



Международный отраслевой форум-выставка **ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ XXI ВЕКА**

Москва, МВЦ «Крокус Экспо», II павильон, зал №10
24-27 сентября 2013 года

12-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА «ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ XXI ВЕКА»

- Пожарная безопасность отраслевых направлений экономики и жизнедеятельности
- Пожарная техника, оборудование, системы защиты и спасения
- Охранная и пожарная автоматика (комплексные системы безопасности)
- Услуги в области пожарной безопасности
- Противопожарная пропаганда

Конкурсы:

- «Лучшее техническое решение в области пожарной безопасности»
- «Лидер продаж продукции пожарно-технического назначения»
- «Лучшие материалы и наглядные пособия по противопожарной пропаганде и обучению мерам пожарной безопасности»

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА В НАПРАВЛЕНИИ «ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ. ВОПРОСЫ САМОРЕГУЛИРОВАНИЯ. ИНВЕСТИЦИИ»



Дирекция выставки: +7 (495) 727-25-98, fireexpo@crocus-off.ru, <http://www.fireexpo.ru>

Организатор:
Крокус Экспо
Международный выставочный центр

Генеральный
информационный партнёр:
**РИА
Индустрия
Безопасности**

Официальный информационный
партнёр:
МЧС

Главный
Интернет-партнёр:
БЕС.RU
надежный путь
к информации

Главный информационный
партнёр:
СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Официальный
партнёр:
ОАИП

Региональный
медиа-партнёр:
**112
ЕДИНАЯ СЛУЖБА
СПАСЕНИЯ**

Информационный партнёр
МВЦ «Крокус Экспо»:
БВ

Обоснование параметров автоматического устройства водяной установки для тушения пожаров в тупиковых выработках угольных шахт

В нормативных документах НАПББ.01.009-2004 «Правила пожарной безопасности для предприятий угольной промышленности» и СОУ 10.1.00485570-002-2005 «Правила технической эксплуатации угольных шахт» систематизированы требования противопожарной защиты подземных объектов, определены типоразмеры и количество автоматических средств пожаротушения для каждого объекта. В частности, забои тупиковых выработок, проводимых буровзрывным способом, должны быть защищены автоматическими порошковыми огнетушителями, а комбайновым способом — автоматическими установками водяного пожаротушения. Однако до настоящего времени такие средства отсутствуют.

Basis of parameters of water plant automatic devices to fire extinguish at cul-de-sac of coal mines

In regulations NAPBB.01.009-2004 “Fire safety rules for the coal industry enterprises” and SOU 10.1.00485570-002-2005 “Technical operation rules of coal mines” requirements for fire protection of underground facilities are systematized, sizes and the number of automatic fire extinguishers for each facility are defined. In particular, coal faces of cul-de-sac working spent blasting method should be protected by automatic dry powder extinguishers, and with combine method- automatic installation of fire extinguishing. However, to date there are no such facilities.



С.А. Алексеенко, доцент кафедры аэрологии и охраны труда ГВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, к.т.н.

S.A. Alekseenko, Assistant Professor of aerology and labor security Chair of the National Mining University, Dnepropetrovsk, Ukraine, PhD



А.А. Пилипенко, помощник оперативного отряда Государственной военизированной горноспасательной службы (ГВГСС), г. Донецк, Украина

A.A. Pilipenko, Senior Fellow at the Research Institute Mine Rescue Affair, Donetsk, Ukraine

Для локализации пожаров в тупиковых выработках, проводимых комбайновым способом, использовали водоразбрызгиватели ВВР, установки УЛП и дистанционной локализации УДЛ, причем ВВР и УДЛ обеспечивали необходимый расход воды при локализации развитого пожара после его обнаружения, а использование установки УЛП затруднено в связи со сложностью ее монтажа при переносе в результате продвижения забоя. В ранее опубликованных работах приведена схема автоматического устройства для локализации пожара в тупиковой выработке водяной установки с использованием полидефлекторного оросителя, где определены объем и глубина завесы, углы образующих конусов раскателей оросителя, их длины. Однако приведенные зависимости для определения этих параметров оросите-

ля не учитывают его расстояние от начала орошаемой зоны, скорость вылета капль жидкости, время их полета до кровли и оседания с необходимой плотностью, толщину пленки образования на i -ом рассекателе. Это приводит, как оказалось в дальнейшем при проведении экспериментальных исследований, к неравномерности распределения диспергированной воды в забое по сечению выработки, возможности прохождения пожара за водяную завесу.

