

канд. физ.-мат. наук **А.И. Кицак** / **A.I. Kitsak**, Ph.D.¹

Przyjęty/Accepted/Принята: 31.08.2015;

Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 07.06.2016;

Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2016;

Совершенствование нормативной методики определения инерционного интервала времени срабатывания оросителя

Improvement of the Standard Technique for Determination of the Sprinkler Response Time

Udoskonalenie normatywnej metodyki określenia czasu zadziałania tryskacza pożarowego

АННОТАЦИЯ

Цель: Важнейшим нормативным показателем, подлежащим определению при проведении испытаний оросителей, является время их срабатывания. Данный параметр характеризует тепловую чувствительность запускающего элемента оросителя и определяет быстродействие его срабатывания. Анализ современных нормативных методик определения параметров инерционности срабатывания спринклерных оросителей показал, что применяемый в них режим нагрева теплоэлемента оросителя при определении фактора теплопроводности не обеспечивает строго условие стационарности передачи тепла теплоэлементу, при котором справедливо соотношение, используемое для оценки данного параметра.

В европейском EN 12259-1:1999 и международном ISO/FDIS 6182 стандартах инерционный интервал срабатывания оросителей определяется только при направлении нагретого воздушного потока перпендикулярном к оси теплового элемента оросителя. Известно, что конвективная передача тепла телу происходит по нормальной составляющей воздушного потока. Следовательно, коэффициент передачи тепла теплоэлементу и инерционный интервал времени срабатывания оросителя зависят от направления нагретого воздушного потока.

Целью работы является совершенствование нормативной методики определения инерционного интервала времени срабатывания оросителя в плане уточнения процедуры измерения фактора утечки тепла от теплоэлемента оросителя к его корпусу и учета зависимости значения инерционного интервала времени срабатывания оросителя от направления воздействия нагретых воздушных потоков на его тепловой элемент.

Проект и методы: Для решения поставленной цели использован метод математического и экспериментального моделирования процессов нагрева теплоэлемента спринклерного оросителя воздушными потоками с различными температурами и направлениями.

Результаты: Проведен теоретический анализ процесса нагрева теплоэлемента спринклерного оросителя воздушным потоком, с температурой, изменяющейся во времени по линейному закону. Определены условия нагрева, при которых справедливо соотношение, применяемое в современных стандартах для оценки фактора теплопроводности C .

Экспериментально установлено существенное увеличение инерционного интервала времени срабатывания спринклерного оросителя при воздействии воздушного потока вдоль оси его теплоэлемента.

Выводы: Для повышения точности оценки фактора теплопроводности C теплового элемента спринклерного оросителя необходимо нагрев оросителя в тепловой камере проводить непрерывно воздушным потоком с температурой, изменяющейся с малой скоростью по линейному закону начиная от монтажной температуры оросителя до температуры вскрытия.

Для корректной классификации оросителей по времени инерционности срабатывания целесообразно оценку индекса инерции RTI проводить также при воздействии теплового потока вдоль оси теплоэлемента оросителя для всех типов оросителей.

Ключевые слова: ороситель, тепловой элемент, инерционный интервал срабатывания, воздушный поток, направление воздушного потока

Вид статьи: обзорная статья

ABSTRACT

Objective: The most important standard indicator which is determined during the sprinkler testing is the time of their reaction. This parameter is used to determine thermal sensitivity of the sprinkler triggering element and determines the speed of its activation. Analysis of modern

¹ НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси / Research Institute of Fire Safety and Emergencies (RIFSE) Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus; kitsak48@mail.ru;

standard methods for determining the parameters of sprinkler response time showed that the use of the heating mode of the heating sprinkler element when determining the factor of thermal conductivity does not provide the condition of stationary heat transfer for the heating elements, which is necessary to obtain correct results when evaluating this parameter.

In the European standard EN 12259-1:1999 and international standard ISO/FDIS 6182 sprinkler reaction time is defined only at the direction of the heat flow perpendicular to an axis of the sprinkler thermal element. It is known that convective heat transfer occurs at the normal body component of the heat flow. Consequently, the heat transfer coefficient of thermal elements and sprinkler reaction time depend on the direction of the heat flow. The purpose of this article is the improvement of a standard technique of sprinkler reaction time by specifying the measurement procedure of the heat leakage factor from the sprinkler heat element towards the body of the sprinkler and including the dependence between sprinkler reaction time and the direction of airflows on the thermal element.

