

BADANIA I STUDIA – RESEARCH AND STUDIES

Zbigniew Musielak*

Grzegorz Woźniak**

Bogdan Wróblewski***

ODPORNOŚĆ OGNIOWA ŚCIAN DZIAŁOWYCH NA RUSZCIE STALOWYM Z OKŁADZINAMI Z PŁYT GKF – BADANIA I OBLICZENIA

W artykule przedstawiono klasyfikację w zakresie odporności ogniowej ścian działowych z okładzinami z płyt GKF ustaloną na podstawie badań oraz obliczeń przeprowadzonych w Zakładzie Badań Ogniowych ITB.

1. Wprowadzenie

W Zakładzie Badań Ogniowych Instytutu Techniki Budowlanej przeprowadzono liczne badania odporności ogniowej dotyczące różnych rozwiązań ścianek działowych z płyt gipsowo-kartonowych GKF. W artykule przedstawiono uwagi i wnioski z powyższych badań oraz omówiono obliczeniową metodę ekstrapolacji wyników tych badań na ściany o podobnej konstrukcji, lecz o dużej wysokości.

2. Właściwości ogniochronne płyt na bazie gipsu

Gips jako materiał nieorganiczny jest materiałem niepalnym. Wyroby gipsowe nie zawierające domieszek lub warstw organicznych są także niepalne. Niepalne są również stosowane obecnie w Polsce płyty gipsowe, płyty gipsowo-kartonowe i płyty gipsowo-włóknowe, pomimo że zawierają warstwę pochodzenia organicznego w postaci kartonu lub celulozy. W badaniach według PN-93/B-02862 [1] wszystkie kryteria materiału niepalnego dla tych płyt są spełnione (warstwa kartonu na skutek wydzielania wody ulega zwęgleniu, nie zapalając się płomieniem).

* mgr inż. – specjalista w ITB

** dr inż. – adiunkt w ITB

*** mgr inż – st. specjalista bad.-techn. w ITB

Mechanizm działania większości materiałów ogniochronnych charakteryzujących się niską przewodnością cieplną polega na tym, że pełnią one rolę izolacji opóźniającej wzrost temperatury przekroju lub powierzchni elementu konstrukcyjnego. Ogniochronne działanie gipsu polega na innym mechanizmie. Gips związany zawiera 20% wody krystalicznej, tzn. w 1 m² płyty gipsowej grubości 12,5 mm znajduje się około 2 l do 2,5 l wody. Wzrost temperatury wywołuje przemianę gipsu związane z odwodnieniem [2]. Uwalniana woda odparowuje, a na tę przemianę fazową potrzeba pięciokrotnie więcej ciepła niż na ogrzanie wody od 20°C do 100°C.

Płyty gipsowo-kartonowe mają małą pojemność cieplną, natomiast w warunkach wysokich temperatur duża ilość ciepła jest pochłaniana na odparowanie wody krystalicznie związanej.

Na podstawie przeprowadzonych badań strukturalnych płyt gipsowo-kartonowych [3] stwierdzono, że w temperaturze 300°C woda krystalacyjna w rdzeniu gipsowym odparowuje w 90%.

Przy analizie mechanicznej ścianek z płyt gipsowo-kartonowych należy uwzględnić ortotropową charakterystykę materiału, przyjmując zgodnie z normą [4] następujące cechy mechaniczne płyt w temperaturach normalnych:

$E_{xx} = 2500 \text{ MPa}$ (kierunek „silniejszy” płyty wzdłuż włókien),

$E_{yy} = 2000 \text{ MPa}$ (kierunek „słabszy” płyty w poprzek włókien),

$R_x = 7,0 \text{ MPa}$ (wytrzymałość na rozciąganie – kierunek „silniejszy”),

$R_y = 2,2 \text{ MPa}$ (wytrzymałość na rozciąganie – kierunek „słabszy”).

Zniszczenie płyty GKF (płyty gipsowo-kartonowej ogniochronnej zbrojonej włóknem szklanym) grubości 12,5 mm następuje po 20 min do 30 min nagrzewania.