Целью работы является раскрытие закономерностей гидравлических и тепловых процессов в тупиковой выработке при создании водяной завесы, на основании которых обосновать параметры автоматического устройства, обеспечивающих эффективное тушение пожаров.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи: провести теоретические исследования по определению параметров полидефлекторного оросителя и запорно-пускового устройства; провести экспериментальные исследования процесса тушения пожара в тупиковой выработке с помощью разработанного автоматического устройства водяной установки.

При подземном пожаре максимальные температуры возникают у кровли, минимальные – у почвы выработки, причем температуры в верхней части газового потока создают угрозу прорыва у кровли выработки недостаточно охлажденных в завесе пожарных газов. Следовательно, для повышения эффективности водяной завесы необходимо применять также оросители, на выходе из которых вода будет распространяться по длине и сечению выработки, а затем по широкой дуге, попадая на почву в виде вертикальной завесы и охлаждая пожарные газы.

Таким оросителем (рассекателем) является полидефлекторный насадок (рис. 1), выполненный в виде сходящего конического лотка, в верхней части которого расположены рассекатели в виде конусов с различными углами наклона по направлению движения водяных струй. Для создания равномерности распределения воды по факелу необходимо, чтобы поступающая в ороситель вода разделялась на равновеликие потоки. Это достигается тем, что в каждый зазор между рассекателями поступает равное количество воды, которая, расширяясь под углом α , заданным образующей конуса, равномерно заполняет факел завесы.

Пусть диаметр i -го усеченного конуса – внешний D_i , внутренний d_i . Тогда площади проекций полукольцевых зазоров между $(i-1)$ -м и i -м, а также i -м и

$(i+1)$ -м рассекателями будут равны

$$\pi(d_{i+1}^2 - d_i^2)/8 = \pi(d_i^2 - d_{i-1}^2)/8, \quad (1)$$

откуда получаем рекуррентное соотношение

$$d_i^2 = (d_{i-1}^2 + d_{i+1}^2)/2 \quad (2)$$

или зависимость диаметра малого основания конуса i -го рассекателя примет вид

$$d_i = \sqrt{id/(K+1)}, \quad (3)$$

где K – число рассекателей;

d – диаметр проходного отверстия оросителя.

Пусть полидефлекторный ороситель располагается на пожарноросительном трубопроводе на расстоянии h м до почвы, а необходимую глубину завесы обозначим l_3 м.

Разобьем глубину завесы на K участков, соответствующих числу рассекателей оросителя, равномерно орошаемых диспергированной водой. Расстояние от каждого такого участка до оросителя равно

$$l_i = (i/K)l_3 + l_1, \quad (4)$$

где l_1 – отставание оросителя от начала орошаемой зоны, м.

Тогда необходимые углы образующих конусов полидефлекторного оросителя, обеспечивающие орошение кровли на участке l_i , определим по формуле

$$\alpha_i = \arctg[(H-h)/((i l_3 / K) + l_1)] = \arctg[(H-h)/l_i], \quad (5)$$

где H – высота выработки, м.

Зависимость расстояния полета капль i -ой струи имеет вид

$$r_i = \sqrt{(H-h)^2 + [(i l_3 / K) + l_1]^2}. \quad (6)$$

Если пренебречь сопротивлением и соответствующим изменением скорости полета капль, то время ее теплового контакта с пожарными газами определится двумя слагаемыми:

временем полета капль до кровли выработки

$$\tau_1 = r_i / \sqrt{(V_0 \cos \alpha_i - u)^2 + (V_0 \sin \alpha_i)^2}, \quad (7)$$

где u – скорость потока пожарных газов, м/с;

V_0 – скорость вылета капль, м/с, и временем оседания капль на почву

$$\tau_2 = H/V_{oc} = H(1 + \alpha^3 \sqrt{n/4\pi\rho_{ж}})V_{вит}, \quad (8)$$

где V_{oc} – скорость оседания облака капль с концентрацией n , м/с;

α – эмпирический коэффициент;

$V_{вит}$ – скорость витания одиночной капль, м/с;

