

mgr inż. Krzysztof Patoka¹⁾

Funkcje warstw paroizolacyjnych w przegrodach dachowych

Kontynuując temat dachów o małym spadku ($5 - 15^\circ$) [1], warto wyjaśnić rolę warstw paroizolacyjnych w systemach materiałowych przeznaczonych do tego typu konstrukcji. W tym celu trzeba zdefiniować funkcje warstw paroizolacyjnych oraz opisać najczęściej stosowane materiały spełniające te funkcje we wszystkich typach dachów.

W przypadku dachów o małym spadku ($5 - 15^\circ$) oraz dachów płaskich ($0 - 5^\circ$) powszechnie stosowaną formą jest dach jednopowłokowy, czyli niewentylowany. W dużych obiektach tego typu przegroda dachowa wykonywana jest ze stalowych blach fałdowych, a w mniejszych ma tradycyjny betonowy strop. W obu wersjach przeważa termoizolacja z wełny mineralnej lub EPS (styropianu), natomiast pokryciem są papy lub hydroizolacyjne membrany z tworzywa sztucznego.

Paroizolacje wykonuje się z różnego rodzaju pap lub folii polietylenowych (PE). Układ jest oczywisty: od strony ciepłej montuje się na stropach paroizolację, a na nich termoizolację, na których układa się następnie pokrycie. Zastosowaniu paroizolacji towarzyszy często dyskusja, kiedy jest potrzebna i jaka. Pytania te bardzo często dotyczą sensu stosowania warstw paroizolacyjnych w kontekście wymaganych od projektantów obliczeń ciepłno-wilgotnościowych przegród budowlanych lub obliczeń związanych z zapotrzebowaniem energetycznym budynków. Z tego powodu warto przypomnieć, że **paroizolacje mogą spełniać, we wszystkich przegrodach dachowych, trzy ważne funkcje:**

1) ograniczają dopływ pary wodnej pochodzącej z wnętrza budynku do termoizolacji i konstrukcji dachu;

2) uszczelniają dach, powstrzymując przewiew, czyli przepływ powietrza

z wnętrza na zewnątrz (do atmosfery) przez szczeliny w połączeniach między poszczególnymi elementami i warstwami tworzącymi tę przegrodę oraz między dachem a ścianami;

3) tworzą warstwę hydroizolacyjną osłaniającą tymczasowo budowę przed opadami, a po wykonaniu dachu stanowią dodatkowe zabezpieczenie przed przeciekami i wyciekami skroplonej pary wodnej.

Wszystkie te zadania są funkcjonalnie powiązane w sposób zależny od rodzaju i typu dachu. Wynika to przede wszystkim z istnienia szczelin; dziur itp., które przepuszczając powietrze, jednocześnie przepuszczają parę wodną. Dwie pierwsze z wymienionych funkcji są uniwersalne, gdyż dotyczą wszystkich typów dachów, a trzecia jest istotna w co najmniej dwóch przypadkach: w dachach płaskich i o niewielkim spadku osłaniających duże lub ważne obiekty, gdzie trzeba zabezpieczyć się przed skutkami zalania w czasie ich budowy. Jest to możliwe, gdy paroizolację układa się przed (pod) warstwą termoizolacyjną. Drugi przypadek dotyczy konstrukcji, w których ważne jest uzyskanie szczelności powietrznej, a termoizolacja jest pomijalnie mało dyfuzyjna i można ją ułożyć po paroizolacji. Takie sytuacje są charakterystyczne w przypadku dachów z termoizolacją nakrokwiową wykonaną z płyt PIR, w przypadku których bardzo ważna jest szczelność powietrzna przegrody.

Skoro tematem początkowym są dachy o małym nachyleniu, to trzecia funkcja dotycząca tymczasowej osłony obiektu w trakcie jego budowy warta jest omówienia na takich właśnie konstrukcjach. Warstwy układane na stropach przed ułożeniem termoizolacji łączą co najmniej dwie funkcje. Są paroizolacją ograniczającą ilość pary wodnej dochodzącej do termoizolacji i stanowią dodatkową warstwę hydroizolacyjną, a często również uszczelnienie zapobiegające przewiewom. Ta dodatkowa osłona jako hydroizolacja przydaje się

dwa razy. Po raz pierwszy w trakcie budowy, gdy wystąpią obfite lub długotrwałe opady, a drugi raz, gdy w zewnętrznym pokryciu zasadniczym lub w systemie odprowadzania wody powstaną wady lub uszkodzenia. Ta złożoność funkcji jest bardzo rzadko rozumiana na polskich budowach. W pogoni za taniością powszechne jest wadliwe montowanie paroizolacyjnych pap lub folii oraz zastępowanie drogich wpustów dachowych o podwójnym kołnierzu, tańszymi zamiennikami. Podwójny kołnierz jest konieczny, gdy układana na stropie papa ma spełniać dwie lub trzy funkcje. Pierwszy kołnierz należy wklejać w szczelnie ułożoną papę paroizolacyjną po to, aby zbierał opady, gdy nie ma jeszcze pełnego systemu, bo dach jest w budowie, a później aby zbierał ewentualne przecieki np. po uszkodzeniu wpustu.

