

Anna ŚPIEWAK

Politechnika Częstochowska

SZCZELNOŚĆ POWIETRZNA OBIEKTÓW BUDOWLANYCH A METODY BADANIA I USZCZELNIANIA PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

W artykule omówiono aktualne warunki techniczne dotyczące testów szczelności budynków. Przedstawiono metodę wyznaczania parametrów opisujących szczelność budynku zgodnie z normą PN-EN 13829:2002. Opisano metodologię wykonywania badania szczelności budynku przy użyciu urządzenia Blower Door. Scharakteryzowano podstawowe materiały budowlane zapewniające szczelność budynku oraz możliwości szczelnych rozwiązań detali konstrukcyjnych.

Słowa kluczowe: szczelność budynku, Blower Door, guma pęczniająca

WPROWADZENIE

Budynki niskoenergetyczne i pasywne charakteryzują się zużyciem do ogrzewania budynku jak najniższej ilości energii pierwotnej w ciągu roku. Szczelność przegród budowlanych oraz ich połączeń jest elementem mającym wpływ na zapotrzebowanie budynku na ciepło do ogrzewania. Podczas projektowania oraz w trakcie wznoszenia budynku wykrycie miejsc niekontrolowanego przecieku powietrza umożliwi doszczelnienie tych miejsc. Najpopularniejszą metodą wykrywania nieszczelności w przegrodach zewnętrznych budynku są badania z wykorzystaniem kamery termowizyjnej. Dużo mniej popularne w Polsce jest badanie metodą zwaną próbą szczelności, które pozwala na skuteczne wykrycie wad i nieszczelności w obudowie zewnętrznej budynku. Aktualne w Polsce akty prawne nie stawiają obowiązku wykonywania badań szczelności budynku w momencie oddania go do użytku, badanie to jest jedynie zalecane. Szczegółowe wymagania dotyczące szczelności budynków zostały opisane w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU 2002, Nr 75, poz. 690 z późn. zm.) [1], natomiast w normie PN-EN 13829:2002 [2] przedstawiono metodologię wykonywania badania metodą pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora, którą analizowano w tym opracowaniu.

1. AKTUALNE WARUNKI TECHNICZNE A SZCZELNOŚĆ BUDYNKU

Zmiana z dnia 5 lipca 2013 r. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. dotycząca poz. 926 informuje, że w budynku mieszkalnym, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej i produkcyjnym przegrody zewnętrzne nieprzezroczyste, złącza między przegrodami i częściami przegród (między innymi połączenie stropodachów lub dachów ze ścianami zewnętrznymi), przejścia elementów instalacji (takie jak kanały instalacji wentylacyjnej i spalnicowej przez przegrody zewnętrzne) oraz połączenia okien z ościeżami należy projektować i wykonywać pod kątem osiągnięcia ich całkowitej szczelności na przenikanie powietrza. W rozporządzeniu [1] zostały zapisane wymagania dotyczące budynków niskich, średniowysokich i wysokich dotyczące przepuszczalności powietrza dla okien i drzwi balkonowych przy ciśnieniu równym 100 Pa. Wartość przepuszczalności powietrza dla tych elementów budynku nie może być wyższa niż $2,25 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$ w odniesieniu do długości linii stykowej lub $9 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ w odniesieniu do pola powierzchni, co jest równoznaczne z 3 klasą przepuszczalności powietrza wg Polskiej Normy PN-EN 12207: 2001 [2]. Natomiast Warunki Techniczne dotyczące budynków wysokościowych to wartość przepuszczalności powietrza nie wyższa niż $0,75 \text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$ w odniesieniu do długości linii stykowej przy ciśnieniu równym 100 Pa lub $3 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ w odniesieniu do pola powierzchni. Wartości te pokrywają się z zaklasyfikowaniem okien i drzwi balkonowych do klasy 4 wg Polskiej Normy PN-EN 12207: 2001 [2]. Badanie szczelności budynku ze względu na restrykcyjne Warunki Techniczne dotyczące minimalizacji energii pierwotnej zużywanej do użytkowania budynku jest bardzo istotne. Zapis Rozporządzenia Ministra Infrastruktury [1] poz. 926, pkt 2.3.4 informuje, że jedynie zaleca się, aby po zakończeniu budowy budynek mieszkalny, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej lub produkcyjny został poddany próbie szczelności przeprowadzonej zgodnie z Polską Normą dotyczącą określania przepuszczalności powietrznej budynków. Wykonanie próby szczelności budynku jest wymagane w przypadku, gdy staramy się o dopłatę na budowę domu energooszczędnego z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Dofinansowanie może wynieść od 30 do 50 tys. zł. Wysokość dotacji jest uzależniona od osiągniętego i potwierdzonego przez weryfikatora standardu energetycznego budynku, dla domu energooszczędnego o standardzie NF40 dotacja wynosi 30 tys. zł brutto, natomiast dotacja w wysokości 50 tys. zł brutto przysługuje na domy kwalifikujące się do standardu NF15, czyli domy pasywne [3].