3. Badania odporności ogniowej i klasyfikacja ogniowa ścianek działowych z płyt GKF

W latach 1995–2000 przeprowadzono w Laboratorium Badań Ogniowych ITB kilkanaście badań odporności ogniowej ścian na ruszcie z profili stalowych z okładzinami z płyt GKF. Badania wykonywano na modelach ścianek działowych o wymiarach 2,80 m × 2,80 m lub 3,00 m × 3,00 m, przy jednostronnym nagrzewaniu według krzywej ISO. Na podstawie wyników tych badań ustalono, że odporność ogniowa ścianek działowych z okładzinami z płyt gipsowo-kartonowych zależy między innymi od następujących czynników:

- grubości okładziny płyt gipsowo-kartonowych: im większa grubość okładziny, tym większa odporność ogniowa; praktycznie w ścianach o wysokościach normalnych (od 3 m do 5 m) stosuje się jedną lub dwie warstwy płyt z obu stron;
- rodzaju i jakości płyty gipsowo-kartonowej: do celów ogniochronnych stosuje się wyłącznie płyty GKF ogniochronne zbrojone włóknem szklanym; płyty muszą spełniać wymagania PN-B-79405:1997 [4];
- szkieletu nośnego ścianki działowej: ruszt ścianki działowej z profili z blachy zimnogiętej ocynkowanej w trakcie badania odporności ogniowej wygina się w kierunku ognia; odkształcenie od pionu w środku wysokości badanej ścianki wysokości 280 cm

wynosi od 10 cm do 12 cm; przy dokładnym montażu płyt GKF ścianka przy takim odkształceniu dopiero zaczyna tracić szczelność ogniową;

- dokładności wykonania szpachlowania;
- wypełnienia – jakości i rodzaju użytego materiału izolacyjnego;
- jakości montażu poszczególnych faz budowy ścianki działowej.

Na podstawie wyników badań ścianki działowe o normalnych wysokościach, zastosowane do różnych rozwiązań różnych firm, na szkielecie z profili stalowych zimnogiętych z wypełnieniem lub bez, z obustronnymi okładzinami z płyt GKF o grubości 1 × 12,5 mm, sklasyfikowano w klasie odporności ogniowej F 0,5 lub F 1 według normy [5] oraz EI 30 lub EI 60 według normy [6]; natomiast z obustronnymi okładzinami z płyt GKF o grubości 2 × 12,5 mm, w klasie F 1.5 (EI 90) lub F 2 (EI 120).

W tabelicy 1 podano klasyfikację ogniową rozwiązań ścianek działowych z obustronnymi okładzinami z płyt GKF ustaloną dla jednej z firm na podstawie badań odporności ogniowej przeprowadzonych w Laboratorium Badań Ogniowych ITB. Zgodnie z wynikami badań na elementach próbnych o wysokości 3,00 m dokonano w niektórych przypadkach ekstrapolacji klasyfikacji ogniowej na ściany o wysokości do 5,50 m. Było to możliwe, gdy wynik badania, tj. czas do osiągnięcia stanu granicznego izolacyjności lub szczelności ogniowej, znacznie przekraczał wymagane minimum dla danej klasy odporności ogniowej (np. jeżeli badana ściana o 60-minutowej odporności ogniowej utraciła izolacyjność lub szczelność ogniową po 85 min badania).

