

УДК 614.841.45

ВЛИЯНИЕ ЦЕЛЕВЫХ ДОБАВОК К ВОДЕ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ**Сизиков А.А., Жартовский С.В., Нижник В.В., Балло Я.В., Бенедюк В.С.**

Приведены результаты экспериментальных исследований по определению влияния целевых добавок к воде комплексного действия на основе жидкого натриевого стекла (Na_2SiO_3) и карбоната калия (K_2CO_3) на гидравлические характеристики и огнетушащую эффективность системы спринклерного пожаротушения. Определена относительная огнетушащая эффективность системы спринклерного пожаротушения, заполненная исследуемым водным огнетушащим раствором, по сравнению с системой спринклерного пожаротушения, заполненной водой без целевых добавок, при тушении модельного очага пожара класса 13А, при одинаковых условиях проведения натурных огневых исследований. Доказана эффективность предложенного водного огнетушащего раствора для применения его в системе спринклерного пожаротушения, которая отделена от системы хозяйственно-питьевого водопровода.

Ключевые слова: огнетушащий раствор, целевые добавки комплексного действия, система пожаротушения, огнетушащая эффективность, потери напора.

(Поступила в редакцию 19 декабря 2016 г.)

Введение. Значительная высота здания (например, более 73,5 м) предъявляет особые требования к пожарной безопасности таких сооружений и техническим характеристикам противопожарных инженерных систем, в том числе систем внутреннего противопожарного водопровода (далее - СВВП) и системы пожаротушения (далее - СП). СВВП в зданиях с условной высотой выше 73,5 м в соответствии с украинскими нормами [1-2] и ряда зарубежных нормативных документов [3-5] проектируется исключительно отделенной относительно системы внутреннего хозяйственно-питьевого водопровода. Данное требование обусловлено необходимостью обеспечения надежного функционирования СВВП независимо от других систем водоснабжения в высотных зданиях.

В работах [6-7] исследованы проблемные вопросы эксплуатации СВВП в высотных зданиях и, в частности, предложено для повышения эффективности СВВП использование водного огнетушащего вещества (далее - ВОВ) с 1% содержанием Na_2SiO_3 и K_2CO_3 в равных пропорциях в отделенной от хозяйственно-питьевого водопровода СП.

По результатам экспериментальных исследований [8] выявлено уменьшение потерь напора на участке трубопровода СП во время протекания в нем исследуемого ВОВ по сравнению с водой без целевых добавок. При этом гидравлическое сопротивление нового стального трубопровода СП во время протекания по нему исследуемого ВОВ было меньше в среднем в 1,4 раза по сравнению с протеканием по нему воды без целевых добавок, а для трубопровода СП со сроком эксплуатации 26 лет гидравлическое сопротивление в среднем уменьшилось в 2,4 раза. Данное исследование проведено для ламинарного режима протекания ВОВ в трубопроводе и при минимальных гидравлических параметрах, а именно диаметр трубы – 25 мм, расход воды 2,5-3,0 л/мин, скорость потока – 0,13-0,16 м/с.

Кроме того, в работах [9-10] в лабораторных условиях исследована относительная огнетушащая эффективность водных огнетушащих веществ на основе Na_2SiO_3 и K_2CO_3 по сравнению с водой без добавок при тушении модельных очагов класса А и В. При этом было определено, что при одинаковых условиях испытаний во время тушения очага пожара класса А и В тонкораспыленным исследуемым ВОВ критическая интенсивность подачи исследуемого раствора на тушение составляет 0,48 л/м²·сек для класса А и 0,076 л/м²·сек для класса В, что в 2,2 и 2,7 раза соответственно эффективнее тушения водой без целевых добавок.

Учитывая, что указанные исследования проводились в лабораторных условиях, было принято решение относительно того, что дальнейшие экспериментальные исследования необходимо проводить с использованием испытательного оборудования, обеспечивающего параметры функционирования адекватные реальным параметрам функционирования СП, а модельные очаги пожара – адекватные реальной пожарной нагрузке на объекте. Таким образом, актуализировался вопрос проведения натурных исследований для опре-

деления влияния исследуемого ВОВ на гидравлические потери напора в трубопроводе СП и определении относительной огнетушащей эффективности спринклерной СП при на- турных огневых испытаниях.

