

Teresa KUSIONOWICZ
Politechnika Krakowska
Wydział Architektury

ENERGOOSZCZĘDNE ŚCIANY ZEWNĘTRZNE I ICH UDZIAŁ W KSZTAŁTOWANIU WARUNKÓW ŚRODOWISKOWYCH W POMIESZCZENIACH

Streszczenie. Ściana zewnętrzna to element struktury materialnej budynku podlegający oddziaływaniu wielu czynników środowiskowych. Element ten, oprócz funkcji konstrukcyjnej wydzielenia przestrzeni bytowania człowieka, pełni funkcję ochronną dla środowiska wewnętrznego. Przyczyną istotnych zmian w technologii wykonywania ścian zewnętrznych stał się obecnie wymóg oszczędzania energii. Nie należy jednak zapominać, że podstawową funkcją tych konstrukcji powinno być dostosowywanie warunków środowiska geograficznego do potrzeb środowiskowych, głównie klimatycznych i zdrowotnych, człowieka.

Słowa kluczowe: konstrukcje energooszczędne, ściany zewnętrzne, środowisko wewnętrzne.

ENERGY-SAVING EXTERNAL WALL AND THEIR PART OF SHAPING ENVIRONMENT CONDITIONS OF THE ROOMS

Summary. External wall is an element of a material structure of a building which is subject to the impact of numerous environmental factors. This element, apart from the structural function of separating human existence sphere, has a protective function towards the internal environment. The cause of significant changes regarding the technology of wall manufacturing is the energy-saving aspect. However, it should be remembered that the primary function of such structures should be the adjustment of geographical environment conditions to environmental needs, primarily the ones regarding the climate and health aspects of a human being.

Keywords: energy-saving construction, external walls, internal environment.

1. Wprowadzenie

Ściana zewnętrzna budynku nie tylko fizycznie wydziela przestrzeń, ale jednocześnie oddziela środowisko wewnętrzne pomieszczeń od warunków klimatycznych panujących w środowisku zewnętrznym. W naszej strefie klimatycznej warunki środowiska zewnętrznego bardzo często są wyraźnie odmienne od tych, jakie są odpowiednie dla wymogów organizmu człowieka i jakie są niezbędne do jego prawidłowego funkcjonowania. Oprócz realizacji potrzeb nabytych (społecznych) podstawowym celem architektury jest realizowanie potrzeb wrodzonych (biologicznych) człowieka [6]. Prawidłowa realizacja tego zadania ma wpływ nie tylko na komfort funkcjonowania organizmu człowieka, ale jak wykazują badania z zakresu medycyny środowiskowej decyduje o naszej kondycji zdrowotnej [4,5]. W obecnej sytuacji ekonomicznej, przy coraz wyższych kosztach ponoszonych na leczenie ludzi chorych, zagadnienie profilaktyki prozdrowotnej ma ogromne znaczenie nie tylko ekonomiczne, ale przede wszystkim społeczne. Prowadzenie profilaktyki prozdrowotnej powinno być udziałem wszystkich dziedzin naszej działalności. Działalność budowlana, szczególnie w zakresie realizacji budynków, miejsca tak ważnego pod względem warunków bytowania człowieka, wydaje się w tej dziedzinie szczególnie istotna i znacząca. Dlatego niepokoi fakt, że w szeroko zakrojonym planie oszczędzania energii w budownictwie i wdrażaniu nowych energooszczędnych technologii dochodzi do rozwoju zjawisk w wielu aspektach niekorzystnych dla prawidłowego funkcjonowania ciepłno-wilgotnościowego struktury budowlanej i w konsekwencji tego do pogorszenia warunków zdrowotnych środowiska pomieszczeń.

