

Master of Engineering Anatol Katsuba*
 Ph.D., associate professor Alexander Volochko**
 Ph.D. G. Markov**
 A. Ralko

Screening coating for fire detectors

Abstract. The paper considers coatings applied on the fire detectors for the improving of its noise stability in conditions of electromagnetic radiation. In different branches of industry a lot of attention is paid to the protection of electronic objects from effects of strong electromagnetic fields. Electronic object can be a single electronic chip, detector with electronic components, computers, etc. All these electronic objects normally protected with separate metal screens, which are unhandy and not always suitable, for example, for the protection of small objects such as plastic fire detector SP 212 which is mass-produced in the Republic of Belarus.

Keywords: screening coatings, fire detector, reduction factor, vacuum arc method.

Plastic casings coated with metal layer are used as an alternative to metal screens. At the present time applied aluminum layer with a thickness of 1 – 10 microns. Such screening coating, particularly at low frequencies of electromagnetic field has a low screening capacity and this often leads to low competitive ability of electronic object. As it is known [1], screening capacity of metallic shield is determined by its electrical conductivity, magnetic capacity and its thickness. The higher these values are, the higher the screening capacity of metallic shield. If you switch from steel to pure metals with high conductivity such as copper or silver, the electrical conductivity can be increased only by one order of magnitude. At the same time, if the relative magnetic permeability of copper is 1 – 2, the relative magnetic permeability of Fe-Si and Ni-Fe alloys may reach 100,000 or more. Thus, using such alloys, it is possible to increase the screening capacity of coating by 3 – 5 orders of magnitude. Combine in a single material for getting simultaneously high electrical conductivity and relative permeability is practically impossible. Therefore, screening coverage should be multi-layered. So a layer of aluminum coating will give the necessary electrical conductivity, and a layer of transformer steel – the necessary relative permeability. Such a coating will have a conductivity of aluminum and relative permeability of transformer steel, will be also corrosion-resistant and relatively cheap.

On the basis of these requirements were selected and investigated following compositions, proportions and schemes of screening coating on the inner surface of plastic housing of IP 212-02 fire detector. **Coating 1:** a layer of St3-steel with a thickness of 2 microns, and a layer of pure aluminum above with a thickness of 1,5 microns. **Coating 2:** a layer of transformer iron (Fe-3,5% Si) with a thickness of 1,5 microns, then a layer of aluminum with a thickness of 1,5 microns. **Coating 3:** a layer of permalloy composition (50 wt.% Ni, 50 wt.% Fe) with a thickness of 1,5 microns and aluminum layer over with a thickness of 1,5 microns. All coatings have approximately the same magnitude of the surface electrical resistance of 2 – 3 ohms/square, but material of Coating 1 has relative permeability μ of 1000 – 2000, Coating 2 μ 3000 – 5000, Coating 3 μ 10 000 – 20 000.

These multilayer coatings can be applied to plastic in a different ways. Among these, the greatest use is made of PVD methods [2, 3] or ion-plasma methods. Reviewing these methods can come to the conclusion that the most are universal and acceptable of them is vacuum arc method [4]. It allows you to apply a wide range of coatings of different functionality, including multi-layer screening coating. Accordingly, in this work two-layer Coatings 1, 2 and 3 applied by vacuum arc method on VU-2MBS with the use of two cathodes in one coating cycle. Vacuum arc current is 80 A, bias voltage is not applied. Coatings were applied in a vacuum $1 \cdot 10^{-2}$ Pa on plastic substrate or on the surface of IP212-02 plastic detector. The thickness of coating layer was controlled by application time.

Measurements of reduction factor by passing electromagnetic wave were conducted using the plastic housing of the SP 212-02 fire detector, which is an ellipsoid from polystyrene with axes of 120 mm and 70 mm. Coatings 1, 2 and 3 were applied on the inner surface of the housing and earthed during all measurements. Inside the detector housing (coated and uncoated) placed emitter of electromagnetic waves. As a source of electromagnetic waves was used generator G10-3. Radiation power does not exceed 0,1 watts.

