

Experimental tests of window joinery in the scope of meeting technical requirements

Eksperymentalne badania stolarki okiennej pod kątem spełnienia wymagań technicznych

PAWEŁ BAŁON
EDWARD REJMAN
ROBERT SMUSZ
BARTŁOMIEJ KIEŁBASA *

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2022.8-9.14>

The paper presents the experimental and numerical analysis and research on window joinery made of polyvinyl chloride PVC-U reinforced with a steel closed profile filled with foam with increased stiffness and strength. The research proved that, without trials and tests, windows in buildings could be leaky, not resistant to weather anomalies, e.g. strong wind gusts, cloudbursts, etc. This is important especially for large PSK, HS, HST windows, the dimensions of which exceed often 5 m, which may lead to serious consequences in unfavorable weather conditions. The authors of the study verified the state of the art of the current window joinery in comparison to the developed prototype, stating that not all manufacturers meet certain requirements.

KEYWORDS: window frames, PVC profiles, window research, profiles reinforcements

W pracy przedstawiono eksperymentalną i numeryczną analizę oraz badania stolarki okiennej z polichlorku winylu PVC-U wzmocnionej profilem stalowym zamkniętym, wypełnionym pianką o podwyższonej sztywności i wytrzymałości. Badania udowodniły, że bez prób i testów okna w budynkach mogą być nieszczelne, nieodporne na anomalie pogodowe, np. silne porywy wiatru czy oberwania chmury. Ma to istotne znaczenie zwłaszcza dla dużych okien typu PSK, HS, HST, których gabaryt przekracza niejednokrotnie 5 m, co podczas niekorzystnych warunków meteorologicznych może doprowadzić do poważnych konsekwencji. Autorzy opracowania zweryfikowali obecny stan techniki stolarki okiennej w porównaniu z prototypem i stwierdzili, że nie wszyscy producenci spełniają określone wymogi.

SŁOWA KLUCZOWE: profile okienne, profile PCV, badania okien, wzmocnienie profili

Wprowadzenie

Wiele z obecnie budowanych obiektów jest wznoszonych przez małe firmy lub systemem gospodarczym przez inwestorów, często bez udziału fachowców, na podstawie najprostszych założeń konstrukcyjnych i ar-

chitektonicznych, z wykorzystaniem najtańszych materiałów. Duża grupa firm, zwłaszcza tych, które działają w szarej strefie, oferuje tanie usługi wykonawcze, jednak niskiej jakości. Prowadzi to do popełniania błędów wykonawczych, np. przy montażu okien, drzwi czy izolacji termicznej. Aby unikać odpowiedzialności, wykonawcy przerzucają winę na firmy produkujące stolarkę okienną i drzwiową, oskarżając je – często niezgodnie z prawdą – o dostarczanie wyrobów niskiej jakości. Usterki uniemożliwiają dotrzymanie odpowiednich parametrów energetycznych budynku. Ponadto niewystarczająca wiedza projektantów, wykonawców oraz kierowników budowy przekłada się bezpośrednio na błędy w projektach oraz doborze i wykorzystaniu rozwiązań technicznych, a w rezultacie – na niskie parametry energetyczne nowo budowanych i termomodernizowanych obiektów.

W świetle badań liniowe mostki termiczne mogą być odpowiedzialne za 30% strat ciepła przez przenikanie z całego budynku w nowych obiektach. W związku z tym minimalizacja występowania liniowych mostków termicznych, poprawa efektywności energetycznej budynków i zapewnienie wysokiego standardu energetycznego mają kluczowe znaczenie dla oszczędności energii. Poprawa efektywności energetycznej budynków przyniesie również korzyści gospodarcze, społeczne oraz środowiskowe. Lepsze pod względem energetycznym budynki zapewnią wyższy poziom komfortu termicznego i poprawę samopoczucia mieszkańców [9].

Badania eksperymentalne w zakresie obciążenia wiatrem

Badanie przeprowadzono w komorze badawczej przystosowanej do wytwarzania nadciśnienia i podciśnienia oraz odpornej na odkształcenia i zapewniającej całkowitą szczelność. Na podstawie wykonanych badań i obliczeń oceniono właściwości użytkowe wyrobu, zgodnie z wymaganiami norm klasyfikacyjnych.

