

Problemy technologiczno-materiałowe w realizacjach systemów ociepleń z okładziną nieciągłą



dr inż.
BARBARA FRANCKE
Adiunkt – z-ca kierownika zakładu
Zakład Inżynierii Materiałów Budowlanych
Instytut Techniki Budowlanej
ORCID: 0000-0001-9525-5468



mgr inż.
RENATA ZAMOROWSKA
Główny specjalista inżynierijno-techniczny
Zakład Inżynierii Materiałów Budowlanych
Instytut Techniki Budowlanej
ORCID: 0000-0003-3424-257X

Systemy ociepleniowe ETICS z tynkiem cienkowarstwowym są stosowane na świecie od ponad 70 lat. W artykule przeanalizowano mechanizm utraty właściwości funkcjonalnych systemów ETICS z okładziną nieciągłą, ze szczególnym uwzględnieniem zachowania obciążenia swobodnego.

Wraz z rozwojem technologii ETICS jako warstwę zewnętrzną elewacji zaczęto stosować różnego rodzaju okładzinę ceramiczną [1]. Układ warstw w takim przypadku jest podobny jak w tradycyjnych systemach ociepleniowych, z tą różnicą, że wyprawa tynkarska zastąpiona jest płytkami ceramicznymi, kamiennymi lub ciężtymi z cegły klejonymi z wykorzystaniem zaprawy klejącej przeznaczanej do ceramiki, wskazanej przez producenta. Znaczne obciążenie [2], jakie stanowi okładzina, wymusza jednak inne niż w standardowych ociepleniach rozwiązania techniczne. Podstawową różnicą jest sposób mocowania termoizolacji i wykonania warstwy zbrojonej. Płyty materiału termoizolacyjnego wymagają dodatkowego mocowania łącznikami mechanicznymi, niezależnie od wysokości budynku i grubości ocieplenia. Aby zwiększyć wytrzymałość połączenia, zalecane jest stosowanie łączników z trzpieniem stalowym, odpornym na korozję i mocowanie ich przez warstwę zbrojoną. Dopiero na tak wykonanej warstwie zbrojonej można przyklejać płytki. Spodnia strona płytek układana na warstwie zbrojonej musi być w 100% pokryta zaprawą klejącą. Wskazane jest też zastosowanie klejów do płytek o podwyższonych parametrach, na przykład typu C2 z obniżonym spływem T oraz zadeklarowaną klasą odkształcalności S1 lub S2. Spoinowanie okładziny powinno być wykonane elastyczną zaprawą cementową. Na elewacje ceramiczne w układzie ociepleniowym zalecane są płytki o niskiej nasiąkliwości powierzchniowej i ciężarze maksymalnym 40 kg/m².

Dotychczas system ETICS z okładziną nieciągłą był badany zgodnie z procedurami podanymi w ETAG 004[3] lub ETAG 017[4]. Niestety żaden z ww. dokumentów nie obejmuje wszystkich elementów systemu. ETAG 004 nie uwzględnia możliwości wykonania warstwy zewnętrznej z okładziny nieciągłej, a ETAG 017 obejmuje systemy prefabrykowane, a nie wykonywane z elementów składowych bezpośrednio na budowie. Uzupełnieniem tej luki są wytyczne EAD 040287-00-0404 [5] opracowane w 2017 r.

Aby wyeliminować ewentualne problemy związane ze specyfiką użytkowania ociepleń z okładziną nieciągłą, wytyczne EAD 040287-00-0404 wprowadzają dodatkowe badania nieujęte w ETAG-ach 004 i 017, np. badanie o angielskiej nazwie *dead load behaviour*, tłumaczone jako „zachowanie się okładziny pod obciążeniem krytycznym”. Niestety w cytowanym dokumencie brak wartości granicznych odnośnie do dopuszczalnych przemieszczeń, pozwalających na pozytywną ocenę uzyskanych wyników badań. Rozumiejąc obciążenie krytyczne jako wartość obciążenia konstrukcji lub jej elementu, której przekroczenie powoduje utratę stateczności, w przedmiotowym przypadku ocenie podlega dopuszczalna wartość przemieszczeń, których przekroczenie może grozić awarią. Należy podkreślić, że w dotychczas wydanych aprobach/krajowych ocenach technicznych okładzinę elewacyjną zazwyczaj stanowiły mrozoodporne płytki ceramiczne ujęte w normie PN EN 14411 z grup: A1, B1a, B1b, A1a i B1a, czyli o nasiąkliwości ≤ 6%, spełniające następujące wymagania dodatkowe:

