

dr inż. Kamil Słowiński¹⁾
ORCID: 0000-0002-4225-520X

Przegląd wybranych systemów klasyfikacji wyrobów budowlanych i urządzeń z uwagi na ich odporność na gradobicie

Review of selected classification systems for construction products and devices due to their hail resistance

DOI: 10.15199/33.2022.06.01

Streszczenie. W artykule omówiono zasady, najpowszechniej stosowanego w Europie, szwajcarsko-austriackiego systemu klasyfikacji wyrobów budowlanych oraz urządzeń wchodzących w skład infrastruktury budynków, z uwagi na ich odporność na gradobicie. System ten obejmuje klasyfikację dużej grupy produktów, m.in.: membran dachowych, dachówek, płyt warstwowych, kolektorów słonecznych, modułów fotowoltaicznych. Przedstawiono koncepcję rejestrów gradowych, funkcjonujących w Szwajcarii i Austrii. Omówiono metodę badań oraz kryteria oceny otrzymanych wyników bazujących na zapisach tzw. specyfikacji VKF. Wskazano również na kwestię rozbieżności między procedurami badawczymi zawartymi we wskazanych specyfikacjach i Eurokodach.

Słowa kluczowe: odporność na gradobicie; rejestr gradowy; klasyfikacja HW (HR).

Abstract. The article discusses the principles of the most commonly used in Europe – Swiss-Austrian system of classification of construction products and devices included in building infrastructure, due to their resistance to hailstorm. This system includes the classification of a wide group of products, including: roof membranes, roof tiles, sandwich panels, solar collectors or photovoltaic modules. The concept of hail registers operating in Switzerland and Austria was also presented. The study discusses the research methodology and the evaluation criteria of the obtained results based on the records of the so-called VKF specification. The issue of the discrepancy between the test procedures included in the indicated specifications and Eurocodes was also indicated.

Keywords: hail resistance; hail register; HW (HR) classification.

Krajowi producenci komponentów budowlanych oraz urządzeń wchodzących w skład infrastruktury budynków coraz częściej stają w obliczu konieczności określenia odporności produktów na uderzenia spowodowane gradobiciem. Rezultaty takich badań stanowią warunek konieczny do wprowadzenia produktu na rynki niektórych krajów europejskich, m.in. Szwajcarii, Austrii, Niemiec. W krajach tych kładzie się duży nacisk na stosowanie produktów odpornych na gradobicie. W Polsce, zainteresowanie takimi produktami obserwuje się przede wszystkim w odniesieniu do systemów okien dachowych, modułów fotowoltaicznych i kolektorów słonecznych. Wydaje się, że w przyszłości wymagania takie dotyczyć będą większości wyrobów budowlanych oraz infrastruktury budynków, narażonych na oddziaływanie gradu.

Celem artykułu jest przedstawienie zasad najpowszechniej stosowanych w Europie systemów klasyfikacji produktów, z uwagi na ich odporność na gradobicie. Informacje dotyczące metody badań oraz kryteriów oceny otrzymanych wyników mogą okazać się użyteczne, zarówno dla producentów wyrobów budowlanych, planujących przeprowadzenie takich badań, jak i klientów zainteresowanych znaczeniem klas odporności nadanych tym produktom.

Systemy klasyfikacji wyrobów budowlanych stosowane w Szwajcarii i Austrii

Wydaje się, że najbardziej kompleksowe i spójne podejście do oceny odporności na gradobicie materiałów budowlanych i urządzeń zostało przedstawione w przepisach obowiązujących

