

# O szczelności (powietrznej) budynku słów kilka...

## Metody pomiarowe

KRYSTIAN KUROWSKI\*

Zdecydowane zmiany w procesie budowlanym (stosowanych technologiach i rozwiązaniach instalacyjnych) spowodowane są postępem technologicznym, optymalizacją kosztów, jak też zwiększającymi się wymogami związanymi z energooszczędnością. I tu niebagatelną rolę odgrywa szczelność powietrzna budynków.

### ■ Szczelność = energooszczędność

Dyrektywa o charakterystyce energetycznej 2010/31/UE zastrzega wymagania w zakresie energooszczędności. Wprowadza za kilka lat (po 31 grudnia 2018 r. dla budynków zajmowanych przez władze publiczne i po 31 grudnia 2020 dla pozostałych) wymóg budowy obiektów „niemal zeroenergetycznych”. Co prawda krajowy ustawodawca jeszcze nie zdefiniował budynków niemal zero energetycznych, ale już doskonale widać zaostrenie wymagań w zmieniających się „Warunkach technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” (nowelizacja z 5 lipca 2013 r.). Od 1 stycznia ubiegłego roku obowiązują zaostrene wymagania w stosunku do współczynnika przenikania ciepła i wielkości zapotrzebowania na energię, a od stycznia 2017 i 2021 będą kolejne obostrzenia. Rozporządzenie po raz pierwszy mówi o szczelności na przenikanie powietrza (Załącznik nr. 1 dotyczący wymagań izolacyjności cieplnej i innych wymagań związanych

z oszczędnością energii pkt. 2.3.). Ustala się wymogi dotyczące szczelności:

- dla budynków z wentylacją grawitacyjną i hybrydową  $n_{50} < 3$  1/h;
- dla budynków z wentylacją mechaniczną i klimatyzacją  $n_{50} < 1,5$  1/h.

Dodatkowo w rozporządzeniu wprowadzone zostało zalecenie dotyczące sprawdzenia szczelności powietrznej dla budynków oddawanych do użytkowania.

Zagadnienia dotyczące przepuszczalności powietrznej zostały wprowadzone w Polsce w 2002 r. w ramach unifikacji polskich przepisów i wprowadzenia do stosowania normy: PN-EN 13829 „Właściwości cieplne budynków. Określanie przepuszczalności powietrznej budynków. Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora”.

Współczesne budynki budowane są w założeniu jako szczelne. Minęły dawno czasy, gdy budynek był jak „ser szwajcarski” – jedną nieszczelnością powietrze i ciepło wchodziło, innym wychodziło. Od momentu



Fot. Progress Energy Sp. z o.o

wprowadzenia izolacji termicznych, szczególnie opartych na polistyrenie ekspandowanym (styropianie), nie można już mówić o oddychaniu budynku, a przy ograniczeniu tzw. mostków cieplnych można obiekt uznać za „szczelny termicznie”.

O wiele mniej poznanym zagadnieniem jest szczelność powietrzna. Powietrze stanowi mieszaninę gazów o dosyć dużym stopniu penetracji, której w praktyce siłą napędową stanowi różnica gęstości powietrza pomiędzy powietrzem znajdującym się wewnątrz budynku i na zewnątrz. Przepływ powietrza może być zwiększony różnicą ciśnień utworzoną m.in. z naporem wiatru.

Ruch powietrza w pomieszczeniu może prowadzić do jego wymian, a tym samym zapewnić wentylację. Aby była skuteczna (przy niskich nakładach energii

na podgrzanie/chłodzenie) zapewniona musi być zorganizowana wymiana powietrza.

Niezorganizowany przepływ powietrza (przez nieszczelności budynku) zaburza wentylację, prowadząc do zwiększonych nakładów energii na utrzymanie parametrów komfortu cieplnego wewnątrz pomieszczenia. Stąd też m.in. dąży się do zachowania szczelności osłon zewnętrznych budynków.

Projektowanie i budowa budynku musi uwzględniać zachowanie pełnej szczelności. Nie osiągnie się jej, wykonując spontaniczne działania podczas wykonywania obiektu. Działania muszą być skoordynowane i uwzględniać:

- na etapie koncepcji uwzględniać rozwiązania gwarantujące szczelność;
- na etapie projektu należy eliminować detale archi-

\* dr inż. Krystian Kurowski, Katedra Inżynierii Środowiska, WBNS/UKSW

tektoniczne, które mogą spowodować rozszczelnienie obiektu;

- należy unikać przebić powłoki szczelnej powietrznie;
- istotny jest dobór odpowiednich materiałów;
- przestrzegać dobrej praktyki wykonawczej;
- sprawować nadzór.