- powierzchnia ≤ 0,09 m², długość krawędzi ≤ 0,30 m, grubość ≤ 0,015 m;

- masa płytek ≤ 40 kg/m² powierzchni ocieplenia.

System ETICS z okładziną nieciągłą może być stosowany w dwóch różnych wariantach, tzn.:

- klejony z dodatkowym mocowaniem mechanicznym, lub
- mocowany mechanicznie z dodatkowym klejeniem.

Założenia badawcze

Coraz częściej do oceny zgłaszane są systemy ociepleniowe z okładziną z płytek wielkogabarytowych, kamiennych czy też wysoko nasiąkliwych, jak np. płytki cięte z cegły, zwiększając tym samym powierzchnię czy też ciężar syste-

Fot. 1. Widok badanej próbki



mu. Takie rozwiązania wymagają wnikliwej oceny trwałości, ze szczególnym uwzględnieniem potwierdzenia, czy przedmiotowe płytki, w warunkach eksploatacji, nie będą prowadziły do ewentualnych awarii polegających na niekontrolowanym zsuwaniu się z elewacji pod ciężarem własnym. Z tego powodu w Instytucie Techniki Budowlanej podjęto pracę badawczą zmierzającą do wyjaśnienia tego problemu. Prace w tym zakresie są na etapie początkowym i w niniejszym artykule autorki chciałyby przedstawić dotychczasowe wyniki uzyskane dla wybranego wariantu badawczego. W badaniach wykorzystano nową metodę badawczą wprowadzoną przez EAD 040287-00-0404, czyli badanie o nazwie *dead load behaviour* tłumaczone jako „zachowanie się okładziny pod obciążeniem krytycznym”.

Materiały do badań i metodyka badawcza

Po wstępnych badaniach przesiewowych, wykonanych dla różnych okładzin nieciągłych, do dalszych prac wytypowano płytki ceramiczne budzące dotychczas największe wątpliwości użytkowe, tzn. okładzinę w formie płytek ciętych z cegły ceramicznej o spodziewanej wysokiej nasiąkliwości dochodzącej nawet do 22% wagowych. Płytki te charakteryzują się następującymi właściwościami:

- wytrzymałość na zginanie $\geq 6,0$ MPa, wg PN-EN ISO 10545-4:2014;
- siła łamiąca ≥ 2000 N, wg PN-EN ISO 10545-4:2014;
- odporność na uderzenie metodą pomiaru współczynnika odbicia $\geq 0,3$, wg PN-EN ISO 10545-5:1999;
- nasiąkliwość $\leq 22\%$, wg PN-EN ISO 10545-3:1999;
- odporność na zamrażanie-rozmrażanie – odporne, wg PN-EN ISO 10545-12:1999.

Izolację termiczną w systemie ociepleniowym stanowiły kolejno:

