед оросителем.

Таблица 2. – Результаты измерений характеристик орошения оросителя № 1

Монтажное расположение оросителя, коэффициент производительности	Высота размещения оросителя, м	Давление воды на выходе оросителя, МПа			
		0,1		0,3	
		Средняя интенсивность орошения (фактическая) $I$ , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения $R$	Средняя интенсивность орошения (фактическая) $I$ , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения $R$
Розеткой вниз, $K = 0,35 \text{ дм}^3 / \text{с} \cdot \sqrt{\text{МПа}}$	2,5	0,067	0,35	0,138	0,50
	3,5	0,057	0,33	0,121	0,45
	4,5	0,041	0,320	0,100	0,42
	5,5	0,040	0,29	0,105	0,36
	6,5	0,040	0,23	0,107	0,29
	7,5	0,041	0,25	0,113	0,31
	8,5	0,041	0,28	0,119	0,32
	9,5	0,040	0,28	0,126	0,38

Таблица 3. – Результаты измерений характеристик орошения оросителя № 2

Монтажное расположение оросителя, коэффициент производительности	Высота размещения оросителя, м	Давление воды на выходе оросителя, МПа			
		0,1		0,3	
		Средняя интенсивность орошения (фактическая) $I$ , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения $R$	Средняя интенсивность орошения (фактическая) $I$ , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения $R$
Розеткой вверх, $K = 0,42 \text{ дм}^3 / \text{с} \cdot \sqrt{\text{МПа}}$	2,5	0,075	0,49	0,166	0,49
	3,5	0,063	0,47	0,151	0,35
	4,5	0,055	0,28	0,122	0,36
	5,5	0,053	0,28	0,110	0,35
	6,5	0,048	0,24	0,107	0,35
	7,5	0,046	0,26	0,095	0,33
	8,5	0,045	0,32	0,096	0,32
	9,5	0,043	0,33	0,095	0,33

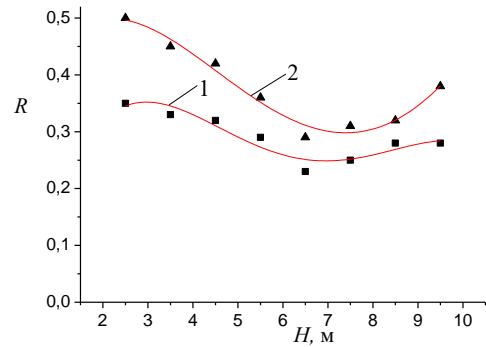
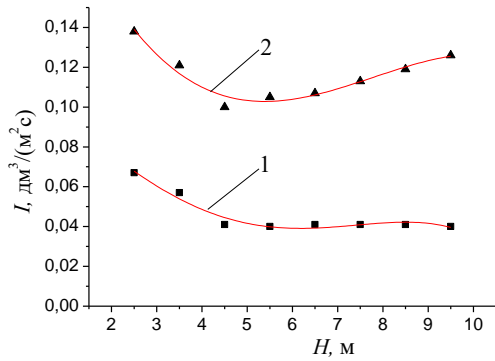
Таблица 4. – Результаты измерений характеристик орошения оросителя № 3

Монтажное расположение оросителя, коэффициент производительности	Высота размещения оросителя, м	Давление воды на выходе оросителя, МПа			
		0,1		0,3	
		Средняя интенсивность орошения (фактическая) $I$ , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения $R$	Средняя интенсивность орошения (фактическая) $I$ , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения $R$
Розеткой вниз, $K=0,6$ $\text{дм}^3 / \text{с} \cdot \sqrt{\text{МПа}}$	2,5	0,097	0,47	0,176	0,44
	3,5	0,091	0,45	0,170	0,43
	4,5	0,086	0,43	0,162	0,42
	5,5	0,072	0,42	0,153	0,41
	6,5	0,070	0,41	0,141	0,42
	7,5	0,065	0,40	0,129	0,41
	8,5	0,061	0,40	0,117	0,40
	9,5	0,056	0,41	0,115	0,40

