

dr hab. inż. Barbara Francke^{1)*}
 ORCID: 0000-0001-9525-5468
 dr inż. Joanna Witkowska-Dobrev¹⁾
 ORCID: 000-0001-6613-5037

Wpływ ścisłości asfaltowych grubowarstwowych powłok modyfikowanych polimerami na trwałość wykonywanych z nich warstw hydroizolacyjnych

Effect of the compressibility of polymer-modified bituminous thick coatings on the durability of their waterproofing layers

DOI: 10.15199/33.2023.12.02

Streszczenie. Grubowarstwowe powłoki bitumiczno-polimerowe znajdują coraz szersze zastosowanie w budownictwie do wykonywania izolacji części podziemnych budynków. Jednym z istotnych problemów użytkowych przy ocenie trwałości tych powłok jest podatność na uszkodzenia mechaniczne, w tym na długotrwałe obciążenia ściskające działające na całą ich powierzchnię. W ramach prac badawczych oceniono odporność na ściskanie dwóch losowo wybranych wyrobów, zgodnie z metodą badawczą ujętą w normie PN-EN 15815:2011. Po czternastu dniach badania stwierdzono, że przy obciążeniach właściwych dla izolacji przeciwwilgociowych, czyli 0,06 MN/m², następuje zmniejszenie grubości do ponad 50% w przypadku powłok bez zbrojenia. Podobny poziom zmiany grubości tych samych powłok, lecz wzmocnionych wewnętrzną wkładką zbrojącą z włókniwy szklanej, następuje już po trzech dniach badania pod obciążeniem przyjmowanym w przypadku izolacji wodochronnych, czyli 0,3 N/m². Uzyskane wyniki wskazują na brak przydatności omawianych powłok do stosowania jako izolacji tarasów, balkonów oraz w pokryciach dachowych.

Słowa kluczowe: masy bitumiczno-polimerowe przeznaczone do wykonywania powłok grubowarstwowych; odporność na ściskanie.

Abstract. Polymer modified bituminous thick coatings are increasingly used in the construction industry as waterproofing of underground parts of buildings. One of the important application problems in assessing their durability is the susceptibility of the above-mentioned coatings to mechanical damage, including long-term compressive loads acting on their entire surface. As part of the research work, the resistance to compression of two randomly selected products was assessed, in accordance with the research methodology included in the PN-EN 15815:2011 standard. The research found that the phenomenon of changing the thickness of coatings without reinforcement leads to a more than 50 per cent reduction in the thickness of the tested coatings at loads specific to damp-proofing, i.e. 0.06 MN/m² after approximately 14 days of testing. A similar level of change in thickness occurs under the load assumed for waterproofing, i.e. 0.3 N/m². The results obtained indicate the lack of suitability of the above products for use in waterproofing of terraces, balconies and roof coverings.

Keywords: bitumen-polymer thick coatings compounds; resistance to compression.

Części podziemne budynków narażone są na ciśnienie gruntu oraz stałe działanie wody i wilgoci zgromadzonej w otaczającym gruncie. Ciśnienie łączne waha się od 30 do 60 MPa na każde 0,3 m głębokości [1 – 5]. Wartości te są mniejsze w przypadku gruntów suchych i przepuszczalnych oraz zwiększają się w przypadku gruntów spoistych. Z tego powodu fragmenty konstrukcji części podziemnych budynków należy zabezpieczyć przed negatywnym działaniem wody i wilgoci np. izolacjami wodo-

chronnymi. Izolacje te powinny stanowić ciągły i szczelny układ oddzielający budynki lub ich części od wody lub pary wodnej. Do ich wykonywania stosowane są zarówno wyroby rolowe, jak i powłokowe [1 – 4] m.in. jedno- lub dwuskładnikowe grubowarstwowe powłoki asfaltowe modyfikowane polimerami [1, 6 – 8], wykonywane z wyrobów jedno- lub dwuskładnikowych, w których podstawowym składnikiem jest emulsja bitumiczna.