Tablica 1. Klasyfikacja ogniowa ścianek działowych z okładzinami z płyt gipsowo-kartonowych GKF
Table 1. Fire resistance classification of partition walls with GKF board cladding

| Konstrukcja rusztu mm | Grubość okładziny mm | Grubość ścianki mm | Maksymalna wysokość ścianki (mm) w pomieszczeniach typu: | | Izolacja ścianki: wełna szklana lub skalna; grubość/gęstość minimalna | | Klasa odporności ogniowej wg PN-90/B-02851 | Klasa odporności ogniowej wg CEN i PN-B-02851-1:1997 |
|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|--|------|---|-------------------|--|--|
| | | | 1* | 2** | mm | kg/m ³ | | |
| CW50-06 | 12,5 | 75 | 3000 | 2750 | 40 | 15 | F 0,5 | EI 30 |
| CW50-06 | 15 | 80 | 3000 | 2750 | 40 | 15 | F 1 | Ei 60 |
| CW50-06 | 12,5+12,5 | 100 | 4000 | 3500 | 40 | 15 | F 2 | EI 120 |
| CW75-06 | 12,5 | 100 | 4500 | 3750 | 40 | 15 | F 0,5 | EI 30 |
| CW100-06 | 12,5 | 125 | 5000 | 4250 | 40 | 15 | F 0,5 | EI 30 |
| CW100-06 | 15 | 130 | 5000 | 4250 | 40 | 15 | F 1 | EI 60 |

* Pomieszczenia typu 1: w których występują niewielkie skupiska ludzi, np. mieszkania, pomieszczenia hotelowe, biurowe, szpitale, korytarze.
** Pomieszczenia typu 2: w których występują duże skupiska ludzi, np. sale wykładowe, szkolne, wystawowe, sklepy. Do tej grupy należą ścianki działowe pomiędzy pomieszczeniami, w których występuje różnica poziomów podłóg ≥ 1 m.

4. Ocena odporności ogniowej ścian z obudową GKF za pomocą metod obliczeniowych

W praktyce budowlanej ostatnich lat coraz częściej obserwuje się stosowanie ścian działowych o dużej wysokości, dochodzącej nawet do 12 m. Ocena odporności ogniowej takich ścian nie może być przeprowadzona na drodze doświadczalnej z uwagi na ograniczone wymiary pieca do badań ogniowych. W tej sytuacji jedyną poprawną metodą oceny jest przeprowadzenie obliczeń numerycznych.

W latach 2000–2001 w Zakładzie Badań Ogniowych przeprowadzono serię obliczeń dotyczących dwóch systemów ścian o wysokości maksymalnej 9,00 m i 10,00 m.

Przy analizie zachowania ścian w warunkach pożarowych posłużono się metodami obliczeniowymi MES. Obliczenia przeprowadzono za pomocą programu nieliniowej analizy konstrukcji MARC 2000 (firmy MSC, USA).

Korzystano z dwóch typów modeli obliczeniowych:

- modelu odpowiedzi termicznej,
- modelu odpowiedzi mechanicznej.

Model odpowiedzi termicznej służy do określania pól temperatury w przekrojach analizowanych ścian warstwowych. Obliczenia przeprowadza się przy nieustalonym przepływie ciepła, zachowując warunki nagrzewania zgodne z normą [7]. Przebieg temperatury nagrzewania odpowiada krzywej standardowej ISO. Warunki brzegowe na powierzchni nagrzewanej – III rodzaju (konwekcyjno-radiacyjne).

Parametry materiałowe stali (przewodność i ciepło właściwe), zmienne z temperaturą, przyjmowano zgodnie z normą [8].

Parametry materiałowe (przewodność i ciepło właściwe) pozostałych materiałów – płyt gipsowo-kartonowych i wełny mineralnej – ustalano jako zmienne z temperaturą na podstawie warunków zgodności z wynikami badań.

Modele odpowiedzi mechanicznej wykorzystano do obliczeń deformacji oraz wyężenia elementów konstrukcji ścian (słupków i obudowy) w warunkach pożarowych.

Uwzględniono zmienność z temperaturą cech mechanicznych stali (moduł Younga, granica plastyczności, wydłużalność termiczna), zgodnie z normą [8].

Cechy mechaniczne płyt gipsowo-kartonowych przyjęto na podstawie wymagań wynikających z normy [4], jak dla materiału ortotropowego sprężysto-kruczego. Cechy te podano w p.2.

