

**DODATEK
SPECJALNY**

**BUDOWNICTWO
JEDNORODZINNE**

WRZESIEŃ 2022

Dodatek specjalny

BUDOWNICTWO JEDNORODZINNE

42 Druga edycja Dni Otwartych
Inżyniera Budownictwa

44 Na co zwracać uwagę
przy wyborze okien i drzwi

50 Wentylacja z rekuperacją
w domach jednorodzinnych

56 Automatyka w kontekście
zrównoważonego budownictwa



**DZIEŃ OTWARTY
INŻYNIERA
BUDOWNICTWA**

ORGANIZATOR



PATRONAT HONOROWY



Ministerstwo
Rozwoju i Technologii



PATRONAT MEDIALNY

DZIENNIK
GAZETA PRAWNA

Inżynier
budownictwa



Członkowie PIIB zapraszają na drugą edycję Dni Otwartych Inżyniera Budownictwa

Od września do listopada w różnych regionach kraju ponownie zostaną zorganizowane bezpłatne konsultacje dla wszystkich Polaków.

Ubiegłoroczna akcja udzielania bezpłatnych porad pokazała, że Polacy potrzebują wsparcia z zakresu prawa budowlanego oraz procedur związanych z budową lub remontem domu. W punktach konsultacyjnych wielu inwestorów pytało również o nowoczesne materiały i technologie. W związku z tym Krajowa Rada PIIB podjęła decyzję o powtórnym zorganizowaniu Dni Otwartych. Tym razem punkty konsultacyjne otwarte będą w różnych terminach – wybranych przez przewodniczących okręgowych izb – od początku września do końca listopada. Ustalając daty, brano pod uwagę lokalne wydarzenia (np. targi, festyny), gdzie jest szersze grono odbiorców.

Dokładny harmonogram spotkań w poszczególnych województwach i adresy punktów, w których eksperci będą udzielać fachowych porad, są dostępne na stronie www.dzieninzyniera.pl. W całym kraju przygotowanych zostało ponad 50 bezpłatnych punktów konsultacyjnych. Koordynatorem ogólnopolskiej akcji jest jeden z jej pomysłodawców – Radosław Sekunda, rzeczoznawca budowlany, członek Krajowej Rady PIIB (reprezentujący Mazowiecką OIIB).

Joanna Karwat

Podczas spotkań indywidualni inwestorzy, którzy planują zakup działki, budowę domu lub remont mieszkania, właściciele nieruchomości oraz przedstawiciele wspólnot mieszkaniowych będą mieli okazję porozmawiać z inżynierami budownictwa. Zakup ziemi, procedury prawne związane z budową domu, wybór kierownika budowy, materiałów i technologii to niektóre z kwestii, w których będą doradzać inżynierowie.

– Średni czas trwania budowy domu jednorodzinnego wynosi ok. 48 miesięcy. By zrealizować tego typu inwestycję, trzeba załatwić liczne formalności i podjąć wiele decyzji, które z pewnością będą miały wpływ na kolejne dziesiętki lat życia w tym budynku, czyli jego eksploatację. Zdrowie, bezpieczeństwo i komfort mieszkańców domu zależą zatem od ich wyborów na tym początkowym etapie, ale również od regularnych, wykonywanych przez fachowców kontroli stanu obiektu i jego instalacji – podkreśla Radosław Sekunda.

Organizując tego typu wydarzenie, inżynierowie budownictwa chcą nie tylko ułatwić Polakom podjęcie kluczowych

podczas takich inwestycji decyzji, ale także pomóc im uniknąć błędów. Lepiej skorzystać z fachowej pomocy podczas indywidualnego spotkania, niż przeszukiwać na przykład fora internetowe, nie mając pewności, czy zamieszczona tam porada została przygotowana przez eksperta. ■



Mariusz Dobrzeński,
prezes Polskiej Izby
Inżynierów
Budownictwa

To już kolejny raz, kiedy wychodzimy do społeczeństwa, ponieważ wiemy, że dla wielu osób procedury prawne związane z budową własnego domu, wybór odpowiednich materiałów i rozwiązań technologicznych lub oszacowanie kosztów remontu wieloletniego budynku stanowią w tej chwili duże wyzwanie. W obliczu rosnących cen materiałów i energii doprowadzenie inwestycji do końca jest jeszcze trudniejsze. A my jesteśmy od tego, aby doradzić. Wiemy, jak budować solidnie, bezpiecznie i na długie lata. Doradzimy też, jak zmodyfikować i dostosować rozpoczęte już prace budowlane do obecnej sytuacji na rynku.

onet premium

Wiarygodne tytuły w jednym pakiecie i Onet bez reklam*



Skorzystaj z promocji
na start i kup dostęp za
19,90 zł miesięcznie

Dowiedz się więcej na
www.premium.onet.pl

Onet bez reklam

Czytasz, słuchasz i oglądasz materiały na Onecie bez reklam*

Wydania PDF dzienników, tygodników i magazynów

Dostępne w serwisach, aplikacjach magazynów oraz aplikacji Onet na iOS

Ekskluzywne materiały Onetu

Dodatkowe materiały przygotowane przez dziennikarzy Onetu specjalnie na potrzeby pakietu Onet Premium

Onet z treściami premium

Materiały od kilkunastu polskich i zagranicznych wydawców

Newsweek Learning English

Opiniotwórczy magazyn do nauki języka angielskiego

Aplikacja Onet Audio

Ponad 50 podcastów, artykuły i popularne programy Onetu w wersji audio

Poczta Onet Plus

Poczta bez reklam i mailingów, jako jednorazowy benefit dla planu rocznego (na 12 miesięcy)



*Brak reklam dotyczy reklam banerowych, z wyłączeniem autopromocji oraz reklam określonych serwisów. Szczegóły ograniczenia liczby wyświetlanych reklam na stronie www.premium.onet.pl.

Na co zwracać uwagę przy wyborze okien i drzwi

Okna i drzwi zewnętrzne wpływają na odbiór estetyczny elewacji, w dużym stopniu odpowiadają za właściwości energetyczne budynku, chronią jego użytkowników przed intruzami, a także decydują o komforcie i bezpieczeństwie użytkowania czy warunkach higienicznych w pomieszczeniu. Dlatego przy wyborze okien lub drzwi do budynku jednorodzinnego oprócz estetyki i ceny wyrobów należy zwrócić szczególną uwagę na deklarowane właściwości techniczne stolarki.

Większości przypadków okna i drzwi zewnętrzne objęte są normą zharmonizowaną PN-EN 14351-1+A2:2016-10 [1]. Pozwala ona na wszechstronną ocenę techniczną okien i drzwi, m.in. pod kątem:

- odporności na obciążenie wiatrem,
- odporności na obciążenie śniegiem (badanie dotyczy okien połaciowych),
- reakcji na ogień,
- właściwości dotyczących oddziaływania ognia zewnętrznego,
- wodoszczelności,
- zawartości substancji niebezpiecznych,
- odporności na uderzenie,
- nośności urządzeń zabezpieczających,
- właściwości akustycznych,
- przenikalności cieplnej,
- właściwości związanych z promieniowaniem,



dr inż. Ołeksij Kopyłow
Instytut Techniki Budowlanej

- przepuszczalności powietrza,
- sił operacyjnych,
- wytrzymałości,
- wentylacji,
- kuloodporności,
- odporności na wybuch,
- mechanicznej odporności na wielokrotne otwieranie i zamykanie,
- zachowania się między różnymi klimatami,
- odporności na włamanie,
- wysokości i szerokości,
- zdolności do zwolnienia.

Należy zaznaczyć, że nie wszystkie z wymienionych badań należą do grupy

obligatoryjnych, dlatego producenci często ograniczają ocenę właściwości użytkowych stolarki do tzw. badań typu – są to badania obligatoryjne, a ich zakres uzależniony jest od typu wyrobu (okno, okno dachowe, drzwi) oraz systemu oceny zgodności i wynika z postanowień normy [1]. Dokładny zakres badań typu przedstawiono w normie [1] w tabelach ZA.3a i ZA.3b. Określone na podstawie [1] oraz norm związanych właściwości techniczno-użytkowe okien i drzwi powinny być przedstawione w deklaracji właściwości użytkowych wyrobu.

Konkurencja na rynku stolarki okienno-drzwiowej coraz częściej zmusza producentów do potwierdzenia większej ilości cech techniczno-użytkowych, niż wynika to z tabel ZA.3a i ZA.3b normy [1]. Jednak w opinii autora **projektanci, wykonawcy oraz inwestorzy nie zawsze zwracają**

uwagę na cechy w deklaracjach właściwości użytkowych, niekiedy też nie rozumieją, co oznacza ta czy inna deklarowana klasa właściwości. Prowadzi to do nieadekwatnych wyborów, co wiąże się z istotnymi niedogodnościami podczas użytkowania stolarki lub poniesieniem nieuzasadnionych kosztów jej zakupu (kiedy jej właściwości techniczno-użytkowe są zawyżone w stosunku do realnych potrzeb).

Celem artykułu jest przedstawienie wybranych właściwości techniczno-użytkowych stolarki otworowej (drzwi wejściowych, okien i drzwi balkonowych, okien połaciowych) istotnych z punktu widzenia doboru tego typu wyrobów w budownictwie jednorodzinnym. Wyjaśnienia dotyczące metod badawczych stosowanych podczas oceny technicznej stolarki pozwolą na właściwy wybór omawianych produktów.

PRZEPUSZCZALNOŚĆ POWIETRZA

Szacuje się, że niewłaściwie dobrane okna i drzwi mogą być odpowiedzialne za 10–20% strat ciepła w budynku. Jedną z kluczowych właściwości stolarki okiennodrzwiowej związanych z ucieczką ciepła oraz wpływających na komfort użytkownika jest przepuszczalność powietrza. Cecha ta jest określana badawczo według normy PN-EN 1026:2016-04 [2]. Klasyfikacja stolarki pod względem przepuszczalności powietrza przedstawiona została w normie PN-EN 12207:2001 [3]. Przewidziano tu cztery klasy przepuszczalności powietrza: wyroby o największej szczelności oznaczane są klasą 4, wyroby charakteryzujące się minimalną szczelnością – klasą 1.

Przed podjęciem decyzji o zakupie okien i drzwi konieczne jest sprawdzenie w deklaracji właściwości użytkowych przepuszczalności powietrza. W przypadku okien i drzwi balkonowych minimalnie wymagana klasa przepuszczalności powietrza określona została w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [4] (dalej: warunki techniczne) w pkt.

2.3.2 Załącznika nr 2: „**W budynkach niskich, średniowysokich i wysokich przepuszczalność powietrza dla okien i drzwi balkonowych przy ciśnieniu równym 100 Pa wynosi nie więcej niż 2,25 m³/(m·h) w odniesieniu do długości linii stykowej lub 9 m³/(m²·h) w odniesieniu do pola powierzchni, co odpowiada klasie 3 Polskiej Normy dotyczącej przepuszczalności powietrza okien i drzwi**”. W przypadku drzwi wejściowych warunki techniczne [4] nie określają minimalnej klasy przepuszczalności powietrza. W opinii autora w przypadku występowania pomiędzy pomieszczeniem przeznaczonym na stały pobyt ludzi a środowiskiem zewnętrznym przedścisków (wiatrołapów) po drzwiach wejściowych klasa przepuszczalności powietrza drzwi wejściowych powinna być nie mniejsza niż 2. W przypadku występowania tuż za drzwiami wejściowymi pomieszczeń przeznaczonych na stały pobyt ludzi (brak wiatrołapu) autor zaleca, żeby klasa przepuszczalności powietrza była nie niższa niż 3.