Project and methods: In order to achieve the set objective, applied was a mathematical and experimental of method of modeling of processes of heating sprinkler thermal element using airflows of different temperatures and directions.

Results: The theoretical analysis of the process of the heating sprinkler thermal element of heat flow with linearly time-varying temperature, was conducted. The conditions of heating, in which the relation used in the existing standards for the evaluation of thermal conductivity of factor C were determined.

A significant increase in sprinkler reaction time under the influence of heat flow along the axis of its heating elements was experimentally determined.

Conclusions: In order to increase the accuracy of evaluation of conductivity coefficient of the thermal element of the sprinkler, it is necessary to carry out heating of the sprinkler in the heating chamber in a constant manner using linearly varying temperature starting from the assembly temperature to the operational temperature. In order to properly classify sprinklers according to their response time, the evaluation of the indicator of the response time should be carried out also when heat is directed along the axis of the thermal element of the sprinkler, regardless of its type.

Keywords: sprinkler, thermal element, inertial interval of reaction, heat flow, direction of heat flow

Type of article: review article

ABSTRAKT

Cel: Najważniejszym normatywnym parametrem, ocenianym podczas badań tryskaczy, jest ich czas zadziałania. Parametr ten służy do wyznaczania czułości termicznej elementu tryskacza oraz określenia szybkości jego zadziałania. Analiza obowiązujących metod normatywnych do określenia parametrów czasu zadziałania tryskaczy wykazała, że stosowana w nich technika nagrzewania elementu termoczułego podczas wyznaczania współczynnika przewodności cieplnej nie zapewnia całkowitego spełnienia restrykcyjnego warunku stacjonarności wymiany ciepła między elementem termoczułym, który jest niezbędny do uzyskania prawidłowych wyników w ocenie tego parametru.

Europejski standard EN 12259-1:1999 i międzynarodowy standard ISO/FDIS 6182 opisują badanie wyznaczenia czasu zadziałania tryskaczy wyłącznie poprzez skierowanie strumienia nagrzanego powietrza w kierunku prostopadłym do osi elementu termoczułego tryskacza. Wiadomo, że przekazanie ciepła przez konwekcję zachodzi według normalnej składowej strumienia ciepła. Dlatego też współczynnik wymiany ciepła do elementu termoczułego i czas zadziałania tryskacza zależą od kierunku strumienia ciepła.

Celem pracy jest udoskonalenie metody normatywnej do wyznaczania czasu zadziałania tryskacza poprzez doprecyzowanie procedury pomiaru współczynnika odpływu ciepła od elementu termoczułego w stronę korpusu tryskacza i uwzględnienia zależności między czasem zadziałania tryskacza a kierunkiem strumienia powietrza oddziałujących na element termoczuły.

Projekt i metody: W celu realizacji postawionego celu wykorzystano metodę matematycznego i eksperymentalnego modelowania procesów nagrzewania elementu termoczułego tryskacza strumieniami powietrza o różnej temperaturze i kierunku.

Wyniki: Przeprowadzono analizę teoretyczną procesu nagrzewania elementu termoczułego tryskacza podczas działania strumienia powietrza ze zmieniającą się temperaturą. Określono warunki nagrzewania, przy których otrzymuje się prawidłowy wynik zależności stosowanej w aktualnych normach w celu wyznaczenia współczynnika przewodności cieplnej C.

W sposób eksperymentalny wykazano znaczne zwiększenie czasu zadziałania tryskacza przy oddziaływaniu ciepła wzdłuż osi jego elementu termoczułego.

Wnioski: W celu zwiększenia dokładności oceny współczynnika przewodności C elementu termoczułego tryskacza nagrzewanie tryskacza należy przeprowadzać w komorze cieplnej w sposób stały, temperaturą zmieniającą się liniowo zaczynając od temperatury montażowej do temperatury zadziałania. W celu poprawnej klasyfikacji tryskaczy według czasu zadziałania ocenę wskaźnika czasu zadziałania RTI, należy przeprowadzać również przy działaniu ciepła wzdłuż osi elementu termoczułego tryskaczy, niezależnie od ich typu.

