

mgr inż. Marek Łukomski^{1*)}
 ORCID: 0000-0001-5329-4143
 dr inż. Piotr Turkowski¹⁾
 ORCID: 0000-0002-0020-0091

Nowa metoda oceny odporności ogniowej kanałów kablowych

New method of the fire resistance assessment of the cable ducts

DOI: 10.15199/33.2022.08.09

Streszczenie. W artykule przedstawiono nową metodę badania odporności ogniowej kanałów kablowych wg normy PN-EN 1366-11. Podano wymagania wynikające z polskich przepisów techniczno-budowlanych, zakres zastosowania metody badawczej oraz przebieg badania wraz z kryteriami oceny jego wyników i rzeczywistym zachowaniem w czasie badania odporności ogniowej.

Słowa kluczowe: odporność ogniowa; kanały kablowe; badania; norma PN-EN 1366-11; PN-EN 13501-3; ciągłość obwodu; zapewnienie ciągłości obwodu w warunkach pożaru.

Abstract. This article presents a new method standard for testing the fire resistance of cable ducts of according to EN 1366-11. The requirements of the Polish technical and building regulations are given, as well as the scope of application and the course of the test with the criteria for evaluation of its results and real behavior during fire resistance tests.

Keywords: fire resistance; cable ducts; tests; EN 1366-11; EN 13501-3; continuity of the circuit; maintenance of circuit integrity in fire conditions.

Porównując od 2000 r. wprowadzane są normy europejskie dotyczące badań i klasyfikacji przewodów i kabli stosowanych w instalacjach, które powinny spełniać wymagania zachowania ciągłości dostaw energii i sygnału w warunkach pożaru. Są to zarówno normy EN, jak i IEC.

O zagadnieniach związanych z ciągłością dostaw energii i sygnału pisaliśmy na łamach miesięcznika „Materiały Budowlane” w 2017 r. [1]. Podaliśmy wówczas szczegółowo metody oceny odporności na ogień kabli i przewodów elektrycznych bez ochrony specjalnej w następstwie opublikowania PN-EN 50577 [2]. Ten artykuł stanowi kontynuację opisu zagadnień dotyczących zapewnienia ciągłości dostawy energii i/lub sygnału w warunkach pożaru.

Wymagania dotyczące zapewnienia ciągłości dostaw energii i sygnału w warunkach pożaru

Wymagania dotyczące zapewnienia ciągłości dostaw energii i sygnału w warunkach pożaru określono w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz.U. nr 75 z 12 kwietnia 2002 r. z późniejszymi zmianami) [3]. Zgodnie

z § 187 ust. 3: *przewody i kable wraz z zamocowaniami stosowane w systemach zasilania i sterowania urządzeniami służącymi ochronie przeciwpożarowej powinny zapewniać ciągłość dostawy energii elektrycznej w warunkach pożaru przez wymagany czas działania urządzenia przeciwpożarowego, zwykle 60, 90 lub 120 minut.* W ust. 7 § 187 dopuszcza się ograniczenie czasu zapewnienia ciągłości dostaw energii elektrycznej do urządzeń służących ochronie przeciwpożarowej do 30 minut, w przypadku przewodów i kabli znajdujących się w obrębie przestrzeni chronionych stałym urządzeniem gaśniczym tryskaczowym oraz przewodów i kabli zasilających oraz sterujących urządzeniami klap dymowych. Zapewne po ostatecznym wprowadzeniu klasyfikacji P w normie EN 13501-3, czego można się spodziewać w ciągu najbliższego roku, podczas nowelizacji Warunków Technicznych [3] klasa „P” i poziom wymagania „ttt”, gdzie „ttt” oznacza czas w minutach, np. P 120, zostaną powołane w tym paragrafie lub w dziale dotyczącym bezpieczeństwa pożarowego. Chcąc poprawnie zdefiniować tę klasę, należy podać, co ona oznacza i jak się ją definiuje.

Klasa P wg DRAFT prEN 13501-3 [4] obejmuje ciągłość dostaw energii i/lub sygnału i oznacza zdolność kabla do podtrzymania/zapewnienia niezawodnej dostawy energii lub sygnału w trakcie oddziaływania warunków

opisanych przez standardową krzywą temperatura-czas określoną w normie PN-EN 1363-1 [5].