w Szwajcarii. Wyroby budowlane, w tym pokrycia dachowe i obudowy ścian budynków oraz urządzenia, np. panele fotowoltaiczne, kolektory słoneczne, rolety zewnętrzne, poddawane są badaniom, na podstawie których kwalifikuje je do jednej z pięciu klas odporności na gradobicie. Klasy te oznaczane są jako **HW** (niem. *Hagelwiderstand*) lub **HR** (ang. *hail impact resistance*). W artykule przyjęto oznaczenie – HW. System klasyfikacji jest intuicyjny, ponieważ poszczególne klasy HW 1÷5 wskazują na największą średnicę kuli lodowej (w centymetrach) zastosowaną w badaniach do symulacji uderzenia gradem, przy której element nie uległ zniszczeniu (tabela 1). Badania prowadzone są na podstawie wyciecznych specyfikacji VKF, bazujących na zapisach szwajcarskiej normy SIA 261/1 [1]. Obecnie metody badań i zasady klasyfikacji opisane w tych specyfikacjach opracowywane są wspólnie przez trzy organizacje: szwajcarską – Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF); austriacką – Elementarschaden Präventionszentrum (EPZ) oraz niemiecką – Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV). Informacje na temat klas HW publikowane są w rejestrze ochrony przed gradem [2] – internetowej, ogólnodostępnej bazie danych, założonej w 2008 r. przez szwajcarską organizację APBIC (*Association of Public Building Insurance Companies*). Dane z rejestru mogą ułatwić właścicielom budynków, projektantom i wykonawcom odpowiedni dobór materiałów i komponentów budowlanych lub urządzeń, w zależności od zagrożenia opadami gradu w przypadku danej lokalizacji. Ponadto zapis w rejestrze może stanowić podstawę do ustalenia wysokości kwoty ubezpieczenia [3]. W Szwajcarii, jako zapewniają-

¹⁾ Politechnika Śląska; Wydział Budownictwa; kamil.slowinski@polsl.pl

Tabela 1. Systemy klasyfikacji wraz z parametrami fizycznymi kul lodowych

Table 1. Classification systems with physical parameters of ice balls

Klasyfikacja		Parametry fizyczne kul lodowych			Energia uderzenia [J]
szwajcarska	austriacka	średnica [cm]	masa [g]	prędkość [m/s] [km/h]	
	HW1	1	0,5	13,8 (49,7)	0,04
	HW2	2	3,6	19,5 (70,2)	0,7
	HW3	3	12,3	23,9 (86,0)	3,5
	HW4	4	29,2	27,0 (99,0)	11,1
	HW5	5	56,9	30,8 (110,9)	27,0
–	HW5	6	98,4	33,7 (121,3)	56,0
–		7	156,2	36,4 (131,0)	103,7

ce zadowalającą ochronę przed gradem, uznaje się wyroby posiadające co najmniej klasę HW3 [1].

Wytyczne obowiązujące w Szwajcarii często są traktowane jako wzorzec, na bazie którego tworzone są regulacje w innych krajach europejskich. Można przywołać metodę badań paneli fotowoltaicznych opisaną w Eurokodzie EN 61215-1, która bazuje na zapisach szwajcarskiej normy ISO IEC 61215. W Austrii podstawą do wpisania wyrobu do rejestru gradowego [4] są wyniki badań przeprowadzonych wg szwajcarskiej specyfikacji VKF. Jedyna zasadnicza różnica w stosunku do klasyfikacji szwajcarskiej polega na możliwości użycia w badaniu również kul lodowych o średnicy 6 i 7 cm (tabela 1). Wówczas, w przypadku cechy wyrobu w klasie HW5, w rejestrze gradowym zamieszczona zostaje dodatkowa informacja o wyniku badań kulami o średnicy 6 i/lub 7 cm. Uzasadnienia dotyczące badań z użyciem kul o takiej średnicy należy szukać we wskazaniach map gradowych, opracowanych przez Austriacki Centralny Instytut Meteorologii, z których wynika, że od 1971 r. do 2011 r., na terenie Austrii występowały gradziny o średnicy do 7 cm.

Rejestry prowadzone w Szwajcarii i Austrii, powiązane z nimi metody badań oraz klasyfikacji materiałów i komponentów budowlanych rekomendowane są również w Niemczech, w ramach wdrażania programu ochrony przed następstwami gradobicia. GDV, zrzeszająca niemieckie towarzystwa ubezpieczeniowe, zaangażowana jest obecnie w działania związane z aktualizowaniem zapisów specyfikacji VKF.