Słowa kluczowe: tryskacz, element termoczuły, czas zadziałania, strumień powietrza, kierunek strumienia powietrza

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

1. Введение

Важнейшим нормативным показателем, подлежащим определению при проведении испытаний оросителей, является время их срабатывания. Данный параметр характеризует тепловую чувствительность запускающего элемента оросителя и определяет быстродействие его срабатывания [1]. В различных стандартах даны различные определения времени срабатывания оросителя и соответственно имеются отличия в методиках его оценки. Так в ГОСТ Р 51043-2002 «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний» и СТБ 11.16.06-2011 «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний» вводятся

сразу два определения времени срабатывания. Первое - условное время срабатывания (условное статическое время срабатывания спринклерного оросителя): время с момента помещения спринклерного оросителя в термостат с температурой, превышающей номинальную температуру срабатывания на 30°C, до срабатывания теплового замка спринклерного оросителя и второе - условное динамическое время срабатывания спринклерного оросителя: время с момента помещения спринклерного оросителя в канал с потоком прокачиваемого воздуха заданной температуры, превышающей номинальную температуру срабатывания, до срабатывания теплового замка спринклерного оросителя. Известно, что время срабатывания спринклерного оросителя определяется скоростью нагрева его теплочувствительного элемента до температуры его разрушения. Скорость же нагрева

теплоэлемента до заданной температуры зависит от характерного интервала времени переноса к нему тепла от окружающего теплового поля и температуры данного поля. Время срабатывания спринклерного оросителя, определяемое по ГОСТ Р 51043-2002 и СТБ 11.16.06-2011, зависит от температуры среды, окружающей ороситель, и не является однозначной характеристикой инерционности срабатывания. Оно действительно является условным временем срабатывания, относящимся к заданной (на 30°C выше номинальной температуры срабатывания оросителя) температуре среды. Название «динамическое» время срабатывания связано, очевидно, только с изменением условия нагрева оросителя, а именно, что нагрев происходит движущимся тепловым потоком.

Более объективной характеристикой быстроты срабатывания спринклерного оросителя является характерный интервал времени нагрева теплоэлемента до заданной температуры τ , называемый инерционным интервалом времени срабатывания оросителя. Оценка данного параметра производится в стандартах EN 12259-1:1999 «Стационарные системы пожаротушения. Компоненты для спринклерных и водо-оросительных систем. Спринклера», ISO/FDIS 6182 - «Пожарная безопасность – Автоматические спринклерные системы. Часть 1: Требования и методы испытаний для спринклеров», LPS 1039 ISSUE 5.1. «Стандарт по предупреждению подтерть Требования и методы испытаний оросителей».

В основе методики определения инерционного интервала времени срабатывания оросителя лежит нестационарная модель передачи тепла тепловому элементу оросителя. Решение нестационарного уравнения нагрева теплоэлемента оросителя, находящегося в контакте с охлаждающимся корпусом, проведенное в работе [2], позволило получить основные соотношения для оценки инерционного интервала времени срабатывания оросителя τ и фактора теплопроводности C , учитывающим утечку тепла от теплоэлемента к корпусу оросителя. Величина τ равна $\tau = \frac{mc}{hA}$. Здесь m – масса поглощающего тепло вещества теплоэлемента, c – его удельная теплоемкость, h – коэффициент конвективной передачи тепла, A – площадь теплоэлемента. Из приведенного соотношения видно, что инерционный интервал времени срабатывания оросителя зависит кроме теплофизических свойств вещества теплоэлемента от коэффициента теплопередачи h , измеряемого в $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}\right]$. Чтобы исключить зависимость τ от условий теплопередачи в перечисленных стандартах вводится параметр $RTI = \tau h$ (индекс инерции), учитывающий только характеристики самого поглощающего тепло вещества. При этом допускается ошибка в единицах измерения данного параметра. Действительно, в работе [1] утверждается, что параметр h не зависит от температуры теплового потока и пропорционален абсолютному значению корня квадратного его скорости u , т.е. $h = \sqrt{u}$. За единицу измерения h , почему-то, принимается величина $\left[\sqrt{\text{Мс}}\right]$, и тогда $RTI = \frac{mc}{A} \sqrt{\text{Мс}}$ измеряется в $\left[\sqrt{\text{Мс}}\right]$. В тоже время, из определения RTI следует, что данная величина должна измеряться в единицах, $\left[\frac{\text{Дж}}{\text{Км}^2}\right]$ т.е. в единицах теплоемкости вещества, приходящейся на единицу его площади. Аналогично, вследствие ошибочного измерения h в единицах $\left[\sqrt{\text{Мс}}\right]$, параметр C – фактор теплопроводности измеряется в $\left[\sqrt{\text{Мс}}\right]$, хотя должен измеряться в единицах теплопередачи $\left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}\right]$.