2. Wymagania ochrony cieplnej ścian zewnętrznych

Projektowanym obiektom stawiane są obecnie wysokie wymagania w zakresie oszczędzania energii potrzebnej do ich realizacji, ale przede wszystkim w trakcie ich eksploatacji. W celu realizacji tych wymagań rozwiązania architektoniczno-budowlane budynków uległy w ostatnich latach istotnej modyfikacji, głównie w zakresie energooszczędności. Zastosowanie nowych technologii budowlanych umożliwia realizację obiektów o obniżonym zapotrzebowaniu na energię. W architekturze energooszczędnej szczególnie istotne znaczenie mają przegrody zewnętrzne na styku naturalnego środowiska zewnętrznego i tzw. „sztucznego” środowiska wewnętrznego w budynku. Powierzchniowo dominują w tym zakresie ściany zewnętrzne. Właśnie z uwagi na stawiane tym przegrodom coraz wyższe wymagania w zakresie izolacyjności cieplnej technologie ich wykonywania uległy w ostatnim czasie i podlegają nadal istotnym zmianom. Tradycyjne ściany wykonywane z jednego rodzaju materiału, z betonu, żelbetu i cegły, są konstrukcjami wystarczającymi pod względem wytrzymałości, ale nie stanowią odpowiedniej ochrony

ciepłej budynku. Obecnie konieczne stało się dostosowanie technologii wykonywania tych przegród do stawianych im wymogów energooszczędności. Większość stosowanych w praktyce energooszczędnych konstrukcji ścian zewnętrznych bazuje na zasadzie rozdzielania struktury nośnej od warstwy izolacji termicznej [1]. W efekcie tego przegrody zewnętrzne budynków są ścianami złożonymi z kilku połączonych ze sobą warstw różnych materiałów. Zestawione ze sobą materiały charakteryzują się różnymi właściwościami fizycznymi nie tylko pod względem izolacyjności termicznej, ale również szczelności struktury.

W wielowarstwowych konstrukcjach ścian zewnętrznych funkcja środowiskowa polegająca na ochronie środowiska wewnętrznego przed niekorzystnymi dla człowieka czynnikami klimatycznymi staje się w tych rozwiązaniach zagadnieniem bardziej złożonym w zakresie zachodzących w niej procesów fizycznych. Traci swój jednorodny, uporządkowany charakter. Zarówno przewodzenie ciepła, jak i zagadnienia wilgotnościowe – kapilarność, sorpcyjność, nasiąkliwość czy przede wszystkim paroprzepuszczalność – nie są już procesami jednorodnymi i ich zróżnicowany przebieg zależy od właściwości fizycznych zestawionych ze sobą materiałów budowlanych i występujących pomiędzy nimi współzależności.

Biorąc to pod uwagę, w trakcie wprowadzania konstrukcji warstwowych przegród zewnętrznych do powszechnego stosowania opracowane zostały w naszym kraju nowe normy poświęcone ochronie ciepłej budynków, które miały pomagać projektantom w wyborze prawidłowego pod względem zagrożeń ciepłno-wilgotnościowych sposobu ich rozwiązywania. W zakresie wykonywania warstwowych, pionowych przegród zewnętrznych wprowadzono normatywny wymóg takiego zestawiania materiałów, który miał zapewnić płynną dyfuzję pary wodnej z pomieszczeń na zewnątrz. W załączniku nr 2 polskiej normy PN-91/B-02020 bardzo szczegółowo określone zostały zasady projektowania takich przegród pod względem wilgotnościowym. W normie tej postawione zostały specjalne wymagania projektowaniu ciepłochronnych przegród pod kątem uniknięcia nadmiernej kondensacji pary wodnej wewnątrz przegrody. Opracowane w tym zakresie zasady uwzględniały specyfikę funkcjonowania tych konstrukcji w zależności od zróżnicowanych uwarunkowań. W załączniku tej normy podana została klasyfikacja pomieszczeń pod względem wilgotności i klasyfikacja przegród pod względem liczby i układu warstw. Uwzględnione zostało także zagadnienie wilgotności początkowej wbudowanych materiałów i zawilgocenie wodą z opadów atmosferycznych. Według tej normy układ materiałów w ścianach, od wnętrza na zewnątrz budynku, miał być zgodny z malejącym oporem dyfuzyjnym poszczególnych warstw, umożliwiającym swobodny przepływ pary wodnej. Przy konieczności wprowadzenia szczelnych wypraw elewacyjnych zalecano stosowanie szczelin wentylacyjnych umożliwiających wysuszenie na wypadek wewnętrznego zawilgocenia. Tylko przy niemożliwości spełnienia tych warunków i po przeprowadzeniu obliczenia przyrostu wilgotności materiałów przegrody polska norma PN-82/B-02020 dopuszczała stosowanie paroizolacji.