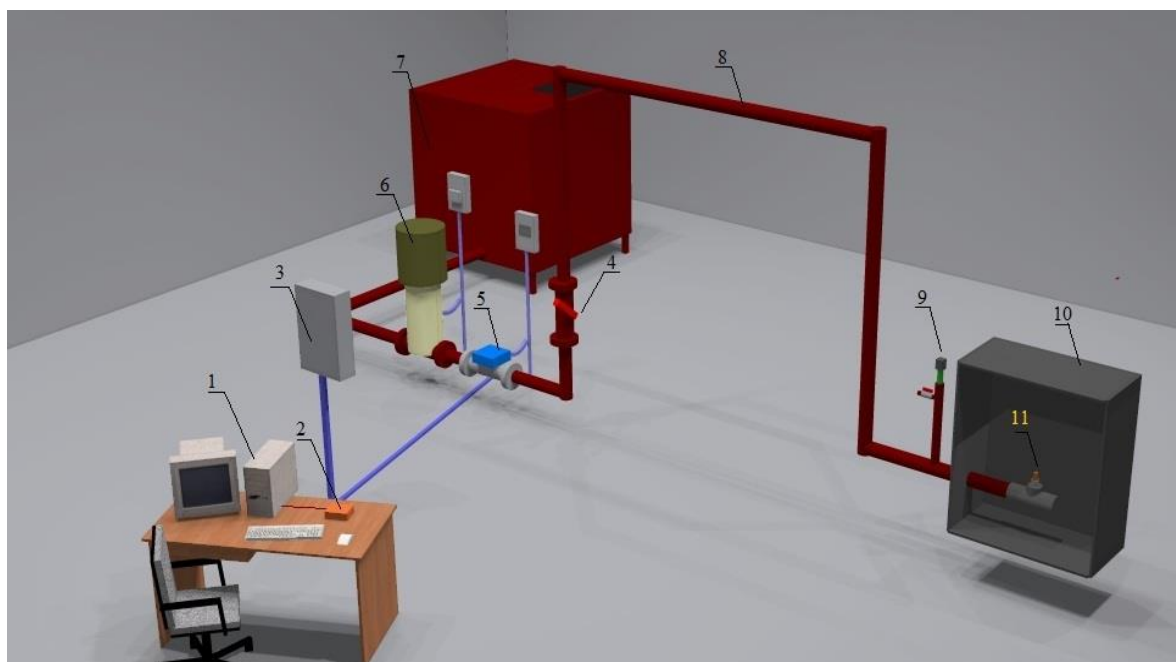
Особенностью данных гидравлических исследований по определению и сравнению потерь напора в трубопроводе СП при протекании в нем ВОВ и воды без целевых добавок является то, что данные экспериментальные исследования проводились путем решения обратной задачи, а именно расчетом расхода исследуемой ВОВ и воды без целевых добавок через коэффициент расхода спринклерного оросителя (К-фактор) и на основе полученных данных был сделан вывод о гидравлических потерях напора в СП.

Методика экспериментальных исследований. Первый этап исследований проводился на стенде для определения коэффициента расхода спринклерных оросителей (К-фактор). Экспериментальные исследования проводились для определения, расчета и сравнения значений фактического расхода воды без добавок и исследуемого ВОВ спринклерного оросителя СП при турбулентном режиме протекания в подающем трубопроводе.

Исследования проводились в при следующих климатических условиях:

- температура воздуха: $+18^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$);
- относительная влажность воздуха: 69 % (± 1 %);
- атмосферное давление: 94,5 кПа (688 мм. рт. ст.).

Экспериментальные исследования проводились по действующей метрологически аттестованной методике [11], которая соответствует требованиям [12] по определению коэффициента расходов спринклерного оросителя. На рисунке 1 приведена схема испытательного стенда.



1 – электронно-вычислительное и регистрирующее оборудование; 2 – регулятор частоты работы насоса; 3 – автоматизированный блок управления; 4 – запорный кран; 5 – расходомерное устройство; 6 – насос; 7 – резервуар для воды или исследуемого ВОВ; 8 – подающий трубопровод; 9 – датчик давления; 10 – камера для проведения гидравлических испытаний спринклерных оросителей; 11 – спринклерный ороситель

Рисунок 1 – Схема испытательного стенда по определению коэффициента расходов оросителей

До проведения опыта резервуар (7) был наполнен исследуемым ВОВ с целевыми добавками в количестве 2 м^3 , а также проводились настройки регулятора (2) частоты работы двигателя насоса (6) и программного обеспечения электронно-вычислительного блока (1) испытательного стенда для автоматизированного определения расхода ВОВ через спринклерный ороситель (11).