Несмотря на прогрессивность применяемой модели, заключающейся в приближении к реальным условиям эксплуатации оросителей, например, учета оттока тепла от теплоэлемента к корпусу оросителя она не учитывает ряд других важных факторов, влияющих на инерционность срабатывания теплового элемента оросителя. В частности, не учитываются форма и размеры теплового элемента, направление воздействия воздушных потоков. Несовершенна также методика определения фактора теплопроводности C .

Выражение, используемое для определения C в вышеперечисленных стандартах, соответствует стационарному режиму нагрева теплоэлемента. Стационарный режим наступает, когда время нагрева значительно больше инерционного интервала переноса тепла к теплоэлементу. В методике при оценке фактора теплопроводности C нагрев теплоэлемента производится воздушным потоком с температурой, изменяющейся по линейному закону со скоростью $1^\circ\text{C}/\text{мин}$. При этом ороситель помещается в воздушный поток, когда его температура уже достигает номинального значения разрушения теплоэлемента. Эта процедура не соответствует строго условию стационарности нагрева теплоэлемента.

Целью настоящей работы является совершенствование методики определения инерционного интервала времени срабатывания оросителя в плане уточнения процедуры измерения фактора утечки тепла от теплоэлемента оросителя к его корпусу и учета зависимости значения инерционного интервала времени срабатывания оросителя от направления воздействия воздушных потоков на его тепловой элемент.

2. Теоретический анализ процесса нагрева термоэлемента спринклерного оросителя воздушным потоком, с изменяющейся во времени температурой

Рассмотрим упрощенную нестационарную модель передачи тепла тепловому элементу оросителя от среды, нагреваемой по линейному закону с заданной скоростью нагрева.

Принципиальная схема нагрева теплового элемента оросителя представлена на рисунке 1.

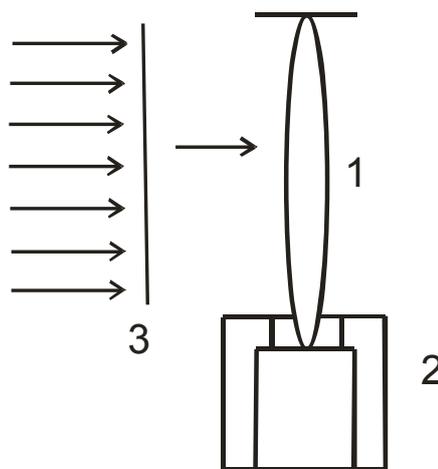


Рис. 1. Схема воздействия воздушного потока на тепловой элемент спринклерного оросителя; 1 – колба оросителя, 2 – корпус оросителя, 3 – воздушный поток
Fig. 1. Air stream influence on a thermal element of a sprinkler; 1 – bulb a sprinkler, 2 – body, 3 – air stream

Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Тепловой элемент спринклерного оросителя представляет собой, как правило, цилиндрическую стеклянную колбу с тонкими стенками, заполненную поглощающей жидкостью с заданной теплопроводностью. Поскольку нагрев теплового элемента осуществляется однородно по его поверхности, а размеры элемента (диаметр и высота) не велики, можно предположить, как это принято в стандарте EN 12259-1:1999, что теплочувствительный элемент оросителя является некоторым твердым телом произвольной формы поглощающим теплоту. Причем предполагается, что при нагреве поле температур в теле изменяется во времени, но не изменяется по пространству, т.е. температура во всех точках тела однородна. Кроме того, считается, что тепло достигает различных точек объекта мгновенно. Достоинством данной упрощенной модели нагрева теплоэлемента является отсутствие необходимости знания его конкретных теплофизических параметров.