Okna i drzwi o niskiej klasie przepuszczalności powietrza mogą być przyczyną niespełnienia warunku szczelności budynku, o którym mowa w pkt. 2.3.3 Załącznika nr 2 do warunków technicznych [4]: „Zalecana szczelność powietrza budynków wynosi:

- 1) w budynkach z wentylacją grawitacyjną lub wentylacją hybrydową – $n_{50} < 3,0$ 1/h;
- 2) w budynkach z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją – $n_{50} < 1,5$ 1/h”.

Przepuszczalność powietrza należy do grupy badań typu opisanych w normie [1] i powinna być zawsze określona dla okien, okien połaciowych i drzwi.

WODOSZCZELNOŚĆ

Z punktu widzenia warunków higienicznych panujących w budynku bardzo istotną właściwością jest wodoszczelność okien i drzwi zewnętrznych. Cecha ta jest określana według normy PN-EN 1027:2016-04 [5]. Badanie odwzorowuje oddziaływanie na stolarkę dwóch żywio-

łów: wody i wiatru. Można je przeprowadzić według dwóch metod:

- metoda A jest stosowana w odniesieniu do wyrobów nieosłoniętych,
- metoda B przywodzi, że wyrób po wbudowaniu będzie osłonięty (np. daszek nad drzwiami zewnętrznymi).

Norma PN-EN 12208:2001 [6] przewiduje 11 klas wodoszczelności dla okien i drzwi przebadanych według metody A: klasy 0, 1A–9A, specjalną klasę Exxx oraz 8 klas dla metody B: klasy 0, 1B–7B. Najniższa jest klasa 0. Wyższa klasa oznacza, że badania przeprowadzono przy wyższym ciśnieniu powietrza (klasy 2 niezależnie od metody odpowiada 50 Pa, klasy 7 – 300 Pa, klasy 9A – 600 Pa, klasy Exx odpowiada ciśnienie powyżej 600 Pa zastosowane podczas badań) i dłuższym natrysku wody (dla klasy 1 czas natrysku wody wynosi 15 min, każda następna klasa wymaga dłuższego o 5 min zraszania od klasy niższej). W miejscu „xx” wpisywana jest wartość ciśnienia (powyżej 600 Pa), przy której badano wodoszczelność wyrobu.

Obowiązujące rozporządzenia nie precyzują minimalnej klasy wodoszczelności okien lub drzwi wejściowych.

Wodoszczelność należy do grupy badań obligatoryjnych – badań typu, o których mowa w normie [1]. Badaniu poddawane są okna, drzwi oraz okna połaciowe.

Dokonując doboru okien lub drzwi zewnętrznych, należy ustalić poziom obciążenia wiatrem w lokalizacji budynku: im wyższe ciśnienia wiatru mogą występować, tym klasa wodoszczelności powinna być wyższa. Dodatkowo trzeba uwzględnić sposób osadzenia okien czy drzwi: w przypadku gdy przewidywane jest osadzenie stolarki w lico z zewnętrzną płaszczyzną ściany, należy dobrać stolarkę przebadaną w zakresie wodoszczelności według metody A (klasa wodoszczelności będzie zawierała literę A lub E). W sytuacji kiedy okno lub drzwi będą cofnięte do wewnątrz ściany oraz osłonięte (np. daszkiem), warto rozważyć dobór stolarki przebadanej według metody B (klasa wodoszczelności będzie zawierała literę B).

W opinii autora z punktu widzenia komfortu użytkowania stolarka okienno-drzwiowa w budynkach jednorodzinnych powinna zachowywać szczelność przy zraszaniu wodą w ilości 120 l na godzinę na m² przy różnicy ciśnień nie mniejszej niż:

- 100 Pa – w przypadku drzwi zewnętrznych,
- 150 Pa – w przypadku okien i drzwi balkonowych.

Jeżeli przewidywany poziom różnicy ciśnienia powietrza w miejscu budowy będzie wyższy, to i klasa wodoszczelności ma również być wyższa.

W przypadku drzwi bezprogowych (z progiem opadającym) z wejściem do budynku z poziomu chodnika (rozwiązanie to jest charakterystyczne dla obiektów z funkcją usługową w parterze), bez krótkich przyjmujących wodę opadową przed dolną krawędzią drzwi, w opinii autora bezpieczny będzie wybór drzwi o klasie wodoszczelności nie mniejszej niż 6A.

Szczególne uwagę należy zwrócić na dobór drzwi balkonowych. Jeżeli występują one w postaci portfenetrów i nie są osłonięte, powinny być zbadane i sklasyfikowane według metody A.

ODPORNOŚĆ NA OBCIĄŻENIE WIATREM

Z punktu widzenia bezpieczeństwa użytkowania bardzo istotna jest odporność na obciążenie wiatrem, określana według normy PN-EN 12211:2016-04 [7]. Właściwość ta jest oznaczana w ramach badań typu dla okien i drzwi zewnętrznych (w przypadku okien połaciowych odporność na obciążenie wiatrem może być określona bezpośrednio przez producenta wyrobu).

Ważne jest zrozumienie klasyfikacji stolarki okienno-drzwiowej przedstawionej w normie PN-EN 12210:2016-05 [8]. Ustanowiono mianowicie 6 klas odporności na działanie wiatru: od 1 do 6 i klasę Exx. Wyższej klasie odpowiada wyższe ciśnienie wiatru: podstawowe obciążenie dla klasy 1 wynosi 400 Pa, dla klasy 5

– 2000 Pa. Stolarka okienno-drzwiowa wytrzymująca obciążenia większe niż 2000 Pa znakowana jest literą E i wartością ciśnienia (np. E2500 oznacza odporność na oddziaływanie podstawowego ciśnienia wiatru na poziomie 2500 Pa). Przed cyfrą oznaczającą klasę odporności na działanie wiatru występują litery A, B lub C. Są one związane z podstawowym kryterium oceny odporności na działanie wiatru stolarki okiennej – maksymalnymi ugięciami, które nie mogą przekraczać następujących wartości:

- A – względne ugięcie czołowe $\leq 1/150$ (z obserwacji autora wynika, że wyroby charakteryzujące się tak dużym ugięciem bardzo rzadko występują w budynkach mieszkalnych – znacznie częściej spotykane są w budynkach inwentarskich i technicznych o niskich wymaganiach dotyczących szeroko rozumianego komfortu użytkowania),
- B – względne ugięcie czołowe $\leq 1/200$,
- C – względne ugięcie czołowe $\leq 1/300$.

Po zdjęciu obciążenia wiatrem okna i drzwi powinny zachować swoją funkcjonalność, wodoszczelność oraz poziom przepuszczalności powietrza.

Dodatkowo okna i drzwi powinny bezawaryjnie wytrzymać 50 cyklicznie powtarzających się obciążeń wiatrem o wartości 0,5 P (P – wartość obciążenia podstawowego) i uderzenia wiatrem o wartości 1,5 P.

W krajowych przepisach nie określono dopuszczalnych ugięć czołowych okien i drzwi pod obciążeniem wiatrem. Dobierając okna i drzwi, należy uwzględnić poziom obciążenia wiatrem wynikający z Polskich Norm. Obciążenie wiatrem nie może być większe od ciśnienia odpowiadającego deklarowanej klasie odporności na działanie wiatru.

NOŚNOŚĆ URZĄDZEŃ ZABEZPIECZAJĄCYCH

W przypadku okien i drzwi balkonowych uchylonych (drzwi wejściowe o takiej funkcji są rzadko spotykane na rynku krajowym) z punktu widzenia bezpieczeństwa użytkowania bardzo istotne jest potwierdzenie nośności urządzeń za-

bezpieczających – elementów pozwalających skrzydłom na pozostanie w stanie uchylonym. **Skrzydło drzwiowe lub okienne powinno utrzymać się na swoim miejscu przez minutę pod obciążeniem 350 N.** Cecha ta jest sprawdzana według normy PN-EN 14609:2006 [9] lub PN-EN 948:2000 [10]. Badanie należy do grupy obligatoryjnych – jest przypisane do badań typu [1].

ODPORNOŚĆ NA OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM I REAKCJA NA OGIEŃ

W przypadku okien połaciowych z punktu widzenia bezpieczeństwa użytkowania konieczne jest ustalenie ich odporności na obciążenie śniegiem (badanie może wykonać sam producent). **Wynik badania (przedstawiony w deklaracji w kN/m²) powinien być większy od możliwego obciążenia śniegiem dachu.** Szczególną uwagę należy zwracać na okna połaciowe, w pobliżu których może dochodzić do występowania worków śniegowych. Cecha ta może być określona obliczeniowo. Norma [1] nie precyzuje dokładnie sposobu wykonania obliczenia.

Norma [1] przewiduje, że okna połaciowe powinny być sklasyfikowane w zakresie reakcji na ogień według PN-EN 13501-1:2019-02 [11]. W normie [1] zapisano 7 klas reakcji na ogień: A1, A2, B, C, D, E i F.

PRZENIKALNOŚĆ CIEPŁNA

Z punktu widzenia zapewnienia odpowiedniego poziomu właściwości term izolacyjnych budynku zewnętrzna stolarka okienna powinna mieć określoną przenikalność cieplną. Cechę tę można określić obliczeniowo według norm PN-EN ISO 10077-1:2017-10 [12] i PN-EN ISO 10077-2:2017-10 [13] lub badawczo według PN-EN ISO 12567-1:2010 [14] i PN-EN ISO 12567-2:2006 [15]. Wymóg dotyczący określenia tej właściwości nie wynika wyłącznie z normy [1], lecz zawarty jest również w warunkach technicznych [4], w tabeli 1.2 Załącznika nr 2.

Przy wyborze stolarki okienno-drzwiowej należy się upewnić, czy określona w deklaracji przenikalność cieplna nie przekracza granicznej wartości współczynnika przenikania ciepła $U_{(max)}$ [$W/(m^2 \cdot K)$] określonego w warunkach technicznych [4]. Nieprzekraczalna wartość tego parametru uzależniona jest od temperatury użytkowej wewnątrz pomieszczenia. W pomieszczeniach, w których temperatura powietrza może być niższa niż 8°C, ustawodawca nie przewidział żadnych wymagań dotyczących stolarki w zakresie współczynnika przenikania ciepła.