Badania zgodnie ze specyfikacją VKF

Wyniki badań stanowiących podstawę do wpisania do rejestru szwajcarskiego lub austriackiego, mogą zostać przeprowadzone przez dziewięć ośrodków badawczych zlokalizowanych na terenie Szwajcarii (7), Austrii (1) i Niemiec (1) [4].

W badaniu element próbny poddawany jest uderzeniem kul lodowych, o określonych parametrach fizycznych (tabela 1). Kluczowym aspektem jest uzyskanie określonej energii (kinetycznej) uderzenia kuli lodowej o powierzchnię badanego elementu. Wartość energii kinetycznej wskazana w tabeli 1 stanowi wielkość minimalną, uzyskiwaną w przypadku nominalnej wartości masy i prędkości lotu kuli. W specyfikacji [5] podano dopuszczalne odchyłki (ujemne i dodatnie) mas kul lodowych, wraz z odpowiadającym im zakresem wartości ener-

gii kinetycznej. Stosunkowo dużo miejsca poświęcono opisowi kul lodowych, zarówno w kontekście ich produkcji, jak i sposobu postępowania z nimi podczas badania. Odpowiednia jakość kul lodowych jest bowiem szczególnie istotna w przypadku możliwości uzyskiwania powtarzalnych wartości energii uderzenia [6 ÷ 8]. Trzeba zaznaczyć, że do badań stosunkowo wąskiej, określonej grupy wyrobów można używać pocisków o innym kształcie niż kulisty [5]. Kule (pociski) lodowe powinny być wykonane z wody destylowanej, bez dodatków oraz mieć postać czystego lodu wolnego od pęknięć i pęcherzy powietrza widocznych gołym okiem. Nominalna wartość prędkości lotu kul (tabela 1) dobrana została w taki sposób, aby odpowiadała obliczonej prędkości końcowej (tuż przed uderzeniem o grunt) spadających pionowo kul gradowych [3]. Wymagana prędkość nadawana jest kulom przez ich wystrzelenie z wyrzutni pneumatycznej. Pomiaru prędkości dokonuje się czujnikiem zlokalizowanym w odległości 0,3 ÷ 1 m od powierzchni badanego elementu. Zazwyczaj kule wystrzelane są pod kątem 90° lub 45° w stosunku do powierzchni badanego elementu, w zależności od tego, czy w specyfikacji produktu przewidziany został montaż, odpowiednio, na przegrodach ściennych lub dachowych budynku. Kąt ten dobierany jest zgodnie z zapisem zawartym w specyfikacji badania danego wyrobu, które można znaleźć na stronach internetowych rejestrów gradowych [2, 4]. Badany element mocowany jest do nieprzesuwnej i sztywnej ramy. Wskazane jest, aby warunki podparcia i wyposażenie elementu próbnego odzwierciedlały te, stosowane w praktyce.

Badanie rozpoczyna się od oddania w element próbny serii strzałów rozpoznawczych, przy użyciu kul o różnej średnicy (krok 1). Celem tego działania jest zlokalizowanie słabych punktów badanego elementu, tj. miejsc wrażliwych na uszkodzenie. Przewidywana lokalizacja takich miejsc, nazywanych również obszarami krytycznymi, wskazana została w specyfikacjach badania poszczególnych grup wyrobów [2]. Jako generalną zasadę trzeba przyjąć, że ostrzałowi należy poddać wszystkie miejsca, co do których pojawia się podejrzenie, że może w nich wystąpić uszkodzenie spowodowane uderzeniem. Na podstawie informacji uzyskanych z kroku 1 dokonuje się wstępnej klasyfikacji wytrzymałości wyrobu (krok 2) oraz określa energię uderzenia (krok 3), przy której doszło do uszkodzenia elementu. W celu przeprowadzenia weryfikacji tak ustalonej klasy, w ramach kroków 4 i 5 dokonuje się, odpowiednio, ponownego ostrzału elementu kulami o średnicy właściwej dla nadanej wstępnie klasy HW i oceny (ewentualnych) powstałych uszkodzeń, np. jeżeli element, w kroku 2, został wstępnie zakwalifikowany do klasy HW5, wówczas w ramach kroku 4 dokonuje się ostrzału nowego elementu próbnego kulami o średnicy 5 cm (z energią kinetyczną ustaloną w kroku 3). Oddawanych jest wówczas co najmniej pięć strzałów: pierwszy – w miejsce, w którym w kroku 1 doszło do uszkodzenia, kolejne – po jednym w każdy z krytycznych (lub wytypowanych) obszarów badanego elementu. Jeżeli w wyniku oceny stanu przebadanego elementu (w kroku 5) nie zostanie wykazane jego uszkodzenie, wyrób w ramach kroku 6 zakwalifikowany zostaje do klasy odporności HW5, a gdy dojdzie do uszkodzenia, wówczas procedurę opisaną w krokach 4 i 5 przeprowa-