* Dr inż. Paweł Bałon – balonpawel@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3136-7908> – AGH University of Science and Technology, Kraków, Poland; F.H.U. ATUT Marek i Alicja Janeczek Sp.J., Mielec, Poland
Dr inż. Edward Rejman – erejman@prz.edu.pl, <https://orcid.org/0000-0003-4716-7613> – Rzeszów University of Technology, Rzeszów, Poland; F.H.U. ATUT Marek i Alicja Janeczek Sp.J., Mielec, Poland
Dr hab. inż. Robert Smusz – robsmusz@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7369-1162> – Rzeszów University of Technology, Rzeszów, Poland; F.H.U. ATUT Marek i Alicja Janeczek Sp.J., Mielec, Poland
Mgr inż. Bartłomiej Kiełbasa – bartek.kielbasa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3116-2251> – F.H.U. ATUT Marek i Alicja Janeczek Sp.J., Mielec, Poland

TABLE I. Checking air permeability
TABLICA I. Sprawdzenie przepuszczalności powietrza

Temperatura otoczenia: 22°C; wilgotność powietrza: 42%; ciśnienie atmosferyczne: 1002 hPa; długość linii stykowej: 8,11 m; powierzchnia całkowita: 2,1 m²

Weryfikacja przepuszczalności powietrza przy dodatnim ciśnieniu

Ciśnienie próbne [Pa]	Przepuszczalność powietrza			Przepuszczalność powietrza przy 100 Pa	
	V_0 [m ³ /h]	V_L [m ³ /hm]	V_A [m ³ /hm ²]	V_L [m ³ /hm]	V_A [m ³ /hm ²]
50	1,2	0,15	0,57	0,23	0,91
100	2,0	0,25	0,95	0,25	0,95
150	3,1	0,38	1,50	0,29	1,10
200	3,8	0,47	1,80	0,30	1,10
250	3,8	0,47	1,80	0,25	0,98
300	4,6	0,57	2,20	0,27	1,10
450	6,0	0,74	2,90	0,27	1,10
600	8,0	0,99	3,80	0,30	1,10

Temperatura otoczenia: 22°C; wilgotność powietrza: 42%; ciśnienie atmosferyczne: 1002 hPa; długość linii stykowej: 8,11 m; powierzchnia całkowita: 2,1 m²

Weryfikacja przepuszczalności powietrza przy ujemnym ciśnieniu

Ciśnienie próbne [Pa]	Przepuszczalność powietrza			Przepuszczalność powietrza przy 100 Pa	
	V_0 [m ³ /h]	V_L [m ³ /hm]	V_A [m ³ /hm ²]	V_L [m ³ /hm]	V_A [m ³ /hm ²]
-50	1,3	0,16	0,62	0,25	0,98
-100	2,2	0,27	1,10	0,27	1,10
-150	2,9	0,36	1,40	0,27	1,10
-200	3,6	0,44	1,70	0,28	1,10
-250	3,6	0,44	1,70	0,24	0,93
-300	4,4	0,54	2,10	0,26	1,00
-450	5,1	0,63	2,40	0,23	0,89
-600	5,3	0,65	2,50	0,20	0,76

Przeprowadzono sprawdzenie przepuszczalności powietrza pod obciążeniem wiatrem przy spełnieniu warunków obiektu do badań: zamknięciu poprzez zaryglowanie wielopunktowe.

Górna granica klasy przepuszczalności powietrza zgodnie z normą klasyfikacyjną PN-EN 12207:2001, uzyskana przed badaniem odporności na obciążenie wiatrem, nie została przekroczona o więcej niż 20%. Warunek normy klasyfikacyjnej PN-EN 12210:2016-05 został spełniony [1, 2].

Prowadzone badania i testy w zakresie przepuszczalności powietrza (obciążenia wiatrem) według normy PN-EN 12211 pozwoliły na uzyskanie wyników mieszczących się w klasie C5 według normy PN-EN 12210. Wynik ten świadczy o spełnianiu przez produkt wymagań ponad oczekiwania normy [3, 4].