После завершения настройки испытательного стенда, включают насосное оборудование (6). С помощью регулятора давления (2) в подающем трубопроводе (8) создают необходимое рабочее давление (от 0,05 МПа до 0,55 МПа через интервал 0,1 МПа ($\pm 0,0002$ МПа), при котором измеряют расход воды с помощью электромагнитного расходомерного устройства (5). Для получения данных с минимальной погрешностью, после ка-

ждого этапного повышения значения давления, перед снятием данных ждут 2 мин для стабилизации турбулентного режима движения потока ВОВ и выхода двигателя насоса на рабочую частоту. Во время испытаний значение давления воды перед спринклерным оросителем с выходным отверстием диаметром 10 мм (11) контролируют с помощью электрического датчика давления (9) типа SEN-3251 B085 с диапазоном измерения давления от 0,0 до 1,6 МПа.

На рисунке 2 приведен фрагмент испытаний спринклерного оросителя для определения коэффициента расхода.



Рисунок 2 – Фрагмент испытаний для определения коэффициента расхода спринклерного оросителя

В таблице 1 приведены результаты полученных экспериментальных данных касательно коэффициента расхода исследуемого ВОВ и воды без целевых добавок через спринклерный ороситель в зависимости от давления (К-фактор).

Таблица 1 – Результаты значений коэффициента расхода воды и исследуемого ВОВ через спринклерный ороситель в зависимости от давления

Давление перед оросителем, МПа	К-фактор спринклерного оросителя воды без добавок, (л·мин) ⁻¹ /МПа ^{-0.5}	К-фактор спринклерного оросителя ВОВ з 1% содержанием Na ₂ SiO ₃ и K ₂ CO ₃ в равных пропорциях, (л·мин) ⁻¹ /МПа ^{-0.5}
0,05	83,43	93,48
0,15	80,83	90,22
0,25	79,94	89,49
0,35	79,37	85,52
0,45	79,05	83,67
0,55	79,09	83,06

На основе полученных данных значения коэффициента расхода спринклерного оросителя (К-фактор) по формуле (1) рассчитывали значения расхода (Q, л/мин) исследуемого ВОВ и воды без целевых добавок.

$$Q = K \cdot \sqrt{P}, \quad (1)$$

где Q – расход воды, л/мин; K – коэффициент расхода спринклерного оросителя; P – давление, МПа.

После завершения опыта и внесения данных в протокол, резервуар (7) с остатками исследуемого ВОВ опорожняют, а систему промывают от его остатков. По завершению промывки, резервуар наполняют водой без добавок, и по методике приведенной выше повторяют опыт для воды без целевых добавок.

По результатам проведенных расчетов построен сравнительный график зависимости расхода ВОВ и воды без целевых добавок от давления перед оросителем, приведенный на рисунке 3.