2. PARAMETRY OPISUJĄCE SZCZELNOŚĆ BUDYNKU

Parametrem opisującym szczelność powietrzną budynku jest parametr n_{50} (h^{-1}). Oznacza on liczbę wymian powietrza w budynku, niezbędną do uzyskania w nim podciśnienia lub nadciśnienia o wielkości 50 Pa. Wyznaczenie wartości parametru n_{50} polega na wtłaczaniu lub usuwaniu z budynku powietrza za pomocą wentylatora o regulowanej mocy przerobowej. Wentylator wraz z osprzętem to urządzenie

o nazwie rynkowej Blower Door. Obróty urządzenia Blower Door zwiększa się do momentu osiągnięcia w budynku podciśnienia lub nadciśnienia. Zgodnie z aktualnymi Warunkami Technicznymi, szczelność powietrzna budynków powinna wynosić:

- w budynkach z wentylacją grawitacyjną lub wentylacją hybrydową - $n_{50} < 3,0 \text{ h}^{-1}$,
- w budynkach z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją - $n_{50} < 1,5 \text{ h}^{-1}$.

Wartość strumienia przepływu powietrza to parametr $V_{50} \text{ m}^3/\text{h}$, który jest współczynnikiem charakteryzującym ilość powietrza przepływającą przez obudowę budynku w miejscu połączeń, pęknięć oraz nieszczelności, przy którym w budynku obserwuje się podciśnienie lub nadciśnienie o wielkości 50 Pa. Natomiast wartość parametru n_{50} opisuje wzór [4]:

$$n_{50} = \frac{V_{50}}{V} [\text{h}^{-1}] \quad (1)$$

gdzie:

V_{50} - strumień przepływu powietrza [m^3/h];

V - kubatura wewnętrzna budynku [m^3].

Norma PN-EN 13829:2002 [4] podaje bardzo szczegółową metodykę badania i pomiaru wartości n_{50} . Oprócz parametru n_{50} do określania stopnia szczelności budynku można stosować wartość przepuszczalności powietrznej przy ciśnieniu 50 Pa (q_{50}) oraz jednostkowy strumień przepływu powietrza (w_{50}) [1, 4].

3. METODOLOGIA BADANIA SZCZELNOŚCI BUDYNKU

Badanie szczelności budynków w Polsce wykonuje się zgodnie z wytycznymi normy PN-EN 13829:2002 [4]. Metodykę badania stosuje się do pomiaru i wyznaczenia przepuszczalności powietrznej budynku lub jego części, w celu weryfikacji wymagań stawianych przez projektanta w zakresie szczelności powietrznej budynku, do lokalizacji źródeł nieszczelności budynku, do pomiaru współczynnika krotkości wymian n_{50} potrzebnego do oceny jakości wykonania obudowy budynku lub też do weryfikacji przecieku powietrza po wykonanej modernizacji budynku lub jego części. Test szczelności przy użyciu urządzenia Blower Door (rys. 1) jest stosunkowo szybki, trwa nie dłużej niż kilka godzin oraz jest nieinwazyjny, czyli nie ma potrzeby opróżniania pomieszczeń, a dodatkowo w trakcie badania w budynku mogą przebywać ludzie. Najwięcej czasu zajmuje szczegółowe opracowanie raportu z badania i analiza uzyskanych wyników. Wykonanie badania zgodnie z normą PN-EN 13829:2002 [4] należy poprzedzić odpowiednim przygotowaniem samego budynku, tj. zamknąć wszystkie drzwi i okna oraz zabezpieczyć otwory wentylacyjne z wyjątkiem otworu, w którym zamontowane zostanie urządzenie Blower Door. Badanie szczelności budynku za pomocą Blower Door polega na złożeniu i odpowiednim dostosowaniu aluminiowej ramy wraz z brezentem z tworzywa sztucznego w ościeżnicę zewnętrznego otworu drzwiowego. Należy pamiętać, że istnieje możliwość zainstalowania urządzenia w drzwiach balkonowych lub

