

mgr Wojciech Siemiński<sup>1)</sup>

# Projektowanie izolacji termicznej budynku – kształtowanie mikroklimatu pomieszczeń

## *Designing building's thermal insulation – creating room microclimate*

DOI: 10.15199/33.2015.04.09

**Streszczenie.** Wpływ na klimat w pomieszczeniach budynków wywiera odpowiednia konstrukcja ścian zewnętrznych. Przegrody te powinny być tak zaprojektowane, aby nie występowało w nich niekorzystne zjawisko kondensacji pary wodnej. Rozwiązaniem pomocnym w projektowaniu konstrukcji przegród są programy komputerowe bezpłatnie oferowane przez producentów systemów ocieplania budynków. W artykule przeanalizowano przykładową przegrodę, korzystając z oprogramowania firmy Sempre Farby Sp. z o.o.

**Słowa kluczowe:** konstrukcja przegród budowlanych, parametry cieplno-wilgotnościowe ścian, system ociepleń BSO.

**Abstract.** A well designed construction of external walls influences room climate. Wall barriers should be designed in such a way that the unbeneficial condensation of steam does not occur. Free computer programs offered by producers of building insulation systems are a solution that is useful at designing internal walls. In this article an exemplary wall barrier is analyzed using Sempre Farby Sp. z o.o. software.

**Keywords:** construction of wall barriers, thermal-humidity parameters of walls, ETICS insulation systems.

Konstrukcja przegrody zewnętrznej wywiera wpływ na mikroklimat pomieszczeń w ocieplanych budynkach. Przy dużej dostępności materiałów budowlanych o różnych parametrach fizycznych możliwe jest projektowanie przegród w taki sposób, aby uniknąć kondensacji pary wodnej w przegrodzie oraz zapewnić najkorzystniejszy komfort cieplny dla człowieka. Podczas przeprowadzania obliczeń cieplno-wilgotnościowych można się posłużyć bezpłatnymi programami komputerowymi oferowanymi przez renomowanych producentów systemów ocieplania budynków. W artykule przedstawiono niektóre przykładowe możliwości takiego oprogramowania przydatne w projektowaniu ocieplania ścian metodą lekką mokrą, inaczej zwaną BSO (Bezspoinowy System Ociepleń). Nazywa się ją „mokrą” ze względu na konieczność użycia wody do sporządzenia zapraw i wypraw tynkarskich wchodzących w jej skład. Zgodnie z wytycznymi do europejskich aprobat technicznych dotyczących systemów ociepla-

nia ścian zewnętrznych ETAG 004, do metody lekkiej mokrej stosuje się również określenie ETICS (z ang. *External Thermal Insulation Composite Systems*) [1]. Polega ona na zamocowaniu warstwy izolacji termicznej do ścian zewnętrznych i zabezpieczeniu jej siatką z włókna szklanego, która zatopiona jest w zaprawie klejąco-szpachlowej. Całość pokryta zostaje cienkowarstwową zaprawą tynkarską. Najczęściej do wykonania warstwy termooizolacyjnej stosowane są płyty styropianowe lub z wełny mineralnej.

Pomimo że metoda BSO jest powszechnie stosowana w termomodernizacji budynków istniejących oraz nowo wznoszonych, nadal budzi wiele kontrowersji. Najczęściej ich przyczyną są pojawiające się reklamacje wynikające z niestaranego wykonawstwa. Źródło dyskusji stanowią też niekorzystne zmiany w mikroklimacie pomieszczeń ocieplanych budynków. Sytuacja taka dotyczy głównie budynków istniejących poddawanych termomodernizacji. Wpływ na to zjawisko wywierają różne czynniki związane z rodzajem zastosowanych materiałów, grubością poszczególnych warstw i ich usytuowaniem w konstrukcji przegrody.

W nieodpowiednio dobranym układzie konstrukcyjnym ściany będzie dochodziło do wykraplania się pary wodnej oraz jej akumulacji i kondensacji w przegrodzie, a co za tym idzie, szybkiej degradacji. Wyeliminowanie tego zjawiska jest możliwe dzięki prawidłowemu zaprojektowaniu przegród budowlanych, czyli w taki sposób, aby zapewnić poprawny przebieg procesów wilgotnościowych na ich powierzchni oraz wewnątrz.