3. Wybrane problemy zawilgocenia struktury ściany zewnętrznej

Szczególnie groźnym zjawiskiem, zarówno dla struktury materialnej, jak i dla funkcji środowiskowej przegród zewnętrznych, jest proces zawilgocenia ich materiału. Pojawienie się wilgoci w strukturze przegrody jednorodnej materiałowo wyraźnie osłabia jej funkcję termoizolacyjną, a na skutek korozji mechanicznej (zamarzanie wody) może prowadzić do osłabienia jej wytrzymałości konstrukcyjnej. Zagrożenia tego typu występowały już wcześniej w tradycyjnych konstrukcjach przegród zewnętrznych. W procesie zawilgocenia tych przegród dominowała jednak wilgoć opadowa, a dzięki jednorodnej strukturze i porowatości ich materiału, a także materiału wpraw elewacyjnych, proces dyfuzji pary wodnej i osuszania tych elementów przebiegał wystarczająco sprawnie. Osuszanie to występowało zarówno na zewnątrz, jak i do wnętrza budynku, co wpływało w przeszłości niekorzystnie na poziom wilgotności powietrza wewnętrznego, a więc i na warunki komfortu cieplnego w pomieszczeniach. Obecnie w sezonie grzewczym, kiedy wysokowydajne systemy ogrzewania powodują znaczne przesuszenie powietrza wewnętrznego (nawet poniżej 40% wilgotności), proces częściowego osuszania przegrody do wnętrza nabiera nowego znaczenia w zakresie utrzymania odpowiedniej dla wymogów organizmu człowieka wilgotności środowiska w pomieszczeniach.

W prawidłowo zaprojektowanych energooszczędnych warstwowych konstrukcjach ścian zewnętrznych mamy do czynienia z podobnym jak w tradycyjnych konstrukcjach zakresem zjawisk ciepło-wilgotnościowych i ich wpływem na warunki środowiska wewnętrznego. W warstwowych ścianach energooszczędnych materiał części konstrukcyjnej chroniony jest przed wilgocią opadową przez warstwy zewnętrzne, a nawet w przypadku, gdyby do zawilgocenia tej warstwy doszło, to zagrożenie zamrożenia tej wilgoci jest raczej mało prawdopodobne. W ścianach tego typu, szczególnie w przypadku konstrukcji zestawionych z materiałów o zmiennych parametrach paroprzepuszczalności, istotnym zagrożeniem jest możliwość wystąpienia zawilgocenia struktury wewnętrznej w wyniku dyfuzji i kondensacji pary wodnej. W zakresie warunków środowiska wewnętrznego zawilgocenie przegrody może przyczynić się do podwyższenia poziomu wilgotności powietrza w pomieszczeniu. W sezonie grzewczym może to mieć korzystny wpływ na stabilizację wilgotności powietrza wewnętrznego. Zawilgocenie warstwy termoizolacyjnej powoduje podwyższenie przewodności cieplnej materiału, co prowadzi do obniżenia jej właściwości ochrony cieplnej. Jest to sytuacja bardzo niekorzystna w zakresie prawidłowego funkcjonowania warstwy termoizolacji, energooszczędności tych konstrukcji, a także ochrony i kształtowania warunków komfortu cieplnego w budynkach. Zawilgocenie materiału termoizolacyjnego może nastąpić także na skutek kapilarnego przemieszczania się wilgoci z warstwy zewnętrznej, narażonej na wilgoć opadową. Dodatkowym aspektem środowiskowym zawilgocenia zewnętrznej warstwy przegrody jest korozja mechaniczna jej materiału. Proces niszczenia materiału tej warstwy na skutek zamarzania wody przyczynia się do wzrostu ilości

zanieczyszczeń pyłowych w powietrzu zewnętrznym, które to zanieczyszczenia wraz z powietrzem przenoszone są do wnętrza budynku.