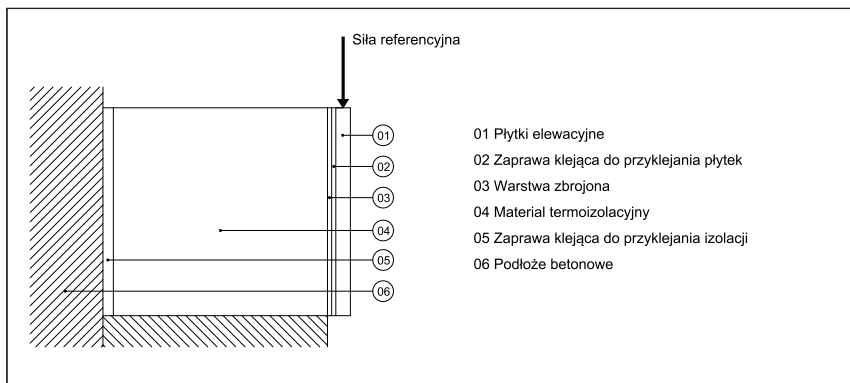
- styropian o TR 80,
- wełna mineralna o TR 10.

W obu przypadkach podłożem badawczym był podkład betonowy.

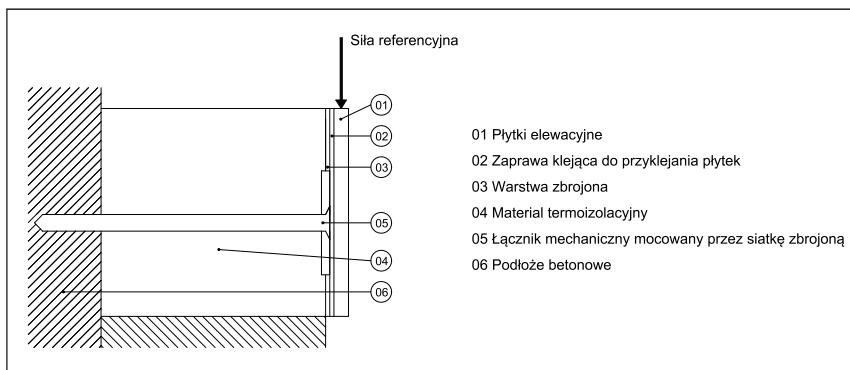
Podstawowym badaniem oceniającym odporność warstwy elewacyjnej przedmiotowego zestawu ociepleniowego na obciążenia pionowe było badanie zachowania się okładziny pod obciążeniem krytycznym. Badanie prowadzono w warunkach laboratoryjnych, tzn. w temperaturze $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ i wilgotności względnej $(50 \pm 5)\%$, każdorazowo, na trzech próbkach o wymiarach powierzchniowych (200×200) mm.

Badania zaczynano na próbkach badawczych o najmniej korzystniejszych właściwościach, stosując:

- płyty termoizolacyjne o maksymalnej grubości wybrane dla wariantów przewidzianych do stosowania, o minimalnej wytrzymałości na rozciąganie siłą prostopadłą do powierzchni (TR);



Rys. 1. Schemat obciążenia próbki – układ z mocowaniem klejowym



Rys. 2. Schemat obciążenia próbki – układ z mocowaniem mechanicznym

- okładzinę o maksymalnej grubości, maksymalnym ciężarze.

W przypadku gdy dla takich obciążeń uzyskano wyniki negatywne, powtarzano badanie na próbkach o korzystniejszych właściwościach, podejmując w ten sposób próbę ustalenia granicznych wymagań dla materiałów wchodzących w skład systemu, dających szansę na spełnienie wymagań użytkowych. Przyjmując ten tok postępowania, do wykonania próbek zastosowano następujące materiały:

- wełnę mineralną o wytrzymałości na rozciąganie siłą prostopadłą do powierzchni o TR 10 i dwóch grubościach, odpowiednio: 100 mm – klejoną do podłoża zaprawą klejącą (bez mocowania mechanicznego) i 120 mm – mocowaną łącznikiem mechanicznym umieszczonym centralnie względem powierzchni próbki;
- styropian EPS o grubości 150 mm i wytrzymałości na rozciąganie siłą prostopadłą do powierzchni o klasie TR 80, przyklejony do podłoża za pomocą zaprawy klejącej (bez mocowania mechanicznego);
- płytki ceramiczne (cięte z cegły ceramicznej), o grubości 40 mm – dla wariantów ze styropianem i wełną mineralną klejoną do podłoża zaprawą, bez dodatkowego mocowania mechanicznego oraz w układzie z wełną mineralną mocowaną mechanicznie 20 mm i 40 mm (układane na zmianę w obrębie jednej próbki) – w układzie z wełną mineralną mocowaną mechanicznie z dodatkowym klejeniem.