otworze okiennym. Rama aluminiowa jest wyposażona w specjalny mechanizm dopasowania się, dzięki czemu w prosty sposób można wyeliminować potencjalne nieszczelności dookoła otworu. Charakterystyczne dźwignie rozpychające zabezpieczają ramę urządzenia tak, aby nie została ona zdestabilizowana w momencie gwałtownej różnicy ciśnień między środowiskiem zewnętrznym i wewnętrznym.



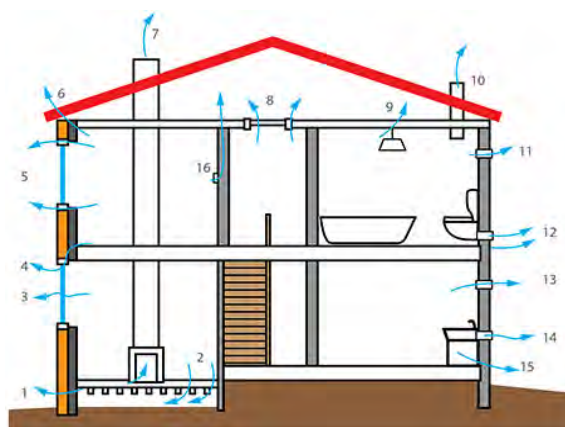
Rys. 1. Urządzenie testujące Blower Door (fot. autorki)

Kolejnym etapem jest zamontowanie w przygotowanej ramie głównego elementu, czyli wentylatora połączonego z konsolą sterującą, która jest kompatybilna z komputerem wyposażonym w specjalistyczne oprogramowanie. Blendy, czyli przesłony zamykające światło wentylatora, umożliwiają regulację zakresu działania wentylatora poprzez zmianę ilości przepływającego powietrza. Im mniejsze światło przepływu powietrza, tym mniejsze wahania różnicy ciśnień, co umożliwia uzyskanie dokładniejszych wyników badań. Natomiast w przypadku dużych budynków należy zastosować większe światło wentylatora. W pierwszej fazie testu sprawdza się realną różnicę ciśnienia, jaka istnieje pomiędzy środowiskiem zewnętrznym i wewnętrznym. W momencie gdy różnica nie przekracza wartości 5 Pa, rozpoczyna się druga faza testu, podczas której włącza się wentylator, a dzięki regulacji blend ustawiana jest wielkość nawiewanego lub wywiewanego strumienia powietrza. Oprogramowanie zainstalowane na komputerze połączonym do urządzenia zapisuje automatycznie wielkości strumienia powietrza przepływającego przez wentylator w stosunku do różnicy ciśnienia od 15 do 60 Pa, z częstotli-

wością co 5 Pa. Program dla każdej wartości ciśnienia raportuje 20 pomiarów, z których wyznacza się wartość średnią. Badanie ciśnienia zgodnie z normą PN-EN 13829:2002 [4] wykonuje się z dokładnością 2 Pa w zakresie od 0 do 60 Pa. Ostatnia faza testu szczelności to precyzyjne opracowanie danych, otrzymanych w postaci raportu z przeprowadzonego testu. Raport obejmuje wszelkie informacje o budynku i warunkach klimatycznych oraz mikroklimatycznych, w jakich przeprowadzono badanie. Test szczelności wykonany przy użyciu Blower Door pozwala na uzyskanie danych, dzięki którym program wyznacza następujące wielkości: n_{50} , q_{50} , w_{50} . Wszystkie te parametry są istotne dla właściciela oraz użytkowników budynku ze względu na ustalenie całkowitego zapotrzebowania budynku na ciepło. Dodatkowo, wykorzystując wytwornicę dymu, można precyzyjnie zlokalizować nieszczelności w obudowie budynku poprzez obserwację ulatniającego się dymu. Zazwyczaj wyniki badania szczelności budynku urządzeniem Blower Door dodatkowo porównuje się z badaniem budynku kamerą termowizyjną. W ten sposób weryfikuje się miejsca nieszczelności występujących najczęściej w okolicach otworów okiennych i drzwiowych oraz połączenia przegród budowlanych [4-6].