Wyroby jednoskładnikowe konfekcjonowane są w postaci pasty bitumicznej nadającej się do szpachlowania lub natryskiwania, natomiast w skład wyrobów dwuskładnikowych wchodzi składnik płynny, również w postaci pasty bitumicznej, oraz składnik sypki. Oba

składniki są najczęściej pakowane w jednym hoboku. Na spodzie ułożona jest warstwa płynna oddzielona przekładką od składnika sypkiego, znajdującego się w szczelnym worku, ułożonym wyżej. Pasty bitumiczne stanowiące główny składnik omawianych wyrobów są przygotowane fabrycznie. Składają się z emulsji asfaltowych anionowych lub kationowych, tworzyw sztucznych oraz wypełniaczy, takich jak granulaty styropianowy, granulaty gumowy lub składniki mineralne. Mogą także zawierać dodatek włókien. Drugi komponent w produktach dwuskładnikowych jest najczęściej proszkiem i zawiera cement, np. glinowy, oraz sproszkowane substancje silnie higroskopijne. Wyrób dwuskładnikowy uzyskuje przydatność

¹⁾ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

^{*} Adres do korespondencji:
 barbara_francke@sggw.edu.pl

do stosowania po zmieszaniu obu składników. Proces twardnienia zarówno wyrobów jedno-, jak i dwuskładnikowych następuje w efekcie reakcji fizycznej polegającej na odparowaniu wody. W wyrobach dwuskładnikowych schnięcie jest dodatkowo przyspieszone w wyniku wiązania nadmiaru wody przez składnik sypki, który jednak nie pełni funkcji utwardzacza.

Pierwszym krajem, w którym wyprodukowano grubowarstwowe powłoki bitumiczne, były Niemcy [8, 9]. Z inicjatywy niemieckiej branży chemii budowlanej opracowano również normę EN 15814 [10], którą w kolejnych latach przyjęto w UE jako normę wyrobu. Z tego też powodu przy opracowywaniu właściwości użytkowych omawianych wyrobów w normie EN 15814 wzorowano się na serii norm niemieckich DIN 18195, przyjmując następujące wartości odporności na nacisk w przypadku zabezpieczenia [8, 9]:

- płyt fundamentowych i ścian przeciw wilgoci gruntowej oraz powierzchni stropów i pomieszczeń mokrych przeciw wodzie niewywierającej ciśnienia (wg normy DIN 18195, części: czwarta i piąta) $\geq 0,06 \text{ MN/m}^2$;

- przeciw wodzie działającej od strony zewnętrznej, wywierającej ciśnienie oraz wodzie naporowej (wg DIN 18195-6) $\geq 0,3 \text{ MN/m}^2$.

Dość szybko wyroby te przyjęły się w całej Europie, a ze względu na ich pochodzenie określane są często skrótem KMB (skrót z języka niemieckiego od *Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtungen*). Zgodnie z zapisami PN-EN 15814+A2:2015-02 [10], grubowarstwowe powłoki modyfikowane polimerami przeznaczone są jedynie do wykonywania warstw hydroizolacyjnych w częściach podziemnych budynków. Powłoki te mają grubość co najmniej 3 mm i charakteryzują się kilkoma nietypowymi właściwościami. Jedną z nich jest znaczna ściśliwość w efekcie działania długotrwałych obciążeń działających prostopadle do powierzchni wykonanej powłoki.