$n = \pi\delta^3 n' \rho_{ж} / 6$ – весовая концентрация капль в единицу объема, кг/м³;

n' – объемная концентрация капль, м⁻³;

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости (воды), кг/м³.
Общее время теплового контакта

$$\tau = \tau_1 + \tau_2. \quad (9)$$

Пусть Q – ежесекундный расход диспергированной воды, м³/с, с размером капль δ м. Тогда зависимость объема зоны, занимаемого завесой, имеет вид

$$V_3 = 6Q/\pi\delta^3 n' \quad (10)$$

а для ее глубины

$$l_3 = 6Q/\pi\delta^3 n' S \quad (11)$$

или

$$l_3 = Q\rho_{ж} / nS, \quad (12)$$

где S – сечение защищаемой завесой выработки, м².

Соответственно, углы наклона образующих конусов рассекателей определим по формуле

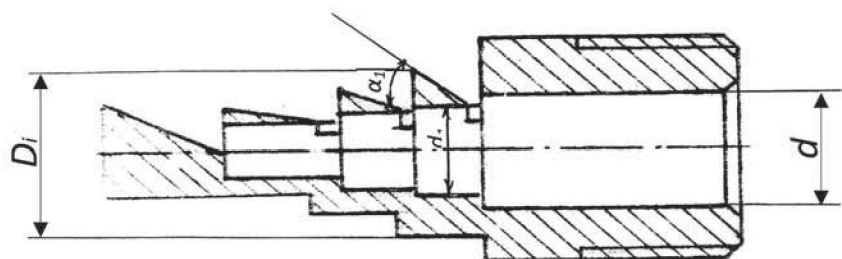


Рис. 1. Полидефлекторный ороситель

$$\alpha_i = \arctg\left[\frac{(H-h)}{((i/K)(Q\rho_{ж}/nS)+l_1)}\right] \quad (13)$$

Задавая расход Q (для тупиковых выработок $Q = 5,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $1,39 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, поскольку скорость проветривания в них не превышает 1 м/с), геометрическими размерами выработки (H, S), месторасположением устройства (h, l_1), размерами капель и их концентрацией, по формуле (13) можно определить необходимые углы наклона полок рассекателей оросителя.

Определим длины образующих рассекателей для получения капель необходимой дисперсности δ_i .

Из полукольцевого отверстия между i -м и $(i+1)$ -м рассекателями ежесекундно истекает со скоростью V_0 количество воды, равное количеству воды, которое растекается в пленку толщиной δ_i по образующей полуусеченного конуса с диаметром большего нижнего основания D_i и диаметром верхнего, малого основания d_i и длиной образующей

$$z_i = (D_i - d_i) / \cos \alpha_i, \text{ т.е.}$$

$$\pi / 2 z_i (D_i - d_i) \delta_i = \pi / 8 (d_{i+1}^2 - d_i^2) V_0.$$

Отсюда получаем, что в единицу времени на i -ом рассекателе полидефлектора образуется пленка толщиной

$$\delta_i = (d_{i+1}^2 - d_i^2) V_0 / [4 z_i (D_i + d_i)], \quad (14)$$

а следовательно, для получения пленки (а также капель) необходимого размера зависимость для образующей рассекателя примет вид

$$z_i = (d_{i+1}^2 - d_i^2) V_0 / [4 \delta_i (D_i + d_i)], \quad (15)$$

или с использованием (3)

$$z_i = d^2 V_0 / [4(K+1) \delta_i (D_i + d_i)], \quad (16)$$

$$\delta_i = d^2 V_0 \cos \alpha_i / [4(K+1)(D_i^2 + d_i^2)]. \quad (17)$$

Уравнения (3), (13), (16), (17) позволяют определить геометрические параметры оросителя (d, D, α, z) и оценить размер капель жидкости, образующихся на i -ом рассекателе оросителя.

Определим параметры запорно-пускового устройства (рис. 2).

В корпусе устройства находится герметизирующая мембрана 1, подпираемая подвижной втулкой 2. В заданном положении втулка удерживается штоком 3, размещенным в радиальном канале, который фиксируется относительно корпуса, в частности хлориновыми нитями 4, находящимися в решетчатой металлической сферической оболочке 5.