The antenna of receiver is a coil with a diameter of 70 mm with 10 turns of copper wire of 0,2 mm in diameter, located on the outer side surface of the housing. Antenna was connected with the receiving device and transducer signal was measured using an oscilloscope S1-64. In some cases, used equipment N3401 and N3410 designed to measure the parameters of electromagnetic field. We measured the intensity of the electric component of the electromagnetic wave of transmitter emitted from the housing without coating E0 and from E1 coated housing. The ratio E0/E1, called reduction factor N describes screening capacity of coating by electromagnetic field coating. All measurements performed in the frequency range of 1 – 100 kHz.

Results of research the reduction factor N of coatings are shown in Table, where reduction factor index is the number

Reduction factor N of studied coatings

Frequency [kHz]	1	10	50	70	100
N1	40 – 50	60 – 80	180 – 220	280 – 320	400 – 450
N2	60 – 70	80 – 90	200 – 240	320 – 360	450 – 550
N3	180 – 250	250 – 350	420 – 480	630 – 700	800 – 900
NAI	5 – 10	10 – 15	60 – 70	100 – 120	130 – 150

* State Educational Establishment „Institute of Retraining and Professional Development” of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Białoruś

** Physicotechnical Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Białoruś

of coating. Here are magnitudes of NAI for coating with a thickness of 1,5 microns of a single layer of aluminum. As follows from Table, the investigated two-layer coating is 10 – 15 times more effective than weaken the electromagnetic wave in comparison with a single layer of aluminum coating. It is seen that the attenuation coefficient is dependent on the composition of the coating only at low frequencies. With increasing frequency, electromagnetic waves up to 100 kHz, this difference almost disappears for Coatings 1 and 2. Apparently, because of very high magnetic permeability reduction factor 3 cover remains high throughout the range of frequencies studied. Comparing N1 and N3 coefficients, we see that N3 is approximately equal to 2N1. However, as is well known [4], at the use of vacuum arc coating method, the source of coating material will be cathode. The cost of the per-alloy cathode processing is much higher than cost of steel cathode St3. Therefore, when applying two-layer screening

covering the most feasible and more cost-effective will be dual-layer coating: Cr3-layer + Al-layer.

Conclusion. Thus, the structure and composition of two-layer coating were selected for the reducing of exposure of external electromagnetic field on the electron fire IP 212-02. Application of such coatings on the inner surface of SP 212-02 detector's plastic housing allows to increase its rigidity from the second to the fourth degree.

Literature

- [1] Protective means in engineering. Handbook. Belova. M.: 1989.
- [2] Rosbery, F. Handbook on Vacuum Technology / F. Rosberry. Moscow: Energiya, 1972 – 456 p.
- [3] Danilin, B. The use of low-temperature plasma for application of thin films: monograph / B. Danilin. M.: Energoatomizdat, 1989 – 328 p.
- [4] Mroczek J., Eisner B., Markov G. Basis for the formation of multi-component vacuum electrical coverings. Minsk: Science and Technology, 1991.

bryg. dr inż. Waldemar Wnęk*
mł. kpt. mgr inż. Łukasz Kuziora*
mł. kpt. mgr inż. Sylwia Boroń*

Stałe urządzenie gaśnicze gazowe a czas użytkowania pomieszczeń

Fixed gas firefighting systems and duration of use of premises

Streszczenie. W artykule omówiono sposób szacowania krotności wentylacji w pomieszczeniach, w których pożar gaszono toksycznym gazem, jakim jest dwutlenek węgla. Wyznaczono stężenia dwutlenku węgla w pomieszczeniu badawczym w przypadku 5, 10 i 20 wymian na godzinę. Na tej podstawie określono wzór na czas trwania wentylacji pomieszczenia przy założonej ilości wymian powietrza na godzinę. Wzór jest zależnością dla badanego układu pomieszczenia przy założonym sposobie wentylowania.

Słowa kluczowe: stałe urządzenia gaśnicze, ditlenek węgla, stężenie gazu gaśniczego, gaszenie przez całkowite wypełnienie.

Abstract. The paper discusses how to estimate the times of ventilation in rooms where the fire was extinguished by toxic gas – carbon dioxide. The concentration of carbon dioxide in the test room for 5, 10 and 20 air changes per hour was determined. On this basis, the formula for the duration of ventilation at the assumed number of air exchanges per hour was created. The formula is a relation for the studied arrangement of the room at the assumed method of ventilation.