Podstawowa zasada zachowania szczelności to zasada ołówka. Mówi ona o ciągłości izolacji na przekroju budynku (tak wykonuje się izolację, aby nie doprowadzić do jej przebicia). Jednocześnie wykorzystuje się materiały, które są szczelne dla powietrza od strony wewnętrznej (tynk, wylewka, dla drewnianego dachu folia paroszczelna).

### Metodyka pomiaru szczelności budynków – Blower Door Test

Jedną z najbardziej znanych i wykorzystywanych metod badania szczelności powietrznej budynków jest Blower Door Test (z wykorzystaniem wentylatora zamontowanego w drzwiach). Badania pozwalają na określenie przepływu powietrza podczas ustalonych warunków ciśnienia (nad- lub podciśnienia).

**Liczba wymian powietrza to iloraz przepływu w jednostce czasu do kubatury wentylacyjnej.**

Wykorzystanie Blower Door może przyczynić się do poprawy efektywności energetycznej obiektów. Badania wykonywane są zgodnie ze wspomnianą normą PN-EN 13829. Wynik badania pozwala ustalić standard budynku (np. dla budynków z programu NFOŚiGW dofinansowania budynków energooszczędnych, czy też w ramach certyfikacji LEED i BREAM). Dzięki detekcji nieszczelności i ich wyeliminowaniu ogranicza się koszty eksploatacji budynku.

### Dwie metody badań szczelności budynku za pomocą Blower Door Test

**Metodę A:** badanie jest przeprowadzone w budynku użytkowanym. Podczas stosowania tej metody nie wykonuje się żadnych działań mających na celu poprawę szczelności budynku. Jednocześnie zalecane jest, aby podczas testu użytkowana była instalacja grzewcza lub klimatyzacyjna.

**Metoda B:** badanie jest przeprowadzane najczęściej dla stanu surowego zamkniętego przed pracami wykończeniowymi (badanie obudowy budynku). Badaniem objęty jest „szkielet” budynku. Podczas przeprowadzania badań wszystkie otwory w obudowie budynku tj. okna, drzwi, otwory przewodów kominowych powinny być zamknięte lub zaślepienie. Metoda ta daje możliwość weryfikacji założeń projektowych oraz poprawę błędów przed rozpoczęciem użytkowania obiektu. **Zdecydowanie częściej wykorzystywana jest metoda B.**

Pomiary można wykonywać jednocześnie dwoma metodami, traktując pomiar wg metody B jako roboczy/wstępny, zaś po rozpoczęciu użytkowania budynku metodą A.

Zestaw pomiarowy stanowią: wysokowydajny wentylator osiowy o zmiennej prędkości obrotowej zamontowany na stelażu z osłoną tworzywową, tzw. Blower Door – drzwi nawiewne; elementy pomiarowe i sterujące (pomiar różnicy ciśnień, strumienia przepływającego powietrza). Dodatkowo mierzone są temperatury i ciśnienie. Wentylator wyposażony jest w kryzy pomiarowe wyrównujące ciśnienie.

#### Etapy testu

Badania składają się następujących etapów:

**- zaplanowanie badań** – szczególnie istotne dla obiektów o większej i skomplikowanej kubaturze. Podczas tego etapu poznaje się geometrię obiektu, strukturę funkcjonalną pomieszczeń, elementy systemu wentylacyjnego, planuje miejsca montażu wentylatora (w przypadku większej ich liczby zabez-

piecza się podłączenie energetyczne).

**- przygotowanie budynku** – poprzez zabezpieczenie otworów, które w normalnych warunkach wykorzystywane są do wentylacji i komunikacji. Przepływ powietrza podczas testu musi odbywać się jedynie przez nieszczelności.

**- wykonanie badań.** Etap ten jest najistotniejszy z punktu widzenia „określenia liczby wymian”. Jest on stosunkowo krótki (w porównaniu do etapu przygotowawczego). Aby przeprowadzić badania, muszą być spełnione odpowiednie warunki środowiskowe m.in. brak porywistego wiatru (zgodnie z normą różnica ciśnień między wnętrzem i na zewnątrz nie może przekraczać 5 Pa, prędkość na zewnątrz powinna być mniejsza niż 6 m/s, jednocześnie iloczyn wysokości budynku i różnicy temperatury wewnątrz i na zewnątrz nie może przekraczać 500 m · K).