### Metodyka obliczenia parametrów cieplno-wilgotnościowych przegrody

Z punktu widzenia jakości energetycznej budynku najważniejszą cechą przegrody budowlanej jest **współczynnik przenikania ciepła  $U$** . Wartość tego współczynnika można kształtować przez odpowiedni dobór materiałów budowlanych. Metodę obliczania określa norma PN-EN ISO 6946:2008 [2]. Tok obliczeń obejmuje ustalenie współczynników przewodzenia ciepła  $\lambda$  materiałów wchodzących w skład przegrody budowlanej, a następnie obliczenie oporu cieplnego  $R$  przegród i współczynnika przenikania ciepła  $U$ . W związku z koniecznością ogranicze-

<sup>1)</sup> Sempre Farby Sp. z o.o.;  
e-mail: wsieminski@semprefarby.pl

nia zużycia energii w budownictwie, a tym samym zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska produktami spalania, określone zostały dopuszczalne wartości współczynników przenikania ciepła ścian, które w latach 2014–2016 nie mogą przekraczać  $0,25 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  [3].

W celu zapewnienia właściwego dla człowieka mikroklimatu pomieszczeń, podczas ustalania wartości współczynnika  $U$  rozpatruje się również zjawiska związane z warunkami wilgotnościowymi kształtującymi się na powierzchni przegrody i w jej wnętrzu. Przegroda zewnętrzna jest prawidłowo zaprojektowana, gdy na jej wewnętrznej powierzchni nie występuje kondensacja pary wodnej, umożliwiającą rozwój grzybów pleśniowych, a we wnętrzu nie ma narastającego w kolejnych latach zawilgocenia spowodowanego kondensacją pary. Spełnienie tego warunku polega na zaprojektowaniu przegrody tak, aby maksymalny obliczeniowy współczynnik temperaturowy  $f_{Rsi}$  na powierzchni wewnętrznej był mniejszy od wartości dopuszczalnej. **Oznacza to, że temperatura przegrody na powierzchni wewnętrznej nie może być niższa od przyjętego minimum.** Wymagane jest w związku z tym wykonanie obliczeń dla projektowanej przegrody na kolejne miesiące roku. Znając wilgotność i temperaturę powietrza zewnętrznego, parametry cieplne oraz wilgotnościowe warstw przegrody, wyznacza się rozkład ciśnienia pary wodnej w przegrodzie oraz oblicza się współczynnik temperaturowy na powierzchni wewnętrznej.

### Wykorzystanie gotowych programów do obliczeń cieplno-wilgotnościowych

Odpowiednie zaprojektowanie przegrody w aspekcie wartości współczynnika przenikania ciepła  $U$  i zasad zabezpieczenia konstrukcji ściany przed nadmiernym zawilgoceniem wymaga przeprowadzenia żmudnych i czasochłonnych obliczeń dotyczących różnych konfiguracji elementów ściany. Dużym ułatwieniem jest skorzystanie z gotowych programów komputerowych zamieszczanych na stronach czołowych producentów systemów ocieplania ścian budynków. Programy takie bazują na metodyce obliczeń ujętej w aktualnych normach i pozwalają szybko przeanalizować różne konfigu-

racje konstrukcji w aspekcie uzyskania najkorzystniejszego komfortu cieplnego pomieszczeń.

Dane, tabele i wykresy zamieszczone w artykule pochodzą z programu firmy Sempre, służącego do obliczania parametrów cieplno-wilgotnościowych przegród budowlanych. Została w nim zdefiniowana przykładowa przegroda budowlana składająca się z betonu komórkowego i systemu ociepleń ze styropianem jako warstwą termoizolacyjną. Możliwe jest definiowanie przegrody budowlanej składającej się z kilku warstw. Właściwości materiałowe każdej warstwy można określić, stosując zbiór materiałów budowlanych opracowany na podstawie PN-EN 12524, PN-EN ISO 6946, PN-EN 1745, PN 91/B-02020, PN-EN ISO 10456 lub stosując wartości obliczeniowe podane w specyfikacjach materiałów i wyrobów. W obliczeniach uwzględnia się także warstwy powietrzne wentylowane i niewentylowane, dla których parametry obliczeniowe określone są wg normy PN-EN ISO 6946. Na rysunku 1 przedstawiono widok strony zawierającej komponenty przegrody wraz z podaniem właściwości zastosowanych materiałów.