Keywords: fixed firefighting systems, carbon dioxide, concentration of firefighting gas, extinguishing by the complete filling.

Producent systemów sterowania gazowymi urządzeniami gaśniczymi coraz częściej proponują rozwiązania w postaci wyspecjalizowanych central sterowania gaszeniem. Powinny one brać pod uwagę nie tylko zabezpieczenie przed pożarem urządzeń znajdujących się w pomieszczeniach, ale przede wszystkim ludzi, którzy mogą pojawić się w pobliżu ich działania. Z PN-EN 12094-1 wynikają funkcje obowiązkowe i fakultatywne, jakie musi spełniać układ sterowania, w tym przypadku centrala sterowania gasze-

niem. Analiza tych funkcji, przede wszystkim obowiązkowych, wskazuje, że centrala sterowania gaszeniem musi:

- odbierać i przetwarzać przynajmniej jeden wejściowy sygnał inicjujący z instalacji sygnalizacji pożarowej oraz wejściowy sygnał inicjujący od ręcznego(-ych) urządzenia(-r) inicjującego(-ych) podłączonego bezpośrednio do CSG;
- przekazywać sygnał gaszenia i uruchamiać urządzenie alarmowe po odebraniu wejściowego(-ych) sygnału(-ów) inicjującego(-ych);
- sygnalizować każdy stan w sposób jednoznaczny, np. zasilania z sieci elektroenergetycznej, uruchomienia,

uszkodzenia, wyładowania, zablokowania;

- przekazywać informację o nieprawidłowym stanie podzespołów (np. brak środka gaśniczego, pozycja blokady w nieelektrycznych urządzeniach blokujących w każdej strefie), jeżeli takie występują, oraz informacje o stanie uszkodzenia (zwarcie lub przerwa w torach transmisji: linii dozorowych, sterujących, monitoringu pożarowego, uszkodzenia zasilania, doziemienia, przepalenia bezpieczników lub zadziałanie jakiegokolwiek urządzenia zabezpieczającego mogącego uniemożliwić pracę CSG, nieprawidłowa praca oprogramowania, uszkodzenie zawartości pamięci);

* Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego

• przekazywać informację o stanie wyładowania (sygnalizacja przez wskaźnik świetlny lub informacja na wskaźniku alfanumerycznym z każdej strefy).

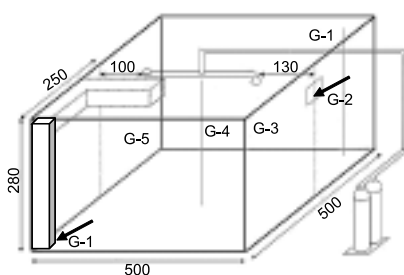
W wymienionych zapisach nie ma wymagań dotyczących przygotowania pomieszczeń do użytkowania po wyładowaniu i ugaszeniu pożaru. Jak bezpiecznie użytkować pomieszczenia, w których można się spodziewać pozostałości gazów nie tylko popożarowych, w tym szkodliwego dla zdrowia dwutlenku węgla. W artykule przedstawiono metodykę badania oraz próbę oszacowania czasu, po którym można użytkować pomieszczenie przy założonym sposobie wentylowania.

Badania

Badania polegały na pomiarze zmiany stężenia dwutlenku węgla w czasie prowadzenia wentylacji o różnej liczbie wymian powietrza na godzinę. Urządzenia pomiarowe umieszczono w szczelnym pomieszczeniu o kubaturze 70 m³ (5 x 5 x 2,8 m) i podłączono je do znajdującego się na zewnątrz systemu komputerowego rejestrującego parametry stężenia dwutlenku węgla, temperatury, prędkości wymian. Wentylacja odbywała się przez układ wentylacyjny składający się z wentylatora mechanicznego, rurociągów wentylacyjnych i otworów służących do wlotu i wylotu powietrza z pomieszczenia. Uznano, że ze względu na większy od powietrza ciężar dwutlenku węgla logiczniejsze będzie zlokalizowanie wlotu powietrza na wysokości 160 cm (powierzchnia otworu 1520 cm²), a wylotu na wysokości 15 cm (powierzchnia 240 cm²). Każdy pomiar dotyczył innej wydajności wentylacji; odpowiednio 5, 10 i 20 wymian powietrza na godzinę. Podczas badania w pomieszczeniu zapalano materiał palny, inicjowano gaszenie dwutlenkiem węgla i włączono wentylację o ustalonej wydajności wymian na godzinę, po 20-minutowym pomiarze stężenia bez włączonej wentylacji. Pomiaru dokonywano na wysokości 15 cm od maksymalnego stężenia 34% do jego spadku poniżej 5%. Na rysunku 1 przedstawiono komorę pomiarową.