4. NIESZCZELNOŚCI W BUDYNKACH I METODY ICH IZOLACJI

Nieszczelności pojawiają się w każdym budynku. Rysunek 2 przedstawia tradycyjny budynek mieszkalny, gdzie strzałkami oznaczono miejsca występowania nieszczelności w obudowie obiektu, przejściach instalacyjnych, systemie wentylacji grawitacyjnej oraz mechanicznej, w miejscach występowania progów drzwi balkonowych, tarasowych i frontowych, kalenicy oraz w miejscach, o których często się zapomina, czyli gniazdkach i włącznikach elektrycznych.



Rys. 2. Miejsca występowania nieszczelności w budynku: 1 - kratki wentylacyjne pod podłogą wentylowaną, 2 - podłoga wentylowana, 3 - okna, 4 - połączenie stropu ze ścianą zewnętrzną, 5 - ościeża okienne, 6 - połączenie dachu ze ścianą zewnętrzną, 7 - przewody spalinowe, 8 - wyłazy, 9 - przejścia instalacji elektrycznej, 10 - kominy, 11 - wentylacja łazienki, 12 - przejścia instalacji sanitarnych, 13 - okap kuchenny, 14 - przejścia instalacyjne, 15 - połączenie podłogi na gruncie ze ścianą zewnętrzną, 16 - gniazodka, puszki i włączniki elektryczne [7]

Istotą szczelności budynku jest także jego zaprojektowanie, aby strumień powietrza nie przenikał przez obudowę budynku oraz materiały, z których został wykonany. Szczelność powietrzną budynku można zapewnić poprzez dobór odpowiedniej technologii wykonania obiektu polegającej na doborze szczelnych połączeń w miejscach narażonych na przenikanie powietrza oraz odpowiednie wykonanie połączeń i styków różnych materiałów budowlanych. Innym sposobem zatrzymania strumienia przepływu powietrza jest dobór odpowiednio szczelnych materiałów budowlanych i ich wypełniaczy oraz uszczelnień. W tabeli 1 przedstawiono zestawienie budowlanych połączeń zapewniających szczelność budynku, a dodatkowo porównano je z błędnymi, nieszczelnymi połączeniami elementów i materiałów budowlanych [7].

Tabela 1. Połączenia szczelne i nieszczelne elementów budowlanych [7]

| Połączenia zapewniające szczelność budynku | Połączenia niezapewniające szczelności budynku |
|---|---|
| Połączenie folii izolacyjnej taśmą butylowo-kauczkową z dodatkową łatą dociskową | Zastosowanie taśm papierowych |
| Zastosowanie taśmy piankowej z łatą dociskową | Połączenia z betonem o nieodpowiedniej konsystencji |
| Zalanie przebić betonem o odpowiedniej konsystencji i zaszpachlowanie połączenia elementów betonowych | Klejenie i łączenie nieoczyszczonych lub źle przygotowanych elementów konstrukcyjnych |
| Zastosowanie szczelnej taśmy akrylowej | Zastosowanie poliuretanowej pianki montażowej |
| Dociskowe listwy uszczelniające | Zastosowanie fug silikonowych |

Ze względu na popularyzację domów w systemie NF40 i NF15 na rynku materiałów budowlanych coraz częściej spotyka się nowoczesne materiały izolacyjne, umożliwiające uszczelnienie miejsc przepływu strumienia powietrza przez przegrody zewnętrzne budynku. Dlatego podczas wykonywania i projektowania obiektów, od których wymaga się wysokiej klasy szczelności, należy zwrócić szczególną uwagę na dobór materiałów budowlanych. Tabela 2 przedstawia grupy materiałów budowlanych zapewniających szczelność wykonania obiektu budowlanego oraz tradycyjne materiały, które powodują, że wyniki testów szczelności Blower Door nie są pozytywne [7, 8].

