mgr inż. Krzysztof Patoka[1)]

Regulatory pary w przegrodach dachowych

W tegorocznym lutowym wydaniu miesięcznika „Materiały Budowlane" [1] przedstawiłem trzy typy produktów przeznaczonych do tworzenia warstw paroizolacyjnych w przegrodach dachowych. Ponadto zaprezentowałem podział tych materiałów na: **opóźniacze pary** (Sd = 20 ÷ 200 m), **bariery pary** (Sd = 500 ÷ 2000 m) i **regulatory pary** (Sd = 1 ÷ 10 m). Omówiłem funkcje i zastosowanie dwóch pierwszych grup (opóźniaczy i barier), a o trzeciej tylko wspomniałem. Warto uzupełnić te informacje, ponieważ regulatory pary są bardzo ciekawymi produktami, które zostały wprowadzone głównie w celu spełniania roli bariery powietrznej w przegrodzie. Badania prowadzone w różnych ośrodkach europejskich w latach osiemdziesiątych XX w. dowiodły bowiem, że funkcja ta jest bardzo ważna i nierozłącznie powiązana z izolowaniem przegród budowlanych przed przenikaniem pary wodnej.

W badaniach wykazano negatywny wpływ przewiewów powietrznych (nazywanych mostkami konwekcyjnymi) na trwałość i energooszczędność dachów. **Przewiewy to niekontrolowane przepływy ciepłego i wilgotnego powietrza wewnętrznego przez nieszczelności w przegrodach, skierowane na zewnątrz budynku.** Jeżeli jakakolwiek paroizoalcja ma dobrze spełnić swoją funkcję, to musi być tak ułożona, aby stanowiła jednolitą warstwę szczelną dla powietrza przenoszącego parę wodną. Z tego powodu paroizolacje zawsze trzeba starannie sklejać na połączeniach poszczególnych pasm (rozwijanych z rolki) oraz na stykach z elementami budynku, takimi jak ściany, kominy, okna dachowe i z wszystkimi instalacjami przechodzącymi przez dach.

Regulatory pary są wytwarzane jako laminaty zbudowane na bazie włóknin i cienkich powłok z tworzyw sztucznych przepuszczających parę wodną w niewielkiej ilości. Najczęściej ich Sd (równoważna dyfuzyjnie grubość powietrza) wynosi 2 – 5 m, a więc są to materiały o większej paroprzepuszczalności od opóźniaczy pary. Dzięki tej właściwości, **regulatory zapobiegają powstawaniu miejscowych zawilgoceń, jakie powstają między płytami g-k a warstwą paroizolacyjną wykonaną z opóźniaczy lub barier parowych**. Miejscowe nagromadzenie wilgoci skutkuje przebarwieniami na farbach nałożonych na płyty g-k, a w skrajnych przypadkach może spowodować powstanie ognisk pleśni (fotografia 1).

O poziomie zawilgocenia styku płyt g-k z warstwą paroizolacyjną decyduje kilka czynników: wilgotność i temperatura powietrza w pomieszczeniach poddasza; rodzaj farb nałożonych na płyty g-k oraz liczba szczelin i pęknięć w tych płytach. Warto zwrócić uwagę na dwa ostatnie czynniki, ponieważ to one głównie decydują, ile pary wodnej przeniknie za płytę g-k. Jeżeli założymy, że nie da się uniknąć szczelin na połączeniach płyt (mocowanych do więźby) ze ścianami, to zastosowanie regulatora może zlikwidować problem, ponieważ para wodna, jaka przedostanie się za płyty, zostanie przekazana w stronę wełny mineralnej. Ten pomysł ma sens tylko w tych dachach, które mogą później pozbyć się tej dodatkowej porcji wilgoci. Takimi właściwościami charakteryzują się dachy wentylowane, w których jest przestrzeń nad termoizolacją lub szczelina wentylacyjna nad wysoko paroprzepuszczalną membraną wstępnego krycia (MWK) osłaniającą wełnę.