Под действием температуры происходит разрыв нитей, и шток, удерживающий втулку, отходит, освобождая ее. Втулка под действием давления воды перемещается в верхнюю часть корпуса, мембрана разрушается, и вода поступает в ороситель.

Если давление в пожарно-оросительном трубопроводе P , а площадь сечения мембраны S_m , то сила, действующая на втулку,

$$F = PS_1 = \pi PD_1^2 / 4, \quad (18)$$

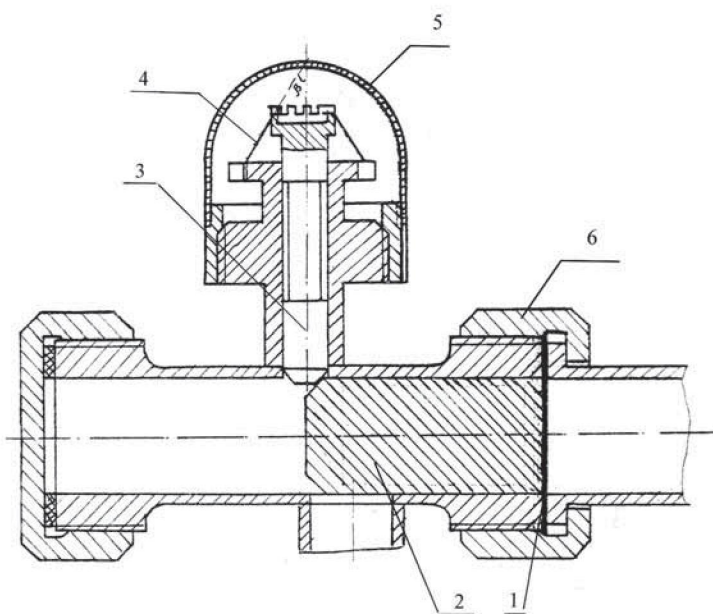


Рис. 2. Запорно-пусковой элемент автоматического устройства: 1 – разрывная герметизирующая мембрана; 2 – втулка подвижная; 3 – шток; 4 – нить хлориновая; 5 – сферическая оболочка; 6 – пожарная головка

где D_1 – диаметр мембраны.

На шток действует вертикальная составляющая силы

$$F_y = F \sin 2\alpha_0 / 2, \quad (19)$$

где α_0 – угол фаски втулки и штока.

Поскольку шток удерживается нитями, разделенными на N частей, то условие нахождения его в равновесии имеет вид

$$NF_{нат} \cos \beta = F \sin 2\alpha_0 / 2, \quad (20)$$

откуда сила натяжения одной части нити

$$F_{нат} = F \sin 2\alpha_0 / 2N \cos \beta = \rho_m \pi D_m^2 \sin 2\alpha_0 / 8N \cos \beta \quad (21)$$

где β – угол, образуемый нитью с осью штока;

ρ_m – плотность материала нити, кг/м^3 .

Поскольку величина $F_{нат} < F_{разр}$ – задана ($F_{разр}$ – разрывное усилие для хлориновой нити – 16 г/м), то формула (21) позволяет рассчитать необходимое количество нитей и углы α_0, β .

Для определения инерционности устройства решим задачу о термостойкости хлориновых нитей. Рассмотрим дифференциальное уравнение процесса нагревания однородного цилиндра в условиях свободной конвекции

$$C_p \rho V_1 \frac{dT}{d\tau} = \alpha S_1 (\Theta_{\text{в}} - T), \quad (22)$$

где V_1 – объем одной нити, м^3 ;

S_1 – площадь цилиндра, м^2 ;

$\Theta_{\text{в}}$ – температура конвективного потока, К .

Или, поскольку в нашем случае указанный цилиндр состоит из нескольких хлориновых нитей, то уравнение (22) можно представить в виде

$$N_{\text{хл}} C_{\text{рхл}} \rho_m L \pi D_1^2 / 4 \frac{dT}{d\tau} = \alpha \pi D_0 L (\Theta_{\text{в}} - T), \quad (23)$$

где $C_{\text{рхл}}$ – теплоемкость хлоритовой нити, $\text{Дж} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$;

D_0 – внешний диаметр цилиндра, м ;

D_1 – диаметр одиночной нити, м ;

$N_{\text{об}}$ – количество сложенных вместе нитей;

α – коэффициент теплоотдачи, $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$;

T – температура нити, К ;

τ – время, с .