Warto również choćby skrótkowo omówić drugi przypadek stosowania warstwy paroizolacyjnej jako dodatkowego zabezpieczenia przed opadami oraz w celu uzyskania szczelności powietrznej budynku. Dotyczy on głównie dachów ocieplonych za pomocą płyt PIR ułożonych na więźbie dachowej (rysunek), gdyż trudno wówczas okre-



Połączenie paroizolacji ze ścianą

Tak należy wykonywać połączenie warstwy paroizolacyjnej z murem w okapie, gdy termoizolacja jest na krokwiach (PIR). Taka warstwa spełnia wtedy trzy funkcje: chroni przed przewiewami, zabezpiecza na czas budowy i stanowi barierę dla pary wodnej (jej typ zależy od materiału)

¹⁾ Rzeczoznawca Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Materiałów Budowlanych; patoka.k54@gmail.com

ślić, która z dwóch wymienionych funkcji paroizolacji jest ważniejsza. Na pewno w przypadku dachów z płytami PIR bardzo ważna jest szczelność powietrzna, ponieważ wszystkie termoizolacje piankowe mają dużą rozszerzalność termiczną (5 – 6 razy większą od stali). To powoduje, że przy ociepleniu na krokwiach styki między płytami mają często szczeliny, które bez paroizolacji powodowałyby powstawanie przewiewów zwiększających straty ciepła. Szczególnie byłoby to zauważalne w słoneczne zimowe dni, kiedy skoki temperatury są duże i łatwo skrapla się para wodna. Z rysunku wynika, że prawidłowe ułożenie paroizolacji jest pracochłonne i drogie. Nie widać komplikacji wynikającej z konieczności szczelnego przejścia paroizolacji z płaszczyzny nad krokwiemi na ściany. Wymaga to wykonania odpowiedniego przejścia przez deskowanie oraz wokół krokwi (czerwone koło na rysunku).

Materiały

Paroizolacje wytwarzane są z materiałów umożliwiających spełnienie wymienionych funkcji, lecz z powodu różnych właściwości dzieli się je na odrębne grupy. Kluczem do klasyfikacji jest podstawowa cecha określająca **opór przepływu pary wodnej** stawiany przez te materiały. Określa go parametr μ , czyli współczynnik oporu dyfuzyjnego pary wodnej lub krócej współczynnik dyfuzji pary wodnej (tabela). Jest on bezwymiarowy, ponieważ wykazuje, ile razy opór dyfuzji warstwy opisywanego materiału jest większy od oporu warstwy powietrza o tej samej grubości mierzonych w tych samych warunkach. W przypadku konkretnych produktów,

Wartość współczynnika oporu dyfuzyjnego pary wodnej μ wybranych materiałów [3]

Material	Współczynnik oporu dyfuzyjnego μ [m]
Beton	100
Bitum	50 000
Guma	10 000
Szkło	nieskończoność
Metal	nieskończoność
Styropian EPS	60
Polietylen (PE)	10 000

które często są laminatami, stosuje się jednak parametr S_d , czyli równoważną dyfuzyjnie grubość powietrza. Związek między tymi parametrami jest prosty: S_d to iloczyn μ i grubości materiału [m]. W przypadku laminatów takie obliczenie nie zawsze jest możliwe i dlatego bada się oddzielnie ich S_d . Porównując równoważną dyfuzyjnie grubość powietrza (S_d) w przypadku konkretnych produktów dzieli się je na trzy grupy, a czwartą stanowią produkty o zmiennej wartości tego parametru w zależności od wilgotności ośrodków, z którymi się stykają.

Do najpopularniejszych paroizolacji należą różnego rodzaju **laminaty z wbudowanymi zwykłymi foliami polipropylenowymi (PE)** oraz **folie PE** o grubości 0,15 – 0,3 mm. Są one nazywane opóźniaczami pary, ponieważ warstwa PE jest w nich cienka i para wodna przechodzi przez nie w bardzo ograniczonej ilości, której jednak nie można pominąć. Najczęściej stosowane laminaty składają się z kilku warstw: z folii PE ułożonej na nośnikach z tkanin polipropylenowych (PP), siatek (PE, PP), a nawet papieru. W tej grupie paroizolacji równoważna dyfuzyjnie grubość powietrza wynosi **20 – 200 m**, przy czym największe wartości (około 100 m) osiągają laminaty z aluminium napylnym na folie PE uszczelniającymi tę folię (fotografia 1).