Współpraca słupków stalowych i płyt GKF została uwzględniona tylko po stronie nienagrzewanej. Założono niezmienność cech mechanicznych płyt GKF z temperaturą.

Zastosowano dwa modele odpowiedzi mechanicznej:

- **Model przestrzenny.** Pojedynczy słupek ścienny (np. CW 50 lub 2CW 100) jest modelowany ośmiowęzłowymi elementami bryłowymi. Słupek jest obciążany mechanicznie ciężarem własnym obudowy płytowej oraz termicznie temperaturą wynikającą z obliczeń przeprowadzonych na modelu odpowiedzi termicznej. Analizowany jest stan przemieszczenia i naprężenia w słupku w fazie sprężystej oraz sprężysto-plastycznej. W obliczeniach uwzględnia się współpracę słupka z poszyciem z płyt gipsowo-kartonowych po stronie nienagrzewanej. Celem obliczeń jest analiza i ocena zachowania słupka

ściennego w warunkach pożarowych. Model przestrzenny nie służy do oceny zachowania poszycia.

- **Model belkowo-płytowy.** Modelowany jest cały układ konstrukcyjny ściany składający się ze słupków (elementów belkowych) oraz poszycia (elementów płytowych). Uwzględniana jest współpraca obudowy płytowej ze słupkami po stronie nienagrzewanej. Słupki są traktowane jako elementy sprężyste i poddawane oddziaływaniom termicznym (temperaturze i gradientom temperatury) zgodnym z wynikami obliczeń na modelu odpowiedzi termicznej. Celem obliczeń jest analiza i ocena zachowania poszycia z płyt gipsowo-kartonowych, w szczególności odporności na pękanie i szczelności ogniowej ścian. Ocena zachowania belek (słupków CW) – wobec licznych założeń upraszczających – jest przybliżona.

W pierwszym etapie analizy obliczeniowej przeprowadza się weryfikację opracowanych modeli obliczeniowych na podstawie wyników badań ogniowych ścian normalnych (o wysokości od 2,80 m do 3,00 m). Porównuje się:

- wyniki pomiarów i obliczeń pól temperatury ścian warstwowych poddawanych badaniom,
- wyniki obliczeń i pomiarów ugięć słupków,
- wyniki obliczeń naprężeń w obudowie płytowej oraz obserwacje początku pęknięcia obudowy po stronie nienagrzewanej.

W tabelicy 2 zestawiono wyniki badań i obliczeń dotyczących ściany 3-metrowej na ruszcie z profili CW 50 z obustronną obudową GKF o grubości $2 \times 12,5$ mm, z wypełnieniem 40 mm wełny mineralnej.

Tabela 2. Wyniki badań i obliczeń dotyczących przykładowej ściany 3-metrowej
Table. Results of tests and calculations for 3 meter high wall

| Czas min | Temperatura °C | | | | Ugięcia mm | | Naprężenia w poszyciu, MPa | |
|-------------|-------------------|---------|-----------|---------|---------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| | zmierzona | | obliczona | | badanie | obliczone | badanie | obliczone |
| | płyta 1 | płyta 2 | płyta 1 | płyta 2 | | | | |
| 0 | 12 | 12 | 20 | 20 | 0 | 0 | | 0 |
| 10 | 45 | 20 | 56 | 29 | 5 | 10 | | 0,15 |
| 20 | 90 | 50 | 67 | 37 | 12 | 13 | | 0,16 |
| 30 | 100 | 75 | 71 | 44 | 15 | 13 | | 0,17 |
| 40 | 115 | 85 | 83 | 50 | 22 | 15 | | 0,20 |
| 50 | 225 | 85 | 341 | 80 | 35 | 50 | | 1,26 |
| 60 | 485 | 100 | 497 | 99 | 55 | 58 | × | |
| 70 | 580 | 130 | 560 | 121 | 65 | 58 | | |
| 80 | 635 | 170 | 589 | 156 | 70 | 59 | | 2,42 |

Zarówno obliczone temperatury (wewnątrz ścianki na płytach GKF od strony nagrzewanej – płyta 1 i nienagrzewanej – płyta 2), jak i ugięcia niewiele się różnią od wartości zmierzonych. Krzyżyk wskazuje zaobserwowany moment początku pęknięcia poszycia po stronie nienagrzewanej (61 minuta). Wynik ten zgadza się z obliczoną wytrzymałością płyt na rozciąganie (2,2 MPa).