Dobór reprezentatywnych elementów próbnych kanałów kablowych

Dobór elementów próbnych przeprowadza się, bazując na dokumentacji systemu kanałów kablowych przedstawionej przez producenta. Badaniom poddaje się zazwyczaj dwa kanały kablowe, jeden o najmniejszym, a drugi o największym przekroju poprzecznym z typoszeregu o jednakowej grubości ścian przeznaczonych od określonego przez producenta zakresu zastosowania i z uwagi na sposób zamocowania oraz rodzaj i parametry prowadzonych wewnątrz instalacji kablowych i oczekiwaną klasę P ciągłości dostawy energii i/lub sygnału.

Najszerzy zakres zastosowania wyników badania uzyskuje się, badając kanały kablowe, w których ułożono kable/przewody wymienione w „Konfiguracji 5” wg normy PN-EN 1366-11 [6]:

- dwa przewody prądowe PVC typu H05VV-F 4 lub $5 \times 1,5 \text{ mm}^2$;
- dwa kable prądowe PVC typu E-YY-J lub NYY-J 4 lub $5 \times 16 \text{ mm}^2$;
- dwa kable prądowe PVC typu E-YY-J lub NYY-J 4 lub $5 \times 1,5 \text{ mm}^2$;
- dwa kable sygnałowe/sterownicze PVC $2 \times 2 \times 0,8 \text{ mm}$ lub $1 \times 4 \times 0,8 \text{ mm}$, z których jeden powinien być ekranowany, a drugi nie.

¹⁾ Instytut Techniki Budowlanej

^{*)} Adres do korespondencji: m.lukomski@itb.pl

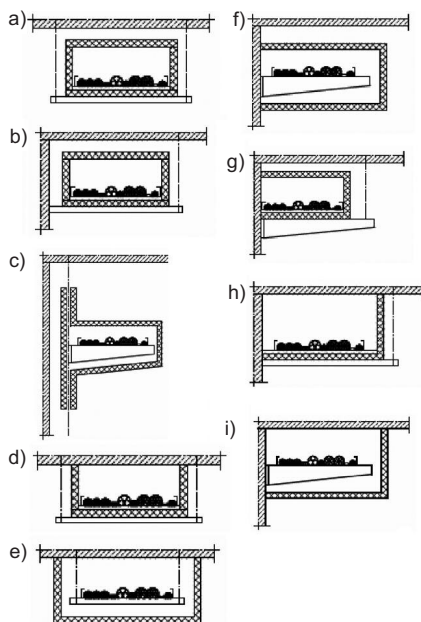
Dopuszczalne są również inne konfiguracje kabli w zależności od przeznaczenia kanałów, określonego przez producenta, włącznie z kablami światłowodowymi. Kable układa się na znormalizowanych korytkach lub drabinach kablowych wg PN-EN 61537. Ponadto kanały obciąża się obciążaniem zastępczym do wartości zadeklarowanej przez producenta za pomocą stalowych łańcuchów lub lin.

Autorzy normy badawczej PN-EN 1366-11 [6] uznali, że wyniki badania z demontowaną/unoszoną pokrywą kanału, tj. ścianą górną lub fragmentami ściany górnej kanału, obejmują kanały ze ścianami stałymi bez takiej funkcji. W badaniach ogniowych uwzględnia się również elementy wyposażenia i osprzętu, takie jak:

- przejścia kabli przez ściany kanałów;
- przejścia przez ściany kanałów instalacji uzimających lub rur;
- urządzenia/elementy do wentylacji wnętrza kanałów;
- drzwiczki rewizyjne/włazy;
- złącza kabli.

W przypadku, gdy przewiduje się stosowanie nie tylko kanałów prostych, tj. biegnących prosto bez zmiany kierunku (skrętu), należy uwzględnić to w badaniu przez instalację kanału skręcającego co najmniej raz pod kątem prostym. Podobnie wygląda konieczność weryfikacji połączeń lub odnóg typu „T”, czyli również taka konfiguracja podlega weryfikacji w badaniu.

Zarejestrowany najkrótszy „czas awarii” w minutach (ang. time of failure) wybranych typów kabli jest wyznacznikiem klasyfikacji danego typu kabli, np. P 30, gdzie P jest oznaczeniem klasy ciągłości dostawy/funkcjonowania, a 30 czasem klasyfikacyjnym w minutach, w którym zapewnione jest poprawne funkcjonowanie kabla w pożarze w odniesieniu do postanowień mandatu M/117 [7], co będzie w przyszłości objęte znormalizowaną normą klasyfikacyjną PN-EN 13501-3. W normie badawczej przedstawiono wiele konfiguracji/schematów zamocowania i budowy kanałów, począwszy od standardowych czterościennych, przez trójściennych do dwuściennych, z wieszakami/wspornikami na zewnątrz i wewnątrz kanałów (rysunek 1).