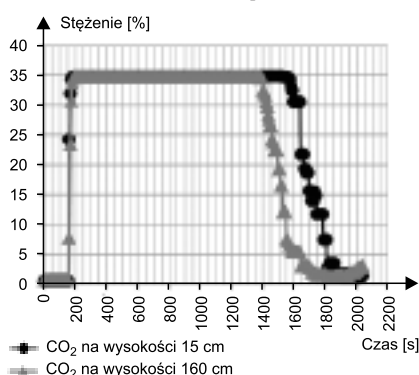
Wyniki badań

Na rysunku 2 przedstawiono przebieg mierzonego stężenia gazu w pomieszczeniu na wysokości 15 i 160 cm



Rys. 1. Szkic komory pomiarowej z zaznaczonym kierunkiem przepływu gazu w trakcie wentylowania

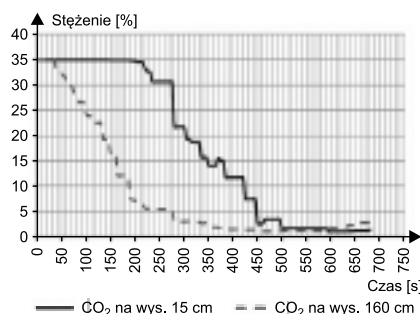
[Źródło: opracowanie własne]



Rys. 2. Zależność stężenia dwutlenku węgla w czasie od wysokości

[Źródło: opracowanie własne]

przy wydajności wentylacji 20 wymian powietrza na godzinę. Czas ustalonego stężenia gazu to 20 min (zgodnie z założeniami), a po kolejnych ok. 3 min następuje obniżanie stężenia spowodowane działaniem wentylacji. Czas, który nas interesuje, to 1400 ÷ 2200 s. W celu umożliwienia dokładniejszego przeanalizowania tego zakresu czasowego dokonano przedstawienia tych zmian na rysunku 3.



Rys. 3. Przedstawienie zmian stężenia gazu w czasie w przypadku 20 wymian powietrza na godzinę, w celu dokładnego oszacowania szybkości spadku stężenia poniżej 5%

[Źródło: opracowanie własne]

Z otrzymanych wyników pomiaru w przypadku 20 wymian powietrza wynika że:

- po rozpoczęciu wentylacji stężenie dwutlenku węgla zaczyna spadać

na wysokości 160 cm po 30 s, a na wysokości 15 cm – po ok. 180 s;

- stężenie dwutlenku węgla na wysokości 15 cm spada z 35 do 5% w ciągu 255 s;

- stężenie dwutlenku węgla na wysokości 160 cm spada z 35 do 5% w ciągu 230 s;

- stężenie dwutlenku węgla na wysokości 160 cm zaczyna spadać o 185 s wcześniej niż na wysokości 15 cm.

Zestawienie czasów spadku stężenia CO₂ na różnej wysokości w przypadku 20 wymian powietrza/h

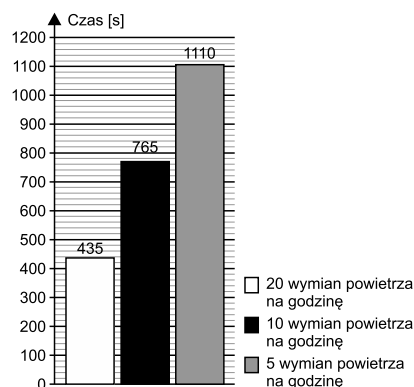
Wysokość [cm]	Czas, w którym stężenie spadło z 35 do 5% [s]	Czas do rozpoczęcia zauważalnego spadku stężenia od włączenia wentylacji [s]	Czas od rozpoczęcia wentylacji do spadku stężenia poniżej 5% [s]
15	255	180	435
160	230	30	250

[Źródło: opracowanie własne]

Analogicznych pomiarów dokonano także w przypadku krotności 5 i 10 wymian powietrza na godzinę.