WŁAŚCIWOŚCI AKUSTYCZNE

W przypadku budynków położonych w rejonach, gdzie występuje hałas (wywołany np. natężonym ruchem samochodowym), należy zwrócić uwagę na parametry akustyczne stolarki. Określane są one według norm PN-EN ISO 10140-3:2021-10 [16] oraz PN-EN ISO 717-1:2021-06 [17]. Właściwości akustyczne podawane są w dB. Im wyższa jest deklarowana wartość, tym lep-

sza będzie ochrona akustyczna wnętrza budynku. Określenie wymagań akustycznych dla stolarki okienno-drzwiowej jest możliwe po dokładnym rozpoznaniu konkretnej sytuacji – parametry izolacyjności akustycznej są zależne od miarodajnego poziomu hałasu panującego na zewnątrz budynku oraz od przeznaczenia znajdujących się w nim pomieszczeń. Przy tym bardzo istotne jest ustalenie rodzaju źródła hałasu panującego w miejscu występowania budynku (np. ruch kolejowy, lotniczy, dyskoteka).

ODPORNOŚĆ NA UDERZENIE

Z punktu widzenia bezpieczeństwa użytkowania bardzo istotną cechą użytkową okien połaciowych jest ich odporność na uderzenie. Właściwość ta jest sprawdzana według normy PN-EN 13049:2004 [18]. Przewidziano w niej 5 klas odporności na uderzenie (wyrażanych za pomocą wysokości spadku udarowego w mm): od 200 do 950. **Im wyższa cyfra występuje w deklaracji, tym większą odporność na uderzenie ma okno.**

SIŁY OPERACYJNE

Codzienne użytkowanie drzwi wejściowych oraz okien balkonowych wiąże się z ich otwieraniem i zamykaniem. **O poziomie siły potrzebnej do otwarcia lub zamknięcia stolarki świadczy cecha „siły operacyjne”. Im większa cyfra znajduje się w deklaracji przy omawianej właściwości, tym większą siłę należy przyłożyć do stolarki w celu jej otwarcia lub zamknięcia.** Parametr ten jest określany według normy PN-EN 12046-1:2021-02 [19] w przypadku okien oraz według PN-EN 12046-2:2001 [20] w przypadku drzwi. Należy zaznaczyć, że cecha ta nie należy do grupy obligatoryjnych.

ODPORNOŚĆ NA WIELOKROTNE OTWIERANIE I ZAMYKANIE

O trwałości mechanicznej okien i drzwi sporo może powiedzieć odporność na wielokrotne otwieranie i zamykanie. Określa ona, ile razy okno lub drzwi można otworzyć i zamknąć bez uszkodzeń mechanicznych



Marcin Szewczuk
ekspert w firmie Aluplast

Czym kierować się podczas wyboru drzwi i okien do domu?

Zarówno projektanci, jak i inwestorzy coraz częściej wybierają duże przeszklenia, stąd udział stolarki i jej znaczenie w bilansie energetycznym budynków są coraz większe. Okna jako elementy elewacji budynku z jednej strony aktywnie wpływają na ograniczenie strat ciepła, a z drugiej pasywnie pozyskują energię potrzebną do ogrzania pomieszczeń. Bardzo trudno jest odpowiedzieć na postawione pytanie w kilku zdaniach, niemniej jednak dobierając okna i drzwi do domu, zwróciłbym uwagę na kilka kwestii w następujących obszarach:

- funkcjonalnym – jak najlepsze dopasowanie stolarki do funkcji pomieszczeń oraz przewidy-

wanego sposobu korzystania z poszczególnych pomieszczeń i okien, co daje pewne pole do optymalizacji funkcjonalnej oraz kosztowej; warto również na etapie projektowym rozważyć kwestię ewentualnych przesłon, które wydają się elementem nieodzownym;

- technicznym – mam tu na myśli poziomy właściwości, które są kluczowe z punktu widzenia użytkowników oraz lokalizacji budynku: m.in. izolacyjności termicznej i akustycznej, odporności na włamanie, przepuszczalności powietrza oraz energii słonecznej, odporności na obciążenie wiatrem;

- wzorniczym – z pewno-ścią mocno zauważalny jest



zwiększający się udział w rynku okien kolorowych i coraz szersza oferta kolorystyczna oraz faktur folii dekoracyjnych, dzięki czemu projektując dom i aranżując wnętrza, nie trzeba już iść na kompromis; poprzez zastosowanie dwóch różnych kolorów ramy okiennej – innego

na zewnątrz i innego wewnątrz budynku okno dopasowuje się zarówno do jego elewacji, jak i do aranżacji wnętrza, a dodatkowo nowe struktury dekoracyjne pozwalają nadać konstrukcjom z PVC atrakcyjny wygląd okien aluminiowych lub drewnianych.

wyrobu. Cyfra zawarta w deklaracji świadczy o ilości bezawaryjnych cykli badań. Im większa liczba cykli, tym trwalsza stolarka.

W przypadku okien używanych bardzo rzadko (np. zamontowanych w piwnicy) wystarczającą ilością cykli będzie 5 tys. Dla wyrobów zastosowanych w innych pomieszczeniach, gdzie ilość otwarć-zamknięć będzie większa, w ocenie autora należy dobrać okna o deklarowanej odporności na poziomie 20 tys. W przypadku doboru drzwi zewnętrznych liczba cykli otwarcia-zamknięcia w kontekście trwałości mechanicznej ma być większa, tzn.:

- 5 tys. w przypadku drzwi używanych sporadycznie,
- 100 tys. w przypadku warunków średnich (drzwi otwierane często),
- do 1 mln, kiedy drzwi są używane ekstremalnie często.

W ocenie autora w odniesieniu do drzwi stosowanych w przeciętnym budynku mieszkalnym jednorodzinny (obiekt bez usług) wystarczającą liczbą cykli potwierdzających trwałość wyrobu będzie 50–100 tys.

Badanie okien jest wykonywane według normy PN-EN 12046-1:2021-02 [21], drzwi – według PN-EN 1191:2013-06 [22].

WYTRZYMAŁOŚĆ MECHANICZNA

O właściwościach mechanicznych drzwi wejściowych świadczy klasa wytrzymałości mechanicznej wyrobu, określana na podstawie normy PN-EN 1192:2001 [23]. Im wyższa klasa (norma [1] przewiduje cztery klasy: 1, 2, 3 i 4), tym większa będzie wytrzymałość drzwi na oddziaływanie obciążenia pionowego, skręcania statycznego, uderzenie ciałem miękkim i ciężkim oraz twardym. **W opinii autora drzwi wejściowe w przeciętnym budynku mieszkalnym jednorodzinny (obiekt bez usług) powinny mieć 3 klasę wytrzymałości mechanicznej.**

ODPORNOŚĆ NA WŁAMANIE

Okna i drzwi zewnętrzne mają kluczowe znaczenie w ochronie mienia – statystyki policyjne dowodzą, że niechciani goście

najczęściej dostają się do budynków mieszkalnych przez stolarkę okienno-drzwiową. Okna i drzwi o deklarowanej odporności na włamanie powinny być sklasyfikowane według normy PN-EN 1627:2021-11 [24]. Przewidziano sześć klas odporności na włamanie: RC1, RC2, RC3, RC4, RC5 i RC6. Im wyższa klasa, tym więcej czasu trzeba poświęcić na pokonanie przegrody. Wyższe klasy odporności na włamanie odpowiadają bardziej specjalistycznym narzędziom włamywacza. **Dobierając stolarkę okienno-drzwiową, należy pamiętać, że im cenniejsze rzeczy znajdują się w domu, tym wyższa powinna być klasa odporności stolarki na włamanie.**

ZACHOWANIE SIĘ MIĘDZY RÓŻNYMI KLIMATAMI

O trwałości stolarki okienno-drzwiowej z materiałów drewnopochodnych można wnioskować na podstawie wyników badań zachowania się między różnymi klimatami według normy PN-EN 13420:2011 [25] (w przypadku okien) oraz PN-EN 1121:2001 [26] w przypadku drzwi. **Jeżeli omawiana cecha jest deklarowana (nie należy ona do grupy obligatoryjnych), przy wyborze okien i drzwi należy sprawdzić, czy klimat, w którym badano stolarkę, jest adekwatny do występującego w rzeczywistości.** Potwierdzenie badawcze omawianej cechy jest bardzo istotne w przypadku stolarki użytkowanej w warunkach podwyższonej wilgotności lub skrajnych klimatów. ■

Literatura

1. PN-EN 14351-1+A2:2016-10 Okna i drzwi – Norma wyrobu, właściwości eksploatacyjne – Część 1: Okna i drzwi zewnętrzne.
2. PN-EN 1026:2016-04 Okna i drzwi – Przepuszczalność powietrza – Metoda badania.
3. PN-EN 12207:2001 Okna i drzwi – Przepuszczalność powietrza – Klasyfikacja.
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2022 r. poz. 1225).

5. PN-EN 1027:2016-04 Okna i drzwi – Wodoszczelność – Metoda badania.
6. PN-EN 12208:2001 Okna i drzwi – Wodoszczelność – Klasyfikacja.
7. PN-EN 12211:2016-04 Okna i drzwi – Odporność na obciążenie wiatrem – Metoda badania.
8. PN-EN 12210:2016-05 Okna i drzwi – Odporność na obciążenie wiatrem – Klasyfikacja.
9. PN-EN 14609:2006 Okna – Oznaczanie odporności na skręcanie statyczne.
10. PN-EN 948:2000 Drzwi rozwierane – Oznaczanie wytrzymałości na skręcanie statyczne.
11. PN-EN 13501-1:2019-02 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków – Część 1: Klasyfikacja na podstawie badań reakcji na ogień.
12. PN-EN ISO 10077-1:2017-10 Ciepłotechniczne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji – Obliczanie współczynnika przenikania ciepła – Część 1: Postanowienia ogólne.
13. PN-EN ISO 10077-2:2017-10 Ciepłotechniczne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji – Obliczanie współczynnika przenikania ciepła – Część 2: Metoda komputerowa dla ram.
14. PN-EN ISO 12567-1:2010 Ciepłotechniczne właściwości użytkowe okien i drzwi – Określanie współczynnika przenikania ciepła metodą skrzynki grzejnej – Część 1: Kompletnie okna i drzwi.
15. PN-EN ISO 12567-2:2006 Ciepłotechniczne właściwości użytkowe okien i drzwi – Określanie współczynnika przenikania ciepła metodą skrzynki grzejnej – Część 2: Okna dachowe i inne okna wystające z płaszczyzny.
16. PN-EN ISO 10140-3:2021-10 Akustyka – Pomiar laboratoryjny izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Część 3: Pomiar izolacyjności od dźwięków uderzeniowych.
17. PN-EN ISO 717-1:2021-06 Akustyka – Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności akustycznej elementów budowlanych – Część 1: Izolacyjność od dźwięków powietrznych.
18. PN-EN 13049:2004 Okna – Uderzenie ciałem miękkim i ciężkim – Metoda badania, wymagania dotyczące bezpieczeństwa i klasyfikacja.
19. PN-EN 12046-1:2021-02 Siły operacyjne – Metoda badania – Część 1: Okna.
20. PN-EN 12046-2:2001 Siły operacyjne – Metoda badania – Część 2: Drzwi.
21. PN-EN 12046-1:2021-02 Siły operacyjne – Metoda badania – Część 1: Okna.
22. PN-EN 1191:2013-06 Okna i drzwi – Odporność na wielokrotne otwieranie i zamykanie – Metoda badania.
23. PN-EN 1192:2001 Drzwi – Klasyfikacja wymagań wytrzymałościowych.
24. PN-EN 1627:2021-11 Drzwi, okna, ściany osłowne, kraty i żaluzje – Odporność na włamanie – Wymagania i klasyfikacja.
25. PN-EN 13420:2011 Okna – Zachowanie się pomiędzy różnymi klimatami – Metoda badania.
26. PN-EN 1121:2001 Drzwi – Zachowanie się pomiędzy dwoma różnymi klimatami – Metoda badania.