Rys. 1. Konfiguracje kanałów kablowych: a ÷ c) czterościenne; d ÷ g) trójścienne; h; i) dwuścienne [źródło: 6]
 Fig. 1. Cable ducts configurations: a ÷ c) four-sided; d ÷ g) three-sided; h; i) two-sided

Opis procedury badawczej

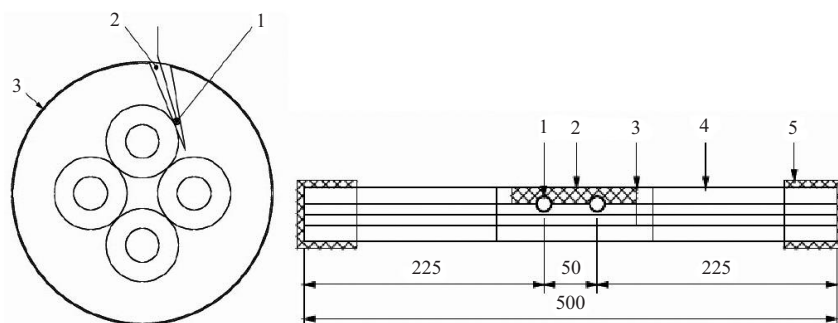
Procedura badawcza odwzorowuje na tyle dokładnie rzeczywiste warunki pracy kabli w kanałach kablowych, że zamontowane na stanowisku badawczym (tj. w piecu do badania odporności ogniowej wg PN-EN 1363-1 [5], który jest wymagany jako wyposażenie badawcze w PN-EN 1366-11 [6]) kanały z kablami, z obciążaniem zastępczym oraz wyposażeniem i osprzętem, ogrzewa się wstępnie (wnętrze kanału), używając kabla grzewczego i kontroluje temperaturę wewnętrzną za pomocą dodatkowego odcinka kabla pomiarowego, aż do osiągnięcia wartości 30°C (rysunek 2). Należy zaznaczyć, że wnętrze

kanałów zaślepia się po stronie nienagrzewanej po przejściu kanału przez przegrodę/ścianę, tak aby nie dochodziło do wymiany powietrza z otoczeniem, a co za tym idzie do chłodzenia wnętrza kanału w trakcie nagrzewania do wysokiej temperatury, symulującej oddziaływanie pożaru. Następnie kanały poddaje się nagrzewaniu wg standardowej krzywej nagrzewania określonej w normie PN-EN 1361-1 [5]. Wymaga się również pomiaru temperatury wieszaków podtrzymujących kanał, jeżeli są one dodatkowo izolowane ogniochronnie. W przypadku elementów wieszaków niezabezpieczonych nie prowadzi się takich pomiarów.

W normie zaleca się dodatkowe pomiary temperatury powietrza w kanałach oraz temperatury wewnętrznej powierzchni ściany bocznej kanału. Dane te mogą być pomocne przy analizie wyników badań do celów rozwoju kanałów kablowych, gdyż można względnie dokładnie ustalić czas i przyczynę awarii kanału.

Do badań niezbędne są:

- piec do badania odporności ogniowej wraz z osprzętem wg PN-EN 1363-1 [5];
 - urządzenie do zasilania kabli i monitorowania ciągłości obwodów, czyli tzw. czas awarii poszczególnych kabli/przewodów;
 - znormalizowana konstrukcja wsporcza w postaci korytek i wsporników;
 - obciążenie zastępcze w postaci stalowych łańcuchów, mocowane do znormalizowanej konstrukcji wsporczej.
- Próbki kabli podłącza się do urządzenia monitorującego ciągłość obwodu i zasilają napięciem roboczym kabla, lecz nie niższym niż 100 V oraz obciąża odpowiednio dobranym odbiornikiem tak,



Oznaczenia: 1 – termoelement typu K wg PN-EN 1363-1 [5]; 2 – szczelina; 3 – taśma (zamknięcie szczeliny); 4 – izolacja końców kabla; 5 – kabel 4 × 16 mm²

Rys. 2. Budowa odcinka kabla pomiarowego – pomiar temperatury ogrzewania wstępnego [źródło: 6]

Fig. 2. Construction of the measuring cable section – measurement of the pre-heating temperature

aby wywołać przepływ prądu o natężeniu ok. 0,25 A. W przyłączy monitorującym muszą być użyte/zastosowane bezpieczniki lub wyłączniki nadprądowe 2 A. Badanie trwa do momentu „awarii” wszystkich badanych próbek kabli lub wcześniej w uzgodnieniu z klientem, ewentualnie, gdy kontynuacja badania stwarza niebezpieczeństwo dla personelu, obserwatorów lub wyposażenia badawczego.