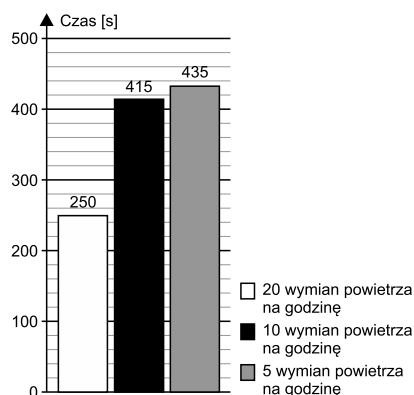
Najważniejszym parametrem, który powinien być brany pod uwagę przy ocenie gotowości pomieszczenia do użytkowania po zadziałaniu stałych urządzeń gaśniczych na dwutlenek węgla, jest czas od rozpoczęcia wentylacji do momentu, w którym stężenie CO₂ spadnie poniżej 5%. Wykresy na rysunkach 4 i 5 obrazują porównanie czasu spadku stężenia dwutlenku węgla na wysokości 160 i 15 cm w przypadku wydajności wentylacji 5, 10 i 20 wymian powietrza na godzinę.

Ich analiza pozwala stwierdzić, że zmiana wydajności wentylacji ma znaczący wpływ na czas spadku stężenia dwutlenku węgla na wysokości 15 cm.



Rys. 4. Porównanie czasu spadku stężenia CO₂ na wysokości 15 cm w przypadku różnej wydajności wentylacji

[Źródło: opracowanie własne]

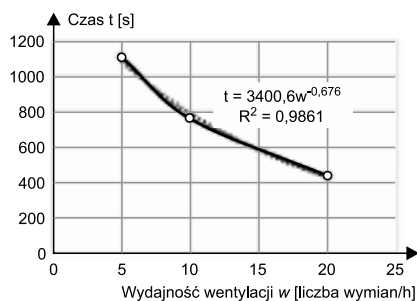


Rys. 5. Porównanie czasu spadku stężenia CO₂ na wysokości 160 cm w przypadku różnej wydajności wentylacji

[Źródło: opracowanie własne]

Na wysokości 160 cm zauważa się, że zmiana wydajności wentylacji z 20 na 10 wymian na godzinę nie miała tak dużego wpływu.

W celu zapewnienia bezpieczeństwa ludzi po zadziałaniu stałego urządzenia gaśniczego na dwutlenek węgla, podczas wyznaczania współczynnika wentylacji należy brać pod uwagę najmniej korzystny wariant. Zakłada się więc, że użytkownik po wejściu do pomieszczenia będzie oddychał powietrzem z najmniej korzystnego miejsca, tzn. znad podłogi (np. przy przewróceniu się). W związku z tym współczynnik zostanie wyznaczony na podstawie wyników otrzymanych z głowicy pomiarowej umieszczonej na wysokości 15 cm. Za prawidłowością takiego rozumowania przemawia również fakt, że dwutlenek węgla jako gaz cięższy od powietrza będzie gromadził się w dolnych partiach pomieszczenia. Współczynnik czasu wentylacji do spadku stężenia dwutlenku węgla poniżej 5% (wartość bezpieczna) jest funkcją łączącą czas z wydajnością wentylacji. Na rysunku 6 wyznaczono linię trendu z określeniem



Rys. 6. Zależność czasu przygotowania pomieszczenia do użytkowania w funkcji wydajności wentylacji (wysokość 15 cm)

[Źródło: opracowanie własne]

funkcji opisującej zależność czasu od liczby wymian na godzinę.

Współczynnik czasu wentylacji w funkcji wydajności wentylacji określa wzór:

$$t = 3400 w^{-0,676}$$

gdzie:

t – czas potrzebny na spadek stężenia dwutlenku węgla do poziomu poniżej 5% [s];
 w – wydajność wentylacji wyrażona liczbą wymian na godzinę określonej ilości gazu w pomieszczeniu.