При расчете времени срабатывания устройства принимаем, что разруше-

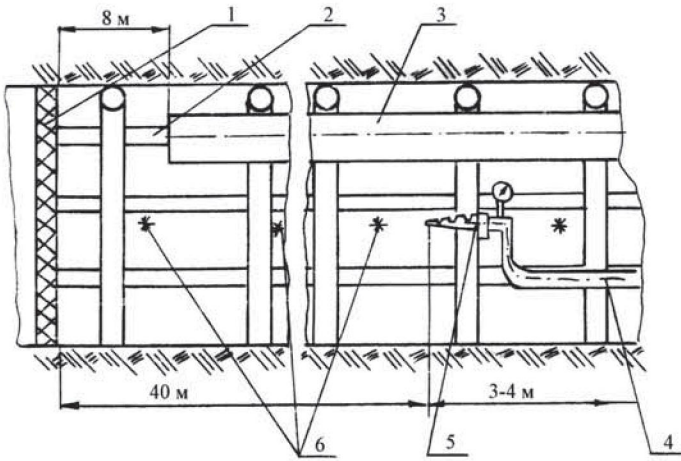


Рис. 4. Схема расположения автоматического устройства в тупиковой части экспериментальной штольни: 1 – перемычка; 2 – деревянная затяжка; 3 – трубопровод вентиляционный; 4 – трубопровод пожарно-оросительный; 5 – устройство для создания завесы; 6 – термомпары

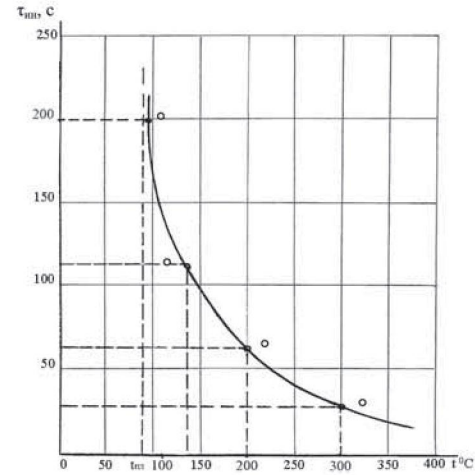


Рис. 3. Зависимость инерционности запорно-пускового устройства $\tau_{ин}$ от температуры пожарных газов $t^{\circ}\text{C}$

ние нити при достижении температуры плавления происходит мгновенно.

Коэффициент теплоотдачи α определяется из выражения для условий свободной конвекции около цилиндра:

$$N_u = 0.372 G_r^{0.25}, \quad (24)$$

где $N_u = \alpha D_0 / \lambda_r$ – критерий Нуссельта;

$G_r = [D_0^3 g (\Theta_r - T) \beta_s] / \nu^2$ – критерий Грассгофа;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

λ – коэффициент теплопроводности воздуха, $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$;

β_s – коэффициент температурного расширения нити, К^{-1} ;

ν – кинематическая вязкость воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$.

Для идеальных газов принимаем

$$\beta_s = T_s^{-1}, \quad T_s = (\Theta_r - T) / 2,$$

Подставляя в уравнение (23) составляющие выражения (24), получим следующее уравнение

$$N_{хл} C_{рхл} \rho_{хл} L D_1^2 / 4 \frac{dT}{dt} = 0.372 \lambda (D_0^3 g / \nu^2 T_s)^{0.25} (\Theta_r - T)^{5/4} \quad (25)$$

Интегрируя уравнение в пределах от 0 до $\tau_{ин}$, получим при начальных условиях ($\tau = 0, T = T_0$) выражение для инерционности запорно-пускового устройства

$$\tau_{ин} = 4 N_{хл} C_{рхл} \rho_{хл} L \frac{D_1^2}{4} / [0.372 \lambda (D_0^3 g / \nu^2 T_s)^{0.25}]$$

$$\cdot \left\{ (\Theta_r - T_{к})^{0.25} \right\}^{-1} - \left\{ (\Theta_r - T_0)^{0.25} \right\}^{-1} \},$$

или окончательно

$$\tau_{ин} = 2.69 N_{хл} C_{рхл} \rho_{хл} L D_1^2 / \left\{ \lambda \left[\frac{2 D_0^3 g}{\nu (\Theta_r - T_0)} \right] \right\} \cdot \left\{ (\Theta_r - T_{к})^{0.25} \right\}^{-1} - \left\{ (\Theta_r - T_0)^{0.25} \right\}^{-1} \}. \quad (26)$$

Здесь $T_{к}$ – температура разрушения нити, К .