Widok próbki podczas badania pokazano na fotografii 1.

Badanie prowadzono w pięciu etapach, tzn.:
Etap I – pod ciężarem własnym, bez dodatkowego obciążenia okładziny;

Etap II – pod ciężarem własnym + obciążenie $F_{ad} = 0,25 \cdot F_{ref}$;

Etap III – pod ciężarem własnym + $F_{ad} = 0,50 \cdot F_{ref}$;

Etap IV – pod ciężarem własnym + obciążenie $F_{ad} = 0,75 \cdot F_{ref}$;

Etap V – pod ciężarem własnym + obciążenie $F_{ad} = 1,00 \cdot F_{ref}$.

Siłę referencyjną F_{ref} określono z równania, zgodnie z wytycznymi EAD 040287-00-0404[5], tzn.:

$$F_{ref} \geq 0,80 \times \{ \min [(0,08 \times A \times h) / (6 \times d); 0,02 \times A] - Q_{spec} \times A \}$$

gdzie:

A – powierzchnia próbki (mm^2);

h – wysokość (mm);

d – odległość, w mm, między podłożem a punktem przyłożenia obciążenia;

$d = t_1$ (grubość zaprawy klejącej) + t_2 (grubość materiału izolacyjnego) + t_3 (grubość warstwy zbrojonej) + $0,5 \times t_4$ (grubość okładziny ceramicznej);

Q_{spec} = masa warstwy wierzchniej na jednostkę powierzchni, w MPa.

Schematy obciążenia próbek w dwóch wariantach mocowania pokazano na rysunkach 1. i 2.

Wyniki badań wraz z analizą

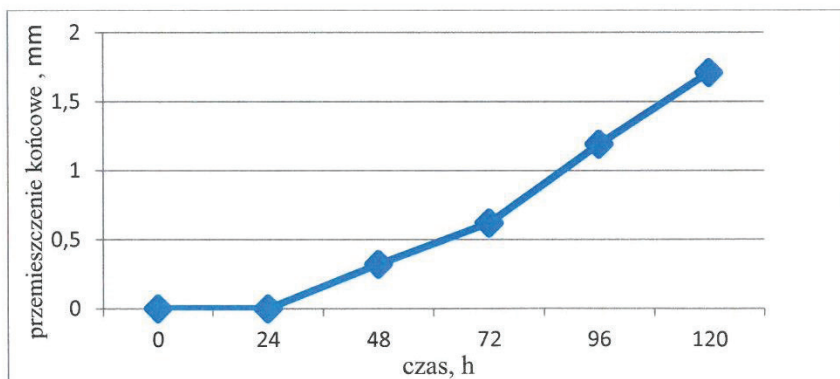
Zestawienie wyników badań dla różnych rozwiązań przedstawiono w tablicach 1–3.,