Wnioski

■ Dla badanego pomieszczenia z układem wentylacji mechanicznej określono zależność czasu od wydajności wentylacji pozwalającej na wyznaczenie czasu przygotowania pomieszczenia do użytkowania po wyładowaniu dwutlenku węgla.

■ Wentylacja nie powodowała mieszania się gazu gaśniczego. W każdym przypadku spadek stężenia następował najpierw na wyższej wysokości i trwał zależnie od wydajności wentylacji. Dopiero po pewnym czasie następował widoczny spadek stężenia na niższej wysokości pomiarowej.

■ Zwiększanie wydajności wentylacji ponad pewną granicę przestaje mieć wpływ na szybkość zauważalnego spadku stężenia w wyższych partiach pomieszczenia. W badanym układzie miało to natomiast widoczny wpływ na spadek stężenia w najniższych punktach pomiarowych.

Proces wyznaczania zależności, która służy do określenia czasu przygotowania pomieszczenia po gaszeniu pożaru CO₂ w funkcji wydajności wentylacji nie powinien być traktowany jako wzór uniwersalny, który może być zastosowany we wszystkich istniejących instalacjach gaśniczych wykorzystujących dwutlenek węgla. Przewiduje się jednak, że przy zbliżonych układach: chronione pomieszczenie – układ wentylacyjny wyznaczona zależność mogłaby być stosowana z dużą pewnością otrzymania takich samych wyników. Nie zaleca się, aby każdorazowo sprawdzać wykonaną instalację gaśniczą na dwutlenek węgla pod względem możliwości przygotowania pomieszczenia do użytkowania. Przeprowadzone pomiary i ich analiza wykazały, że można to w prosty sposób sprawdzić. Interesujące byłoby przeprowadzenie podobnych pomiarów z innym rodza-

jem układów wentylacyjnych, tzn. przy innych parametrach powierzchni wlotu i wylotu oraz innym ich położeniu względem siebie, jak również w przypadku różnej ilości dwutlenku węgla w pomieszczeniu.

Świadomość niebezpiecznego wpływu dwutlenku węgla na życie i zdrowie ludzi powinna być głównym czynnikiem wpływającym na starania projektanta w jak najdokładniejszym oszacowaniu czasu przygotowania pomieszczenia do użytkowania po gaszeniu pożaru CO₂. Dokładne określenie tego czasu niejednokrotnie może powstrzymać nieświadomych niebezpieczeństwa ludzi przed wejściem do pomieszczenia po zadziałaniu instalacji gaśniczej i przez to uratować im życie. Przy projektowaniu i wykonywaniu tego typu instalacji powinien być zalecany montaż detektorów gazów stosowanych w pomieszczeniach zabezpieczanych, a zwłaszcza dwutlenku węgla na wysokości twarzy (160 – 180 cm).

Literatura

- [1] Tuzimek Zb., Kubica P., Stałe urządzenia gaśnicze gazowe – cz. II, „W akcji” 2004, nr 1, s. 42.
- [2] W. Wnęć, Współczesne systemy automatycznego gaszenia – wymagania, projektowanie, perspektywy rozwoju, Zacisze 2012, POLON ALFA.
- [3] Wnęć W., Kubica P., Specyfika gaszenia pożarów gazami gaśniczymi, „Ochrona Przeciwpożarowa” 2004, nr 3, s. 38 – 40.
- [4] ISO 14520-1:2006 „Gaseous fire-extinguishing systems – Physical properties and system design – Part 1: General requirements.
- [5] PN-EN 12094-1 Stałe urządzenia gaśnicze. Podzespoły do urządzeń gaśniczych gazowych, Część 1: Wymagania i metody badań central elektrycznego automatycznego sterowania i opóźnienia.
- [6] PN-EN 15004:2008 Stałe urządzenia gaśnicze – Urządzenia gaśnicze gazowe – Część 1 – Ogólne wymagania dotyczące projektowania i instalowania.
- [7] VdS 2496:1996-12 (01) Sterowanie urządzeń gaśniczych.
- [8] PN-M-51250-01:1993 Zasady projektowania i instalowania urządzeń gaśniczych na CO₂.