Уравнение теплопередачи, описывающее в данном случае процесс нагрева теплоэлемента с учетом оттока тепла от него к корпусу оросителя, можно записать в виде

$$mc (dT_e / dt) = hA (T_g(t) - T_e) - C' (T_e - T_m), \quad (1)$$

где $T_g(t) = \Delta bt + T_0$, $T_g(t)$ - температура потока воздуха, Δb - скорость изменения температуры воздушного потока, t - текущее время, T_0 - начальная температура потока воздуха среды, T_e - температура теплового элемента, T_m - температура корпуса оросителя, C' - коэффициент передачи кондуктивного тепла от теплового элемента спринклера к корпусу оросителя.

Решение уравнения (1) относительно $T_e(t)$ при условии, что $h = \sqrt{u}$ имеет вид

$$T_e(t) = \frac{\Delta bt}{1+C/\sqrt{u}} + \left(\frac{T_0 + (C/\sqrt{u}) T_m}{1+C/\sqrt{u}} - \frac{\Delta b \cdot RTI}{\sqrt{u}(1+C/\sqrt{u})^2} \right) \quad (2)$$

$$\left(1 - \exp\left(-\frac{\sqrt{u}}{RTI} (1+C/\sqrt{u}) t\right) \right)$$

где $C = (C' / mc) \cdot RTI$.

При квазистационарном режиме нагрева теплоэлемента, т. е. при $t \gg RTI / \sqrt{h}$ (временной интервал воздействия тепла значительно больше инерционного интервала переноса тепла к теплоэлементу) влиянием экспоненциального множителя в (2) можно пренебречь, и тогда температура теплоэлемента будет изменяться по закону

$$T_e(t) = \frac{\Delta bt}{1+C/\sqrt{u}} + \frac{T_0 + (C/\sqrt{u}) T_m}{1+C/\sqrt{u}} - \frac{\Delta b \cdot RTI}{\sqrt{u}(1+C/\sqrt{u})^2} \quad (3)$$

Из (3) видно, что при длительном нагреве теплоэлемента и малой скорости повышения температуры воздушного потока Δb (квазистационарный режим нагрева) вкладом третьего члена соотношения (3) в повышение температуры теплоэлемента можно пренебречь. Тогда выражение (3) упрощается и принимает вид

$$T_e(t) = \frac{\Delta bt}{1+C/\sqrt{u}} + \frac{T_0 + (C/\sqrt{u}) T_m}{1+C/\sqrt{u}}. \quad (4)$$

Поддерживая температуру корпуса оросителя T_m , равной начальной температуре потока воздуха T_0 , получим соотношение, используемое для определения

параметра C , учитывающего отток тепла от теплоэлемента к корпусу оросителя.

$$1 + C/\sqrt{u} = \frac{\Delta bt}{T_e(t) - T_0} = \frac{T_g(t) - T_0}{T_e(t) - T_0}. \quad (5)$$

Здесь $T_g(t)$ соответствует температуре теплового потока, при которой происходит вскрытие теплоэлемента, а $T_e(t)$ - номинальной температуре срабатывания оросителя.

Выражение (5) используется в европейских и международных стандартах для определения параметра C . Однако, как можно видеть, условия, при которых оно получено, требуют соблюдения процедуры нагрева теплоэлемента, отличной от методики, применяемой в данных стандартах. В частности, нагрев теплоэлемента необходимо проводить, начиная с начальной температуры воздушного потока, а не вносить его в тепловой канал при температуре вскрытия теплоэлемента, поскольку при этом появляется момент нестационарности воздействия тепла на тепловой элемент, связанный с быстрым внесением оросителя в нагретую тепловую камеру. Скорость нагрева должна быть достаточно низкой ($\Delta b \rightarrow 0$) чтобы реализовывался режим нагрева близкий к стационарному. Нагрев должен производиться до вскрытия термоэлемента.