Celem badań omówionych w artykule było ustalenie, czy długotrwałe naprężenie ściskające może wpływać na trwałość badawczych powłok w warunkach eksploatacyjnych i czy ewentualna re-

dukcja ich grubości w efekcie działania takich obciążeń powstaje bezpośrednio po przyłożeniu obciążenia czy też proces ten ma charakter powolnie zachodzących zmian. Zgodnie z zapisami PN-EN 15814+A2:2015-02 [10], odporność na ściskanie podzielono na 4 klasy możliwe do zadeklarowania przez producenta w deklaracji właściwości użytkowych, po uzyskaniu pozytywnego wyniku badania, tzn.:

1) klasa C0 – brak wymagań;

2) klasa C1 – stabilizacja zmiany grubości powłoki $\leq 50\%$ (maksymalna zmiana 3% przez 3 kolejne dni) pod obciążeniem $0,06 \text{ MN/m}^2$; w przypadku powłok o grubości suchej warstwy $\geq 3 \text{ mm}$;

3) klasa C2A – stabilizacja zmiany grubości powłoki $\leq 50\%$ (maksymalna zmiana 3% przez 3 kolejne dni) pod obciążeniem $0,3 \text{ MN/m}^2$; w przypadku powłok o grubości suchej warstwy $\geq 4 \text{ mm}$ z wkładką;

4) klasa C2B – stabilizacja zmiany grubości powłoki $\leq 50\%$ (maksymalna zmiana 3% przez 3 kolejne dni) pod obciążeniem $0,3 \text{ MN/m}^2$; w przypadku powłok o grubości suchej warstwy $\geq 4 \text{ mm}$ bez wkładki.

Producenci zalecają w kartach technicznych dodatkową ochronę powłok wykonanych z omawianych mas, prawdopodobnie m.in. ze względu na ich zwiększoną ściśliwość oraz podatność na uszkodzenia mechaniczne. Jako warstwy ochronne zalecane są płyty izolacyjne i płyty drenażowe, np. folie kubełkowe (moletowane).

Materiały i metody badań

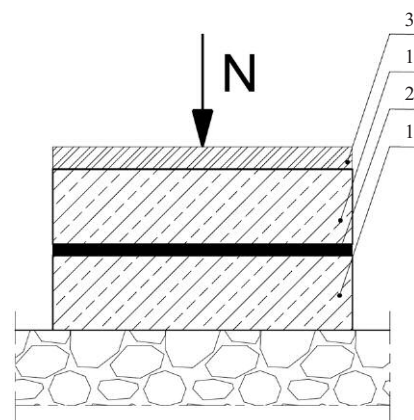
W badaniach wykorzystano dwa losowo wybrane materiały przeznaczone do wykonywania grubowarstwowych asfaltowych powłok, kupione w składach budowlanych. Wyroby wytypowane do badań charakteryzują się następującymi zbliżonymi właściwościami użytkowymi:

- **wyrób nr I** – dwuskładnikowa, bezrozpuszczalnikowa masa uszczelniająca na bazie asfaltu, tworzyw sztucznych i wypełniaczy, o gęstości mieszanki ok. $1,07 \text{ g/cm}^3$, wodoszczelności w klasie W2A (przy ciśnieniu $0,075 \text{ N/mm}^2$ w czasie 72 h w badaniu z wkładką zbrojącą), zdolności do mostkowania

rys w klasie CB2 (brak uszkodzeń przy szerokości rysy $\geq 2 \text{ mm}$).

- **wyrób nr II** – dwuskładnikowa, bezrozpuszczalnikowa masa hydroizolacyjna na bazie asfaltu, tworzyw sztucznych i wypełniaczy, składnik płynny o pH 9,0–9,5 i gęstości $1,0–1,1 \text{ g/cm}^3$, gęstość składnika sypkiego $1,5–1,6 \text{ g/cm}^3$, wodoszczelność powłoki w klasie W2A (przy ciśnieniu $0,075 \text{ N/mm}^2$ w czasie 72 h, w badaniu z wkładką zbrojącą), zdolność powłoki do mostkowania rys w klasie CB2 (brak uszkodzeń przy szerokości rysy $\geq 2 \text{ mm}$), odporność na deszcz w klasie R2 (w czasie $\leq 8 \text{ h}$), redukcja grubości warstwy suchej $\leq 50\%$.