Таблица 5. – Результаты измерений характеристик орошения оросителя № 4

Монтажное расположение оросителя, коэффициент производительности	Высота размещения оросителя, м	Давление воды на выходе оросителя, МПа			
		0,1		0,3	
		Средняя интенсивность орошения (фактическая) $I$ , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения $R$	Средняя интенсивность орошения (фактическая) $I$ , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Средний коэффициент равномерности орошения $R$
Розеткой вверх, $K=0,8$ $\text{дм}^3 / \text{с} \cdot \sqrt{\text{МПа}}$	2,5	0,162	0,40	0,300	0,43
	3,5	0,152	0,41	0,242	0,44
	4,5	0,131	0,31	0,212	0,38
	5,5	0,102	0,31	0,199	0,34
	6,5	0,082	0,33	0,184	0,30
	7,5	0,083	0,31	0,176	0,34
	8,5	0,080	0,3	0,166	0,46
	9,5	0,070	0,31	0,160	0,44

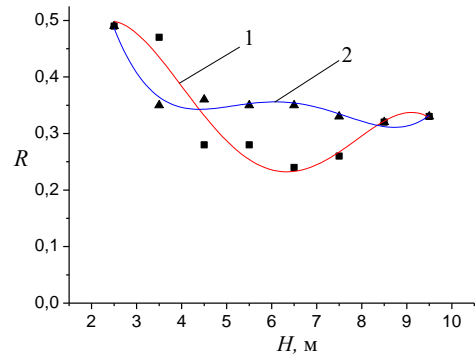
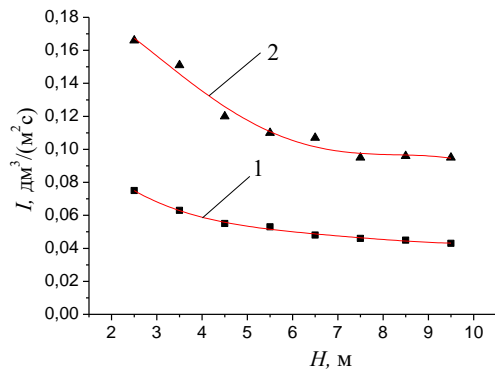
На рисунках 1-4 представлены зависимости средней интенсивности  $I$ ,  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , (а), и среднего коэффициента равномерности  $R$  (б) орошения защищаемой площади спринклерными оросителями общего назначения №№ 1-4 от высоты установки  $H$ , м, относительно защищаемой площади и давления перед оросителем.



а

б

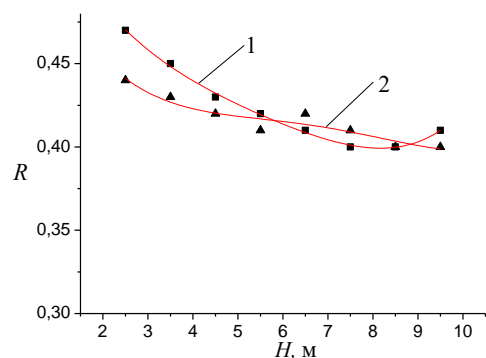
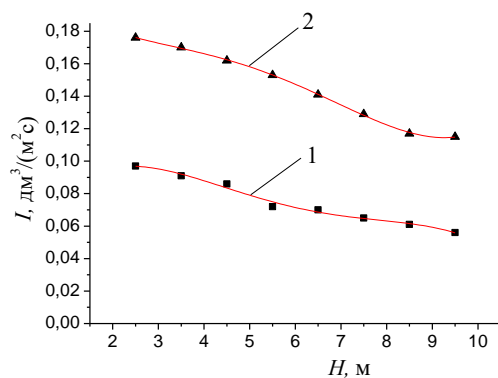
Рисунок 1. – Зависимости средней интенсивности орошения  $I$ ,  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  (а) и среднего коэффициента равномерности орошения  $R$  (б) при давлении  $P = 0,1$  МПа (кривые 1 (■)) и  $P = 0,3$  МПа (кривые 2 (▲)) от высоты установки  $H$ , м, спринклерно-го оросителя №1