W przypadku źle zaprojektowanych pod względem przebiegu dyfuzji pary wodnej energooszczędnych, warstwowych ścianach zewnętrznych zagadnienie zawilgocenia ich struktury materialnej przybiera o wiele bardziej złożony i groźny dla warunków zdrowotnych środowiska w pomieszczeniach charakter. W ścianach, w których współczynnik oporu dyfuzyjnego materiałów warstw zewnętrznych (warstwa termoizolacji i okładziny zewnętrznej) jest większy od współczynnika oporu dyfuzyjnego materiału części konstrukcyjnej, dyfuzja pary wodnej nie może przebiegać swobodnie i napotyka na wyraźne utrudnienia spowalniające jej przebieg. W niesprzyjających okolicznościach może dochodzić do wykroplenia pary wodnej i zawilgocenia struktury materialnej części konstrukcyjnej. Wysuszenie ściany w takich przypadkach możliwe jest głównie do wnętrza i ma to wpływ na warunki wilgotnościowe środowiska wewnętrznego. Chroniąc te przegrody przed wystąpieniem tego typu zagrożeń, stosowane są różne metody uszczelnienia tych elementów. Celem tych działań jest uniemożliwienie dyfuzji pary wodnej przez strukturę materialną ściany. W praktyce zapewnienie 100% szczelności takich konstrukcji jest niemożliwe do wykonania. Dyfuzja pary wodnej może następować nawet poprzez niewielkie punktowe uszkodzenia szczelnej warstwy. Dlatego stosowanie takich rozwiązań daje możliwość rozwoju zupełnie nowych rodzajów zagrożeń środowiskowych w strukturze ściany.

4. Zagadnienie szczelności ścian zewnętrznych

W stosowanych obecnie rozwiązaniach występuje tendencja uzyskiwania lepszych efektów ciepłochronności nie tylko w wyniku zastosowania warstwy ochrony termicznej, ale także na drodze uszczelniania przegród. Wysokim współczynnikiem oporu dyfuzyjnego charakteryzują się między innymi niektóre materiały izolacji termicznej. Niejako na wszelki wypadek, bez sprawdzenia zasadności takiego działania wykonywana jest w energooszczędnych ścianach zewnętrznych, głównie typu szkieletowego, paroizolacja z folii. W dwuwarstwowych i wielowarstwowych konstrukcja stosowane są szczelne wyprawy tynkarskie, głównie na zewnętrznej powierzchni ścian, ale także w zakresie wypraw wewnętrznych. Brak jest podstawowej, w zakresie bezpiecznego zestawiania ze sobą materiałów, informacji na temat współczynnika oporu dyfuzyjnego tynków wykorzystywanych w technologiach budowlanych stosowanych między innymi w trakcie modernizacji termicznej – docieplaniu istniejących budynków. Nie zawiera takiej informacji polska norma PN-EN 12524 poświęcona właściwościom cieplno-wilgotnościowym materiałów budowlanych. W zakresie tynków i zapraw tynkarskich obejmuje jedynie tynki wykonywane na bazie gipsu, wapna, cementu i piasku, które charakteryzują się niewielkim współczynnikiem oporu dyfuzyjnego $\mu = 10$, w stosunku na przykład do akrylu, tworzywa

sztucznego, którego współczynnik oporu dyfuzyjnego w formie stałej wynosi $\mu = 10\ 000$. Można więc przypuszczać, że tak rozpowszechnione w stosowaniu w technologiach dociepleń tynki akrylowe będą się charakteryzowały znacznie większą szczelnością niż tradycyjne tynki cementowe czy też cementowo-wapienne.