WYSOKA SZCZELNOŚĆ

KOMFORTOWA OBSŁUGA


aluplast®
Kunststoff-Fenstersysteme



SMART-SLIDE

Drzwi przesuwne smart-slide to nowa generacja przesuwanych drzwi tarasowych, które cechują przede wszystkim doskonałe właściwości techniczne oraz komfort ich obsługi. To innowacyjne rozwiązanie, które może być atrakcyjną alternatywą dla drzwi tarasowych typu PSK/PATIO.

 **TWORZYM RAMY**
NOWYCH STANDARDÓW KOMFORTU

www.aluplast.com.pl

Wentylacja z rekuperacją w domach jednorodzinnych

Domy jednorodzinne, zgodnie z polskimi przepisami, z powodów higienicznych powinny być wyposażone w wentylację. Tradycyjnie jest to wentylacja grawitacyjna, której działanie jest silnie zależne od warunków atmosferycznych i wymaga dużych nakładów energetycznych na ogrzanie nawiewanego powietrza zewnętrznego.

dr hab. inż. Barbara Lipska

Politechnika Śląska

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji i Techniki Odpylania

W budynkach jednorodzinnych oprócz strat lub zysków ciepła przez przegrody zewnętrzne i od źródeł zewnętrznych występują wewnętrzne zyski ciepła, wilgoci i zanieczyszczeń gazowych, pochodzące np. od ludzi oraz powstające w kuchni, łazience lub w.c. w trakcie ich normalnej eksploatacji. Nadmierna ilość wilgoci w pomieszczeniach sprzyja rozwojowi bakterii, grzybów i pleśni oraz powoduje powstawanie nieprzyjemnych zapachów. Gromadzące się dwutlenek węgla i inne zanieczyszczenia pogarszają jakość powietrza wewnętrznego, a zatem i samopoczucie mieszkańców. Z tych właśnie powodów obiekty te powinny być wentylowane, tzn. musi być do nich doprowadzony i odprowadzony pewien strumień objętości powietrza zewnętrznego.

PRZEPISY DOTYCZĄCE DZIAŁANIA WENTYLACJI A ZALECENIA PRAKTYCZNE

Polska Norma [1] obowiązuje projektantów do zapewnienia wentylacji w budynkach mieszkalnych. Służy ona przede wszystkim do usuwania wilgoci i zanieczyszczeń gazowych, dlatego też nosi nazwę wentylacji higienicznej lub bytowej. Jej zadaniem nie jest ogrzewanie pomieszczeń w zimie czy ich klimatyzowanie w lecie, dlatego nie należy jej mylić z ogrzewaniem powietrznym lub kli-

matyzacją powietrzną budynku. Musi ona natomiast współpracować w okresie zimowym z dowolnym systemem ogrzewania budynku, a w okresie letnim z ewentualną klimatyzacją, służącą do chłodzenia powietrza wewnętrznego, np. urządzeniami klimatyzacji powietrzno-wodnej (klimakonwektory, belki chłodzące) [2, 3] lub powietrzno-freonowej (split, multisplit) [2].

Strumienie objętości odprowadzonego powietrza powinny wynosić co najmniej [1]:

- z kuchni – w zależności od wyposażenia od 50 do 70 m³/h, z możliwością okresowego zwiększenia do 120 m³/h;
- z łazienki (z w.c. lub bez) – 50 m³/h;
- z wydzielonego w.c. – 30 m³/h;
- z pomocniczego pomieszczenia bezokiennego – 15 m³/h;
- z pokoju mieszkalnego oddzielonego od kuchni, łazienki i w.c. więcej niż dwójgciem drzwi lub pokoju znajdującego się na wyższym poziomie domu jednorodzinnego – 30 m³/h.

Powietrze doprowadza się do pokoi oraz kuchni z oknem zewnętrznym. Zgodnie z rozporządzeniem [4] strumień powietrza zewnętrznego doprowadzanego do pomieszczeń mieszkalnych powinien odpowiadać wymaganiom normy [1] i być równy wartości strumienia objętości po-

wietrza odprowadzanego, musi jednak być nie mniejszy niż 20 m³/h na osobę przewidywaną na pobyt stały. Sumaryczny strumień objętości powietrza wentylacyjnego dla typowego domu jednorodzinnego wynosi zatem od 200 do 250 m³/h.

Z praktyki eksploatacji domów jednorodzinnych wynika jednak, że w okresie zimowym jest wskazane ograniczenie strumienia objętości powietrza wentylacyjnego, zwłaszcza nocą, przy niskiej temperaturze powietrza zewnętrznego. Nawiewane powietrze zewnętrzne ma wtedy bardzo małą zawartość wilgoci, co po podgrzaniu do temperatury wymaganej w pomieszczeniu przekłada się na obniżenie wilgotności względnej powietrza wewnętrznego nawet do około 10%. Im większy strumień nawiewanego powietrza, tym większy strumień masy wody jest potrzebny do dowieżenia tego powietrza do zalecanej minimalnej wilgotności względnej, czyli około 30%. Z kolei w lecie jest wskazana intensywniejsza wentylacja, z tą jednak uwagą, że doprowadzenie w upalne dni powietrza zewnętrznego wiąże się ze wzrostem temperatury wewnątrz budynku. Dlatego też pożądane jest wtedy zmniejszenie strumienia objętości powietrza nawiewanego i intensyfikacja wentylacji w chłodniejszym okresie nocnym.

TRADYCYJNE ROZWIĄZANIA WENTYLACJI I MOŻLIWOŚCI ICH MODERNIZACJI

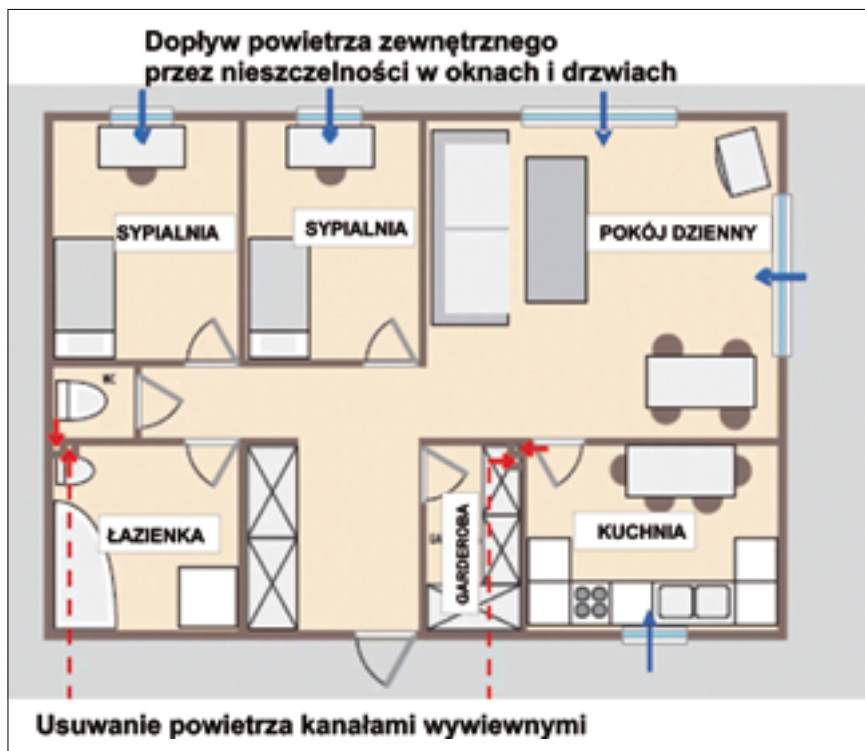
Tradycyjnym rozwiązaniem wentylacji higienicznej w domach jednorodzinnych jest tzw. wentylacja grawitacyjna, będąca

odmianą wentylacji naturalnej. Usuwanie powietrza zachodzi przez nasienne kratki wywiewne, lokalizowane w pomieszczeniach, w których wydzielają się wilgoć i zanieczyszczenia (rys. 1). Podłączone są one do kanałów wentylacyjnych wyprowadzonych nad dach budynku (każda kratka do oddzielnego kanału). W kanale tym w wyniku różnicy temperatury powietrza wewnątrz i zewnątrz budynku oraz działania wiatru wytwarza się ciąg kominowy. Powoduje to zasysanie powietrza z pomieszczenia, w którym wytwarza się podciśnienie. Wywołuje ono z kolei dopływ powietrza z zewnątrz, przez nieszczelności w oknach, drzwiach lub specjalnie do tego celu przewidziane nawiewniki okienne w przypadku szczelnych okien, do wszystkich pomieszczeń, w których te otwory się znajdują. Powietrze do pomieszczeń bezokiennych z kratkami wywiewnymi dopływa natomiast przez kratki kontaktowe w drzwiach lub szczeliny pod skrzydłami drzwiowymi.

Przy takim rozwiązaniu w okresie zimowym dopływające powietrze zewnętrzne jest zimne i ciepło, które musi być dostarczone na jego ogrzewanie, stanowi istotną część zapotrzebowania na ciepło dla budynku. Działanie takiej wentylacji jest silnie uzależnione od warunków atmosferycznych: temperatury powietrza i prędkości wiatru. W okresie letnim jest wyraźnie osłabione lub nawet zachodzi odwrócenie kierunku przepływu powietrza, tzw. cofka. Utrudniona jest też regulacja strumienia objętości nawiewanego i wywiewanego powietrza. Są to podstawowe wady tego rozwiązania.

W istniejących domach można przeprowadzić modernizację powodującą poprawę działania wentylacji grawitacyjnej:

- w celu zwiększenia i regulacji ciągu kominowego okresowo stosuje się mechaniczne wspomaganie przepływu przez niskoenergetyczne hybrydowe nasady wentylatorowe [6] lub tzw. turbowenty (rys. 2, szczegół A), za instalowane na wylocie kanału wywiewnego;
- w celu ograniczenia wypływu powietrza przez kratki wywiewne do wartości normowych stosuje się stabilery (rys. 2, szczegół B);



Rys. 1. Rozmieszczenie otworów nawiewnych i wywiewnych przy wentylacji grawitacyjnej na jednej kondygnacji domu jednorodzinnego [5]

- w celu regulacji strumienia objętości powietrza dopływającego do pomieszczeń stosuje się nawiewniki okienne lub ściennie: ciśnieniowe, higrosterowane lub dwusystemowe [6];
- aby zapobiec nawiewaniu zimnego powietrza do pomieszczeń, instaluje się nawietrzaki np. wewnątrzścienne z grzałką elektryczną (rys. 2, szczegół C);
- w celu poprawy jakości powietrza wewnętrznego stosuje się nawiewniki anty-

smogowe, wyposażone w filtry zatrzymujące pyły PM10 i PM2,5 [8].