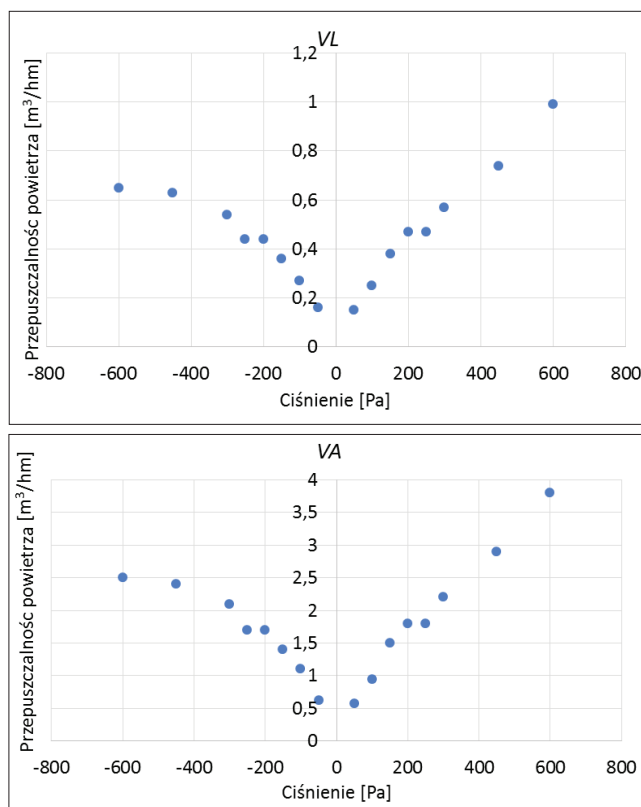


Fig. 1. Air permeability for the test pressure generated
Rys. 1. Przepuszczalność powietrza dla wytworzonego ciśnienia próbnego

Badania eksperymentalne w zakresie sprawdzenia wodoszczelności stolarki okiennej

Badanie przeprowadzono w komorze badawczej przystosowanej do wytwarzania nadciśnienia i podciśnienia oraz odpornej na odkształcenia i zapewniającej całkowitą szczelność. Badanie miało wykazać, przy jakim ciśnieniu słupa wody nastąpi rozszczelnienie i w jakim miejscu.

Producent profili z polichlorku winylu PVC-U deklaruje klasę 4A w zakresie obciążenia 150 Pa. Badane

TABLE II. Water permeability for a given test pressure produced
TABLICA II. Przepuszczalność wody dla danego wytworzonego ciśnienia próbnego

Temperatura otoczenia: 21°C; wilgotność powietrza: 45%; ciśnienie atmosferyczne: 1001 hPa; długość linii stykowej: 8,11 m; powierzchnia całkowita: 2,1 m²; kierunek otwierania drzwi: do wewnątrz

Ciśnienie próbne [Pa]	Czas utrzymywania ciśnienia próbnego [min]	Opis badania
0	15	Brak przecieku
50	5	Brak przecieku
100	5	Brak przecieku
150	5	Brak przecieku
200	5	Brak przecieku
250	5	Brak przecieku
300	5	Brak przecieku
405	5	Brak przecieku
600	5	Przeciek w 2 min badania



Fig. 2. Window test stand and leakage during the test
Rys. 2. Stanowisko do badań okien oraz przeciek podczas próby

okno wykazało przeciek przy ciśnieniu 600 Pa (w połączeniu naroża). Prototyp miał uszczelkę klejoną i ciętą do kąta 45°, co było bezpośrednią przyczyną przecieku. Geometria okna została tak zmodyfikowana i zoptymalizowana, że obecnie okno przechodzi próbę ciśnienia 900 Pa, co stanowi sześciokrotnie większe obciążenie niż wymaga norma [5, 6].

Miejsce przecieku: przeciek spod lewego skrzydła z lewej jego strony. Postać przecieku: ciągłe zraszanie, nieprzerwany ciąg wody. Warunki obiektu do badań: zamknięcie poprzez zaryglowanie wielopunktowe. Obiekt badania był kondycjonowany minimum 4 godziny przed rozpoczęciem badania. Brak zamontowanych urządzeń wentylacyjnych w badanym obiekcie.

W zakresie wodoszczelności PN-EN 1027 uzyskano wyniki mieszczące się w klasie 8A według normy PN-EN 12208. Wynik świadczy o spełnianiu przez produkt wymagań ponad oczekiwania normy [7, 8].