Szczelność części warstw przegród energooszczędnych utrudnia i komplikuje proces dyfuzji pary wodnej przez ścianę, ale nie jest w stanie temu procesowi zapobiec. Szczelne powłoki ulegają licznym mikrouszkodzeniom zarówno w trakcie realizacji, jak i w trakcie eksploatacji. Wykonywane na bazie tworzyw sztucznych warstwy szczelne, narażone na częste wahania temperatury, stosunkowo szybko tracą swoje właściwości plastyczne w wyniku procesu tzw. starzenia się, a to osłabia ich funkcję paroizolacji. Co gorsza, powłoki tego typu utrudniają wysuszenie pojawiającego się w strukturze zawilgocenia, a to prowadzi do stopniowego narastania wilgotności materiałów przegrody. W efekcie przedłużającego się zawilgocenia materiału dochodzi do pojawienia się i rozwoju zagrożeń biologicznych we wnętrzu ściany. Zawilgocenie materiału termoizolacji osłabia jej właściwości ochrony cieplnej i nie pełni ona swojej funkcji tak, jak było to przyjęte w trakcie projektowania zgodnie z obowiązującymi przepisami. Stopniowe pogarszanie się warunków cieplno-wilgotnościowych funkcjonowania ściany ma charakter narastający i stanowi w wielu aspektach (temperatura, wilgotność, czynniki biologiczne, zanieczyszczenia pyłowe powietrza) istotne zagrożenie dla zdrowotnych warunków środowiska w pomieszczeniach.

Praktyka zastosowania nowej generacji szczelnych wpraw tynkarskich w systemach docieplania konstrukcji ścian zewnętrznych ukazała nowe problemy w zakresie rozwoju zagrożeń biologicznych na elewacjach budynków. W tradycyjnych rozwiązaniach budowlanych zagrożenie rozwoju mikroorganizmów (porostów i mchów) na elewacjach budynków występowało jedynie w strefie przyziemia – cokołu i w miejscach szczególnie narażonych na dodatkowe zawilgocenie odbitymi wodami opadowymi. Pozostała powierzchnia ścian, pomimo narażenia na wody opadowe, nie ulegała korozji biologicznej, ale jedynie korozji mechanicznej i to po wieloletnim funkcjonowaniu. Korzystnym elementem profilaktyki rozwoju mikroorganizmów było zapewne stosowanie domieszki wapna w produkcji tynków. W tej sytuacji za ogromnie niepokojący uznać należy fakt pojawienia się tego rodzaju korozji biologicznej na całej powierzchni docieplanych ścian i to zaledwie po krótkim (3 - 5 lat) okresie ich funkcjonowania. Wszystko wskazuje na to, że przyczyny rozwoju mchów i porostów na powierzchni zewnętrznej ścian, w dowolnie rozmieszczonych miejscach upatrywać należy właśnie w szczelności wpraw tynkarskich. Rozwój tych mikroorganizmów wyraźnie wskazuje na utrzymujące się zawilgocenie struktury materialnej i fakt, że stosowanie takich tynków nie zabezpiecza przegrody przed zawilgoceniem wodą opadową. Uzyskanie szczelności wyprawy, nawet takiej wykonywanej na bazie tworzyw sztucznych, jest w praktyce niemożliwe. Wzrastająca z biegiem lat sztywność tynku, narażenie tej warstwy na duże dobowe wahania temperatury i wykonywanie takich wpraw na dużych powierzchniach bez dylatacji umożliwiających ich wydłużenie

liniowe skutkują powstaniem licznych pęknięć. Wzmocnienie tej warstwy przezbrojeniem, plastikowymi siatkami kotwionymi razem z materiałem termoizolacyjnym, nie zapobiega jej spękaniu.