Tablica 1. Zestawienie wyników badań siły krytycznej dla układu na styropianie

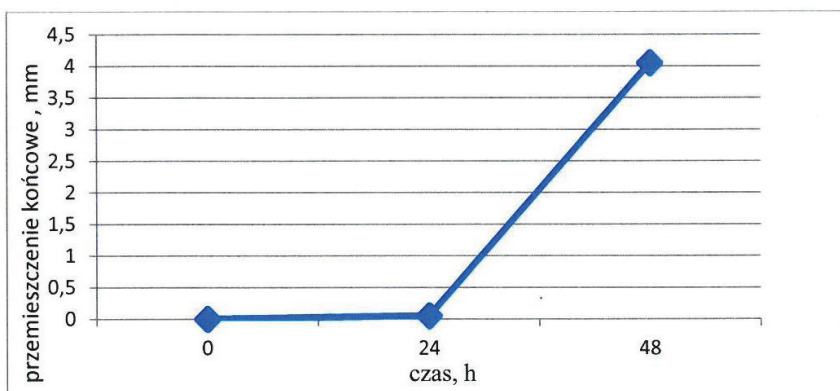
Poziom obciążenia	Obciążenie, N	Przemieszczenie pod obciążeniem, mm	Różnica przemieszczeń pomiędzy kolejnymi obciążeniami, mm
Założenia badawcze: – izolacja termiczna – styropian EPS gr. 150 mm, klejony do podłoża zaprawą klejącą (bez dodatkowego mocowania mechanicznego), – płytki gr. 40 mm, wycięte z cegły ceramicznej, – $F_{ref} = 560$ N			
Obciążenie ciężarem własnym	–	0	0
$F_{ad} = 0,25 \times F_{ref}$	140	0,32	0,00
$F_{ad} = 0,50 \times F_{ref}$	280	0,62	0,32
$F_{ad} = 0,75 \times F_{ref}$	420	1,19	0,57
$F_{ad} = 1,00 \times F_{ref}$	560	1,71	0,52

Tablica 2. Zestawienie wyników badań siły krytycznej dla układu na wełnie mineralnej

Poziom obciążenia	Obciążenie, N	Przemieszczenie pod obciążeniem, mm	Różnica przemieszczeń pomiędzy kolejnymi obciążeniami, mm
Założenia badawcze: – izolacja termiczna – wełna mineralna gr. 100 mm, klejona do podłoża zaprawą klejącą (bez dodatkowego mocowania mechanicznego), – płytki gr. 40 mm, wycięte z cegły ceramicznej, – $F_{ref} = 862$ N			
Obciążenie ciężarem własnym	–	0,25	0,00
$F_{ad} = 0,25 \times F_{ref}$	212,5 N	–	–



Rys. 3. Wykres przemieszczenia pod obciążeniem dla systemu ociepleniowego z izolacją termiczną ze styropianu gr. 150 mm klejonego do podłoża zaprawą klejącą i warstwą elewacyjną z płytek ceramicznych gr. 40 mm



Rys. 4. Wykres przemieszczenia pod obciążeniem dla systemu ociepleniowego z izolacją termiczną wełny mineralnej gr. 100 mm mocowanej mechanicznie i warstwą elewacyjną z płytek ceramicznych gr. 40 mm i 20 mm (układanych naprzemiennie)

a wykresy przemieszczeń odpowiednio na rys. 3. i 4. W tablicy 1. i na wykresie 3. zestawiono wyniki badania siły krytycznej dla układu ociepleniowego ze styropianem klejonym na za-

prawie klejowej bez dodatkowego mocowania mechanicznego.

Dla układów ociepleniowych ze styropianem mocowanym mechanicznie wartości prze-

mieszczeń pod obciążeniem krytycznym używane w dotychczas wykonanych badaniach wahają się od 2 mm do 3 mm. Biorąc pod uwagę powyższe, uznano, że wartość przemieszczenia na poziomie 1,71 mm pod obciążeniem krytycznym 560 N, uzyskana w efekcie stopniowego zwiększania obciążenia na badaną próbkę, dla układu ze styropianem klejonym na zaprawie klejowej, lecz bez dodatkowego mocowania mechanicznego, może być uznana za korzystną. W tablicy 2. zestawiono wyniki badania siły krytycznej dla układu na wełnie mineralnej klejonej do podłoża za pomocą zaprawy klejącej, bez mocowania mechanicznego. Wyniki badań zachowania okładziny pod obciążeniem krytycznym dla układu z wełną mineralną są istotnie niższe. Pod wpływem obciążenia ciężarem własnym warstwy licowej zanotowano przemieszczenie o wartości 0,25 mm. Przy pierwszym progu obciążenia, siłą o wartości 212,5 N, nastąpiło kohezyjne zniszczenie układu w obrębie wełny mineralnej. Powyższe wskazuje na niską odporność układu ociepleniowego z wełną mineralną na ścinające obciążenia pionowe działające w płaszczyźnie warstwy licowej. W przypadku ewentualnego zastosowania takiego wariantu rozwiązania konieczne jest zaprojektowanie dodatkowego zabezpieczenia okładziny z płytek przed pionowym przemieszczeniem, pod wpływem działania obciążeń zewnętrznych, np. poprzez dodatkowe podparcie.