Badania odporności na ściskanie wykonano zgodnie z PN-EN 15815:2011 [11]. Polegało ono na ścisnieniu próbki pokrytej masą asfaltową modyfikowaną polimerami stałą siłą, aż do osiągnięcia stabilizacji redukcji grubości. Zasadę badania pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Zasada badania odporności na ściskanie: 1 – płyta betonowa o wymiarach $20 \times 20 \text{ cm}$, grubości 4 cm ; 2 – badana powłoka bitumiczno-polimerowa; 3 – metalowa płyta dociskowa

Fig. 1. Principle of the compression resistance test: 1 – concrete slab $20 \times 20 \text{ cm}$, 4 cm thick; 2 – tested bitumen-polymer coating; 3 – metal pressure plate

Masy asfaltowe modyfikowane polimerami równomiernie rozłożono na płytach betonowych o wymiarach min. $20 \times 20 \text{ cm}$ i grubości 4 cm . Układanie powłok wykonano zgodnie z instrukcją producenta (w warunkach laboratoryjnych, w temperaturze pokojowej). Tak przygotowane próbki przechowywano przez 28 dni w warunkach znormalizowanych, tzn. w temperaturze $23 \pm 2^\circ \text{C}$ i wilgotności $50 \pm 5\%$. Po 28 dniach

określano średnią grubość suchej próbki (S_v). Następnie próbki umieszczono w maszynie wytrzymałościowej z funkcją ściskania, przykładając obciążenie wstępne $0,01 \text{ MN/m}^2$, aby określić średnią zmianę grubości każdej próbki (ΔS_0). Następnie przykładano obciążenie główne, zależne od klasy określonej w PN-EN 15814+A2:2015-02, czyli odpowiednio:

- $0,06 \text{ MN/m}^2$ w przypadku klasy C1;
- $0,30 \text{ MN/m}^2$ w przypadku klasy C2A.

Badanie uznawano za zakończone, gdy:

■ średnie zmniejszenie grubości każdej próbki po pięciu dniach (S_5) było mniejsze niż 50% oryginalnej grubości warstwy;

■ różnica pomiędzy stwierdzonymi zmianami grubości w ostatnich trzech dniach badania, np. pomiędzy drugim a piątym ($S_5 - S_2$), nie przekraczała 3%.

W przypadku, gdy zmniejszenie grubości próbki w ciągu kolejnych trzech dni badania było większe niż 3%, badanie kontynuowano przez maksimum czterdzieści dni, kończąc je, gdy zmiana w ciągu ostatnich trzech dni nie przekraczała 3% ($S_n - S_{n-3}$). Wynikiem badania była średnia z pomiarów trzech próbek. Średnie odchylenie grubości każdej próbki (ΔS_n) od grubości początkowej (S_0) obliczono w każdym pomiarze n ze wzoru (1), jako względną zmianę grubości warstwy S_n :

$$S_n = (\Delta S_n / S_0) \cdot 100 \quad (1)$$

gdzie:

- S_n – względna zmiana grubości warstwy [%];
- ΔS_n – średnie odchylenie od grubości każdej próbki [mm];
- S_0 – grubość początkowa [mm].

Wyniki badania i ich analiza

Wyniki badań odporności na ściskanie badanych wyrobów przedstawiono w tabeli. Badania dotyczyły dwóch klas obciążenia C1 i C2A. Nie kontynuowano oznaczeń w klasie CB2 ze względu na uzyskanie negatywnych wyników w klasach poprzedzających.