Подставляя в уравнение (26) тепловые характеристики хлороновой нити, определили время срабатывания инерционного устройства при различных температурах конвективного потока (рис. 3).

Экспериментальные исследования процесса локализации и тушения пожара проводили в штольне опытно-экспериментального полигона НИИГД «Респиратор», для чего создали тупик, закрепленный деревянной затяжкой (рис. 4). На расстоянии 40 м от перемычки на боковой стенке выработки на высоте 0,5 м от почвы установили устройство для создания завесы, подвод воды к которому осуществляли с помощью насоса и пожарно-оросительного трубопровода. Длина контрольной крепи за завесой составила 7 м.

Изготовили четыре типоразмера оросителей, предварительные испытания которых показали, что наиболее целесообразными с точки зрения создания факела максимальных размеров при одном и том же давлении воды в трубопроводе является ороситель со следующими геометрическими размерами: проходной диаметр $d = 28$ мм; внутренние диаметры раскателей $d_1 = 13$ мм, $d_2 = 19$ мм, $d_3 = 24$ мм; внешние их диаметры $D_1 = 20$ мм, $D_2 = 28$ мм, D_3

$= 38$ мм; углы наклона раскателей $\alpha_1 = 79^{\circ}\text{C}$, $\alpha_2 = 67^{\circ}\text{C}$, $\alpha_3 = 45^{\circ}\text{C}$.

При испытаниях автоматического устройства определяли расход воды, параметры факела, расходно-напорную характеристику и его инерционность, а также измеряли температуры пожарных газов до и после завесы с помощью термомпар, выведенных через колодцы к измерительным приборам.

Давление воды в пожаро-оросительном трубопроводе составило 0,23 МПа, что обеспечило его расход через ороситель около $6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ на 1 м поперечного сечения штольни, скорость проветривания тупика – 1 м/с. Для розжига древесины использовали около 100 л керосина. Через пять минут после достижения температуры 700°C в очаге пожара на высоте 1 м от почвы автоматически включилась водяная завеса. В это время температура пожарных газов за завесой имела значение 180°C , а через две минуты она достигла 70°C , контрольная крепь не загорелась. В результате пожар был локализован и потушен.

Сравнительные результаты теоретических и данных экспериментальных исследований по инерционности автоматического устройства (см. рис. 3) показывают, что максимальная погрешность составляет не более 10%, что подтверждает достоверность теоретических зависимостей.

Выводы. На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований гидравлических и тепловых процессов, происходящих в тупиковой выработке при использовании водяной завесы, определены параметры полидефлекторного оросителя и запорно-пускового устройства установки, обеспечивающие эффективную локализацию и тушение пожара. ТЭК

РИА

Индустрия Безопасности

Российское информационное агентство (РИА) «Индустрия безопасности» – ответственный и надежный оператор в сфере безопасности ведущих отраслей Российской Федерации

Журнал «Транспортная безопасность и технологии»



Официальное издание Министерства транспорта Российской Федерации, выпускается на основании Соглашения о сотрудничестве с Министерством транспорта Российской Федерации - включен в перечень специализированных отраслевых СМИ по транспорту. Информация о журнале размещена на сайте www.mintrans.ru. Выпускается при информационном и методическом содействии Федеральной службы по надзору в сфере транспорта (Ространнадзор), Федерального агентства железнодорожного транспорта, Федерального агентства воздушного транспорта,

Федерального агентства морского и речного транспорта, Федерального дорожного агентства, МВД России (ГУТ и ГУВО), ФСБ России, МЧС России, Морского Регистра Судоходства, Российского Речного Регистра. Журнал охватывает самый широкий спектр вопросов безопасности и защищенности объектов транспорта и всей транспортной инфраструктуры.