Badania eksperymentalne w zakresie mostków termicznych

Przeprowadzono badania termowizyjne mostków termicznych dla okna standardowego i testowego. Na rys. 3-4 przedstawiono termogramy okna testowego i standardowego. W ramach badań wyznaczono wartości współczynnika oddziaływania mostka termicznego Itb dla okna testowego i standardowego, które wyniosły odpowiednio:

- dla okna testowego: $Itb = 1,06 \pm 0,02$;
- dla okna standardowego: $Itb = 1,13 \pm 0,04$.

Mniejsza wartość Itb dla okna testowego w stosunku do okna standardowego świadczy o mniejszym liniowym mostku termicznym na połączeniu szyby z ramą okna. Procentowe zmniejszenie wartości liniowego współczynnika przenikania ciepłego jest wprost

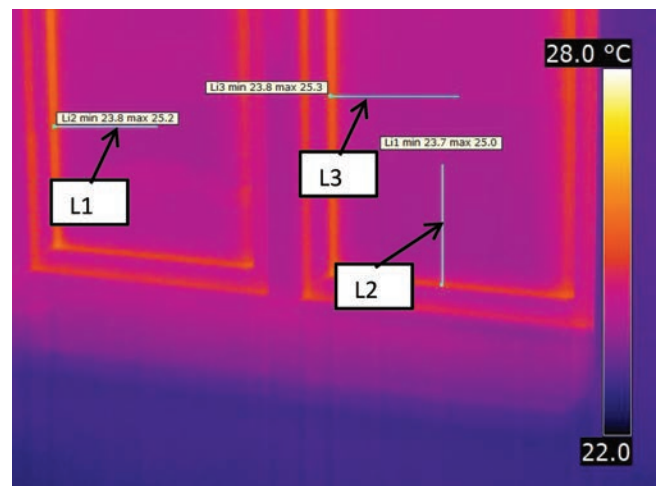


Fig. 3. Thermogram of the test window (bottom of the window) – measurement Itb

Rys. 3. Termogram okna testowego (dół okna) – pomiar Itb

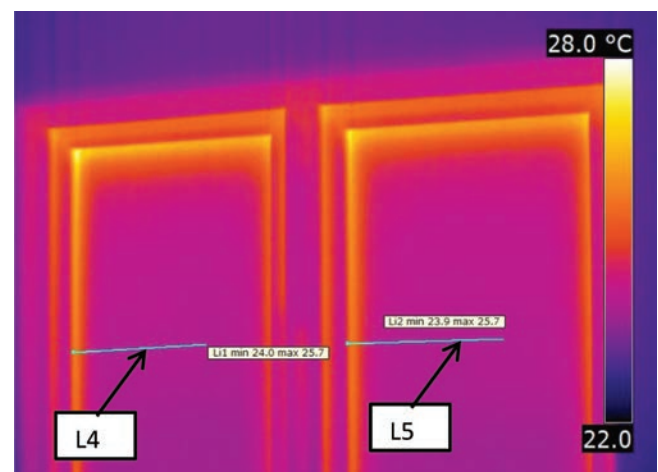


Fig. 4. Thermogram of the test window (top of the window) – measurement Itb

Rys. 4. Termogram okna testowego (górną okna) – pomiar Itb

proporcjonalne do procentowego spadku współczynnika oddziaływania mostka termicznego Itb . W tym przypadku wyniosło ono 6,2%.