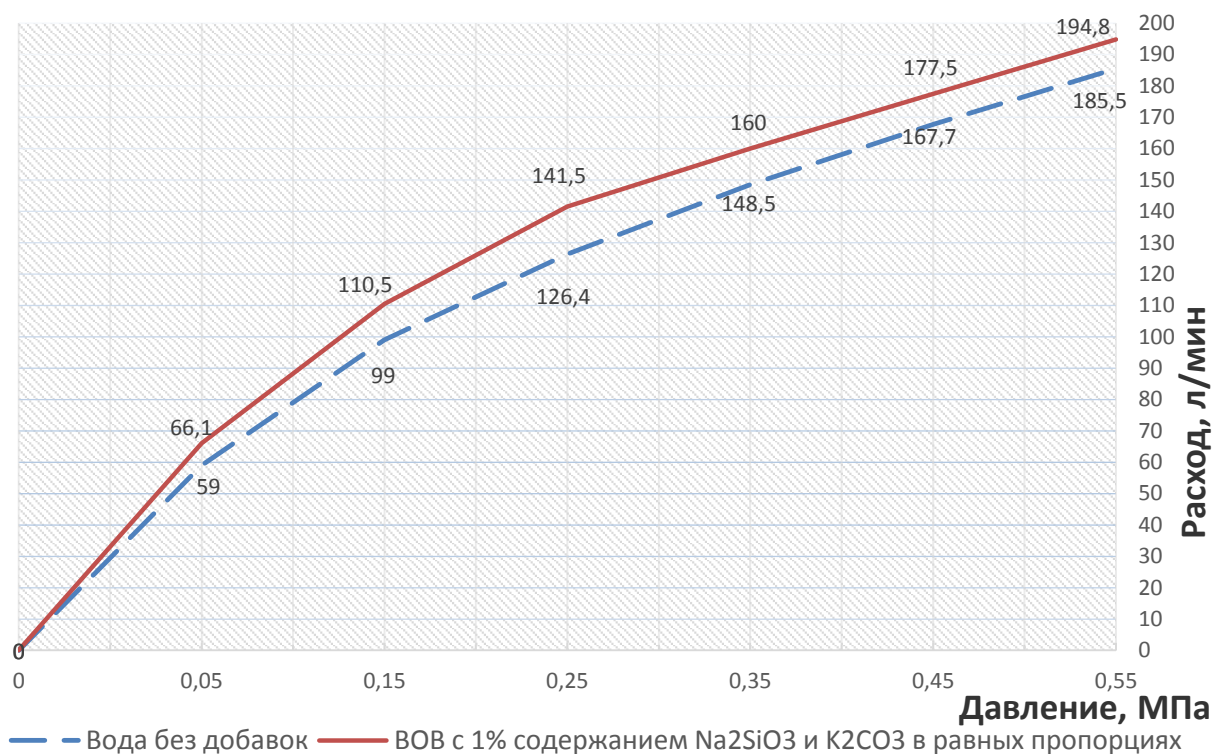


Рисунок 3 – Зависимость изменения фактического расхода исследуемого ВОВ и воды без добавок от давления перед спринклерным оросителем.

Второй этап экспериментальных исследований проводился путем моделирования условий тушения пожара для определения относительной огнетушащей эффективности системы спринклерного пожаротушения заполненной ВОВ, по сравнению с СП, заполненной водой без добавок. Первым критерием определения относительной огнетушащей эффективности при проведении экспериментальных исследований принято время тушения (t , с) модельного очага пожара класса 13А исследуемым ВОВ и водой без добавок при одинаковых условиях их подачи. Вторым критерием определения относительной огнетушащей эффективности было количество ВОВ (R , л) и воды без целевых добавок, которые были потрачены на тушение модельного очага.

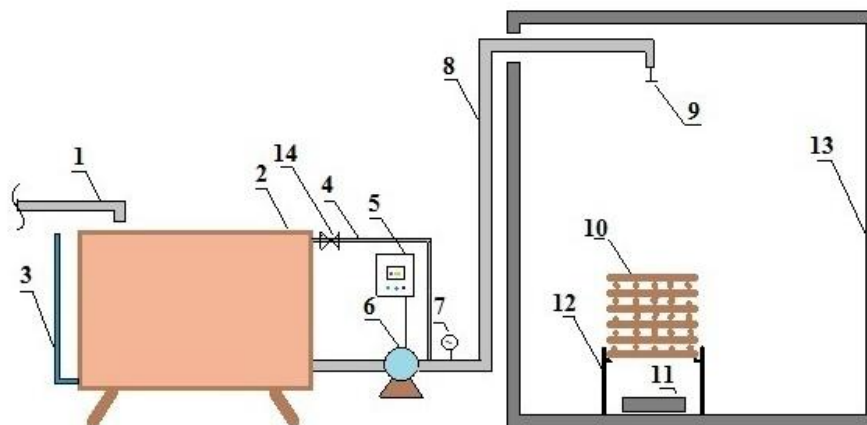


Рисунок 4 – Схема испытательного стенда для проведения натурных огневых испытаний

Экспериментальные исследования проводились в испытательном боксе для проведения огневых испытаний ВБК 285 на пожарно-испытательном полигоне УкрНИИГЗ ГСЧС Украины. На рисунке 4 изображена схема испытательного стенда для проведения натурных огневых испытаний.

Спринклерный ороситель, который использовался во время проведения исследований, соответствует ДСТУ EN 12259-1 с защищаемой площадью 12 м².