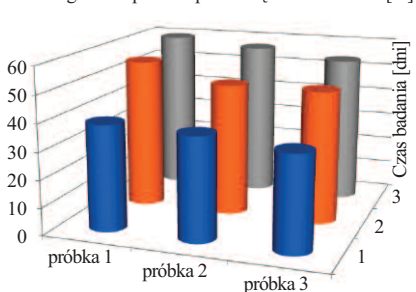
Na rysunku 2 przedstawiono zmianę grubości poszczególnych badanych próbek wyrobu I pod obciążeniem $0,3 \text{ MN/m}^2$ (klasa C2A) podczas trzech dni badania, a na rysunku 3 pod obciążeniem $0,06 \text{ MN/m}^2$ (klasa C1) – podczas czternastu dni badania. W obu przy-

Wyniki badań odporności na ściskanie asfaltowo-polimerowych powłok grubowarstwowych, wykonanych wg metodyki badawczej podanej w PN-EN 15815:2011 [11]

Test results for the compressive strength of bitumen-polymer thick coatings, performed according to the test method in PN-EN 15815:2011 [11]

Nr badanej próbki	Wyniki badania (podsumowanie wartości średniej z trzech prób badawczych)	Klasa obciążenia	Informacje dodatkowe
Wyrób nr I	negatywny, po 14 dniach badania zmiana grubości próbki powyżej 50%, tzn. średnio 61,1%	C1	powłoka badana bez wewnętrznej wkładki zbrojącej, średnia grubość mokrej warstwy powłoki 6,2 mm, suchej 4,2 mm
	negatywny, po 3 dniach badania zmiana grubości próbki powyżej 50%, tzn. średnio 54,4%	C2A	powłoka badana z wkładką zbrojącą z włókniny szklanej, średnia grubość mokrej warstwy powłoki 6,5 mm, suchej 4,5 mm
Wyrób nr II	negatywny, po 20 dniach badania zmiana grubości próbki powyżej 50%, tzn. średnio 65,2%	C1	powłoka badana bez wewnętrznej wkładki zbrojącej, średnia grubość mokrej warstwy powłoki 6,2 mm, suchej 4,0 mm
	negatywny, po 3 dniach badania zmiana grubości próbki powyżej 50%, tzn. średnio 55,4%	C2A	powłoka badana z wkładką zbrojącą z włókniny szklanej, średnia grubość mokrej warstwy powłoki 6,5 mm, suchej 4,1 mm

Zmiana grubości powłoki pod obciążeniem w czasie [%]

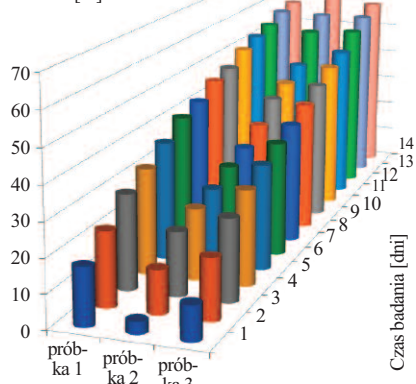


Nr badanej próbki w cyklu pomiarowym przy klasie obciążenia C2A – wyrób I

Rys. 2. Zmiana grubości badanych próbek wyrobu I pod obciążeniem $0,3 \text{ MN/m}^2$ (klasy C2A) podczas trzech dni badania

Fig. 2. Thickness variation of test specimens of Product I under a load of 0.3 MN/m^2 (Class C2A) during 3 days of testing

Zmiana grubości powłoki pod obciążeniem w czasie [%]



Nr badanej próbki w cyklu pomiarowym przy klasie obciążenia C1 – wyrób I

Rys. 3. Zmiana grubości badanych próbek wyrobu I pod obciążeniem $0,06 \text{ MN/m}^2$ (klasa C1) podczas czternastu dni badania

Fig. 3. Thickness variation of test specimens of product I under a load of 0.06 MN/m^2 (class C1) during 14 days of testing

padkach badanie przerywano, gdy zmiana grubości próbek przekraczała 50%.