dza się w przypadku innych elementów próbnych, z zastosowaniem kul o średnicy i prędkości właściwych dla klasy HW4, tj. klasy niższej.

Kryteria oceny wyników badań

Na potrzeby oceny wyników badań zdefiniowano pojęcie kryterium uszkodzenia wyrobu. Stanowi ono próg, którego osiągnięcie oznacza, że wyrób nie zachowuje już właściwej mu funkcji. W specyfikacjach VKF określono pięć głównych funkcji komponentów budowlanych, tj. wodoszczelność (a), zdolność do przepuszczania światła (b), zdolność do przesłaniania światła (c), sprawność mechaniczną (d) oraz wygląd (e). Funkcje te bazują na systemie klasyfikacji uszkodzeń, stosowanym przez firmy ubezpieczeniowe w Szwajcarii [3]. Poszczególnym kategoriom komponentów budowlanych przypisano jedną lub więcej z wymienionych funkcji. W tabeli 2 zestawiono wybrane kategorie produktów, wraz z przypisanymi im funkcjami. Trzeba zaznaczyć, że w przypadku konkretnych wyrobów mogą zostać określone (np. w karcie produktu) pewne specyficzne funkcje, które również muszą zostać uwzględnione podczas oceny wyników badań. Na etapie klasyfikacji wyrobu, w przypadku każdej funkcji, weryfikowane jest kryterium uszkodzenia oraz nadawana klasa odporności HW, np. dachówce ceramiczne mogą zostać nadane klasy HW5 oraz HW4 z uwagi, odpowiednio, na wodoszczelność (a) oraz wygląd (e) (tabela 2). Zazwyczaj, w raportach z badań podawane są dwie klasy odporności, tj. dla funkcji – wygląd (e) oraz zbiorczej kategorii – funkcjonalność, w przypadku której wskazuje się najniższą z klas uzyskanych dla funkcji (a)-(d). Opisy postaci uszkodzeń właściwych w przypadku poszczególnych kategorii produktów, pozwalające na weryfikację kryterium uszkodzenia, zamieszczone są w specyfikacjach badania tych produktów.

Tabela 2. Wybrane kategorie produktów wraz z odpowiadającymi im funkcjami

Table 2. Selected product categories with their corresponding functions

Kategoria wyrobu	Funkcja				
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Membrany dachowe	✓				
Dachówki ceramiczne i betonowe	✓				✓
Płyty warstwowe	✓				✓
Panele fotowoltaiczne				✓	✓
Rolety			✓	✓	✓
Świetliki z tworzywa sztucznego	✓	✓		✓	✓

Wytyczne VKF a zapisy Eurokodów

Eurokody podają zasady badań wytrzymałości na uderzenia wywołane gradobiciem w przypadku kolektorów grzewczych, modułów fotowoltaicznych oraz elastycznych wyrobów do izolacji wodochronnej dachów. Procedury badawcze opisane w tych normach różnią się (mniej lub bardziej) od wskazanych w specyfikacjach VKF. Pojawia się zatem pytanie, czy wyniki badań przeprowadzonych zgodnie z Eurokodami mogą stanowić podstawę do wpisania produktu do szwajcarsko-austriackiego rejestru gradowego? Odpowiedź brzmi: tak.