а

б

Рисунок 2. – Зависимости средней интенсивности орошения  $I$ ,  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  (а) и среднего коэффициента равномерности орошения  $R$  (б) при давлении  $P = 0,1$  МПа (кривые 1 (■)) и  $P = 0,3$  МПа (кривые 2 (▲)) от высоты установки  $H$ , м, спринклерного оросителя №2



а

б

Рисунок 3. – Зависимости средней интенсивности орошения  $I$ ,  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  (а) и среднего коэффициента равномерности орошения  $R$  (б) при давлении  $P = 0,1$  МПа (кривые 1 (■)) и  $P = 0,3$  МПа (кривые 2 (▲)) от высоты установки  $H$ , м, спринклерного оросителя №3

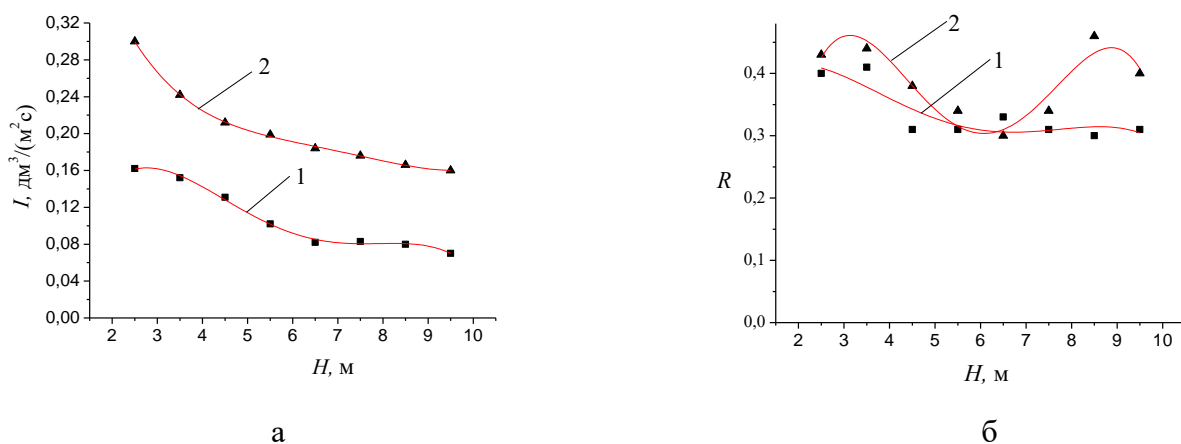


Рисунок 4. – Зависимости средней интенсивности орошения  $I$ , дм<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с) (а) и среднего коэффициента равномерности орошения  $R$  (б) при давлении  $P = 0,1$  МПа (кривые 1 (■)) и  $P = 0,3$  МПа (кривые 2 (▲)) от высоты установки  $H$ , м, спринклерного оросителя №4

### Анализ результатов исследований

Из графиков, приведенных на рисунках 1-4 (а), следует, что средняя интенсивность орошения защищаемой площади практически всеми испытуемыми оросителями уменьшается с увеличением высоты установки оросителя при давлении перед оросителем 0,1 МПа. Такая же зависимость интенсивности орошения от высоты установки оросителя наблюдается для давления перед оросителем 0,3 МПа за исключением оросителя №1, для которого она уменьшается до высоты установки оросителя 4,5 м, а затем увеличивается. Полученный результат для оросителя №1 можно считать исключением из наблюдаемой закономерности и объяснить его проявлением индивидуального изменения на некотором этапе измерений его эпюры орошения. Снижение интенсивности орошения с увеличением высоты расположения оросителя относительно плоскости орошения можно объяснить увеличением площади орошения. Однако при этом нельзя гарантировать, что на данной орошаемой площади будут потушены тестовые очаги пожара, которые применялись для определения границ защищаемой площади оросителя, при нормативной высоте установки оросителя, равной 2,5 м.