Praca kanałów podczas badania odporności ogniowej

W pierwszej fazie, tj. w trakcie szybkiego wzrostu temperatury w piecu, ściany kanałów i stalowe wieszaki/wsporniki „bronią” się przed wzrostem ich temperatury oraz rozszerzalnością termiczną lub skurczem (z uwagi na ciepło właściwe tych materiałów i masę, tj. ich bezwładność termiczną), a co za tym idzie wzrostem naprężeń wewnętrznych w materiale ścian kanałów i wydłużaniem, a także deformacją wieszaków i wsporników, które są zazwyczaj z ocynkowanej stali.

W przypadku elementów stalowych proces ten nie trwa zbyt długo ze względu na masę tych elementów, tj. zazwyczaj są to elementy prętowe i kształtowniki cienkościenne.

W przypadku opłytywania kanałów mamy do czynienia z różną grubością płyt, jedną lub większą liczbą warstw tworzących ściany kanałów, a także z materiałem o znacznej zawartości wody wolnej i/lub związanej, co prowadzi do rozłożonego w czasie wzrostu temperatury w kanale, a co za tym idzie temperatury samych kabli/przewodów prowadzonych w kanałach. Następnie w kolejnej fazie, gdy osiągnięta zostanie temperatura powyżej 700°C w piecu, tj. po ok. 4 min nagrzewania, możemy mówić o procesie degradacji materiału ścian kanałów – dalsze odparowanie wody, skurcz prowadzący do pęknięć na połączeniach płyt oraz w narożach. Z czasem te zjawiska prowadzą do perforacji opłytywania, tj. szczelin umożliwiających wnikanie gorących gazów z pieca do wnętrza kanału, zwiększając temperaturę powietrza w kanałach i samych kabli/przewodów. Wzrost tej temperatury spowodowany jest również narastaniem temperatury wewnętrznych powierzchni ścian/opłytywania kanałów

z uwagi na przepływ ciepła, który w przypadku, gdy doszło już do całego odparowania wody z materiału opłytywania, uzależniony jest od przewodności cieplej tego materiału.

Dalsze zjawiska i zachowanie próbek zależą od trwałości struktury opłytywania i połączeń płyt. W przypadku, gdy są one trwałe, tj. degradacja termiczna przebiega „wolno”, wówczas narasta temperatura w kanale i po osiągnięciu krytycznej wartości dla danego kabla/przewodu dochodzi zazwyczaj do zwarcia pomiędzy żyłami lub w konstrukcji wsporczej/korytek/drabin, które są uziemione, co sygnalizowane jest przez zadziałanie wyłącznika nadprądowego/bezpiecznika i zgaśnięcie żarówki/żarówek. Natomiast jeżeli mamy do czynienia z mniej trwałym materiałem, dochodzi do lokalnego lub całościowego odpadania opłytywania, co wywołuje nagły wzrost temperatury w kanale i „dość szybkie” awarie obwodów elektrycznych, tj. kabli/przewodów.

Niestety w czasie pożaru i badania ogniowego dochodzi do deformacji elementów konstrukcji budynku, do której mocowane są kanały – najczęściej podwieszane do stropów żelbetowych. O ile kanały czterościenne (konfiguracje a i b na rysunku 1) dość dobrze „znoszą” uginanie się płyty stopowej, to kanały trójścienne (gdzie jedną ścianę kanału – górną – stanowi strop – konfiguracje d i e na rysunku 1) już nie i dochodzi tam do lokalnego rozszczelnienia na połączeniu ścian bocznych ze stropem i wnikania gorących gazów do wnętrza kanału. Widok wnętrza kanału przed i po badaniu zilustrowano odpowiednio na fotografiach 1 i 2.