При проведении экспериментальных исследований использовались стандартные модельные очаги пожара класса А, которые по классификации [11] соответствуют модели 13А. Как горючий материал для этого модельного очага использовались сосновые бруски с поперечным сечением 40 мм ± 2 мм на 40 мм ± 2 мм и длиной 500 мм ± 5 мм. Штабель состоит из 12 слоев, в каждом слое по шесть брусков. Влажность была в пределах от 10 до 14 %, что контролировалось с помощью влагомера типа ВПК-12 [14]. Площадь поверхности горения стандартного модельного очага класса 13А согласно [15] составляет 4,7 м² и соответствует пожарной нагрузке 386,4 МДж/м². Выбор ранга модельного очага пожара класса 13А обусловлено пожарной нагрузкой в общественных и жилых зданиях, которая как правило находится в пределах 150-400 МДж /м². Размещение модельного очага класса 13А во время проведения исследований выбиралось произвольно в пределах площади защищаемой спринклерным оросителем.

Экспериментальные исследования проводились в следующем порядке. На первом этапе после полного заполнения резервуара (2) водой без добавок в металлический протвень (11), которое находится под модельным очагом пожара (10) класса 13А, наливают 4 л воды (±50 мл) и 2,0 л (±20 мл) бензина марки А-92. По команде руководителя проведения испытаний топливо в протвене (11) поджигают факелом и одновременно включают секундомер. Наличие данного объема бензина обеспечивает время его горения не менее 150 с. Свободное горения модельного очага пожара класса 13А продолжается (300 ± 5) с, которое контролируется секундомером. На рисунке 5 изображен фрагмент натурных огневых испытаний.



Рисунок 5 – Фрагмент натурных огневых испытаний

По окончании времени свободного горения модельного очага пожара класса 13А, по команде руководителя проведения испытаний, включают второй секундомер и одновременно с помощью блока управления насосной станцией (5) включают насос (6) и начинается подача воды из спринклерного оросителя (9) на тушение модельного очага пожара (10).

Модельные очаги пожара класса 13А считают потушенными, если пламя ликвидировано и через 10 минут после завершения тушения видимое пламя в очаге пожара отсутствует. Появление кратковременных вспышек в течение указанного времени после окончания тушения не учитывается. Если во время исследований штабель модельного очага пожара (10) разваливается, опыт считается недействительным и проводится новый.

По завершению тушения водой без добавок стандартного модельного очага пожара класса 13А выключают насос (6) и одновременно выключают секундомер, а время тушения фиксируют и вносят данные в протокол. Также в протокол вносят данные по количеству израсходованной воды на тушение модельного очага пожара, которые определяют с помощью индикатора количества воды (3) в резервуаре (2). Для воды без добавок экспериментальные исследования повторяют трижды.

Второй этап проведения экспериментальных исследований начинают по наполнению резервуара ВОВ с 1 % содержанием Na_2SiO_3 и K_2CO_3 в равных пропорциях. После заполнения резервуара (2) исследуемой ВОВ опыт повторяют трижды по вышеприведенной методике.

Результаты экспериментальных исследований по определению влияния целевых добавок к воде на эффективность тушения пожара класса 13А спринклерной системой пожаротушения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты тушения стандартных модельных очагов пожара класса 13А водой без добавок и ВПР с 1% содержанием целевых добавок Na_2SiO_3 и K_2CO_3 в равных пропорциях

Огнетушащее вещество в системе пожаротушения	Давление Р, МПа	Общее количество огнетушащего вещества на тушение, R, л	Среднее количество огнетушащего вещества на тушение, $R_{\text{ср.}}$, л	Время тушения t, с	Среднее время тушения $t_{\text{ср.}}$, с
Вода без добавок	0,15	1333	1318	713	705
		1397		747	
		1225		655	
ВОВ с 1% содержанием Na_2SiO_3 и K_2CO_3 в равных пропорциях	0,15	1176	1114	562	541
		1065		517	
		1121		544	

Примечание. Разница значений расхода ВОВ между первым и вторым этапом исследований, связано с производительностью насосных агрегатов. При этом закономерность уменьшения гидравлических потерь в системе при использовании ВОВ, по сравнению с водой без целевых добавок при одинаковых параметрах подачи, сохраняется.