Żadne z tych rozwiązań nie zapewnia jednak oszczędności energii niezbędnej do ogrzania powietrza zewnętrznego w zimie. Dla przykładowego domu jednorodzinnego z wymaganym strumieniem objętości powietrza wentylacyjnego 220 m³/h zapotrzebowanie na jego ogrzanie od temperatury obliczeniowej powietrza

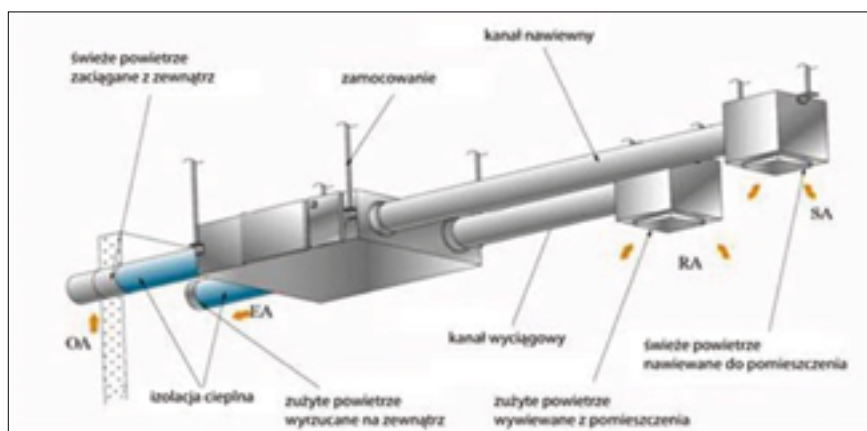


Rys. 2. System wspomagania wentylacji grawitacyjnej domu jednorodzinnego [7]

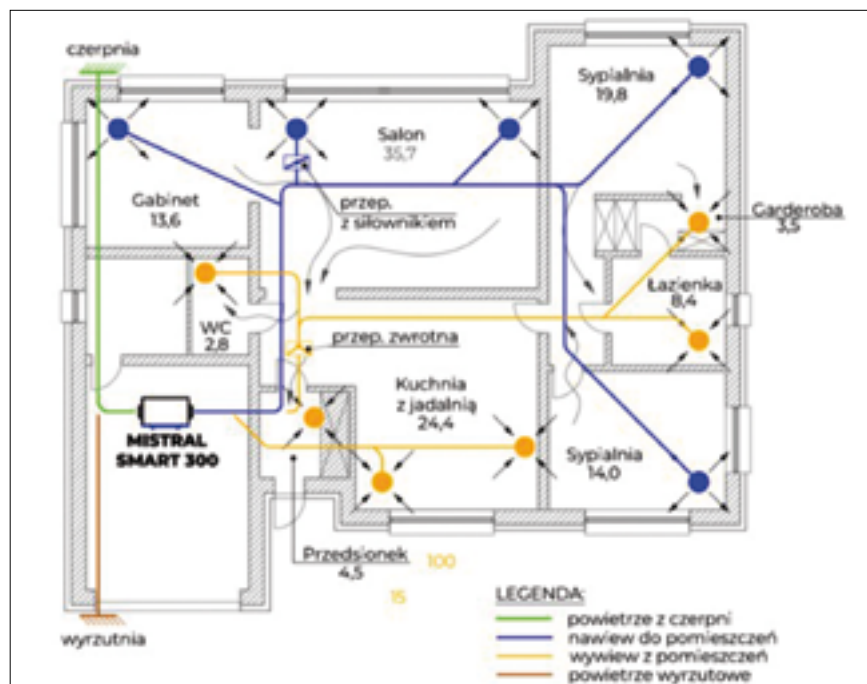
zewnątrznego -20°C do temperatury powietrza w pomieszczeniu $+21^{\circ}\text{C}$ wynosi około 3 kW. Należy zatem rozważyć, zwłaszcza w nowo budowanych lub remontowanych budynkach, zastosowanie innego rozwiązania – wentylacji mechanicznej. Dzięki temu stanie się możliwe w zimie ograniczenie zapotrzebowania na ciepło do ogrzania powietrza wentylacyjnego.

W domach jednorodzinnych mogą być stosowane dwa rodzaje takich instalacji: scentralizowana i zdecentralizowana.

W każdej z nich uzdatnianie powietrza wentylacyjnego w zimie bazuje głównie na wykorzystaniu odzysku ciepła z powietrza usuwanego z pomieszczeń. Należy jednak zaznaczyć, że rozporządzenie [4] nie przewiduje obowiązku wyposażania instalacji wentylacyjnych o wydajności mniejszej niż $10\,000\text{ m}^3/\text{h}$ w urządzenie do odzysku ciepła (dalej: UOC). Również rozporządzenie [9] nie nakłada takiego obowiązku na systemy wentylacji mieszkaniowej.



Rys. 3. Uproszczony schemat instalacji wentylacyjnej z rekuperatorem [10]



Rys. 4. Schemat instalacji wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z rekuperatorem na jednej kondygnacji domu jednorodzinnego [11]

SCENTRALIZOWANA WENTYLACJA MECHANICZNA Z REKUPERACJĄ

Aby było możliwe wykorzystanie odzysku ciepła, instalacja wentylacji mechanicznej w domu jednorodzinnym musi być dwustronna, nawiewno-wywiewna, a przewody powietrza nawiewanego i usuwanego muszą być doprowadzone do UOC (rys. 3). Zgodnie z normowymi zasadami powietrze powinno być doprowadzone do pomieszczeń czystych, czyli przede wszystkim pokoiów, a odprowadzane z pomieszczeń zanieczyszczonych: kuchni, łazienki, w.c., garderoby itp. Urządzenie do odzysku ciepła lokalizuje się w pomieszczeniach pomocniczych, typu garaż, pomieszczenie gospodarcze, bądź na poddaszu budynku. Schemat prowadzenia przewodów i lokalizacji nawiewników i wywiewników oraz UOC pokazano dla przykładowej instalacji wentylacyjnej na rys. 4. Koszty wykonania instalacji wentylacyjnej tego typu są porównywalne z kosztami budowy zbędnych wówczas kanałów wentylacji grawitacyjnej.

Rekuperatory stosowane w układach scentralizowanych

W budynkach jednorodzinnych do odzysku ciepła stosuje się obecnie głównie rekuperatory, czyli UOC, w których wymiana ciepła między powietrzem usuwanym a zewnętrznym następuje przez przeponę, bez kontaktu i mieszania obu strumieni powietrza. Ma to istotny wpływ na zachowanie czystości powietrza nawiewanego. Wśród tych urządzeń przeważają rekuperatory z bezpośrednią wymianą ciepła, zazwyczaj płytowe: krzyżowe (rys. 5a) i przeciwprądowe (rys. 6a). Ich wypełnienie wykonane jest z płyt, najczęściej z tworzyw sztucznych, w odpowiedniej obudowie. Strumienie powietrza zewnętrznego i usuwanego przepływają naprzemiennie obok siebie w przestrzeniach między płytami, przez które następuje wymiana ciepła.

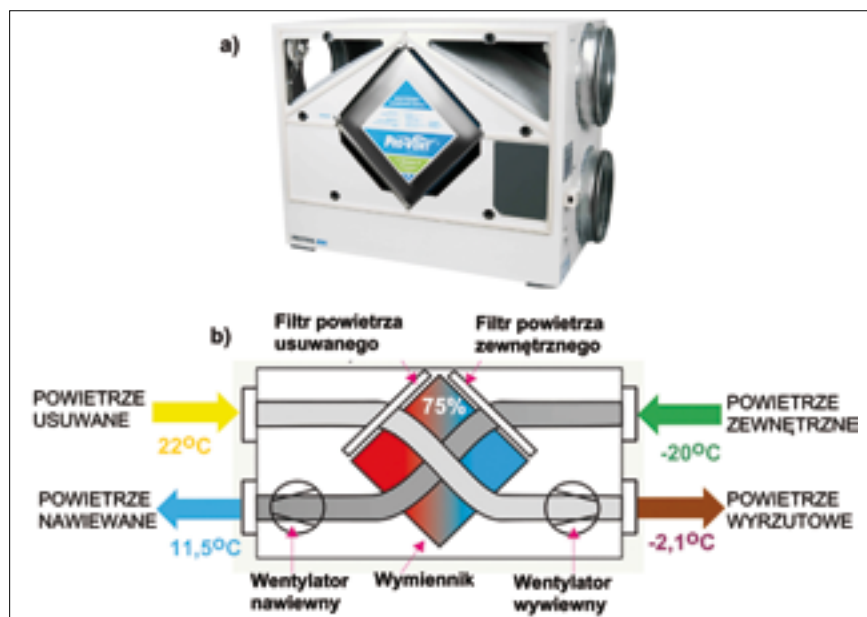
W wymiennikach krzyżowych przepływy te krzyżują się pod kątem prostym (rys. 5b). W wymiennikach przeciwprądowych strumienie powietrza

płyną równolegle w przeciwnych kierunkach (rys. 6b). Najzimniejsze powietrze zewnętrzne kontaktuje się z ochłodzonym już powietrzem usuwanym, co poprawia warunki wymiany ciepła. Z powodu trudności konstrukcyjnych UOC tego typu zazwyczaj wykonuje się jako wydłużone wymienniki krzyżowe (rys. 6b), a zatem w rzeczywistości występuje w nich przepływ mieszany.

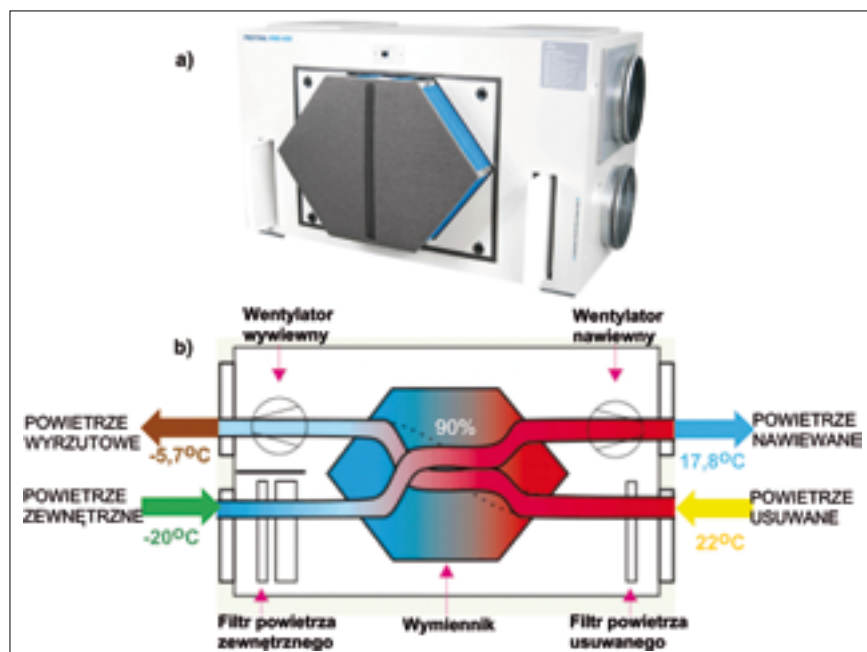
Rekuperatory pracują w układzie małych central wentylacyjnych, w których zainstalowano jeszcze wentylatory nawiewny i wywiewny, najczęściej promieniowe, oraz filtry powietrza zewnętrznego i usuwanego (rys. 5 i 6).