Drugą popularną grupą są **paroizolacje bitumiczne**, czyli papy na różnego rodzaju nośnikach (również z papieru) i o różnej grubości, która decyduje o wartości ich współczynnika S_d . Bitum ma większy współczynnik oporu dyfuzyjnego μ niż polietylen (tabela) oraz zdecydowanie większą grubość niż folia i dlatego paroizolacje tego typu mają większy opór dyfuzyjny i nazywane są **barierami pary**. Ich współczynnik S_d wynosi **500 – 2000 m**, przy czym w grupie o S_d do 800 m są również produkty z tworzyw sztucznych. Największe wartości S_d mają papy połączone fabrycznie z foliami metalowymi, najczęściej aluminiowymi o grubości ok. 0,05 mm, których współczynnik S_d wynosi 1500 m [3]. Razem z warstwą bitumu takie papy osiągają $S_d = 2000$ m.

Trzecią grupą paroizolacji są **regulatory pary** o większej paroprzepuszczal-



Fot. 1. Wadliwe zamocowanie metalizowanego opóźniacza pary. Folia została przedziurawiona i styka się z płytą gipsowo-kartonową, co uniemożliwia jej prawidłowe uszczelnienie z murem (jest na to za mało miejsca)

ności od opóźniaczy pary, czyli o mniejszej wartości współczynnika S_d wynoszącego **1 – 10 m**. Są to laminaty na bazie włókien i cienkich powłok z tworzyw sztucznych, produkowane na ogół wg takich samych technologii jak wysoko paroprzepuszczalne membrany wstępnego krycia. Produkty te montowane są w przegrodach zewnętrznych między warstwami termoizolacji, co w wielu przypadkach stanowi istotną zaletę.

Najbardziej stosowaną grupą są **paroizolacje wilgotnościowo-adaptacyjne**, które zmieniają swoją paroprzepuszczalność w zależności od wilgotności otaczającego je powietrza. Wykonane są z folii poliamidowych w czystej postaci lub wzmacnianych (laminaty) i najczęściej stosowane w remontowanych dachach niewentylowanych, których budowa pozwala na oddawanie pary do wnętrza poddasza. W innych przypadkach wymagają analizy charakterystyki zmienności współczynnika S_d w zależności od wilgotności powietrza.

Należy pamiętać, że dobór konkretnych produktów jako warstwy paroizolacyjnej w przegrodach zewnętrznych musi uwzględniać zasadę zwiększającego się oporu dyfuzyjnego kolejnych materiałów wbudowywanych do środka przegrody. Chodzi o to, aby opór dyfuzyjny następných warstw zmniejszał się od wnętrza na zewnątrz, aby ograniczyć ilość pary wodnej docierającej z wnętrza budynku i jednocześnie umożliwić odpływ pary wodnej z przegrody do atmosfery. Jako stronę zewnętrzną rozumie się warstwę powietrza atmosferycznego. W dachach wentylowanych jest

nią przestrzeń/szczelina wentylacyjna znajdująca się pod pokryciem, a w ścianach pod elewacją. Doskonałym poradnikiem przy doborze warstw w dachach wentylowanych jest norma DIN 4108-3 [2], w której podane są wartości sumarycznego współczynnika S_d warstw pod szczeliną, uzależnione od wielkości dachu.

Z tej zasady jasno wynika, że w dachach jednopowłokowych (niewentylowanych) krytych papami lub innymi hydroizolacjami należy stosować papy paroizolacyjne o większym S_d od hydroizolacji pokryciowych. W dachach z konstrukcyjnymi blachami fałdowymi należy stosować w tej roli wyłącznie papy z folią aluminiową. Wyjątkiem są dachy w budownictwie przemysłowym. W dachach płaskich, ze stropami z betonu monolitycznego, za warstwę paroizolacyjną można przyjąć sam strop i wtedy można zastosować na nim bardziej paro-przepuszczalne paroizolacje, np. folie PE, których grubość trzeba dobrać tak, aby sumaryczny współczynnik S_d (beton + PE) miał odpowiednią wielkość.