Анализируя данные таблицы 1, следует отметить, что увеличение значения расхода исследуемого ВОВ с целевыми добавками можно предположительно обосновать меньшим значением его кинематической вязкости, что подтверждается лабораторными исследованиями: при температуре 20 °С для воды без целевых добавок кинематическая вязкость составляет 1,004 мм²/с, а для исследуемого ВОВ – 0,78 мм²/с. Таким образом, меньшее значение кинематической вязкости исследуемого ВОВ приводит к уменьшению потерь напора в трубопроводе во время протекания при турбулентном режиме, что позволяет рассчитывать на повышение охлаждающего эффекта вследствие увеличения количества огнетушащего вещества, подаваемого в единицу времени спринклерной СП. При этом также следует учитывать, что уменьшение гидравлических потерь в СП позитивно влияет на экономическую составляющую ее эксплуатации. На сегодняшний день 30-40 % стоимости водоснабжения составляют расходы на электроэнергию [13]. Уменьшение нагрузки на пожарную насосную станцию соответственно уменьшает экономические затраты, что особенно актуально во время проведения плановых регламентных работ.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о значительном повышении эффективности тушения спринклерной СП модельного очага пожара класса 13А при использовании ВОВ предложенной рецептуры. При этом следует отметить, что, кроме ожидаемого (после первого этапа испытаний) эффекта уменьшения времени тушения, уменьшается и количество огнетушащего вещества, затрачиваемого для тушения, что может быть объяснено реализацией комплекса других огнетушащих факторов: ингибирующего эффекта добавками Na_2SiO_3 и K_2CO_3 , а также усилением охлаждающего эффекта за счет повышения дисперсности подаваемого огнетушащего вещества через спринклерный ороситель.

Также следует отметить, что при реальном тушении пожара в помещении оборудованном системой спринклерного пожаротушения количество воды и время тушения будет значительно отличаться от экспериментального, так как количество спринклеров в помещении составляет, как правило, больше одного, что соответственно повлияет на уменьшение времени тушения пожара и количество использованного огнетушащего вещества.

Выводы. 1. В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что расход спринклерного оросителя системы пожаротушения при использовании исследуемого водного огнетушащего вещества с 1% содержанием Na_2SiO_3 и K_2CO_3 в равных пропорциях в рабочем диапазоне давлений от 0,15 – 0,35 МПа в среднем на 10 % выше, чем расход воды без целевых добавок, что позволяет сделать вывод об уменьшении гидравлических потерь в трубопроводе системы пожаротушения.

2. В результате экспериментальных исследований по определению влияния целевых добавок к воде на относительную огнетушащую эффективность системы пожаротушения