Szczelne warstwy i wyprawy elewacyjne utrudniają wysuszenie struktury ściany. Zawilgocenie stopniowo narasta i utrzymuje się przez coraz dłuższy czas. Dla rozwoju grzybów i pleśni szczególnie istotny jest właśnie czas występowania podwyższonej wilgotności materiału podłoża. W ostatnim czasie wyraźnie widoczny jest wzrost liczby obiektów zarażonych rozwojem korozji biologicznej. Coraz częściej problem mikrobiologicznego skażenia budynków pojawia się po wykonaniu zabiegów termomodernizacyjnych [3]. Rozwój mikroorganizmów na elewacjach modernizowanych obiektów jest wyraźnym świadectwem, że jest to możliwe na skutek licznych pęknięć wyprawy tynkarskiej, które umożliwiają przenikanie wilgoci. Brak możliwości wysuszenia tej wilgoci i przedłużające się zawilgocenie ściany stwarzają warunki niezbędne do rozwój zagrożeń biologicznych. Zawilgocenie materiału to proces narastający, a rozwój mchów i porostów niezwykle go potęguje. W efekcie utrzymującego się zawilgocenia struktury materialnej przegrody dochodzi do zaburzenia prawidłowego pod względem cieplno-wilgotnościowym funkcjonowania warstwowych ścian zewnętrznych [2]. Utrzymujące się zawilgocenie struktury ściany jest istotnym zagrożeniem środowiska wewnętrznego nie tylko w zakresie komfortu cieplnego, ale przede wszystkim z powodu możliwości pojawienia się w pomieszczeniach szkodliwych dla zdrowia człowieka czynników biologicznych w postaci pleśni i grzybów rozwijających się po wewnętrznej stronie ściany. Procesowi temu sprzyja podwyższona temperatura powietrza wewnętrznego. O ile rozwój mchów i porostów na elewacjach nie stanowi bezpośredniego zagrożenia zdrowia człowieka, to grzyby stwarzają ogromne zagrożenie zdrowotne w formie mikotoksyn i zarodników, które pojawiają się jako efekt funkcji życiowych tych mikroorganizmów. Zagrożenia te są szczególnie niebezpieczne w zamkniętym przestrzennie środowisku pomieszczeń przy ograniczonej, także z uwagi na oszczędzanie energii, wentylacji. W efekcie rozwoju mikroorganizmów pojawia się proces korozji biologicznej materiałów, a to prowadzi do wzrostu zanieczyszczeń pyłowych w powietrzu wewnętrznym.

Stosowanie do zewnętrznych wypraw tynkarskich i farb elewacyjnych domieszki preparatów zapobiegających rozwojowi mikroorganizmów nie rozwiązuje problemu narastającego zawilgocenia struktury materialnej ścian zewnętrznych za tymi powłokami. Dodatkowo domieszki szkodliwe dla tych organizmów są także szkodliwe dla człowieka. Ulegają wyplukiwaniu, a także wykruszaniu i unoszą się w powietrzu w formie zanieczyszczeń pyłowych. Wyprawy takie tracą swoje właściwości i wymagają systematycznego odnawiania dla zapewnienia skutecznej profilaktyki rozwoju mchów i porostów. W efekcie tych zabiegów wzrasta zanieczyszczenie chemiczne powietrza w bezpośrednim otoczeniu budynku, a więc i w jego wnętrzu. Pomimo braku oznak infekcji mikrobiologicznej na elewacjach proces zawilgocenia struktury ściany postępuje i to

w gorszej, bo utajnionej, formie. Zabiegi te nie są więc w stanie zahamować o wiele groźniejszego dla organizmu człowieka rozwoju grzybów i pleśni w pomieszczeniach.

5. Podsumowanie

Konstruowanie przegród zewnętrznych oddzielających środowisko wewnętrzne od środowiska zewnętrznego, które w naszych warunkach klimatycznych przez większą część roku są wyraźnie różnymi środowiskami fizycznymi, wymaga szczególnej dbałości, ponieważ konstrukcje te podlegają wpływom obu tych środowisk. Projektowanie ścian zewnętrznych wymaga zapewnienia prawidłowego funkcjonowania tych elementów, nie tylko w zakresie wytrzymałości mechanicznej i energooszczędności, ale także procesów fizycznych zachodzących w ich wnętrzu. Wymaga to zachowania możliwości swobodnej dyfuzji pary wodnej przez przegrodę poprzez dobór odpowiednich materiałów i ich układu w konstrukcji ściany.