Wykonane badania wskazują, że proces zmniejszenia grubości powłok w wersji niezbrojonej dodatkowymi wkładkami wzmacniającymi zachodzi znacznie wolniej pod wpływem działania naprężeń ściskających, nawet przy bardzo małych obciążeniach (ok. $0,06 \text{ MN/m}^2$), niż w przypadku tych samych powłok wzmacnianych wkładkami zbrojącymi, poddanych pięciokrotnie większym obciążeniom. Początkowe wartości odkształceń w przypadku powłok niezbrojonych różnią się od siebie nawet pięciokrotnie, aby po czternastu dniach osiągać już porównywalne wartości. Omawiane wyniki wskazują również, że gdy powłoka jest podatna na odkształcenia, wzmocnienie jej wkładką zbrojącą nie zwiększa w istotny sposób odporności na ściskanie i nie jest w stanie przenieść również obciążeń przewidywanych w przypadku wyrobów zbrojonych. Odkształcenie wyrobów zbrojonych postępuje nawet szybciej, gdyż wartości graniczne stwierdzane są już w drugiej dobie obciążenia.

Przedstawione wyniki badań nie określają niestety ostatecznych wartości zmniejszenia grubości powłok, lecz jedynie czas, po którym można uznać, że powłoka nie gwarantuje już skutecznego zabezpieczenia konstrukcji przed działaniem wody i wilgoci. Graniczną wartością dyskwalifikującą wyrób jest zmniejszenie grubości pod wpływem nacisku o wartość przekraczającą 50% grubości początkowej. Nie można rów-

nież zapominać, że nie jest to wartość ostateczna i proces ten, w przypadku dalszego działania obciążenia może dalej postępować, prowadząc do jeszcze większej degradacji warstwy.

Uzyskane wyniki badania porównano z deklaracjami producentów. W obu przypadkach deklarowali oni klasę C0 odporności na ściskanie, tzn. brak wymagań. Skłoniło to nas do wykonania opisanych badań, aby sprawdzić, jakie wartości odkształceń mogą wiązać się z taką deklaracją. Omawiane wyniki badań wskazują, że w takich przypadkach należy oczekiwać, iż powłoka jest podatna na długotrwałe obciążenia ściskające, co może doprowadzić do miejscowego zmniejszenia jej grubości w obszarach narażonych na te obciążenia. Wyniki potwierdzają zasadność ograniczenia przydatności użytkowej badanych wyrobów zgodnie z normą PN-EN 15814, sankcjonującą możliwość ich stosowania jedynie w częściach podziemnych budynków, gdzie powłoki narażone są na zwiększone obciążenia ściskające w ograniczonym zakresie. Znane są jednak przypadki stosowania przedmiotowych wyrobów w izolacjach tarasów i balkonów, co prowadzi do miejscowego zmniejszenia ich grubości w obszarach narażonych na powtarzające się obciążenia, np. w ciągach pieszojeznych. W ekstremalnych przypadkach grozi to miejscową utratą szczelności takich warstw hydroizolacyjnych. Przykład uszkodzenia grubowarstwowej powłoki asfaltowej modyfikowanej polimerami, ułożonej na płycie tarasowej, pokazano na fotografii, na której widoczna jest powierzchnia powłoki hydroizolacyjnej po usunięciu warstwy termoizolacyjnej i nawierzchniowej. Jest to miejsce obok progu w drzwiach prowadzących na taras, czyli rejon narażony na powtarzające się obciążenia użytkowe. W obrębie powłoki widoczne są miejscowe redukcje grubości warstwy, a w pojedynczych punktach odsłania się nawet powierzchnia podłoża, co wskazuje na utratę w tym rejonie funkcji hydroizolacyjnej przez powłokę.

Wnioski

W artykule przedstawiono wyniki badań odporności na ściskanie dwóch losowo wybranych grubowarstwowych



Widok grubowarstwowej powłoki asfaltowej modyfikowanej polimerami przy progu drzwi prowadzących na taras, ze śladami miejscowego ograniczenia grubości warstwy. Strzałkami pokazano przykładowe miejsca obniżenia grubości powłoki w rejonie zwiększonych miejscowych nacisków