Wyniki obliczeń ścian na ruszcie stalowym z obudową z płyt GKF w zasadniczy sposób zależą od przyjętych warunków brzegowych.

Najczęściej stosowane zasady montażu ścianek na ruszcie stalowym z obustronną obudową z płyt GKF są następujące:

- Słupki CW lub 2CW (ceowe lub dwuteowe) są umieszczane w poziomych prowadnicach UW bez połączeń na wkręty. Tolerancje wysokości słupków wynoszą $\Delta H = (10+25)$ mm (słupki są krótsze od ich długości nominalnej).

- Płyty GKF, montowane na szkielecie stalowym mijankowo, są mocowane do słupków pionowych oraz prowadnic poziomych za pomocą wkrętów w rozstawie około 25 cm.

W trakcie nagrzewania słupki CW lub 2CW ulegają zarówno deformacjom w kierunku poziomym, jak i pionowym. Wielkość przemieszczeń – przy jednakowym przebiegu temperatury nagrzewania słupków – zależy od wysokości oraz warunków zamocowania słupków.

Przeprowadzona analiza obliczeniowa dotycząca ścian 3-metrowych oraz 9-metrowych (pojedynczy słupek + pasmo GKF 25 mm o szerokości 60 cm) przy uwzględnieniu różnych warunków zamocowania słupków oraz płyt GKF w prowadnicy górnej i dolnej pozwoliła ustalić następujące prawidłowości:

- Zamocowanie płyt GKF do prowadnicy górnej spełnia swoją funkcję do momentu zapoczątkowania szybkiego przyrostu temperatury słupka (w przypadku ściany z poszyciem GKF $2 \times 12,5$ mm jest to 40+50 minuta nagrzewania). Następuje szybki wzrost reakcji (siły wyrwijającej wkręty mocujące płyty GKF do poziomej prowadnicy). Można oszacować, że przy sile $R = (1+3)$ kN następuje wyrwanie wkręta i płyta w danym punkcie zamocowania uzyskuje swobodę pionowego przesuwu.

- Najbardziej realistyczne warunki brzegowe przy obliczeniach ścianek to schemat:
 - przesuwne zamocowanie słupków w prowadnicy (brak wkrętów mocujących),
 - przesuwne zamocowanie końca płyt GKF w prowadnicy (zerwanie połączeń na wkręty w trakcie nagrzewania).

W tym wariantcie zamocowania uzyskuje się przy obliczeniach dotyczących ścianek wysokich (9-metrowych) zasadniczo inny przebieg deformacji, niż w przypadku ścian normalnych (3-metrowych). Różnice są następujące:

a) słupki ścianek normalnych uzyskują wskutek nagrzewania wydłużenie, a ich górny koniec przesuwa się w górę o kilka milimetrów, jednak przesunięcie nie przekracza istniejących tolerancji w zakresie od 10 do 25 mm w długości słupka;

b) słupki ścianek wysokich uzyskują wydłużenie, ale ich górny koniec wskutek równoczesnego bardzo dużego przemieszczenia poziomego ścianki przesuwa się w dół o kilkadziesiąt milimetrów, co grozi wypadnięciem słupka z prowadnicy i awarią mechaniczną oraz utratą szczelności ogniowej.

W tabelicy 3 podano wyniki obliczeń dotyczących ścian wysokich $H = 9,00$ m z obudową składającą się z każdej strony z dwóch warstw płyt GKF (25 mm) lub trzech warstw płyt GKF (37,5 mm) na ruszcie z profili stalowych 2CW100 (dwuteownika z dwóch ceowników połączonych środkami). Wyniki obliczeń zawierają zmienne w funkcji czasu:

- ugięcia poziome słupków ściennych 2CW 100,
- naprężenia w obudowie płytowej GKF $2 \times 2,5$ mm lub $3 \times 12,5$ mm od strony nienagrzewanej.