Периодичность 4 раза в год www.transportsecurity.ru

Журнал «Безопасность объектов ТЭК»



Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) России – стратегически важный сектор отечественной экономики. На долю России приходится 34% мировых запасов природного газа. ТЭК России – это свыше 50% всех поступлений в бюджет. От безопасности и антитеррористической защищенности объектов ТЭК зависит состояние национальной безопасности государства, социально-экономическая и политическая стабильность в обществе. Журнал «ТЭК Безопасность» освещает общие вопросы и отражает специфические особенности обеспечения охраны, комплексной безопасности и антитеррористической защищенности объектов топливно-энергетического комплекса России и мира.

Периодичность 2 раза в год www.securitek.ru

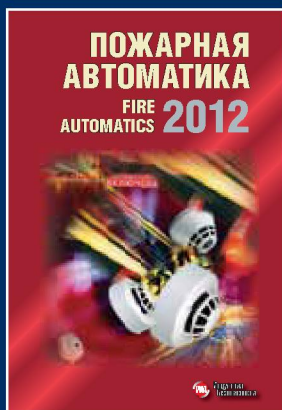
Журнал-каталог «Безопасность зданий и сооружений»

Журнал-каталог для руководителей и специалистов градостроительного комплекса, ЖКХ, инвесторов, девелоперов, владельцев крупных имущественных комплексов. Выпускается при поддержке Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России), Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, Федерального агентства по строительству и ЖКХ (Госстрой), Федерального автономного учреждения «Главное управление государственной экспертизы» (ФАУ «Главгосэкспертиза России») и его филиалов, а также органов строительного надзора и экспертизы субъектов РФ, ведущих проектных и научно-исследовательских институтов и учреждений.

Периодичность 1 раз в год www.buildingsecurity.ru



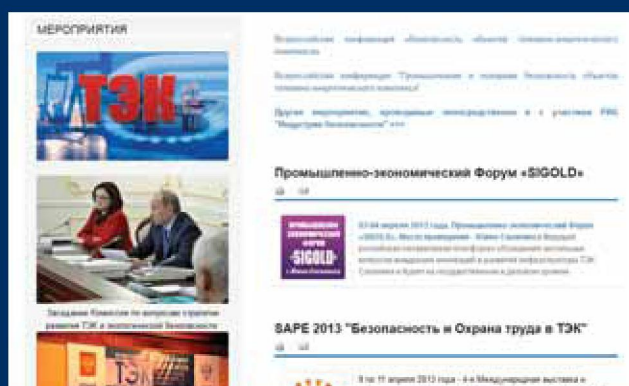
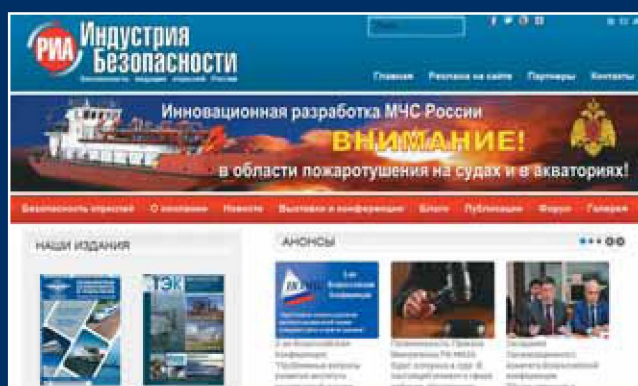
Журнал-каталог «Пожарная автоматика»



Журнал-каталог предназначен для проектировщиков, архитекторов, строителей, монтажников, специалистов в области пожарной безопасности, сотрудников надзорно-контрольных органов и вневедомственной охраны. В издании представлена практическая, техническая, нормативно-методическая и справочная информация, материалы руководителей и специалистов различных министерств и ведомств, представлены методики расчета и особенности проектирования систем противопожарной защиты объектов различных отраслей, сложности и ответственности, на примере крупнейших инвестиционно-строительных проектов, предложены современные решения и технологии противопожарной защиты.

Периодичность 1 раз в год www.securitymedia.ru

Портал www.securitymedia.ru



Адрес редакции: 119454, г. Москва, ул. Удальцова, 73, оф. 1
Тел.: +7 (495) 797-35-96 (многоканальный)
Факс: +7 (499) 431-20-65
E-mail: info@securitymedia.ru www.securitymedia.ru