установлено, что при одинаковых условиях подачи водного огнетушащего вещества с 1 % содержанием Na_2SiO_3 и K_2CO_3 в равных пропорциях из спринклерной системы пожаротушения расход исследуемого раствора на тушение модельного очага пожара класса 13А в среднем на 18 % процентов меньше, чем для воды без целевых добавок. При этом время тушения системой пожаротушения, заполненной исследуемым водным огнетушащим веществом, в среднем на 30 % меньше, чем для воды без целевых добавок.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-64-2012 Внутренний водопровод и канализация. Часть I. Проектирование. ЧАСТЬ II. Строительство. Приказ Минрегиона Украины от 31.10.2012 № 553 – 168 с.
2. ДБН В.2.2-24: 2009 Здания и сооружения. Проектирование высотных жилых и общественных зданий, Минрегионстрой Украины, приказ от 12.02.2009 № 67 – 114 с.
3. СНБ 4.01.02-03 Противопожарное водоснабжение. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Технический Комитет № 03 «Пожарная безопасность» (Республика Беларусь)/ приказ Министерства архитектуры и строительства РБ от 30.12.2003 № 259 – 24 с.
4. ТКП 45-3.02. Высотные здания строительные нормы проектирования / Приказ Министерства архитектуры и строительства РБ от 12 июня 2008 г. № 197 – 98 с.
5. ТСН 31-332-2006 Жилые и общественные высотные здания. Приняты и введены в действие распоряжением Комитета по строительству Правительства Санкт-Петербурга от 23.12.2005 № 68 – 60 с.
6. Жартовский, С.В. Определение химических показателей водных огнетушащих веществ при их длительном пребывании в стальном трубопроводе системы пожаротушения / С.В. Жартовский, А.А. Сизиков, В.В. Нижник, Я.В. Балло, Н.И. Копыльный. // XVIII Всеукраинская научно-практическая конференция «Современное состояние гражданской защиты в Украине: перспективы и пути европейского пространства». – Киев. – 2016 – 139 с.
7. Сизиков, А.А. Особенности проектирования зонированных систем внутреннего противопожарного водопровода в зданиях с условной высотой выше 26,5 м / А.А. Сизиков, Р.В. Уханский, В.П. Балло, Я.В. Балло // Вестник УкрНИИПБ. К: УкрНИИГЗ, 2014. – № 1 (29). – с. 30-36.
8. Жартовский, С.В. Особенности влияния целевых добавок в составе водных огнетушащих веществ на потерю напора в трубопроводе / С.В. Жартовский, В.В. Нижник, А.А. Сизиков, Я.В. Балло, В.П. Балло // Научно-практический сборник проблемы водоснабжения, водоотведения. К: КНУБА, 2016 № 26. – с. 21-26.
9. Жартовский, С.В. Выявление влияния химического состава водных огнетушащих веществ на основе Na_2SiO_3 и K_2CO_3 на их огнетушащую эффективность при тушении очагов класса А / С.В. Жартовский, В.В. Нижник, Р.В. Уханский, Я.В. Балло // Международная научно-практическая конференция «Теория и практика тушения пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций». – Черкассы. – 2016. – с. 46-49.
10. Проведение исследований по раскрытию особенностей процессов прекращения горения горючих веществ при применении современных огнетушащих веществ и технологий их представления/ А.В. Антонов [и др.]; К.: УкрНИИГЗ, 2015 – 147 с.
11. Методика № 93-2007 «Испытания по определению коэффициента расходов оросителей», К.: УкрНИИГЗ, 2007 – 17 с.
12. ДСТУ EN 12259-1: 2008 (EN 12259-1: 1999, IDT) Стационарные системы пожаротушения. Элементы спринклерных и водораспилочных. Часть 1 Спринклеры., К.: (УкрНИИПБ) – 118 с.
13. Залуцкий Е.В. Анализ суточной работы насосных станций: методические указания к выполнению индивидуальных заданий с практикума «Насосные и воздухоудные станции» Для бакалавров строительства с пред. областью деятельности «Водоснабжение и водоотведение» / КНУБА. – К., 2012 – 28 с.
14. Пилопродукция и деревянные детали. Методы определения влажности // ГОСТ 16588-91. – Введен 1993.01.01. – 5 с.
15. ДСТУ EN 3-7: 2014 Огнетушители. Часть 7. Характеристики, требования к рабочим параметрам и методы испытаний (EN 3-7: 2004 + A1: 2007, IDT) приказ Минэкономразвития Украины от 30.12.2014 г. № 1494 – 157 с.

EFFECTS OF TARGET ADDITIONS TO WATER ON THE EFFICIENCY OF FIRE EXTINGUISHER

Alexander Sizikov, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow

Sergei Zhartovskiy, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow

Vadim Nizhnyk, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow

Yaroslav Ballo

Vadim Bedyuk

Ukrainian Scientific Research Institute of Civil Protection SES of Ukraine, Kiev, Ukraine

Purpose. To conduct full-scale researches to determine the effect of water fire extinguishing solution on the hydraulic head loss in fire extinguishing pipeline and determine the relative effectiveness of the fire-extinguishing sprinkler system at natural firing tests.

Methods. In the work is used the methodology of field tests for studying the relative efficiency of water fire extinguishing agent during fire extinguishing. The research results have been treated by methods of computational mathematics using the software «Microsoft Office».

Findings. The results of experimental studies to determine the effect of specific additives to the water of complex action on the basis of sodium liquid glass Na_2SiO_3 and potassium carbonate K_2CO_3 on hydraulic characteristics and the effectiveness of fire extinguishing sprinkler systems are presented. The relative effectiveness of fire extinguishing sprinkler systems filled with investigated extinguishing water solution as compared to the sprinkler system filled with water without any special additives for extinguishing the model Class 13A fire is determined under the similar conditions of full-scale fire tests.

Application field of research. The proposed water fire extinguishing solution is designed for the use in the sprinkler system which is separated from the system of domestic and drinking water supply system.