Na podstawie wyników zestawionych w tabelicy 3 można przeanalizować zachowanie ścian i przewidywać moment ich zniszczenia w warunkach pożarowych.

Ugięcia pionowe słupka w przypadku ściany z poszyciem GKF 25 mm wynoszą:

$$t = 50 \text{ min} - \Delta H = -9 \text{ mm (skrócenie),}$$

$$t = 60 \text{ min} - \Delta H = -44 \text{ mm (skrócenie),}$$

$$t = 100 \text{ min} - \Delta H = -270 \text{ mm (skrócenie).}$$

Tabela 3. Obliczone ugięcia poziome i naprężenia w poszyciu – dwie ściany $H = 9,00$ m
Calculated horizontal deflections and stresses in cladding – two walls $H = 9,00$ mm

| Czas min | Ściana $g = 15$ cm GKF 25 mm 2CW100 co 60 cm | | Ściana $g = 17,5$ cm GKF 37,5 mm 2CW100 co 60 cm | |
|-------------|---|-------------------|---|-------------------|
| | ugięcie mm | naprężenie MPa | ugięcie mm | naprężenie MPa |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 30 | 0,5 | 15 | 0,2 |
| 20 | 43 | 0,8 | 32 | 0,4 |
| 30 | 48 | 0,8 | 40 | 0,5 |
| 40 | 59 | 0,9 | 45 | 0,5 |
| 50 | 291 | 10,4 | 48 | 0,5 |
| 60 | 490 | 11,2 | 51 | 0,6 |
| 70 | 683 | 22,6 | 56 | 0,6 |
| 80 | 696 | 15,4 | 92 | 1,0 |
| 90 | 859 | 28,9 | 300 | 2,4 |
| 100 | 1041 | | 419 | 6,9 |

Około 60 minuty nagrzewania następuje na środkowym odcinku ściany (mierząc wzdłuż szerokości ściany) wysunięcie słupka z górnej prowadnicy.

Naprężenia przy zginaniu w płytach GKF po stronie nienagrzewanej zestawiono w kolumnie 3. Pęknięcie poszycia rozpoczyna się pomiędzy 40 a 50 minutą nagrzewania z chwilą wyczerpania nośności płyt GKF na zginanie w poprzek włókien, tj. przy $\sigma > 2,2$ MPa. Ugięcia ściany wynoszą wtedy około 200 mm.

Ugięcia pionowe słupka dla ściany z poszyciem GKF 37,5 mm wynoszą:

$$t = 90 \text{ min} - \Delta H = -22 \text{ mm (skrócenie),}$$

$$t = 100 \text{ min} - \Delta H = -46 \text{ mm (skrócenie),}$$

$$t = 120 \text{ min} - \Delta H = -98 \text{ mm (skrócenie).}$$

Około 95 minuty nagrzewania następuje na środkowym odcinku ściany (mierząc wzdłuż szerokości ściany) wysunięcie słupka z prowadnicy. Grozi utrata szczelności ogniowej lub zawalenie ściany.

Pęknięcie poszycia rozpoczyna się pomiędzy 80 a 90 minutą nagrzewania, z chwilą wyczerpania nośności płyt GKF na zginanie w poprzek włókien, tj. przy $\sigma > 2,2$ MPa. Ugięcia ściany wynoszą wtedy około 250 mm.

Analiza wyników badań ogniowych dotyczących ścian normalnych oraz wyników obliczeń w przypadku ścian wysokich wskazuje na to, że dominującą przyczyną utraty odporności ogniowej ścian jest przekroczenie kryterium szczelności. Z zestawienia wyników badań ścian 3-metrowych wynika, iż czas od zapoczątkowania pęknięcia poszycia po stronie nienagrzewanej do momentu utraty szczelności ogniowej wynosi od 20 min do 40 min. Równoczesny wzrost ugięć ścian wynosi od 20 mm do 60 mm.