Eksperymentalnie potwierdzono, że dla okna o wymiarach 1230 mm × 1430 mm i współczynnika przenikania ciepła oszklenia $Ug = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, ramy $Uf = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ w wyniku zastosowania kompozytowego profilu usztywniającego wypełnionego izolacją termiczną oraz wypełnienia komór PVC izolacją termiczną wystąpi obniżenie współczynnika przenikania ciepła okna z wartości $Uw = 0,87 \text{ W/m}^2\text{K}$ do $Uw = 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dla okien o współczynnika przenikania ciepła równym $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ wartość $fRsi$ wynosi 0,772 i jest większa od minimalnej dopuszczalnej wartości. Jednak z uwagi na występowanie mostków termicznych na połączeniu ramy z zestawem szybowym, nawet w przypadku okien spełniających obowiązujące przepisy budowlane istnieje ryzyko wykroplenia wilgoci. Skutki występowania mostków termicznych (wykroplenie wilgoci) potęguje stosowanie szczelnych okien, niewyposażonych w odpowiednie urządzenia do napływu powietrza (nawiewników), co utrudnia wentylację i usuwanie wilgoci z pomieszczenia. W związku z tym wzrasta wilgotność w pomieszczeniu, co prowadzi do skraplania pary wodnej i rozwoju pleśni na powierzchni przegrody. Wówczas niezbędne jest utrzymanie temperatury powierzchni wewnętrznych okna znacznie powyżej wartości minimalnej określonej w warunkach technicznych [10].

Wnioski

Stolarka okienna to jeden z najważniejszych elementów budynku. Rozmieszczenie, wielkość i podziały okien decydują o wyglądzie obiektu. Przy czym właśnie wielkość i podziały okien mają nie mniejszy wpływ na ich cenę niż takie parametry, jak współczynnik U . Jest to współczynnik przenikania ciepła, czyli tak naprawdę nie miara izolacyjności, lecz tego, jak intensywnie ciepło ucieka przez przegrodę. Im niższa wartość U , tym lepsza izolacyjność.

Jak wykazały badania, stolarka okienna powinna spełniać kilka parametrów, które są decydujące podczas użytkowania – są to: wodoszczelność, obciążenie wiatrem i brak mostków termicznych. Spełnienie wszystkich tych wymogów wiąże się z weryfikacją poszczególnych etapów produkcji stolarki okiennej, tj. poprawności zgrzewania profili, poprawności uszczelnienia okna, prawidłowego montażu, okucia oraz montażu okna w otworze budynku. Nieprawidłowości na którymś z tych etapów mogą być przyczyną wadliwego wyprodukowania lub zamontowania stolarki okiennej. Czasem nieuczciwi sprzedawcy wykorzystują niewiedzę kupujących i mówią im tylko o wartości U szyb, bo ta jest po prostu najkorzystniejsza. Niekiedy podawana jest ta wartość dla tzw. okien referencyjnych, czyli o określonych wymiarach. Przy czym u różnych producentów wymiary referencyjne nie muszą być takie same, a tym bardziej mogą się nie odnosić do konkretnych okien o konkretnych wymogach.

Acknowledgements

Artykuł powstał w ramach projektu nr RPPK.01.02.00-18-0033/18-00 pn. „Opracowanie i wdrożenie do produkcji innowacyjnej konstrukcji okna minimalizującej liniowe mostki termiczne wraz ze zwiększoną odpornością na odkształcenia mechaniczne”, współfinansowanego przez Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego.

LITERATURA

- [1] PN-B-02011:1977/Az1:2009 – Obciążenia w obliczeniach statycznych – Obciążenie wiatrem
- [2] PN-EN 12210:2016-05 – Okna i drzwi – Odporność na obciążenie wiatrem – Klasyfikacja.
- [3] PN-EN 12211:2016-04 – Okna i drzwi – Odporność na obciążenie wiatrem – Metoda badania.
- [4] PN-EN 14351-1:2006 – Stolarka budowlana – Okna i drzwi – Wymagania i badania.
- [5] BN – 75/7150 – 03 – Okna i drzwi balkonowe drewniane. Metody badań.
- [6] PN-EN 1279-5:2006 – Szkło budowlane – Szyby zespolone.
- [7] Instrukcja ITB 183 – Wytyczne projektowania i wykonywania przeszkleń z szyb zespolonych.
- [8] Instrukcja ITB 224 – Wymagania techniczno-użytkowe dla lekkich ścian osłonowych w budownictwie ogólnym.
- [9] Podręcznik praktyka nr 6, wydawca: GEALAN – Dział doradztwa dla architektów, Statyka kwiecień 2004.
- [10] Wilk J., Bałon P., Smusz R., Rejman E., Świątoniowski A., Kiełbasa B., Szostak J., Cieślak J., Kowalski Ł. “Thermal stratification in the storage tank”. *Procedia Manufacturing*. 47 (2020): 998–1003, <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.306>. ■