Fot. 1. Dach po pięciu latach. Pleśń w narożu oznacza jego zawilgocenie na poziomie płyty g-k. Może to być spowodowane dwoma współistniejącymi powodami: nieszczelnością ułożenia folii PE i zwiększoną ucieczką ciepła przez rozproszenie (narożnik)

Regulatory pary przeznaczone są do stosowania w dachach, w których termoizolacją jest wełna mineralna osłonięta MWK. Jak wiadomo, przez wełnę łatwo przenika powietrze i para wodna, a gdy jest wentylowana, to para wodna może opuścić przegrodę. Mała paroprzepuszczalność regulatorów pary ma jeszcze jedną zaletę. Wynika ona z przenikania odwrotnego pary wodnej, czyli jej przechodzenia z termoizolacji w stronę poddasza. Takie zjawisko zachodzi najczęściej latem, gdy na poddasze napłynie suche powietrze, a dach jest długo ciepły. W przypadku, gdy płyty g-k są pomalowane farbami dyfuzyjnymi, to para wodna przedostaje się z termoizolacji przez regulator i płyty do suchego powietrza, a dach wysycha do środka budynku. W przypadku, gdy przeanalizuje się to zjawisko, łatwo zauważyć, że skuteczność osuszania zwiększa się po umieszczeniu regulatora pary między dwiema warstwami wełny. Pierwsza warstwa stykająca się z płytą g-k działa wtedy jak bufor, który stale podtrzymuje pewną ilość wilgoci, wydłużając czas działania przenikania odwrotnego skierowanego do wewnątrz oraz wyrównuje ciśnienie pary wodnej. Takie usytuowanie regulatora pary spowodowało, że wykonawcy otrzymali dodatkową przestrzeń do prawidłowego połączenia go z murami (fotografie 2 ÷ 5). To jest bardzo duża zaleta umożliwiająca łatwiejsze i szybsze uzyskanie szczelności powietrznej dachu, która przyczynia się do zmniejszenia ilości pary wodnej docierającej do wnętrza dachu. Przy zastosowa-

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

Fot. 2. Pierwszy etap prac ociepleniowych. Wełna o grubości odpowiadającej wysokości krokwi (18 cm) jest podtrzymywana sznurami. Na krokwiach znajduje się taśma dwustronnie klejąca, a na ścianie taśma butylowa

Fot. 4. Widać taśmę butylową na ścianie szczytowej. Wieszaki podtrzymują profile wypełnione wełną mineralną. Profile zostały wypoziomowane do płaszczyzny wyznaczonej obrotową poziomicą laserową

Fot. 3. Do spodu krokwi został zamocowany regulator pary. Wstępnie utrzymywały go taśmy na krokwiach, a później wieszaki do profili metalowych. Po zdjęciu osłonki z taśmy butylowej regulator został przyklejony przez dociśnięcie listwą

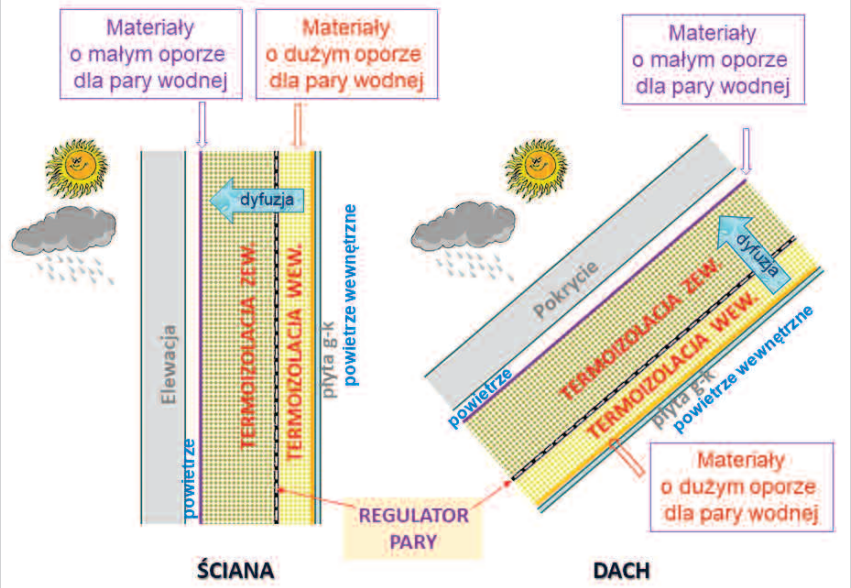
Fot. 5. Do wypoziomowanych profili przykręcono płyty g-k na styk z wełną mineralną o grubości 10 cm. Widać, jak grubość drugiej warstwy termoizolacji kształtuje szeroki pas (10 cm) do szybkiego przyklejenia dwustronnej taśmy butylowej

niu opóźniaczy pary wykonawcy mają bardzo mało miejsca na wykonanie ich połączenia z murami kominów i ścian. Jak z tego wynika, zastosowanie regulatora przynosi wiele korzyści, skutkujących bardzo małym zawilgoceniem całej przegrody dachowej.