Praktyka budowlana pokazuje, że oprócz niewątpliwie korzystnego pod względem energooszczędności aspektu zastosowania materiałów termoizolacyjnych, w efekcie błędów projektowych dochodzi w tych przegrodach do rozwoju zupełnie nowych zjawisk, niekorzystnych nie tylko dla trwałości materiału ich konstrukcji, ale także powodujących rozwój czynników zagrożenia jakości zdrowotnej środowiska w budynkach. Rozwój większości zagrożeń zdrowotnych w środowisku pomieszczeń jest spowodowany złym funkcjonowaniem ścian zewnętrznych pod względem wilgotnościowym. Stosowanie szczelnych warstw w konstrukcjach tych przegród nie zapobiega pojawieniu się wilgoci w ich wnętrzu. Szczelne warstwy, a szczególnie wyprawy zewnętrzne, utrudniają nie tylko proces dyfuzji pary wodnej przez przegrodę, ale utrudniając wysuszenie jej struktury, powodują narastanie wilgotności materiałów i rozwój zagrożeń biologicznych, szczególnie mikrobiologicznych, niezwykle szkodliwych dla organizmu człowieka.

Najlepszym przeciwdziałaniem infekcjom mikologicznym jest niedopuszczenie do przedłużającego się zawilgocenia materiałów. Nie jesteśmy w stanie uniknąć zawilgocenia materiału w przegrodach zewnętrznych, nawet tych pionowych, ale możemy zadbać o stworzenie możliwości jak najszybszego jego wysuszenia. W świetle przedstawionych zagrożeń najlepszym rozwiązaniem w ramach konstrukcji energooszczędnych wydają się w świetle przedstawionych zagrożeń ściany trójwarstwowe ze szczeliną powietrzną. Prawdłowo wentylowana szczelina powietrzna umożliwia wysuszenie wnętrza przegrody zarówno w zakresie zawilgocenia powstałego z wykroplenia dyfundującej pary wodnej, jak i z zawilgocenia na skutek opadów atmosferycznych. Doskonale chroni warstwę termoizolacji przed wilgocią opadową, przez co zapewnia jej prawidłowe funkcjonowanie w zakresie ochrony cieplnej. Dzięki zastosowaniu szczeliny powietrznej pomiędzy materiałem izolacji termicznej i okładziną zewnętrzną możemy bez obaw o prawidłowe pod względem cieplno-

-wilgotnościowym funkcjonowanie takiej przegrody wykonać tą okładzinę ze szczelnego materiału. Okładzina taka nie będzie miała wpływu na swobodną dyfuzję pary wodnej przez pozostałe podstawowe warstwy przegrody i będzie ich doskonałą ochroną przed opadami atmosferycznymi.

Bibliografia

1. Byrdy Cz.: Ciepłochronne konstrukcje ścian zewnętrznych budynków mieszkalnych. Politechnika Krakowska, Kraków 2006.
2. Hop T.: Konstrukcje warstwowe. Arkady, Warszawa 1980.
3. Janińska B.: Warunki rozwoju grzybów pleśniowych w budynkach poddanych termomodernizacji. „Materiały Budowlane”, nr 8, 2000, s. 80–82.
4. Jethon Z., Grzybowski A. (red.): Medycyna zapobiegawcza i środowiskowa. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2000, s. 49–95.
5. Marcinkowski J.T. (red.): Podstawy higieny. Volumed, Wrocław 1997, s. 31–154.
6. Wojda A.: O projektowaniu w architekturze. Politechnika Krakowska, Kraków 1984.
7. PN-82/B-02020 – Ochrona cieplna budynków. Wymagania i obliczenia.
8. PN-91/B-022020 – Ochrona cieplna budynków. Wymagania i obliczenia.
9. PN-EN 12524 – Materiały i wyroby budowlane. Właściwości cieplno-wilgotnościowe. Tabele wartości obliczeniowe.