Podczas wielu badań kanałów kablowych, jakie zostały przeprowadzone w Laboratorium Badań Ogniowych Instytutu Techniki Budowlanej, ustalono, że do awarii kabli dochodzi, gdy



Fot. 1. Wnętrze kanału kablowego przed badaniem [źródło: archiwum ITB]
Photo 1. Interior of cable duct prior to the test

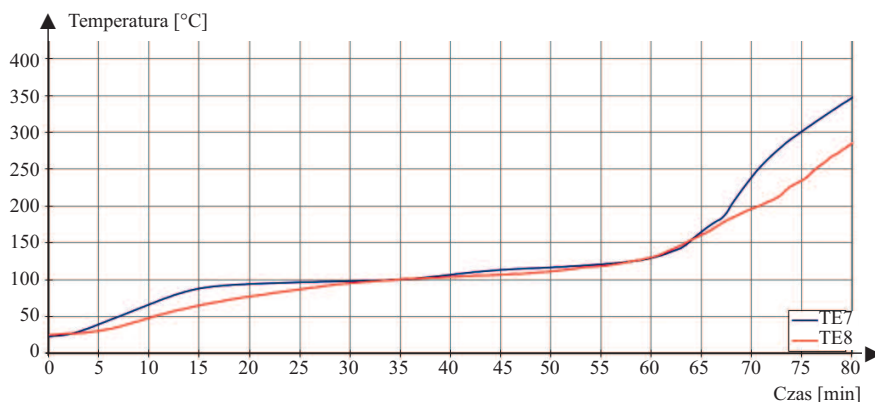


Fot. 2. Wnętrze kanału kablowego po badaniu [źródło: archiwum ITB]
Photo 2. Interior of cable duct after the test

temperatura powietrza wewnątrz kanału osiąga wartość większą niż 170°C. Jako pierwsze przestają funkcjonować kable sygnałowe/sterownicze, a następnie kable/przewody prądowe o małym przekroju, a jako ostatnie awarii ulegają kable o największym przekroju. Na rysunku 3 przedstawiono przebieg temperatury wewnątrz kanału, gdzie linia niebieska TE7 przedstawia temperaturę wewnętrznej powierzchni ściany pionowej kanału, a linia czerwona TE8 temperaturę powietrza wewnątrz kanału. W tym konkretnym przypadku do awarii kabli dochodziło począwszy od 68 min badania.

Wyniki badań i zakres oceny

W raporcie z badania podaje się m.in.: opis budowy kanału kablowego; sposób podwieszenia/zamocowania; opis zastosowanych kabli/przewodów i detale ich ułożenia i zamocowania; wielkość obciążenia; moment awarii danej próbki kabla i rodzaj awarii, tj. czy doszło do zwarcia żył/żyły, co objawia się zadziałaniem bezpiecznika/wyłącznika nadprądowego, czy też do przerwania żyły/żył, co objawia się zgaśnięciem żarówki; temperaturę dodatkowego odcinka kabla pomiarowego; temperaturę zabezpieczonego wieszaka. Mając podane informacje, możliwe będzie opracowanie klasyfikacji dotyczącej zapewnienia ciągłości dostawy energii i/lub sygnału P wg PN-EN 13501-3 po jej opublikowaniu (obecnie norma jest w trakcie rewizji i opracowania [4]). Uwzględnia się w niej zakres bezpośredniego zastosowania wyników opisany w normie PN-EN 1366-11 [6] obejmujący: rodzaje kabli; budowę kanałów (cztero-, trój- i dwuścienne); rodzaje łączników (zszywki i wkrety); rodzaje



Rys. 3. Przebieg temperatury wewnątrz kanału, w którym zwarcie w kablach rozpoczęło się w 68 minucie badania

[Źródło: archiwum ITB]

Fig. 3. Temperature inside the duct in which the shortcircuits of the cables commencement at 68 minute of the test

konstrukcji, do których mogą być mocowane/podwieszane kanały; sposoby ułożenia kabli w kanałach (bezpośrednio na dnie kanału lub w „powietrzu” na korytkach/drabinach i wspornikach); sposób podwieszenia; wielkość kanałów (przekrój); orientację (badanie poziomych kanałów kablowych obejmuje także kanały pionowe); możliwy osprzęt i wyposażenie (rewizje, przejścia, demontowane pokrywy).

Wyniki badań mają zastosowanie do systemów ogniochronnych zespołów kabli elektrycznych o napięciu znamionowym do 1 kV. Można używać tej procedury badawczej do ustalania właściwości systemów zabezpieczających do stosowania z kablami transmisji danych i kablami światłowodowymi, ale procedury weryfikacyjne dla tych kabli są nadal w opracowaniu.