Podczas określania wartości współczynnika  $U$  można wprowadzić poprawki uwzględniające nieszczelność materiałów termoizolacyjnych oraz straty spowodowane obecnością łączników mechanicznych z uwzględnieniem rodzaju materiału, ich długości itp. Pro-

gram pozwala na uwzględnienie wartości mostków liniowych [4], które można traktować jako wartości liczbowe (jeżeli są znane) lub automatycznie korzystać z wbudowanego katalogu mostków. Aby zapobiec szkodliwym zjawiskom związanym z krytyczną wilgotnością powierzchni, program oblicza wartość minimalnego czynnika temperaturowego na powierzchni wewnętrznej przegrody  $f_{Rsi}$ , po czym prezentuje obliczone wartości  $f_{Rsi,min}$  dla każdego miesiąca, wartość  $f_{Rsi,max}$  dla miesiąca krytycznego oraz wartość  $f_{Rsi}$  przegrody wraz ze sprawdzeniem spełnienia warunku  $f_{Rsi, przegrody} > f_{Rsi,max}$  [5].

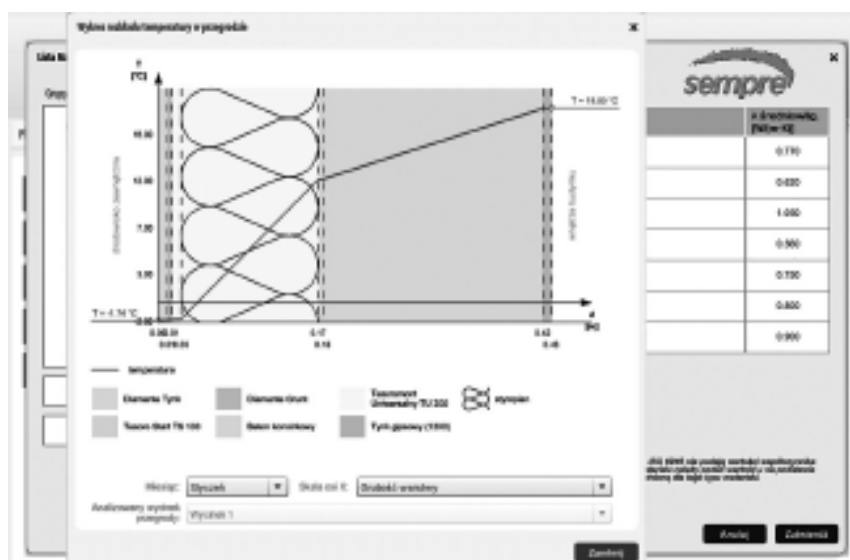
W przypadku analizowanej przegrody wartość  $f_{Rsi} = 0,98$ ,  $f_{Rsi,max} = 0,814$ , a więc warunek  $f_{Rsi, przegrody} > f_{Rsi,max}$  jest spełniony. Przegroda została zatem zaprojektowana prawidłowo pod kątem uniknięcia rozwoju pleśni.

Metodologia obliczania warunków wilgotnościowych kształtujących się we wnętrzu przegrody budowlanej polega na ocenie przebiegu dwóch linii ciśnienia cząstkowego: pary wodnej nasyconej i pary wodnej rzeczywistej [4]. Program umożliwia prezentowanie wyników obliczeń w postaci graficznej. Przebieg tych linii wykonany jest jako zależność parametru charakteryzującego możliwość dyfuzji pary wodnej przez poszczególne warstwy i powłoki przegrody budowlanej, tj. dyfuzyjnie równoważnej grubości warstwy powietrznej  $s_d$  poszczególnych warstw i całego układu konstrukcyjnego w odniesieniu do po-



Rys 1. Budowa przegrody i właściwości zastosowanych materiałów

Fig. 1. Building of a barrier and properties of used materials



Rys. 2. Rozkład temperatury w przegrodzie zewnętrznej składającej się z betonu lekkiego i systemu ociepleń z zastosowaniem materiałów Sempre

Fig. 2. Distribution of temperature in an external barrier consisting of lightweight concrete and an insulation system with the use of Sempre materials

szczególnych miesięcy, przy założeniu średnich miesięcznych parametrów temperaturowo-wilgotnościowych powietrza na zewnątrz budynku. Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy rozkład temperatury w przegrodzie w przypadku jednego miesiąca (stycznia) i odpowiadający mu wykres rozkładu ciśnienia w tym samym okresie (rysunek 3).