W tablicy 3. przedstawiono wyniki badania siły krytycznej dla układu na wełnie mineralnej mocowanej mechanicznie łącznikiem umieszczonym centralnie względem powierzchni próbki. Pod wpływem obciążenia ciężarem własnym warstwy licowej (okładziny z płytek) zarejestrowano przemieszczenie o wartości 0,05 mm. Przy pierwszym progu obciążenia, siłą o wartości 250 N, odnotowano przemieszczenie o wartości 4,05 mm, natomiast przy obciążeniu 500 N nastąpiło zniszczenie układu. Powyższe wskazuje na niską odporność układu ociepleniowego z wełną mineralną na działanie sił ścinających działających w płaszczyźnie warstwy licowej. Na tej podstawie można stwierdzić, że mocowanie mechaniczne w tym przypadku również nie rozwiązuje problemu niskiej odporności na ścianie warstwy elewacyjnej z ceramiczną okładziną nieciągłej w systemie z wełną mineralną mocowaną mechanicznie.

Wnioski

Wyniki badań omówione w niniejszym artykule są pierwszymi próbami oceny odporności na obciążenia krytyczne układów ociepleniowych ETICS z okładziną nieciągłą, podjętymi w Instytucie Techniki Budowlanej, i z tego powodu pozwalają na sformułowanie następujących, wstępnych wniosków w tym zakresie:

Zapisy EAD 040287-00-0404 nie precyzują dopuszczalnych przemieszczeń w badaniu *dead load*, które można by uznać za pozytywne dla ocenianego rozwiązania. Oczywiście cał-

Tablica 3. Zestawienie wyników badań siły krytycznej dla układu na wełnie mineralnej

Poziom obciążenia	Obciążenie, N	Przemieszczenie pod obciążeniem, mm	Różnica przemieszczeń pomiędzy kolejnymi obciążeniami, mm
Założenia badawcze: – izolacja termiczna – wełna mineralna gr. 120 mm, mocowana mechanicznie łącznikiem umieszczonym centralnie względem powierzchni próbki – płytki gr. 40 mm i 20 mm układane na zmianę w obrębie jednej próbki, wycięte z cegły ceramicznej, – $F_{ref} = 1000$ N			
Obciążenie ciężarem własnym	–	0,05	0,05
$F_{ad} = 0,25 \times F_{ref}$	250	4,05	4,00
$F_{ad} = 0,50 \times F_{ref}$	500	–	–
$F_{ad} = 0,75 \times F_{ref}$	750	–	–
$F_{ad} = 1,00 \times F_{ref}$	1000	–	–

kowite uszkodzenie badanego zestawu w założonym zakresie obciążeń pozwala na negatywną ocenę wyniku badania, jednak w przypadku gdy zjawisko takie nie nastąpiło, a jedynie odnotowano przemieszczenie warstwy wykończeniowej, ocena, czy uzyskana wartość jest ciągle dopuszczalna, jest bardzo subiektywna i wymaga dużego doświadczenia praktycznego.

W ocenianym wariancie badawczym uznano, że przemieszczenie uzyskane w badaniu dla systemu ze styropianem EPS z okładziną z płytek ciętych z cegły można uznać za prawidłowe, ponieważ mieści się w granicach wartości uzyskiwanych dotychczas dla badanych układów ociepleń. Układ z wełną mineralną ulega uszkodzeniu nawet pod obciążeniem ciężarem własnym, więc nie może być oceniony pozytywnie.