Analiza obliczeniowa ścian wysokich nie pozwala bezpośrednio ustalić momentu utraty szczelności ogniowej ścian. Biorąc jednak pod uwagę prędkość narastania ugięć od chwili pojawienia się pierwszych rys w poszyciu, można oszacować, że czas od zapoczątkowania pęknięcia poszycia po stronie nienagrzewanej do momentu utraty szczelności ściany wyniesie od 20 min do 25 min.

W tabelicy 4 zestawiono dane charakteryzujące pęknięcie i prognozowaną utratę szczelności w obliczonych ścianach 9-metrowych.

Tablica 4. Prognozowana utrata szczelności obliczonych ścian 9-metrowych
Table 4. Predicted loss of integrity of 9-meter high walls

| Ściana | Grubość obudowy GKF | Początek pęknięcia | | Przyrost ugięć | Czas | Prognozowana utrata szczelności | |
|--------------|---------------------|--------------------|------------|----------------|------|---------------------------------|------------|
| | | t_1 , min | f_1 , mm | | | t_2 , min | f_2 , mm |
| $H = 9,00$ m | 25 | 45 | 200 | 300 | 20 | 65 | 500 |
| $H = 9,00$ m | 37,5 | 85 | 250 | 300 | 25 | 110 | 550 |

5. Podsumowanie

Różne rozwiązania ścianek działowych z okładzinami z płyt GKF na szkielecie ze stalowych profili zimnogiętych zostały sklasyfikowane w klasach odporności ogniowej

F 0.5 (EI 30), F 1 (EI 60), F 1.5 (EI 90) lub F 2 (EI 120). Klasyfikację tę dla ścian do wysokości $H = 5,50$ m ustalono na podstawie wyników badań ogniowych.

W przypadku ścian wysokich $H > 6,00$ m podstawę do oceny odporności ogniowej ścian stanowiły komputerowe symulacje zachowania konstrukcji w warunkach pożarowych. Testowanie ścian 3-metrowych potwierdziło poprawność przyjętych modeli obliczeniowych. Obliczone temperatury i ugięcia wykazywały zbieżność z wynikami badań. Obliczone naprężenia w płytach obudowy z GKF oraz ustalona wytrzymałość płyt przy zginaniu pozwalają z dużą dokładnością określić miejsce i moment powstania pierwszych pęknięć w obudowie po stronie nienagrzewanej.

W wyniku analizy obliczeniowej ustalono klasyfikację ogniową kilku rozwiązań ścian wysokich z obudową z płyt GKF, podaną w tablicy 5.

Tablica 5. Klasyfikacja ogniowa ścian działowych wysokich z okładzinami z płyt gipsowo-kartonowych GKF

Table 5. Fire resistance classification of high partition walls with plasterboard GKF cladding

| Konstrukcja rusztu | Grubość okładziny | Grubość ścianki | Max wysokość ścianki | Izolacja ścianki: wełna szklana lub skalna grubość/gęstość minimalna | | Klasa odporności ogniowej wg PN-90/B-02851 | Klasa odporności ogniowej wg CEN i PN-B-02851-1:1997 |
|--------------------|-------------------|-----------------|----------------------|--|-------------------|--|--|
| | mm | mm | mm | mm | kg/m ³ | | |
| 2CW100 co 60 cm | 2 × 12,5 | 150 | 9000 | 100 | 15 | F 1 | EI 60 |
| 2CW100 co 60 cm | 3 × 12,5 | 175 | 9000 | 100 | 15 | F 1,5 | EI 90 |
| CW100 co 60 cm | 2 × 12,5 | 150 | 6500 | 50 | 15 | F 1 | EI 60 |
| CW100 co 40 cm | 2 × 12,5 | 150 | 8000 | 50 | 15 | F 1 | EI 60 |
| CW100 co 30 cm | 2 × 12,5 | 150 | 9000 | 50 | 15 | F 1 | EI 60 |
| CW100 co 30 cm | 2 × 15 | 160 | 10 000 | 50 | 15 | F 1 | EI 60 |
| CW100 co 31,5 cm | 1 × 25 | 150 | 9000 | 80 | 15 | F 1 | EI 60 |
| CW100 co 60 cm | 3 × 12,5 | 175 | 9000 | 50 | 15 | F 1,5 | EI 90 |