Parametrem charakteryzującym pracę UOC jest sprawność cieplna. Jest to stosunek przyrostu temperatury powietrza zewnętrznego do spadku temperatury powietrza usuwanego, jaki nastąpiłby przy wyrzucaniu go na zewnątrz bez działania rekuperatora [13]. Metodyka określania wartości tego parametru dla UOC w budynku mieszkalnym podana jest w [9]. Nie ma natomiast w aktualnych polskich przepisach [4] dolnego ograniczenia wartości tego parametru, a w europejskich [9] jest jedynie podana wartość dla budynków niemieszkalnych (73%). Według danych producentów sprawność rekuperatorów krzyżowych ma wartość około 75%, natomiast wymienników przeciwprądowych osiąga nawet 95%. Stosuje się też rozwiązanie w postaci połączonych szeregowo dwóch wymienników krzyżowych [11], co pozwala na uzyskanie sprawności do 92%. Wartości te mają istotny wpływ na wartość ciepła odzyskanego w UOC.

Na rys. 5b i 6b pokazano wartości temperatury strumieni powietrza przepływających przez rekuperator krzyżowy o sprawności 75% i przeciwprądowy o sprawności 90% dla zimowych warunków obliczeniowych w III strefie klimatycznej. Na tej podstawie oceniono oszczędności ciepła potrzebnego do ogrzania powietrza wentylacyjnego, jakie daje zainstalowanie rekuperatora w tych warunkach we wspomnianym



Rys. 5. Centrala wentylacyjna z rekuperatorem płytowym krzyżowym: a) widok, b) schemat i wartości temperatury strumieni powietrza (oprac. autorki wg [12])



Rys. 6. Centrala wentylacyjna z rekuperatorem płytowym przeciwprądowym: a) widok, b) schemat i wartości temperatury strumieni powietrza (oprac. autorki wg [12])

nym wcześniej domu jednorodzinnym. Wynoszą one dla wymiennika krzyżowego 2,32 kW, czyli 77% zapotrzebowania na ciepło, a dla wymiennika przeciwprądowego odpowiednio 2,78 kW i 93%. Od tych wartości należy oczywiście odjąć wartości mocy wentylatorów wywołujących przepływ po-

wietrza w instalacjach nawiewnej i wywiewnej, które są stosunkowo niewielkie. Gdy uwzględnimy jeszcze nakłady energetyczne na odmrażanie rekuperatora lub zapobieganie zaszronieniu, to w okresie sezonu grzewczego oszczędność ciepła na ogrzanie powietrza wentylacyjnego wynosi około 50%.

Szronienie rekuperatorów i sposoby zapobiegania

W przypadku gdy średnia temperatura powierzchni wymiany ciepła od strony powietrza zewnętrznego jest niższa od temperatury punktu rosy powietrza wywiewanego, ochładzanie tego powietrza przebiega z wykropleniem wilgoci, co przyczynia się do poprawy sprawności wymiany ciepła nawet do 30% [14]. Jeśli jednak w wyniku ochłodzenia temperatura powietrza usuwanego spadnie poniżej zera, zachodzi niekorzystne zjawisko zaszczenia rekuperatora (rys. 7). Powoduje ono zwiększenie oporów przepływu powietrza przez UOC, a w skrajnej sytuacji jego całkowite zablokowanie. Zwiększone jest też ryzyko zniszczenia wymiennika. W wymiennikach krzyżowych niebezpieczeństwo to dotyczy szczególnie narożnika usytuowanego między wlotem powietrza zewnętrznego i wylotem powietrza usuwanego („zimny róg”) – rys. 8a. W wymienniku przeciwprądowym kontakt z najzimniejszym powietrzem następuje na samym końcu kanału powietrza wywiewanego („zimny prostokąt”) – rys. 8b [16]. Graniczna temperatura powietrza zewnętrznego, przy której rozpoczyna się proces zamarzania skroplin, jest tym wyższa, im wyższa jest sprawność cieplna UOC. Nie należy więc dążyć do nadmiernego zwiększania wartości tego parametru.

Do usuwania powstałego zaszczenia wykorzystuje się obejście (by-pass) wymiennika, w które UOC zgodnie z [9] obowiązkowo powinno być wyposażone. Jednak **jak wskazuje doświadczenie, powoduje to pogorszenie sprawności odzysku ciepła i nie zawsze w pełni zabezpiecza przed zamarzaniem**. Najlepiej jest zapobiegać zaszczeniu. Osiąga się to przez zastosowanie wstępnej nagrzewnicy elektrycznej powietrza zewnętrznego, co wiąże się z dodatkowym nakładem energetycznym.

Dlatego też zalecanym rozwiązaniem, zapobiegającym w pełni szronieniu UOC, jest zastosowanie w ziemie do wstępnego ogrzania powietrza zewnętrznego powyżej 0°C

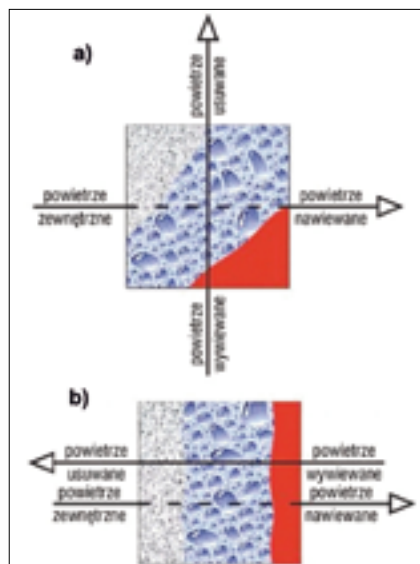
gruntowego wymiennika ciepła, działającego na zasadzie płytkiej geotermii. W domach jednorodzinnych mogą być stosowane wymienniki powietrzne lub z czynnikiem pośredniczącym, bezprzeponowe lub przeponowe, zlokalizowane obok budynku albo wewnątrz jego obrysu. Szczegółowe informacje o takich rozwiązaniach można znaleźć w pracy [17].

Działanie rekuperatorów i gruntowych wymienników ciepła w okresie letnim

Latем w naszych warunkach klimatycznych rekuperatory nie są w stanie w istotnym stopniu schłodzić powietrza zewnętrznego. Z tego powodu, biorąc także pod uwagę wymagane zwiększenie mocy wentylatora na przepływ powietrza przez rekuperator, ich działanie może być nieopłacalne. Zaleca się zatem, aby powietrze zewnętrzne było kierowane przez obejście



Rys. 7. Zamrożone kanałki rekuperatora krzyżowego [15]



Rys. 8. Rozmieszczenie stref zamarzania po stronie powietrza usuwanego w rekuperatorze: a) krzyżowym, b) przeciwprądowym [16]

rekuperatora [13]. Natomiast gruntowe wymienniki ciepła można wykorzystać w okresie letnim do schłodzenia powietrza zewnętrznego o około 15–16 K, co może się okazać wystarczające do zapewnienia w budynku komfortu cieplnego bez działania klimatyzacji [1, 17].

ZDECENTRALIZOWANA WENTYLACJA MECHANICZNA

Zainstalowanie opisanych układów centralnych wentylacji domów jednorodzinnych jest często utrudnione w przypadku istniejących obiektów ze względu na brak wystarczającej przestrzeni oraz zbyt małą wysokość pomieszczeń. Montaż takich systemów w istniejącej aranżacji wnętrza wymaga również wykonania znaczących przeróbek. Pojawia się dylemat, jak rozprościć i ukryć przewody. Z tego powodu **dużo łatwiejsze do zastosowania podczas modernizacji domów jednorodzinnych są zdecentralizowane systemy wentylacji mechanicznej, zwane też rekuperacją rozproszoną**.

Głównymi elementami składowymi tych systemów są niewielkie UOC ściennie, zamontowane w przegrodach zewnętrznych budynków, oddzielnie dla każdego z pomieszczeń. Daje to możliwość indywidualnej regulacji wentylacji. Mogą one działać na zasadzie rekuperatora przeciwprądowego, którego budowa i zasada działania są przedstawione na rys. 9. Dzięki dwóm wentylatorom powietrze usuwane z pomieszczenia i nawiewane przepływają jednocześnie przeciwprądowo przez miedziany wymiennik ciepła, nie mieszając się. Sprawność cieplna takich UOC wynosi około 92–93%.

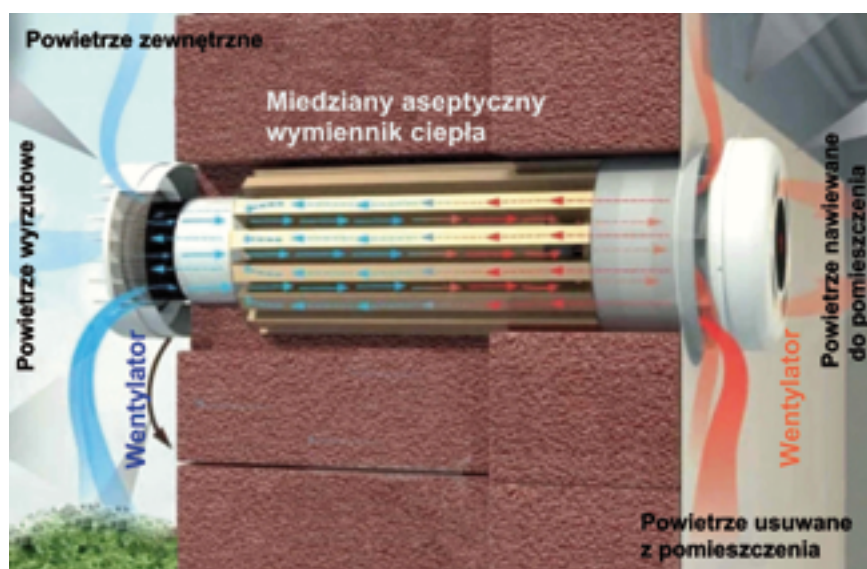
Stosuje się też rozwiązania działające na zasadzie wymiennika regeneracyjnego typu push-pull (rys. 10). W jednym cyklu pracy, trwającym około 70 s, przez wymiennik przepływa powietrze usuwane z pomieszczenia, które oddaje ciepło do ceramicznej masy akumulacyjnej. Następnie zachodzi zatrzymanie i zmiana kierunku obrotów wentylatora. W drugim cyklu jest zasysane chłodne powietrze zewnętrzne,

które odbiera ciepło od masy akumulacyjnej. Dzięki takiemu przebiegowi cyklu strumienie powietrza nie mieszają się ze sobą. Zalecane jest montowanie takich urządzeń parami w dwóch sąsiednich pomieszczeniach albo na dwóch przeciwległych ścianach dużego pokoju. Wtedy można je tak zsynchronizować, że kiedy jeden wymiennik jest w cyklu nawiewu, to drugi pracuje w cyklu wywiewu i pomieszczenia są przez cały czas w pełni wentylowane.