Wspomniany wynik badania wzbudza wątpliwości odnośnie do zasadności stosowania wełny mineralnej zwykłej w układach ociepleniowych z okładziną z płytek ceramicznych o wysokiej nasiąkliwości. Jeżeli takie rozwiązanie jest projektowane, należy przewidzieć dodatkowe, skuteczne zabezpieczenie tak wykonanego układu rozwiązania przed przemieszczeniami pionowymi, gdyż zastosowanie jedynie mocowania mechanicznego nie daje w tym przypadku oczekiwanego efektu.

Omawiane badania są aktualnie kontynuowane i mamy nadzieję, że w najbliższym czasie będzie możliwa szersza analiza problemu. Wyniki tych badań są szczególnie potrzebne, gdyż systemy z okładziną nieciągłą przeżywają wyraźny wzrost popularności ze względu na walory użytkowe, takie jak:

- poszerzenie gamy dostępnych rozwiązań elewacyjnych dzięki zastosowaniu płytek ceramicznych lub z kamienia naturalnego;
- możliwości zaspokojenia zapotrzebowania inwestorów poprzez indywidualne projektowanie rozwiązań przestrzennych i kolorystycznych, kształtowanie nowoczesnych form architektonicznych lub/i nawiązywanie do zabudowy zabytkowej;
- zróżnicowanie oferty rozwiązań wykończeniowych obszarów cokołowych budynków.

Literatura

[1] Frank Frössel, Heribert Oberhaus, Werner Riedel, Ochrona ciepła budynków. Systemy izolacji ETICS, Polcen Sp.z o.o. 2011.

[2] <https://atlasfachowca.pl/strefa-klienta/baza-wiedzy/prace-ociepleniowe/plytki-ceramiczne-na-elewjach>; Czernik Sebastian, Płytki ceramiczne w elewacjach, 2012.

[3] ETAG 004:2013 External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) with Rendering.

[4] ETAG 017:2005 Guideline For European Technical Approval Of Vetre Kits Prefabricated Units For External Wall Insulation.

[5] EAD 040287-00-0404 Kits for External Thermal Insulation Composite System (ETICS) with Panels as Thermal Insulation Product and Discontinuous Claddings as Exterior Skin (v. June 2017).

DOI: 10.5604/01.3001.0013.8534

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Zamorowska Renata, Francke Barbara, 2020, Problemy technologiczno-materiałowe w realizacjach systemów ociepleń z okładziną nieciągłą. Builder" 03 (272). DOI: 10.5604/01.3001.0013.8534

Streszczenie: W artykule przeanalizowano mechanizm utraty właściwości funkcjonalnych systemów ETICS z okładziną nieciągłą, ze szczególnym uwzględnieniem zachowania obciążenia swobodnego. Przedmiotem dyskusji jest zewnętrzny system izolacji termicznej z płytką ceramiczną wyciętą z cegły, ułożoną na dwóch różnych podłożach, tj. wełnie mineralnej i styropianie. Podstawą oceny są zastosowane maksymalne obciążenie własne, maksymalna różnica przemieszczeń uzyskana dla omawianego rozwiązania podczas badań wykonanych w warunkach laboratoryjnych.

Słowa kluczowe: systemy ociepleń, okładzina nieciągła, obciążenie krytyczne

Abstract: Technological and material problems in the implementation of external thermal insulation composite systems with discontinuous cladding. In the paper there was analyzed a mechanism of loss of functional properties of external thermal insulation composite system with discontinuous cladding, with particular emphasis on dead load behavior. The subject of discussion is the external thermal insulation composite system with a ceramic tile cut from brick, laid on two different substrates, i.e. wool and expanded polystyrene. The basis of the assessment are maximum dead load applied, maximum difference of displacement obtained during the tests made in laboratory conditions for the discussed solution.

Key words: external thermal insulation systems, discontinuous cladding, dead loads