View of the of the polymer-modified asphalt thick coating at the threshold of the door leading to the terrace, with traces of local thickness reduction. The arrows show examples of areas of coating thickness reduction in the region of increased local, pressure

powłok asfaltowych modyfikowanych polimerami. Ze względu na niewielką liczbę badanych wyrobów, wyników nie można uogólniać. Wskazują one jednak na konieczność prowadzenia dalszych badań. Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono, że:

- odporność na ściskanie powłok ma istotny wpływ na trwałość wykonanych z nich warstw hydroizolacyjnych, ze względu na zagrożenie miejscowym zmniejszeniem ich grubości w obszarach, gdzie naprężania mają charakter cykliczny/powtarzalny;

- podatność na odkształcenia w efekcie obciążeń ściskających wyklucza możliwość stosowania takich wyrobów w innych obszarach niż izolacja części podziemnych budynków. W tych miejscach zaleca się również przykrycie powierzchni wykonanej powłoki np. płytą z materiału termoizolacyjnego o małej chłonności wody, np. XPS. Przyczyni się to do równomiernego rozłożenia obciążeń na powierzchni powłoki oraz osłoni ją przed ewentualnym uszkodzeniem mechanicznym podczas zasypywania gruntem;

- deklarowania klasa C0 odporności na ściskanie powłok bitumiczno-polimerowych, przeznaczonych do wykonywania hydroizolacyjnych powłok grubowarstwowych, może sugerować możliwość zmniejszenia ich grubości podczas pracy w obszarach narażonych

na cykliczne obciążenia ściskające, nawet o ponad 50%;

- proces zmniejszania grubości powłok niezbrojonych pod obciążeniem 0,06 MN/m² (klasa C1) jest wydłużony w czasie w porównaniu z odkształceniem powłok zbrojonych wewnątrz wklódkami wzmacniającymi pod działaniem 0,3 MN/m² (klasa C2A);

- można domniemywać, że negatywny wynik uzyskany w przypadku powłok niezbrojonych pod obciążeniem 0,06 MN/m² może być traktowany jako wstępna prognoza podatności na odkształcenie powłok zbrojonych wykonanych z tego samego wyrobu pod obciążeniem 0,3 MN/m².

Literatura

- [1] Francke B. Nowoczesne hydroizolacje budynków, część 1 – Zabezpieczenia wodochronne części podziemnych budynków, PWN, 2021.
- [2] Klem P. i inni. Budownictwo ogólne, tom 2 – Fizyka budowlu, Arkady, 2005.
- [3] Henshell J. The Manual of Below-Grade Waterproofing; 2nd ed.; CRC Press: New York, NY, USA, 2016; ISBN 9781317211891.
- [4] Lyapidevskaya O. Waterproofing material for protection of underground structures. E3S Web Conf. 2019, 97, 02008.
- [5] Alfano G, Chiancarella C, Cirillo E, Fato I, Martellotta F. Long-term performance of chemical damp-proof courses: Twelve years of laboratory testing. Build. Environ. 2006; 41, 1060 – 1069.
- [6] Francke B, Wichowska M. Influence of Groundwater pH on Water Absorption and Waterproofness of Polymer Modified Bituminous Thick Coatings Materials. 2021; <https://doi.org/10.3390/ma14092272>.
- [7] Keher H, Denzel H. Coatings Compositions for a Polymer-Modified Roofing and Waterproofing Sheet. U. S. Patent 4,707,413, 17 November 1987.
- [8] Gasewicz J. Grubowarstwowe bitumiczne powłoki hydroizolacyjne. Izolacje. 2010; 6.
- [9] Kulesza E. e-izolacje – Bitumiczne powłoki hydroizolacyjne. 2015, dostępny, przeglądana 01.11.2023,
- [10] PN-EN 15814+A2:2015-02 Grubowarstwowe powłoki asfaltowe modyfikowane polimerami do izolacji wodochronnej – Definicje i wymagania.
- [11] PN-EN 15815:2011 Grubowarstwowe powłoki asfaltowe modyfikowane polimerami – Określanie odporności na ściskanie.

Przyjęto do druku: 16.10.2023 r.