Для корректной оценки инерционного интервала срабатывания оросителя необходимо учитывать также зависимость его от направления воздействия воздушного потока на тепловой элемент оросителя. Данная зависимость обусловлена особенностью конвективной передачи тепла телу, заключающейся в том, что она происходит по нормальной составляющей потока. Следовательно, коэффициент передачи тепла теплоэлементу будет зависеть от направления воздушного потока. В европейском EN 12259-1:1999 и международном ISO/FDIS 6182 стандартах инерционный интервал срабатывания оросителей определяется только при перпендикулярном направлении воздушного потока к оси теплового элемента оросителя. В то же время при реальном возгорании направления нагретых воздушных потоков, воздействующих на оросители автоматической системы пожаротушения, могут существенно отличаться от нормальных к осям тепловых элементов оросителей. Нередки случаи, когда они могут действовать вдоль осей. Например, когда очаг возгорания расположен под оросителем с распылителем вниз или вверх.

Теоретическое моделирование процесса нагрева теплоэлемента оросителя воздушным потоком, недавно проведенное в работе [3], показало, что скорость его нагрева до заданной температуры пропорциональна теплопроводности поглощающего вещества теплоэлемента и зависит от направления воздушного потока. Когда поток направлен перпендикулярно оси теплоэлемента, скорость нагрева обратно пропорциональна квадрату его радиуса, а при направлении, совпадающим с осью, зависит также от его длины. Причем, чем больше длина теплоэлемента, тем ниже скорость нагрева.

Из изложенного следует, что для объективной оценки инерционного интервала времени срабатывания оросителей необходимо методику определения данного интервала, применяемую в вышеперечисленных нормативных документах, дополнить требованием проведения испытаний оросителей при воздействии воздушных потоков различных направлений, в том числе вдоль оси теплоэлемента. Причем эти требования должны распространяться на все типы оросителей, а не только на оросители,

применяемые для тушения пожара в складах стеллажного типа, как рекомендуется в стандарте LPS 1039 ISSUE 5.1. «Стандарт по предупреждению потерь Требования и методы испытаний оросителей».

3. Экспериментальная оценка индекса инерции RTI оросителя при различных условиях воздействия воздушных потоков на его тепловой элемент

Экспериментальное исследование индекса инерции RTI оросителя при различных условиях воздействия нагретых потоков воздуха на его тепловой элемент проводилось на разработанной совместно с фирмой «Авангардспецмонтаж» установке для определения теплофизических параметров теплочувствительного элемента спринклерного оросителя.

Основные технические параметры установки соответствуют характеристикам установок, применяемых в стандартах EN 12259-1:1999, ISO/FDIS 6182 и LPS 1039 ISSUE 5.1. Диапазон изменения температуры теплового потока в тепловом канале составляет (0 – 200) °С. Скорость потока воздуха в тепловом канале может варьироваться от 1 до 2,7 м/с и измеряется с точностью $\pm 0,1$ м/с. Минимальная скорость повышения температуры потока воздуха при линейном режиме нагрева равна (0,5 \pm 0,2) °С/мин. Максимально потребляемый ток в режиме нагрева тепловой камеры – 8,5 А. Установка позволяет оценивать теплофизические параметры тепловых элементов спринклерных оросителей при воздействии воздушных потоков различных направлений, в том числе и вдоль оси теплоэлемента.

Для выяснения влияния режима нагрева теплоэлемента на величину фактора теплопроводности C проведены эксперименты, включающие оценку данного фактора, по методике, применяемой в европейских и международном стандартах, а также по процедуре непрерывного нагрева оросителя в тепловой камере воздушным потоком, температура которого изменяется по линейному закону от комнатной температуры до температуры разрушения теплоэлемента. Скорости потоков воздуха и скорости повышения их температуры соблюдались одинаковыми в обоих экспериментах и равнялись $u = 1$ м/с, $\Delta b = 1$ °С/мин соответственно. Направление воздушных потоков было перпендикулярно к оси тепловых элементов оросителей. Значения факторов теплопроводности оценивалось для 5-ти оросителей типа T-ZSTX15-68 °С в каждой из методик. Среднее значение фактора теплопроводности, полученное при стандартной методике определения, составило $C = 0,773 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right]$, а при альтернативной $C = 0,818 \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right]$. Видно, что значения факторов теплопроводностей, определенные при различных режимах нагрева оросителей незначительно отличаются друг от друга. Тем не менее, предлагаемая методика нагрева оросителя более строго выдерживает условия стационарности передачи тепла теплоэлементу оросителя, чем при внесении его в тепловую камеру при температуре потока воздуха, равно номинальной температуре срабатывания оросителя.