Wadliwe układanie i jego skutki

Zasady doboru paroizolacji są dość dobrze określone i wystarczy je zastosować, zarówno na etapie projektowania, jak i wykonawstwa, aby osiągnąć efekt jak najmniejszego zawilgocenia przegród zewnętrznych. Natomiast na etapie prac musi zostać osiągnięty stan najwyższej szczelności powłoki paroizolacyjnej. Bez tego prawidłowy dobór materiałów nie da oczekiwanych efektów, a obowiązkowe obliczenia wilgotnościowo-ciepłne staną się oczywistą fikcją. Niestety, brak szczelności warstw paroizolacyjnych we wszelkich dachach wykonywanych w Polsce jest ich piętą achillesową od przełomu technicznego lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku do dziś. Błędy te polegają przede wszystkim na braku uszczelnień połączeń materiałów paroizolacyjnych z instalacjami przechodzącymi przez dach (kominy, doświetlenia itp. – fotogra-

fia 1) oraz ścianami budynków i belek konstrukcyjnych. Co prawda, coraz częściej kolejne pasma folii paroizolacyjnych skleja się ze sobą na zakład, ale nadal jest to zabieg rzadki. Dodatkowo zbyt często wycina się otwory w płytach g-k, pełniące różne funkcje (fotografia 1), dziurawiąc jednocześnie paroizolację. Jednym z negatywnych skutków takiego stanu rzeczy jest zbyt częste występowanie w Polsce zjawiska przewiewów w przegrodach zewnętrznych wywołanych brakiem ich szczelności powietrznej.

Przewiewem nazywa się zjawisko polegające na niekontrolowanym przepływie ciepłego powietrza z wnętrza budynku do atmosfery przez szczeliny w przegrodach budowlanych. Przepływ ten jest spowodowany różnicą ciśnienia wywołaną głównie różnicą temperatury oraz wilgotności między ośrodkami rozdzielonymi przegrodą. Drugim czynnikiem jest wiatr. Przewiewy powodują duże straty energetyczne, ponieważ przez szczeliny stale przepływa powietrze z wnętrza na zewnątrz budynku, przenosząc ciepło i parę wodną. Szczeliny bardzo szybko się schładzają i para wodna zawarta w przepływającym przez nie powietrzu skrapla się na ich powierzchni. Tak więc przewiewy wywołują, oprócz strat ciepła, zawilgoce nie konstrukcji dachu lub ściany i to zawsze w tych samych miejscach (!). Te negatywne zjawiska występują w Polsce nadal bardzo często, ponieważ wykonawcy ignorują przewiewy.

Miejscami, w których najczęściej powstają szczeliny są wszelkie połączenia ścian i kominów z drewnianą konstrukcją dachu (fotografia 2). W efekcie jako społeczność tracimy dużo ciepła m.in. dlatego, że tych zjawisk nie widać. Dopiero kiedy powstaną uszkodzenia biologiczne drewna lub mechaniczne murów mogą je ujawnić. Jedynym warunkiem umożliwiającym obejrzenie skutków działania przewiewów są charakterystyczne długie i cienkie nacieki (sople) lodowe powstające podczas długich okresów występowania ujemnej



Fot. 2. Drugim miejscem najczęstszego powstawania przewiewów są murlaty. Pod membraną, nawet po zamontowaniu podbitki, liczne szczeliny umożliwiają ich powstawanie. Podobnie jest wokół lukarn i wszelkich innych połączeń drewno – mur

temperatury. Na szczęście istnieją już w Polsce firmy wyspecjalizowane w szczelnym układaniu paroizolacji).

Uwaga 1. Podział produktów stosowanych jako paroizolacje na regulatory, opóźniacze i bariery pary wodnej jest moją propozycją wykorzystującą wzorce amerykańskie i wynikającą z cech materiałów wyraźnie różnicujących je pod względem wartości S_d .

Uwaga 2. Zgodnie z [3], folie PE charakteryzują się wartością równoważnej grubości powietrza w zależności od nominalnej grubości. W przypadku grubości 0,15 mm $S_d = 50$ m, przy 0,25 mm $S_d = 100$ m, a gdy są mocowane nieuszczelnionymi zszywkami $S_d = 8$ m (!) bez względu na ich grubość.

Fotografie: autor; rysunek: firma EcoTherm

Literatura

- [1] Patoka Krzysztof. 2020. „Wentylowanie dachów o małym spadku”. *Materiały Budowlane* 580 (12): 38 ÷ 39.
- [2] Patoka Krzysztof. 2018. „Zmiany w zasadach wentylowania dachów w wytycznych Związku Dekarzy Niemieckich”. *Materiały Budowlane* 546 (2): 38 ÷ 40.
- [3] Pogorzelski Jerzy. 2005. „Fizyka budowli – część X. Wartości obliczeniowe właściwości fizycznych”. *Materiały Budowlane* 391 (3): 79 ÷ 81.

Partner działu:

Fakro Sp. z o.o.
www.fakro.pl

FAKRO®