Klasy zapewnienia ciągłości dostaw energii i/lub sygnału

Zgodnie z DRAFT prEN 13501-3 [4] w raporcie klasyfikacyjnym podaje się m.in. następujące informacje:

- przypisanie odpowiedniej klasy, tj. P 15, P 30, P 60, P 120, P 180 lub P 240;
- zakres stosowania kabli w kanałach, tj.:
 - kable/przewody prądowe na napięcie robocze lub inaczej napięcie pracy do 230/400 V w przypadku kabli o napięciu zna-

mionowym 300/500 V albo do 400/690 V w przypadku kabli o napięciu znamionowym 450/700 V aż do 0,6/1 kV, i/lub

– kable sygnałowe/sterownicze na napięcie robocze lub inaczej napięcie pracy do 110 V w przypadku kabli o napięciu znamionowym do 170 V.

Podstawą klasyfikacji są dane z badania wg PN-EN 1366-11 [6], a konkretnie raport/y z badania/badań, w których znajdują się niezbędne informacje, pozwalające na przypisanie klasy P i czasu „ttt” w minutach (np. P 120) zapewnienia ciągłości dostawy energii/lub sygnału przez instalacje elektryczne umieszczone w danym kanale kablowym.

Podsumowanie

Opisana metoda pozwala na harmonizację w Europie podejścia do ogniochronnych kanałów kablowych, a precyzyjniej systemów zabezpieczeń ogniochronnych systemów kablowych i elementów towarzyszących. Dotychczas laboratorium wykonywało te badania zgodnie z własną procedurą bazującą na normie DIN 4102 T. 12:1998 [8] z modyfikacjami uwzględniającymi wymagania określone w normie podstawowej na badanie odporności ogniowej PN-EN 1363-1 [5]. Wyniki tych badań zostały wykorzystane w trakcie prac grupy roboczej komitetu technicznego CEN, który opracował PN-EN 1366-11 [6].

Norma badawcza PN-EN 1366-11 [6] jednoznacznie przywołuje normę PN-EN 1363-1 [5], co prowadzi do jednakowego nagrzewania kanałów w czasie badań i pomiaru temperatury nagrzewania. Ponadto w rozdziale 13 normy [6] szczegółowo opisano konfiguracje badawcze i możliwość przenoszenia/rozszerzania wyników badania na inne konfiguracje uznane w normie za bezpieczniejsze, wykorzystując tzw. konserwatywne podejście poparte danymi historycznymi z badań. Należy zwrócić uwagę, że norma nie obejmuje badania uszczelnień przejść kanałów kablowych przez przegrody (ściany/stropu). Są to odrębne badania wg normy PN-EN 1366-5 [9].

Literatura

- [1] Łukomski M, Turkowski P. Nowa metoda oceny odporności na ogień kabli i przewodów elektrycznych bez ochrony specjalnej. Materiały Budowlane. 2017 (9): 132 – 133.
- [2] PN-EN 50577: 2016-02. Kable i przewody elektryczne – Badanie odporności na ogień kabli i przewodów bez ochrony specjalnej (klasyfikacja P).
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz.U. nr 75 z 12 kwietnia 2002 r. z późniejszymi zmianami).
- [4] DRAFT prEN 13501-3: May 2021 Fire classification of construction products and building elements – Part 3: Classification using data from fire resistance tests on products and elements used in building service installations: fire resistant ventilation ducts and fire dampers and or power, control and communication cables.
- [5] PN-EN 1363-1:2020-07 Badania odporności ogniowej – Część 1: Wymagania ogólne.
- [6] PN-EN 1366-11+A1:2022-05 Badania odporności ogniowej instalacji użytkowych — Część 11: Systemy zabezpieczeń ogniochronnych zespołów kablowych i elementów związanych (ang. Fire resistance tests for service installations – Part 11: Fire protective systems for cable systems and associated components).
- [7] Mandat 117 Horyzontalne uzupełnienie do mandatów dla CEN/CENELEC dotyczących wykonania prac normalizacyjnych przeznaczonych do wykorzystania przy ocenie wyrobów budowlanych ze względu na ich odporność ogniową (lista wyrobów budowlanych, dla których CEN powinien opracować zasady klasyfikacji).
- [8] DIN 4102 T.12:1998 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 12: Funktionserhalt von elektrischen Kabelanlagen; Anforderungen und Prüfungen.
- [9] PN-EN 1366-5:2021-07 Badania odporności ogniowej instalacji użytkowych – Część 5: Kanały i szyby instalacyjne.

Przyjęto do druku: 21.07.2022 r.

Partner działu:

Instytut Techniki Budowlanej
www.itb.pl