Współcześnie regulator pary znalazł podobne zastosowanie polegające na rozdzieleniu dwóch termoizolacji różnego typu. Z rozważań teoretycznych [2] wynika, że mieszany układ termoizolacji (między- i podkrokwiowy) ma szczególne uzasadnienie, gdy termoizolacją ułożoną między krokwiami jest otwartokomórkowa, natryskowa pianka poliuretanowa (OK PUR). Pianki OK PUR stały się popularną termoizolacją, ale z powodu podobnej do wełny mineralnej izolacyjności (λ = 0,035 – 0,038 W/(m•K)) natryśnięcie jednej warstwy nie spełnia wymagań WT 2021. Konieczne jest ułożenie drugiej warstwy zmniejszającej wymagany obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła do wartości $\mathbf{U_{C(max)} = 0,15\ W/(m^2 \cdot K)}$. Natryśnięcie drugiej warstwy jest jednak bardzo trudne z powodu nierówności pierwszej warstwy i braku wytrzymałego, sztywnego podłoża pod drugą warstwę. Dobrym rozwiązaniem jest dołożenie płyt PIR do pierwszej warstwy pianki natryskowej za pomocą wieszaków i profili metalowych (na podobnej zasadzie jak pokazano na fotografiach 2 ÷ 5). Płyty PIR są zamkniętokomórkowe i mają antydyfuzyjne okładziny, a to powoduje, że są znakomitym izolatorem ciepła (λ = 0,022 – 0,025 W/(m•K)) i pary wodnej (sam rdzeń ma współczynnik oporu dyfuzyjnego μ = 50 ÷ 100).

Warto przypomnieć, że pianki OK PUR mają współczynnik oporu dyfuzyjnego μ = 2 – 4, a wełna mineralna zbliżony do 1. Różnicę między nimi stanowi to, że powietrze przemieszcza się wewnątrz wełny i konwekcyjnie przenosi parę wodną w kierunku od ośrodka cieplejszego do chłodniejszego. Dzięki temu wełna szybciej przepuszcza parę wodną niż pianka OK PUR. Trzeba o tym pamiętać, ponieważ omawiany układ może być zastosowany również w zestawie: warstwa wełny między krokwiami i płyta PIR zamontowana od środka (rysunek).

Bez względu na rodzaj termoizolacji między krokwiami, dołożenie płyt PIR od wewnątrz gwarantuje bardzo korzystny układ materiałowy zgodny z zasadą zwiększającej się dyfuzji w zewnętrzną stronę przegrody. W efekcie w przegrodach zewnętrznych dyfuzja każdego z kolejnych materiałów montowanych w kierunku na zewnątrz powinna być coraz mniejsza. Materiały należy więc montować tak, aby te o mniejszym oporze pary wodnej znajdowały się po stronie zewnętrznej, a te o większym po stronie wewnętrznej (rysunek). Dzięki tej zasadzie **przepływ pary wodnej ma zawsze korzystny kierunek: NA ZEWNĄTRZ przegrody**, a więc para wodna może wydostać się do atmosfery. Warto pamiętać, że warunek ten zostanie spełniony tylko wtedy, gdy zewnętrzny materiał w przegrodzie będzie wentylowany. Opisany układ ma uzasadnienie zarówno w wentylowanych dachach (pochyłych i płaskich), jak i w ścianach zewnętrznych. Sprawdźmy, czy wspomniana zasada jest spełniona w układzie pokazanym na rysunku. Strona zewnętrzna to MWK, której równoważna dyfuzyjnie grubość powietrza Sd1 = 0,02 m. Następnie mamy termoizolację zewnętrzną z OK PUR, której min. Sd2 = 0,18 m (wysokość krokwi) x 2 (minimalny współczynnik oporu dyfuzyjnego μ) = 0,36 m, a max. Sd2 = 0,18 m x 4 (maksymalny współczynnik oporu dyfuzyjnego μ) = 0,72 m. Pod tą termoizolacją jest regulator pary o Sd3 = 2 – 5 m, a pod nim PIR grubości 4 – 6 cm i o min. Sd4 = 20 m. Zakładamy, że płyty g-k są wentylowane do środka i ich opór dla pary nie ma żadnego znaczenia, jeżeli płyty są pomalowane farbami dyfuzyjnymi. Jak z tego wynika, w przegrodach pokazanych na rysunku, spełniony jest warunek prawidłowej kolejności wartości dyfuzji materiałów, bo Sd1 < Sd2 < Sd3 < Sd4. Przy czym, regulator pary stanowi w tym układzie bardzo ważną warstwę powietrzno-szczelną. Jego paroprzepuszczalność ma w praktyce taki sens, że gdy szczeliny między płytami PIR zgromadzą jakąś wilgoć, to zostanie ona usunięta dzięki paroprzepuszczalności regulatora. W przypadku, gdy termoizo-