W dokumentach VKF [9] i [10] znalazł się zapis, zgodnie z którym wyniki badań membran dachowych, uzyskanych z wykorzystaniem norm EN 13583 oraz EN 12691, stanowią podstawę do wpisania badanego wyrobu do rejestru. Ogólne zasady konwersji uzyskanych wyników na odpowiednie klasy odporności HW przedstawione zostały w [10]. Z kolei w [11] określono zasady klasyfikowania kolektorów słonecznych i modułów fotowoltaicznych na podstawie wyników badań przeprowadzonych zgodnie z EN ISO 9806 i EN 61215. Jako uzupełnienie do artykułu [12] dotyczącego badań kolektorów słonecznych warto nadmienić, że pozytywna weryfikacja wytrzymałości kolektora na uderzenie kulą stalową, upuszczoną z wysokości 2 m, pozwala na nadanie mu klasy HW3 w kategorii funkcjonalność.

Podsumowanie

Przedstawione zagadnienia stanowią odpowiedź na zwiększające się zainteresowanie krajowych producentów wyrobów budowlanych i urządzeń wchodzących w skład infrastruktury budynków tematem klasyfikacji oferowanych przez siebie produktów, z uwagi na ich odporność na uderzenie kulami gradowymi. Opisany szwajcarsko-austriacki system klasyfikacji, będący jednym z pierwszych obowiązujących w Europie, prezentuje kompleksowe i spójne ujęcie tematu oceny odporności na gradobicie. System ten bazuje na wynikach badań doświadczalnych dużej grupy wyrobów budowlanych i urządzeń w warunkach symulujących rzeczywiste gradobicie. Co istotne, wykorzystywane w tych badaniach procedury badawcze oraz metody klasyfikacji mają na tyle uniwersalny charakter, że wydaje się możliwa ich implementacja na kolejne (tj. poza Szwajcarią i Austrią) obszary pogodowe. Wskazuje na to przykład Niemiec, w których wprowadzono system klasyfikacji bazujący na austriackim rejestrze gradowym. W tym kontekście można się również zastanowić nad wprowadzeniem podobnych rozwiązań w warunkach krajowych.

Literatura

- [1] SIA 261/1 Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen.
- [2] www.hagelregister.ch (dostęp 25.01.2022 r.).
- [3] Flüeler PH, Lateltin O, Jordi M. Switzerland: public register for hail impact resistant building materials created. In: Proceedings of the International Conference on building envelope systems and technology. Vancouver: 2010.
- [4] www.hagelregister.at (dostęp 25.01.2022 r.).
- [5] ACFI test specifications – No. 00a General part A. 2018. Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF.
- [6] Flüeler P, Stucki M, Guastala F, Egli T. Hail impact resistance of building materials – Testing, evaluation and classification. In: Proceedings of the 11DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components. Istanbul. 2008.
- [7] Jenkins DR, Mathey RG. Hail impact testing procedure for solar collector covers. Washington: U.S. Department of Commerce; 1982.
- [8] Moore D, Wilson A. Photovoltaic solar panel resistance to simulated hail. Pasadena: Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology; 1978.
- [9] ACFI test specifications – No. 09 Waterproofing membrane. 2020. Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF.
- [10] VKF Beschluss Nr. A – Beschluss für die Zuordnung von nach EN-Normen geprüften Dichtungsbahnen zu einer Hagelwiderstandsklasse. 2020. Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF.
- [11] VKF Beschluss Nr. B – Beschluss für die Zuordnung von nach IEC- und ISO-Normen geprüften solaren Elementen zu einer Hagelwiderstandsklasse. 2016. Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF.
- [12] Słowiński K. Badanie wytrzymałości kolektorów słonecznych na gradobicie w świetle obowiązujących przepisów krajowych. Materiały Budowlane. 2022; <https://doi.org/10.15199/33.2022.01.06>.

Przyjęto do druku: 26.05.2022 r.