Анализ приведенных на рисунках 1-4 (б) зависимостей однородности орошения защищаемой площади от высоты установки оросителя свидетельствует о преимущественном улучшении однородности орошения с ростом высоты установки оросителя, хотя наблюдаются и существенные отклонения от данной тенденции, например, для оросителя №4 при давлении напора воды перед ним, равным 0,3 МПа.

### Заключение

Из проведенного экспериментального исследования зависимостей интенсивности орошения защищаемой площади от высоты установки оросителя  $H$ , м, следует, что с увеличением высоты  $H$ , м, интенсивность орошения практически



всех исследованных оросителей уменьшается, примерно, одинаково для различного монтажного расположения розетки оросителя и давления перед его выходным отверстием. При высоте установки оросителя  $H = 9,5$ , м, интенсивность орошения уменьшается на 30-50 % относительно значения интенсивности фиксируемого при  $H = 2,5$ , м. Однородность орошения при этом улучшается, примерно, на 20 %.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проведения при проектировании АУП для высотных помещений оценок характеристик орошения выбранного типа оросителя для предполагаемой высоты его установки, либо определения экспериментальной зависимости их от высоты установки оросителя относительно защищаемой площади на ограниченном интервале высот установки с целью оценки значений характеристик на предполагаемой высоте установки оросителя методом аппроксимации полученной зависимости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91 – Введ. 01.07.1992. – Москва: Стандартинформ, 2006. – 68 с.

2. Система стандартов пожарной безопасности. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний: СТБ 11.16.06-2011/ГОСТ Р 51043-2002. – Введ. 30.05.2011 – Минск: Учреждение «Научно-исследовательский ин-т пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций» МЧС Республики Беларусь, 2011. – 33 с.

3. Строительные нормы Республики Беларусь. Пожарная автоматика зданий и сооружений: СН 2.02.03-2019. – Введ. 29.11.2019 – Минск: Научно-проектно-производственное республиканское унитарное предприятие «РУП Стройтехнорм», 2019. – 99 с.

4. Мешман Л.М, Цариченко С.Г., Былинкин В.А., Алешин В.В., Губин Р.Ю. Проектирование водяных и пенных автоматических установок пожаротушения / Л.М. Мешман, С.Г. Цариченко, В.А. Былинкин, В.В.Алешин, Р.Ю. Губин // – М.: ФГУ ВНИИПО, 2002. – 398 с.

## REFERENCES

1. Mejgosudarstvennoi standart. Sistema standartov bezopasnosti truda. Pojarnaya bezopasnost'. Obschie trebovaniya. GOST 12.1.004 - 91 – Vved. 01.07.1992 – Moskva: Standartinform, 1992. – 68 p.

2. Sistema standartov pojarnoi bezopasnosti. Ustanovki vodyanjgo i pennogo pojarotusheniya avtomaticheskie. Orositeli. Obshie tekhnicheskie trebovaniya. Metodi ispitanii: STB 11.16.06 -2011/ GOST R 51043-2002 – Vved. 30.05.2011 – Minsk: Uchrejdienie “Nauchno-issledovatel’skii institute pojarnoi bezopasnosti i chrezvichainikh situacii” MCHS Respubliki Belarus, 2011. – 33 p.

3. Stroitel’nie normi Respubliki Belarus. Pojarnaya automatic zdanii i soorujenii: СН 2.02.03-2019. – Vved. 29.11.2019 – Minsk:Nauchno-proektno- proizvodstvennoe respublikanskoe unitarnoe predpriyatie “ RUP Stroitekhnorm”, 2019 – 99 p.

4. Meshman L.M., Tsarichenko S.G., Bilinken B.A., Aleshin B.B., Gubin R.Y  
Proektirovanie vodyanikh i pennikh avtomaticheskikh ustanovok pojarotusheniya /  
L.M. Meshman, S.G. Tsarichenko, B.A. Bilinken, B.B. Aleshin, R.Y Gubin // –  
M:FGU VNIPO, 2002. – 398 p.