Analizując wykresy rozkładu ciśnienia pary wodnej wewnątrz przegrody

w poszczególnych miesiącach, stwierdzono, że kondensacja pary wodnej nie wystąpiła w całym roku. Zjawisko to można zaakceptować w miesiącach zimowych, jeżeli dotyczy krótkiego czasu, układ konstrukcyjny umożliwia odparowanie kondensatu latem i nie zachodzi destrukcja materiałów budowlanych przegrody w wyniku kondensacji.

Możliwość korzystania z gotowych rozwiązań pozwalających na szybkie

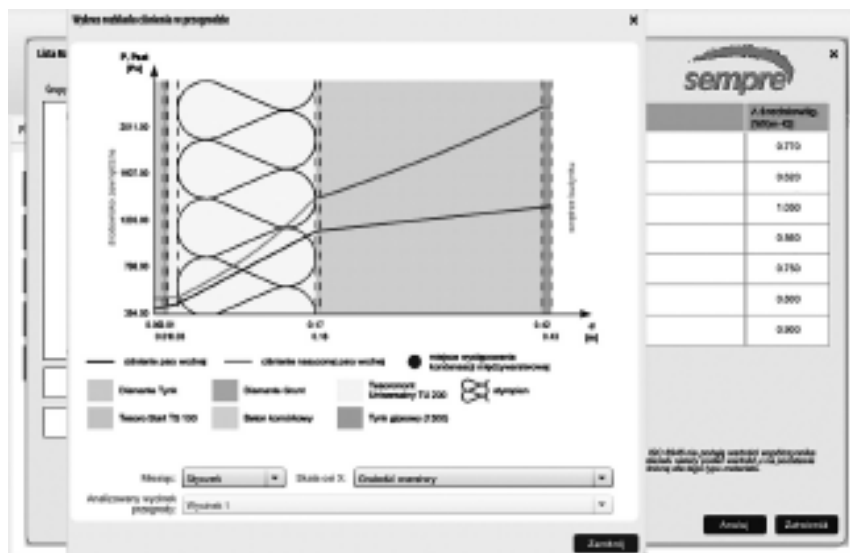
dokonywanie obliczeń cieplno-wilgotnościowych połączona z dostępnością rozbudowanej bazy materiałów budowlanych o różnych parametrach fizycznych usprawnia kształtowanie układów konstrukcyjnych przegród w taki sposób, aby zjawisko wykrapiania pary wodnej w przegrodzie nie występowało w całym roku. Unika się dzięki temu pogorszenia mikroklimatu pomieszczeń ocieplanego budynku oraz eliminuje ewentualny wpływ wilgoci na trwałość materiałów, z których wykonane są zewnętrzne przegrody budynku.

## Podsumowanie

W celu zapewnienia właściwego dla człowieka mikroklimatu pomieszczeń, w kształtowaniu wartości współczynnika  $U$  przegród zewnętrznych rozpatruje się zjawiska związane z warunkami wilgotnościowymi na ich powierzchni i we wnętrzu.

Rozwiązaniem pomocnym w projektowaniu konstrukcji przegrody są programy komputerowe bezpłatnie oferowane przez producentów systemów ocieplania budynków.

Możliwość szybkiego dokonania obliczeń cieplno-wilgotnościowych dla różnych konfiguracji konstrukcji przegrody umożliwia jej zaprojektowanie w taki sposób, aby uniknąć ewentualnej kondensacji pary wodnej podczas całorocznej eksploatacji budynku, a tym samym zwiększyć jej trwałość i bezpieczeństwo użytkowania.



Rys. 3. Rozkład ciśnienia pary wodnej w przegrodzie zewnętrznej składającej się z betonu lekkiego i systemu ociepleń z zastosowaniem materiałów Sempre

Fig. 3. Distribution of steam pressure of in an external barrier consisting of lightweight concrete and an insulation system with the use of Sempre materials

## Literatura

- [1] ETAG 004:2008, Złożone systemy izolacji cieplnej z wyprawami tynkarskimi ETICS. PN-EN ISO 6946:2008, Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania.
- [2] PN-EN ISO 10211:2008, Mostki cieplne w budynkach. Strumienie ciepła i temperatury powierzchni. Obliczenia szczegółowe.
- [3] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z 5 lipca 2013 r. Dz.U. 2013, poz. 926.
- [4] PN-EN ISO 13788:2003, Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa.
- [5] Ujma A., Projektowanie przegród budowlanych – zjawiska cieplno-wilgotnościowe, Izolacje nr 5/2013.

Otrzymano 17.02.2015