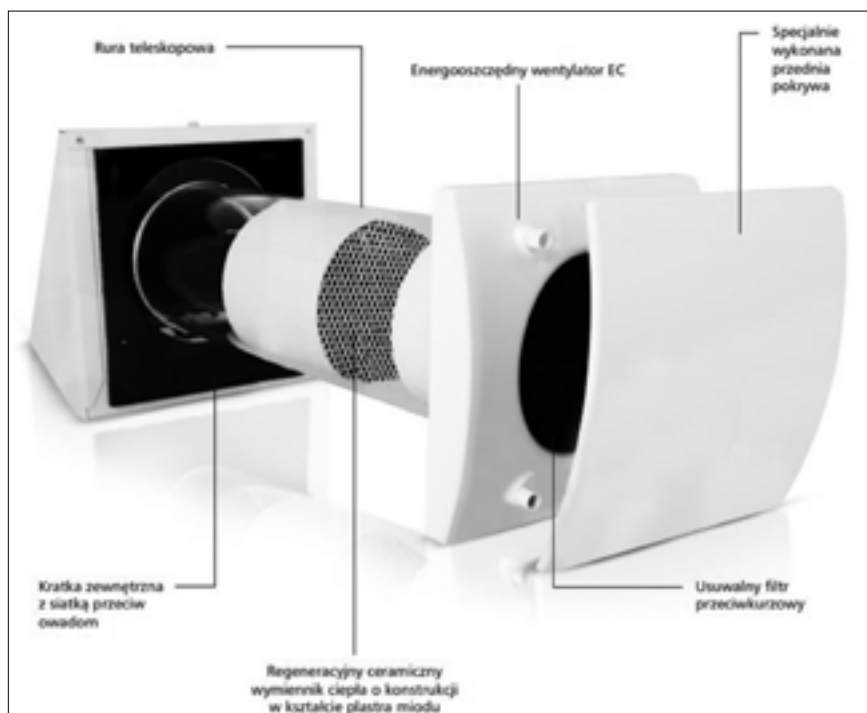
Montaż takich UOC jest bardzo prosty, wymaga jedynie wywiercenia otworów w ścianach zewnętrznych. Należy jednak pamiętać, że zgodnie z dobrą praktyką oraz z rozporządzeniem [4] w pomieszczeniu, w którym jest zastosowana wentylacja mechaniczna, nie można stosować wentylacji grawitacyjnej ani hybrydowej. Z tego powodu, gdy rozproszone UOC są zamontowane w pomieszczeniach z kratkami wentylacji grawitacyjnej (np. łazienkach, kuchniach), powinny one zostać przesłonięte. To samo dotyczy nawiewników okiennych, które również mogą zaburzyć działanie systemu wentylacji [19]. ■

Literatura

1. PN-B-03430:1983/Az3:2000 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania.
2. B. Lipska, Z. Trzeciakiewicz, *Projektowanie wentylacji i klimatyzacji. Zagadnienia zaawansowane*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2018.
3. B. Lipska, *Belki chłodzące – nowoczesne urządzenia końcowe w klimatyzacji powietrzno-wodnej*, „Przewodnik Projektanta” nr 2/2022.
4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny podlegać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75 poz. 690 z późn. zm.).
5. www.darco.pl.
6. www.aereco.com.pl.
7. www.dobrawentylacja.pl.
8. www.oknoplast.pl.
9. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1253/2014 z dnia 7 lipca 2014 r. w sprawie wykonania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla systemów wentylacyjnych.
10. www.wentylacyjny.pl.
11. www.pro-vent.pl.
12. www.proventis.pl.



Rys. 9. Wewnętrzny rekuperator przeciwprądowy wraz z przepływami strumieni powietrza usuwanego i nawiewanego [18]



Rys. 10. Budowa wewnętrznego regeneratora jednorurowego z ceramicznym wkładem akumulacyjnym [19]

13. B. Lipska, *Projektowanie wentylacji i klimatyzacji. Podstawy uzdatniania powietrza*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2018.
14. S. Anisimov, A. Jedlikowski, D. Pandelidis, *Performance analysis and safe operating conditions for the cross-flow heat exchanger used for energy recovery from exhaust air in ventilation systems*, Applied Energy 2015.
15. A. Jedlikowski, D. Pandelidis, M. Karpuk, *Zamaganie rekuperacyjnych wymienników ciepła*, cz. 1, „Rynek Instalacyjny” nr 6/2015.
16. A. Jedlikowski, D. Pandelidis, M. Karpuk, *Zamaganie rekuperacyjnych wymienników ciepła*, cz. 2, „Rynek Instalacyjny” nr 7-8/2015.
17. B. Lipska, *Gruntowe wymienniki ciepła stosowane w wentylacji i klimatyzacji*, „Przewodnik Projektanta” nr 1/2022.
18. www.hvacpr.pl.
19. www.alnor.com.pl.

Rola systemów automatyki budynkowej w kontekście zrównoważonego budownictwa jednorodzinnego

Dobrze przemyślany i prawidłowo wdrożony system automatyki budynkowej nie tylko wpływa na komfort mieszkańców, lecz także pozwala poprawić efektywność energetyczną i obniżyć emisję gazów cieplarnianych w całym cyklu życia budynku.



inż. Paweł Michałowski
integrator automatyki budynków inteligentnych

Na naszych oczach powstaje nowa rzeczywistość. Punktem zwrotnym był marzec 2020 r., kiedy z powodu pandemii i lockdownu nasze domy przestały być noclegowniami, a stały się centrami życia, miejscami spotkań, nawet biurami.

W efekcie nowe budownictwo charakteryzuje się większym metrażem, lepszym dostępem do świeżego powietrza i światła naturalnego. Inwestorzy zaczęli dążyć do

budowania zdrowszej, komfortowej przestrzeni, a projektanci i automatycy mają teraz doskonały moment na pokazanie ludziorom rozwiązań poprawiających warunki życia i dbałość o środowisko.

ZRÓWNOWAŻONE BUDOWNICTWO

Jeszcze kilka lat temu motywem przewodnim strategii marketingowych firm była ekologia. Każdy produkt musiał być

Od 1 stycznia 2021 r. inwestorzy decydujący się na budowę domu spotykają się z zaostrzonymi wymogami dotyczącymi wskaźnika EP (energii pierwotnej), który dla budynku powinien wynieść mniej niż 70 kWh/(m²·rok). Oznacza to konieczność poprawienia efektywności energetycznej budynku przez stosowanie „cieplejszych” technologii w budownictwie, ograniczenia strat ciepła oraz stosowania zielonych źródeł ciepła.

„eko-” od ekologicznych silników po ekologiczne materiały budowlane. W branży budowlanej ten trend nie był jednak tak wyraźny, bo nie był wymaganiem rynkowym. Główny nurt transformacji w Polsce wynika z ogólnych zmian legislacyjnych. Dziś branża budowlana powoli wpisuje się w trend zrównoważonego rozwoju.

Według danych Komisji Europejskiej budynki zużywają nawet 40% produkowanej energii, każda więc zmiana in plus w kontekście efektywności energetycznej budynku będzie miała pozytywny wpływ na tzw. ślad węglowy, liczony w całym cyklu życia obiektu. Jak więc osiągnąć stan zrównoważenia i go utrzymać w dłuższym okresie? Możemy wyróżnić najważniejsze punkty do poprawienia, które mają wpływ na pełen cykl życia budynku – począwszy od produkcji elementów, z których on się składa, przez całą logistykę związaną z jego wznoszeniem i uruchomieniem wewnętrznych instalacji, po eksploatację tego budynku i logistykę związaną z dotarciem do niego.



WYMÓG ZEROEMISYJNOŚCI

Według danych Komisji Europejskiej trzy na cztery budynki w Unii Europejskiej zużywają energię w sposób nieoptymalny – czyli niepotrzebnie. Jednym z pierwszych kroków do uzyskania zrównowżenia w budownictwie mieszkaniowym jest zmniejszenie zapotrzebowania budynku na energię dostarczaną w postaci energii elektrycznej, gazu i paliw stałych.

Energia najtańsza i najbardziej ekologiczna to taka, której człowiek nie musiał wytworzyć (a ściślej mówiąc – przetworzyć). Myśląc o ograniczeniu wykorzystania energii z zewnętrznych źródeł, zacznijmy od wykorzystania tej darmowej. Najpopularniejszym dzisiaj sposobem jest montaż instalacji fotowoltaicznej.

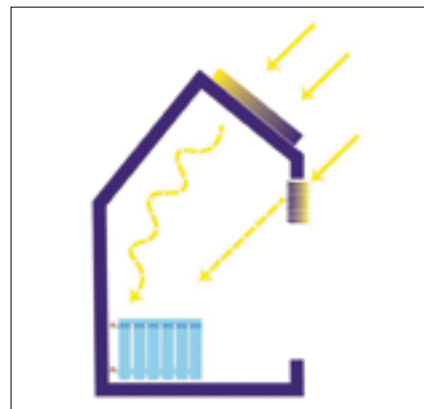
Własna elektrownia słoneczna daje stosunkowo szybki zwrot z inwestycji dzięki popularnym programom finansowania, a dzięki wbudowanej automatyce pozwala układowi osiągnąć maksymalną wydajność ogniw. Promieniowanie słoneczne można dodatkowo wykorzystać do doświetlenia i dogrzania wewnątrz za pomocą odpowiednio zaprojektowanych możliwie dużych przeszkleń.

Jednak darmowe ciepło – które zimą jest bezcenne – latem okazuje się w wielu domach problematyczne. Duże przeszklenia sprawiają, że salony i gabinety stają się „piekarnikami” i pojawia się konieczność instalowania klimatyzatorów. Tu z pomocą przychodzi automatyka i osłony okienne w formie rolet, żaluzji i zasłon. Czujnik otwarcia okna wyłączy ogrzewanie lub chłodzenie. Odpowiednie powiązanie między sobą informacji o czasie, temperaturze zewnętrznej, temperaturze w pomieszczeniu i wartości zadanej,

a także kierunku padania słońca i jego wysokości pozwala takysterować stopniem opuszczenia żaluzji i kątem obrotu jej lameli, żeby zmaksymalizować zyski energii dostępnej naturalnie i zminimalizować jej straty. Efekt ten uzyskać można, łącząc ze sobą w jeden wspólny ekosystem pozornie niepowiązane ze sobą elementy: centralne ogrzewanie, klimatyzację, rolety i zasłony, a także czujniki otwarcia okien i stację pogodową.

Trzyszybowe okna i ciepły montaż nie będą wystarczające, jeśli dostęp świeżego powietrza użytkownik zapewni za pomocą wentylacji grawitacyjnej. Duża część zaoszczędzonej energii cieplnej zmagazynowanej w dogrzanym powietrzu zostanie wyrzucona na zewnątrz przez komin. Pojawia się więc kolejny niezbędny element w postaci centrali wentylacyjnej z odzyskiem ciepła, tzw. rekuperator. Pozwala on w połączeniu z systemami ogrzewania i chłodzenia optymalnie wykorzystać wytworzoną lub pobraną z zewnątrz energię.