Tabela 2. Materiały budowlane szczelne i nieszczelne powietrznie [7]

| Materiały budowlane zapewniające szczelność budynku | Materiały budowlane niezapewniające szczelności budynku |
|---|---|
| Tynki wewnętrzne | Zaprawa murarska |
| Folie i membrany paroszczelne | Płyty paździerzowe i wiórowe |
| Folie zbrojone i geosyntetyki | Folie perforowane i paroprzepuszczalne |
| Twarde płyty drewniane, płyty OSB, sklejki | Styropian, wełna mineralna, wata szklana |
| Beton | Konstrukcja dachu, np. deskowanie |

Nowym materiałem budowlanym na polskim rynku są systemy uszczelniające w postaci płynnych gum pęczniejących pod wpływem wilgoci (rys. 3). Takie materiały zapewniają doszczelnienie skomplikowanych konstrukcji budowlanych lub istotnych miejsc w obudowie budynków w systemie NF40 i NF15, tj. przejścia przewodów instalacji oraz kanałów wentylacyjnych, miejsca połączeń elementów konstrukcyjnych, gdzie nie ma możliwości zastosowania izolacji uszczelniającej w postaci ciał stałych. Gumy pęczniejące charakteryzują się bardzo dobrymi właściwościami fizycznymi (duża elastyczność, duża wodoszczelność, dobra przyczepność, kompatybilność z tradycyjnymi materiałami budowlanymi). Dodatkowo duża elastyczność tych materiałów powoduje, że jest to doskonały środek samouszczelniający, pęczniejący przy kontakcie z wodą. Uszczelniacze te mogą dwukrotnie powiększyć swoją objętość w wyniku absorpcji wody. Uszczelniacze w postaci płynnych gum pęczniejących dobrze współpracują i łączą się przed spęcznieniem z takimi materiałami, jak: beton, stal, szkło oraz tworzywa sztuczne [9].



Rys. 3. Gumy pęczniejące - dostępne przekroje [9]

PODSUMOWANIE

Badanie szczelności budynków jest bardzo ważne, ponieważ wykrycie nieszczelności prowadzi do obniżenia kosztów ogrzewania, a tym samym utrzymania budynku. Testy szczelności pozwalają na zweryfikowanie nieszczelności już podczas wznoszenia budynku w takich miejscach, jak: otwory okienne i drzwiowe, miejsca prowadzenia instalacji oraz połączenia przegród budowlanych. Testy wykonywane przy użyciu urządzenia Blower Door są krótkotrwałe i nieinwazyjne, natomiast pozwalają na precyzyjne określenie parametrów związanych ze szczelnością budynku. Dodatkową zaletą wykonywania próby szczelności budynku lub jego części za pomocą Blower Door jest możliwość przeprowadzania badania w trakcie ich budowy lub podczas ich użytkowania. Natomiast zapewnienie założonej szczelności budynków energooszczędnych i pasywnych jest możliwe dzięki zastosowaniu odpowiednio szczelnych materiałów budowlanych oraz wykonaniu szczelnych połączeń w kluczowych miejscach narażonych na przenikanie powietrza i na stykach materiałów.

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, DzU 2002, Nr 75, poz. 690 z późn. zm.
- [2] PN-EN 12207:2001 Okna i drzwi - Przepuszczalność powietrza - Klasyfikacja.
- [3] Czernik D., Dotacja na dom energooszczędny lub pasywny. Krok po kroku, <http://okieminzyniera.pl/>, dostęp: 28.09.2015 r.
- [4] PN-EN 13829:2002 Właściwości cieplne budynków - Określanie przepuszczalności powietrznej budynków - Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora.
- [5] Nowak K., Nowak-Dzieszko K., Trudności związane z przeprowadzaniem badań szczelności budynków, *Izolacje* 2013, 2, 16-19.
- [6] Keefe D., Blower Door Testing, *The Journal of Light Construction* 2010, 1, 1-7.
- [7] Portal nt. domów energooszczędnych, <http://mieszkajenergooszczednie.pl/>, dostęp: 28.09.2015 r.
- [8] Krause P., Szczelność obudowy a ochrona cieplna budynku, *Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce* 2007, 2, 147-150.
- [9] Gumy pęczniące - Karta techniczna, <http://www.webac.pl/>, dostęp: 28.09.2015 r.

AIRTIGHTNESS OF BUILDINGS, A METHOD OF RESEARCH AND INSULATING OF BUILDING PARTITIONS

The article discusses the current technical conditions concerning the testing of a building for airtightness. Presented method for determining parameters describing the building for airtightness in compliance with PN-EN 13829: 2002. It describes a methodology for performance of the test of airtightness of the building using the Blower Door device and the basic construction materials that ensure tight sealing of the building and the possibility of airtight solutions design details.

Keywords: airtightness of the building, Blower Door, swelling gum