Основной задачей экспериментального исследования зависимости значения RTI оросителя от направления воздействия воздушного потока на теплоэлемент оросителя являлась оценка RTI при двух наиболее отличающихся по эффективности передачи тепла теплоэлементу

направлениях потоков: поток воздуха направлен перпендикулярно оси термоэлемента (наиболее благоприятный случай теплопередачи) и по оси термоэлемента (наименее эффективный случай теплопередачи).

Значения индексов инерции RTI определялись по методике европейского стандарта для 5-ти оросителей типа T-ZSTX15-68 °С для каждого из направлений воздушного потока. Оценка RTI оросителя при воздействии потока воздуха вдоль оси теплоэлемента проводилась без распылителя оросителя для уменьшения влияния на значение RTI его экранирующего свойства. Среднее значение RTI , полученное при воздействии воздушного потока перпендикулярно оси теплоэлемента оросителя, составило $68,67 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Км}^2} \right]$, а при направлении вдоль оси теплоэлемента $82,8 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Км}^2} \right]$. Видна существенная разница в значениях RTI оросителя, определенных при различных направлениях воздействия теплового потока на теплоэлемент. При значении RTI равном $68,67 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Км}^2} \right]$ ороситель относится к классу инерционности «Специальный», а при $RTI=82,8 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Км}^2} \right]$ к классу «Стандарт А». Зависимость класса инерционности срабатывания оросителя от направления воздействия воздушного потока требует тщательного анализа возможных сценариев развития динамики возгорания для выбора подходящего по скорости срабатывания оросителя.

4. Заключение

Для повышения точности оценки фактора теплопроводности теплового элемента спринклерного оросителя предлагается нагрев оросителя в тепловой камере проводить непрерывно воздушным потоком с температурой, изменяющейся с малой скоростью по линейному закону, начиная от монтажной температуры оросителя до температуры вскрытия.

Для корректной классификации оросителей по времени инерционности срабатывания целесообразно оценку RTI проводить также при воздействии воздушного потока вдоль оси термоэлемента оросителя для всех типов оросителей.

Необходимо изменить в стандартах EN 12259-1:1999, ISO/FDIS 6182 и LPS 1039 ISSUE 5.1. размерности измеряемых теплофизических величин C , RTI на размерности, соответствующие их физическому смыслу и отразить данные размерности на приведенных в стандартах номограммах для классификации оросителей по времени инерционности срабатывания.

Литература

1. Abrakov D.D., Borodin A.A., Bulatova V.V., Kornilov A.A., Shnyder A.V., *Экспериментальная оценка инерционности спринклерных оросителей*, „Технологии техносферной безопасности” Vol. 47 Issue 1, 2013 [electr. doc.] <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-1/03-01-13.ttb.pdf> [accessed: 10.08.2015].
2. Hasketed G., R.G Bill J.R, *Modeling of Thermal Responsiveness of Automatic Sprinklers*, Factory Mutual Research Corporation, Norwood, Massachusetts, USA 1976.
3. Kitsak A.I, *Sovershenstvovaniye teplofizicheskoy modeli nagreva teplovogo elementa spinklernogo orositelya*, “Chrezvychaynyye situatsii: preduprezhdeniye i likvidatsiya” Vol. 37, Issue 1, 2015, pp. 10-20.

* * *

Кицак Анатолий Ильич – ведущий научный сотрудник отдела исследований автоматических средств обнаружения и ликвидации чрезвычайных ситуаций НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, кандидат физико-математических наук. Область интересов: физическая оптика, лазерная физика, когерентная и нелинейная оптика, радиофизика, электромагнитная совместимость. Автор (соавтор) около 50 научных работ и 8 изобретений.