Conclusions. The efficiency of specific additives to water of complex action on the basis of sodium liquid glass Na_2SiO_3 and potassium carbonate K_2CO_3 is proved to reduce hydraulic losses in the fire extinguishing system and improve the efficiency of fire extinguishing.

Keywords: fire extinguishing solution, target additives of complex action, extinguishing system, fire-extinguishing efficiency, pressure loss.

(The date of submitting: December 19, 2016)

REFERENCES

1. *National Building Codes V.2.5-64-2012* Internal water supply and sewerage. Part I. Design. PART II. Building. Order of the Ministry of Regional Development of Ukraine by 31.10.2012 No. 553. 168 p. (ukr)
2. *National Building Codes V.2.2-24: 2009* Buildings and constructions. Designing high-rise residential and public buildings, Ministry of Regional Development of Ukraine the order by 12.02.2009. No. 67. 114 p. (rus)
3. *Building Standards Belarus 4.01.02-03* Fire water supply. Ministry of Architecture and Construction of Belarus, the Technical Committee № 03 «Fire Safety» (Republic of Belarus). Order of the Ministry of Architecture and Construction of Belarus from 30.12.2003. No. 259. 24 p. (rus)
4. *Technical Code of Good Practice 45-3.02.* High-rise building construction design standards. Order of the Ministry of Architecture and Construction of Belarus of June 12, 2008. No. 197. 98 p. (rus)
5. *Regional Building Code 31-332-2006* Residential and public high-rise buildings. Adopted and put into effect the order of the Construction Committee of St. Petersburg Government of 23.12.2005 No. 68. 60 p. (rus)
6. Zhartovsky S., Sizikov A., Nizhnyk V., Ballo Y., Kopilniy N. Determination of chemical parameters of water fire extinguishing agents at their long sojourn in steel pipe fire suppression system. *Proc. XVIII All-Ukrainian scientific-practical conference «Modern state of civil protection in Ukraine: prospects and ways of European space»*. Kyiv, 2016. 139 p.
7. Sizikov A., Uhansky R., Ballo V., Ballo Y. Design features zoned systems of internal fire water supply in buildings with a conditional height above 26.5 m. *Journal of UkrNIIPB*. Kyiv: UkrNIICP, 2014. No. 1 (29). 30-36 p. (ukr)
8. Zhartovsky S., Sizikov A., Nizhnyk V., Ballo Y., Ballo V. Features of influence of special additives in the composition of water fire extinguishing substances to the loss of pressure in the pipeline. *Scientific-*

- practical collection of problems of water supply and sewerage*. Kyiv: KNUBA 2016. No. 26. 21-26 p. (ukr)
9. Zhartovsky S., Nizhnyk V., Uhansky R., Ballo Y. Identification of the influence of the chemical composition of water fire extinguishing agents based on Na_2SiO_3 K_2CO_3 and their effectiveness in extinguishing Class A *Proc. International scientific-practical conference «Theory and practice of fire extinguishing and liquidation of emergency situations»*. Cherkasy. 2016. 46-49 p. (ukr)
 10. Antonov A. [et al.]. *Research on the features of the disclosure process termination burning of combustible materials in the application of modern fire extinguishing substances and technologies of their presentation*. K. : UkrNIICP, 2015. 147 p. (ukr)
 11. Methods № 93-2007 «Tests to determine the sprinkler discharge coefficient». K : UkrNIIFP, 2007. 17 p. (ukr)
 12. *State Standard EN 12259-1: 2008 (EN 12259-1: 1999, IDT)* Fixed firefighting systems. Elements of sprinkler and drenchers. Part 1: Sprinklers K. : (UkrNIIPB). 118 p. (ukr)
 13. Zalutsky E.V. Analysis of the daily operation of pumping stations: guidelines for the implementation of individual tasks with the workshop «Pump and blower station» For bachelors of construction for students specialty «Water and Sanitation» KNUBA. K., 2012. 28 p. (ukr)
 14. Sawm timber and wood elements. Methods for determination of moisture *GOST 16588-91*, introduced 1993.01.01. 5 p. (rus)
 15. *DSTU EN 3-7: 2014* Fire extinguishers. Part 7: Characteristics, performance requirements and test methods Parameter (EN 3-7: 2004 + A1: 2007, IDT) order of Ministry of Economic Development of Ukraine of 30.12.2014, No. 1494. 157 p. (ukr)