Celem przeprowadzenia badań należy prawidłowo zainstalować zestaw pomiarowy. Najczęściej wentylator montowany jest w futrynie drzwi wejściowych (akceptowany jest również otwór okienny np. przy badaniu szczelności mieszkania). Pierwszym etapem jest zainstalowanie rusztowania do którego montuje się wentylator. W dalszej kolejności następuje podłączenie elektryczne, sygnałowe, ciśnieniowe oraz zamontowanie kurtyny. Po prawidłowo wykonanym montażu następuje etap kalibracji systemu, po uprzednio wprowadzonych danych środowiskowych (opisanych wcześniej) i geometrycznych (kubatura wentylacyjna, pole powierzchni podłogi, pole powierzchni przegród po obrysie wewnętrznym). Pomiary wstępne warto wykonywać przy możliwie najwyższym ciśnieniu, sprawdzając zachowanie się elementów zaślepiających otwory technologiczne. Podczas pomiaru w budynku mieszkalnym drzwi wewnętrzne powinny być otwarte, należy wyłączyć kotły z otwartą komorą spalania, wyłączyć instalacje mechaniczne.

W trakcie testów rejestruje się przepływy powietrza odpowiadające poszczególnym poziomom ciśnienia. Wykonuje się pomiary minimalnie w 5 punk-

tach z zakresu 10-100 Pa. Większą dokładność pomiaru uzyskać można przy wyższej różnicy ciśnień. Pomiary wykonywane są wielokrotnie, zaś precyzyjne oprogramowanie wylicza uśrednione wartości współczynnika szczelności np. n50 – współczynnik krotności wymian. Norma dopuszcza wykonanie badania w nadciśnieniu lub podciśnieniu. Celem zwiększenia dokładności można wykonać badania w obydwu przypadkach, przyjmując średnią wartość do obliczeń. Wybór ciśnienia pracy może być uzależniony m.in. od sposobu uszczelnienia otworów technologicznych.

### Wyniki badania dla budynków małych i o dużych kubaturach

**W małych budynkach.** Wynik badania – w postaci liczby wymian [1/h] – jest określany np. jako tzw. n50 (dla różnicy ciśnień 50 Pa). Różnica ciśnień odpowiada naporowi wiatru na budynek w warunkach naturalnych z prędkością paru m/s.

Zgodnie z obecnymi wymogami parametr budynków z wentylacją grawitacyjną nie powinien przekraczać 3, dla obiektów wyposażonych w wentylację mechaniczną 1,5, budynków pasywnych zaś 0,6. Oznacza on liczbę wymian (kubatur), jakie są wymieniane przy różnicy ciśnień 50 Pa – jako wymiana nie zorganizowana.

#### W przypadku obiektów o dużych kubaturach

Wskaźnik n50 jest niereprezentatywny (łatwy do osiągnięcia). Z tego względu posługujemy się tu wskaźnikiem przepuszczalności powietrznej q50 [m/h]. Określa on całkowity strumień przecieków do pola powierzchni wszystkich przegród zewnętrznych. Nie powinien on przekraczać 5 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> (dla różnicy ciśnień 50 Pa).

Niekiedy wykorzystuje się również parametr w50 [m/h]. Określa on strumień przecieku powietrza (dla różnicy ciśnień 50 Pa) w odniesieniu do powierzchni podłogi.

W krajowych przepisach nie ma wymagań dla parametrów innych niż n50.

Pomiary charakteryzują się dużą dokładnością, a błąd uzyskiwany podczas pomiaru nie powinien przekraczać 3-4%. Zaletą badań jest możliwość ich prowadzenia praktycznie w ciągu całego roku.

#### **Znalezienie nieszczelności w osłonach zewnętrznych budynku.**

Jest to etap niejako dodatkowy. Pomiar wykonywany jest zwyczajowo, stosując wytwornice dymu. Ruch powietrza – dymu wskazuje na nieszczelności. Innymi metodami detekcji może być wsparcie się termografią – na obrazie termograficznym doskonale widać pole o innej temperaturze, które można wiązać z ruchem powietrza (brak tego pola dla układu budynków – otoczenie bez różnicy ciśnień). Jeszcze inną metodą jest wykorzystanie czułych anemometrów termicznych, które są w stanie wykryć przepływy powietrza na poziomie 0,03 m/s.

**Test szczelności kończony jest wystawieniem protokołu z badań, z ewentualnym raportem obrazującym lokalizację nieszczelności.**

#### **Podsumowanie**

Badania mogą towarzyszyć prowadzonej modernizacji budynku. W takim przypadku prowadzi się proces uszczelniania, ale to już materiał na kolejny artykuł. Badania szczelności dostarczają pewnego i stosunkowo prostego narzędzia do weryfikacji jakości wykonania obiektu (spełnienie wymogów prawnych, założeń projektowych). Pozwalają lokalizować przecieki, aby je później eliminować. Sprawdzają się szczególnie przed nabyciem budynku celem oceny jego stanu, lub podczas kontroli jakości prowadzonych prac budowlanych/remontowych. ■