Nie można zapominać o tym, że na zeroemisyjność budynku w faktycznej eksploatacji ogromny wpływ ma sposób jego wykorzystania. Należy więc z założeniami zrównoważonego rozwoju i budownictwa wyjść nieco poza ramy tego hasła i zająć się o zerową, a przynajmniej możliwie niską emisyjność budynku do otoczenia. Na to składa się logistyka związana z obiektem – albo dobra lokalizacja, albo komunikacja. Warto pomyśleć o tym, żeby w każdym nowo powstającym budynku projektować rezerwę zasilania do podłączenia co najmniej jednej stacji ładowania samochodów elektrycznych (lub hybrydowych typu plug-in). Nawet jeśli nie na dziś – warto być gotowym na jutro.



Rys. 1. Połączenie zalet instalacji fotowoltaicznej i sterowanych żaluzji na potrzeby ogrzewania budynku

Podsumowując temat zeroemisyjności, nietrudno zauważyć, że w budynkach można ją stosunkowo łatwo osiągnąć, wykorzystując często instalowane już dziś rozwiązania (od fotowoltaiki, przez pompy ciepła, po elektryczne żaluzje i rolety), pod warunkiem połączenia ich ze sobą za pomocą nadrzędnego systemu sterowania.

Mowa tu zarówno o budynkach, które należy zmodernizować, jak i tych które są dopiero w trakcie projektowania. Nie można zapominać, że budynek pośrednio emituje gazy cieplarniane również przed jego powstaniem, a także po zakończeniu okresu eksploatacji – ma ogromny wpływ na środowisko w całym cyklu swojego życia.

GOSPODARKA W OBIEGU ZAMKNIĘTYM

I tu właśnie wkraczamy na płaszczyznę kolejnego pojęcia związanego ze zrównoważonym budownictwem – koncepcją oryginalnie zwaną „circular economy”. Skupia się ona na minimalizacji śladu węglowego przez korzystanie z lokalnych dostawców czy ponowne użycie materiałów. Projektanci i inżynierowie nie mają bezpośredniego wpływu na źródło materiału, który wybierze wykonawca lub inwestor, ale mogą szerzyć wiedzę i świadomość na ten temat.

W dobie wielkich zmian związanych z COVID-19, budynki biurowe traciły najemców, stając się wielkogabarytowymi odpadami. Względy ekonomiczne sprawiły,

Tab. Wymagane maks. wartości wskaźnika EP_{n-w} [kWh/(m²·rok)]

Rodzaj budynku	Od 1 stycznia 2014 r.	Od 1 stycznia 2017 r.	Od 1 stycznia 2021 r.
Mieszkalny jednorodzinny	120	95	70
Mieszkalny wielorodzinny	105	85	65
Gospodarczy	110	90	70



Rys. 2. Uproszczony schemat zastosowania circular economy w budownictwie

że biurowce być może zostaną przebudowane na budynki mieszkalne. To pokazuje, że budynki już na etapie projektu powinny być budowane tak, żeby były możliwie uniwersalne, podatne na zmianę zastosowania bez generalnych remontów i kosztownych (środowiskowo) przebudów. Dopóki stosowane w budynkach systemy będą w trakcie remontów wyrzucane i zamieniane na całkowicie nowe tylko z powodu zmiany zastosowania, dopóty ciężko mówić o jakimkolwiek recyklingu. Wracając do wcześniej postawionej tezy o energii, należy przypomnieć, że najbardziej ekologiczny produkt to taki, który już został wyprodukowany. Wypada więc już na etapie projektowania założyć, że system sterowania pracować powinien więcej niż kilka lat i wykorzystywać systemy automatyki uniwersalne, sprawdzone, otwarte i z dobrą pozycją na rynku od wielu lat.

Rynek automatyki jest od dawna gotowy na realizację zadań dziś stawianych przed budynkami. Dostępne są dobrze znane i rozwijane dalej rozwiązania, które wykorzystywane są przez wielu producentów. Oparte są na otwartych stan-

dardach komunikacji, dzięki czemu zastosowanie wybranego urządzenia nie skazuje inwestora na konieczność współpracy z jednym tylko producentem, ale otwiera przed nim drzwi na współdziałanie z setkami firm zarówno producenckich, jak i instalatorskich. Systemy, takie jak KNX, czy produkty oparte na znanych od lat protokołach komunikacji BACnet, Modbus i im podobne są podatne na rozbudowy, są odporne, wytrzymałe i uniwersalne. Korzystają z internetu, ale mogą działać też i bez niego. Mogą być uzupełniane o bezprzewodowe dodatki, jeśli zachodzi taka potrzeba, ale trudno je zakłócić, bo w znacznej większości działają, opierając się na połączeniach przewodowych.

Klient końcowy uważa takie rozwiązania za bardzo drogie, jednak jest to mit. Kiedy podsumuje się wszystkie niezależne systemy instalowane dziś w budynkach, dużo aplikacji do ich obsługi i konieczność aktualizowania, kilka różnych zespołów technicznych do uruchamiania każdego fragmentu instalacji niezależnie, koszty związane z uzgodnieniami międzybranżowymi i równie dużo

zespołów do konserwacji tych systemów, wówczas koszt kompleksowego wykonania jednego większego systemu automatyki, pokazany w czasie dłuższym niż sama budowa, staje się uzasadniony.

Należy patrzeć na globalną ekonomię całego projektu, bo okazuje się, że podjęcie współpracy z kilkoma tanimi wykonawcami nieoptymalizującymi wzajemnie swoich wdrożeń może się okazać na koniec droższe od kompleksowego wykonania instalacji, w której jedno urządzenie może realizować kilka różnych zadań.

BUDOWNICTWO PRZYJAZNE UŻYTKOWNIKOM

Na końcu pojawia się najważniejszy jego element – inwestor i użytkownik. Komisja Europejska podaje, że renowacji poddaje się poniżej 1% istniejących budynków rocznie. **Do remontu budynku konsumenta nie skłoni ekologia, ale chęć podniesienia komfortu życia i obniżenia kosztów.** To są elementy, na które automatyka odpowiadała dużo wcześniej niż na potrzeby dzisiejszego zrównoważonego budownictwa.

Człowiek jest słabym „sterownikiem”, ma zmienną percepcję, zapomina lub nie zauważa. Automatyka rozwiązuje wiele problemów niezauważanych przez niego. Dba o jakość powietrza w domu, zaczynając od temperatury otoczenia, wykorzystując dostępne źródła ciepła i chłodu, utrzymuje wilgotność na odpowiednim poziomie, czystość powietrza, optymalizując pracę podsystemów w celu dostosowania do aktualnych warunków otoczenia. Komfort jest niezwykle istotnym czynnikiem wpływającym



Rys. 3. Systemy automatyki budynkowej łączą wiele różnych instalacji w jeden system zarządzania

na jakość naszego życia – od dostępności powietrza, po odpowiednią ilość światła, którego nie powinno być ani za dużo, ani za mało. Powinniśmy tworzyć zdrową przestrzeń zapewniającą nam lepszy sen, regenerację, lepsze samopoczucie i wydajniejszą pracę.

Komfort to też brak zmartwień związanych z obsługą tych wszystkich podsystemów. Nie chcemy ustawiać temperatur rano i wieczorem, zmieniać wydajności rekuperatora zależnie od potrzeb, ustawiać parametrów pracy kotła grzewczego ani sprawdzać, czy na pewno wszystko działa jak powinno. **Budownictwo będzie przyjazne użytkownikom, kiedy będzie zapewniało nam zdrowe otoczenie, a samo będzie niezawodne i bezobsługowe.** Zapewni nam odpowiednią wilgotność, dobierze dla nas odpowiednią temperaturę otoczenia, walcząc ze skrajnymi nastawami użytkowników regulatorów.

Aby osiągnąć ten efekt, z jednej strony potrzebny jest dobry system automatyki, a z drugiej – dobry projektant budynku i integrator systemu. Każdy w łańcuchu de-

cyzji musi być świadomy wspólnego celu, każdy musi się stać bardziej „zielony”, wytwarzać produkty i wdrażać usługi, które w istotny sposób ograniczą emisję gazów cieplarnianych.

PODSUMOWANIE

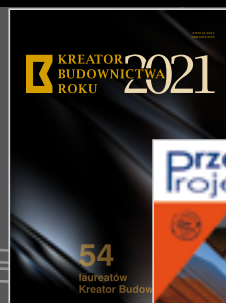
Równowaga oznacza balans między zyskiem i stratą zarówno w rozumieniu ekologii, jak i finansów. Należy więc do kosztów inwestycji (i ekologicznych, i finansowych) podchodzić perspektywnie, zwracając uwagę na długotrwały ich wpływ na cały projekt. Powinniśmy wybierać takie rozwiązania na rynku, które będą działały długo, będą poddawały się łatwo modernizacjom. Nie chcemy wymieniać automatyki w domu co kilka lat. Inwestujemy w otwarte rozwiązania, dające się łączyć z obcymi urządzeniami.

Większość inwestorów przejawia chęć do remontu, tylko brakuje im bodźca do jego rozpoczęcia. Niemal każdy deklaruje się jako osoba chętna do dbania o środowisko, choć mało osób faktycznie podejmuje odpo-

wiednie działania. Edukacja ekologiczna jest więc niezwykle ważna. Przyzwyczajono nas do tego, że inteligentny budynek kojarzy się dziś z domofonem na smartfonie czy odkurzaczem na pilota. Ma to jednak z automatyką czy pojęciem domu inteligentnego niewiele wspólnego. Dziś temperaturę w szkole lub szpitalu reguluje się przez otwarcie okna, a to jest właśnie zadanie dla systemu automatyki budynku inteligentnego.

Kończąc, zwracam się do ciebie – projektancie i integratorze systemów – edukuj społeczeństwo. Projektuj i proponuj porządne rozwiązania, odciągając klienta od bezprzewodowych zabawek wkładanych do gniazdek. Wykonuj instalacje kompleksowo, jeśli sprzedajesz pompy ciepła, wykonaj ogrzewanie i zainstaluj klimatyzator, łącząc wszystko w jeden system. Większość klientów chętniej zgodzi się na taką usługę niż na kilku niezależnych wykonawców. Działajmy wielotorowo – budowanie świadomości niesie ze sobą nieduże koszty, a pozwala uzyskać duże efekty. ■

REKLAMA



piib
WYDAWNICTWO
POLSKIEJ IZBY INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA

ZAMÓW ONLINE

www.inzynierbudownictwa.pl/sklep

KREATOR BUDOWNICTWA ROKU

Rozwój, bezpieczeństwo, triumf



Dołącz do grona Laureatów
NOWEJ edycji
tytułu Kreator Budownictwa
Roku 2022

Zapytaj o szczegóły: reklama@wpiib.pl

www.KreatorBudownictwaRoku.pl

Buduj sukces razem z nami!