Odporność ogniowa ścian działowych z płyt GKF zależy między innymi od:

- jakości zastosowanych materiałów oraz dokładności wykonania elementów i połączeń,
- prawidłowego mocowania płyt, kolejności przykręcania wkrętów, prawidłowego zagłębienia łbów wkrętów, przestrzegania rozstawów wkrętów, przesunięcia płyt w poszczególnych warstwach,

- starannego ułożenia i dociśnięcia izolacji,
- starannego szpachlowania wszystkich złączy i połączeń oraz łbów wkrętów zgodnie z instrukcjami producentów.

Na rynku istnieje wiele podobnych do siebie rozwiązań ścianek działowych z płyt gipsowo-kartonowych rozmaitych firm, różniących się między innymi:

- wysokością ścianek działowych,

- połączeniami poziomymi i pionowymi płyt,
- rozstawem wkrętów mocujących płyty,
- taśmami obwodowymi na obrzeżach ścianek działowych,
- wypełnieniem,
- rodzajami szpachli, taśm na złączach, klejów.

Na ocenę poszczególnych rozwiązań ma wpływ wiele czynników; odporność ogniowa podobnych rozwiązań różnych firm może się istotnie różnić. W związku z tym niezbędne jest prowadzenie badań odporności ogniowej tego typu elementów. Dopiero na podstawie wyników badań, w rezultacie obliczeń można dokonywać ekstrapolacji na ścianki o większej wysokości.

Wydaje się, że producenci ścian działowych z obudową z płyt GKF powinni w większym niż dotychczas stopniu poświęcić swą uwagę na projektowanie ścian wysokich. Nie można bowiem wprost przenosić rozwiązań stosowanych w przypadku ścian 3-metrowych na ściany 9-metrowe. Wynika to z różnic w przebiegu deformacji obydwu typów ścian w warunkach pożarowych i związanych z tym zagrożeń, na przykład wysuwaniem się słupków CW z górnej prowadnicy UW oraz wypadaniem arkuszy wełny mineralnej.

Bibliografia

- [1] PN-93/B-02862 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania niepalności materiałów budowlanych
- [2] Kosiorek M., Wróblewski B.: Gips jako materiał ogniochronny. *Materiały Budowlane*, 10, 1996
- [3] Krzywobłocka-Laurów R., Wróblewski B.: Badania strukturalne płyt gipsowo-kartonowych. Materiały seminarium na temat „Zabezpieczenia ogniochronne z płyt gipsowo-kartonowych. Rozwiązania Nidy-Gips w świetle badań ITB”, Spała, 22–23.04.1999
- [4] PN-B-79405:1997 Płyty gipsowo-kartonowe
- [5] PN-90/B-02851 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Metoda badania odporności ogniowej elementów budynków
- [6] PN-B-02851-1:1997: Ochrona przeciwpożarowa budynków. Badania odporności ogniowej elementów budynków. Wymagania ogólne i klasyfikacja
- [7] prENV -1991-2-2: 1996. Eurocode 1– Basis of design and actions on structures – Part 2.2: Actions on structures exposed to fire
- [8] ENV -1993 -1-2:1995. Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design

FIRE RESISTANCE OF PARTITIONS WITH PLASTER BOARD CLADDING – TESTS AND CALCULATIONS

Summary

This paper describes results and classification of fire resistance of partitions with plaster boards, determined by fire test results and fire resistance calculations.

Praca wpłynęła do Redakcji 11 VIII 2001