Prawidłowy układ materiałów w zewnętrznych przegrodach ocieplonych w systemie mieszanym: zewnętrzna warstwa wełny jest umieszczona w konstrukcji, a druga po jej wewnętrznej stronie (od środka budynku)

lacją zewnętrzną (wg schematu na rysunku) jest wełna, warunek prawidłowej dyfuzyjnie kolejności materiałów też jest spełniony, ponieważ warstwa wełny o grubości 18 cm będzie miała Sd2 = 0,18 – 0,22 m (Sd1 < Sd2 < Sd3 < Sd4). Warto dodać, że regulatory pary są stosowane w tym samym celu i w tym samym układzie w ścianach zewnętrznych budynków szkieletowych (fotografia 6). Można przypuszczać, że takie ściany są w mniejszym stopniu narażone na przenikanie pary wodnej niż dachy, ponieważ pod dachami jest zawsze więcej pary z powodu przenoszenia jej przez unoszące się ciepłe powietrze. Nie zmienia to jednak konieczności zachowania szczelności powietrznej tych przegród. Warto pamiętać, że w konstrukcjach szkieletowych jest większe prawdopodobieństwo powstania szczelin umożliwiających funkcjonowanie przewiewów. Z tego powodu w szkieletowych budynkach pasywnych zaleca się szczelne układanie paroizolacji po stronie wewnętrznej oraz wiatroizolacji po stronie zewnętrznej ścian. Szczelność powietrzna wiatroizolacji musi być również zachowana na połączeniu z dachem (fotografia 7).

Fot. 6. Wnętrze budowanej ściany szkieletowej z regulatorem pary rozdzielającym termoizolację wewnętrzną wykonaną z płyt PIR i termoizolację umieszczoną w konstrukcji drewnianej ściany wykonaną z wełny drzewnej. Widać taśmę uszczelniającą i łączącą poszczególne pasma paroizolacji

* * *

Paroizolacje typu regulator pary mogą być stosowane w przegrodach zewnętrznych tylko wtedy, gdy ostatni najbardziej zewnętrzny produkt będzie miał odpowiednio wysoką paroprzepuszczalność. W dachach powinna być dobrze wentylowana membrana wstępnego krycia (MWK). Podkreślam dobrą wentylację, ponieważ w Polsce większość dachów ma źle wykonane wloty powietrza wentylującego pokrycie w okapach lub za małą wysokość szczeliny (niską kontrłatę). Dzieje się tak mimo publikowanych zaleceń producentów materiałów pokryciowych zgodnych z normą DIN 4108-3, która jest również powszechnie cytowana we wszystkich wytycznych dekarskich [3]. Drugim ważnym warunkiem w przypadku układów, w których regulator rozdziela dwie warstwy termoizolacji, jest zastosowanie dyfuzyjnych farb do pokrycia płyt g-k stanowiących wewnętrzną, wykończeniową warstwę przegrody dachowej. Wtedy można liczyć, że będzie funkcjonowało przenikanie odwrotne pary wodnej, które zwiększa osuszanie całej przegrody. Podobne zasady obowiązują w ścianach szkieletowych, w których zastosowano paroizolację typu regulator pary. W tym przypadku ściany muszą być dobrze wentylowane, co też wymaga wykonania na ich dole wlotu, a na górze wylotów powietrza atmosferycznego.

Fot. 7. Budynek szkieletowy w budowie. Wysoko paroprzepuszczalna membrana wstępnego krycia jest warstwą uszczelniającą pokrycie (dachówki), a na ścianach jest wiatroizolacją. W obu przegrodach membrana jest szczelnie łączona taśmami i klejem, tak aby nie było przewiewów. Obie warstwy są szczelnie połączone między sobą

Fotografie i rysunek: autor

Literatura

[1] Patoka Krzysztof. 2021. „Funkcje warstw paroizolacyjnych w przegrodach dachowych". *Materiały Budowlane* 582 (02): 32 – 34.

[2] Patoka Krzysztof. 2018. „Ocena współdziałania wełny i płyt PIR". *Materiały Budowlane* 554 (11): 122 – 126.

[3] Patoka Krzysztof. 2018. „Zmiany w zasadach wentylowania dachów w wytycznych Związku Dekarzy Niemieckich". *Materiały Budowlane* 545 (2): 38 ÷ 40.

Partner działu:

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

FAKRO®