BUDOWNICTWO OGÓLNE

ZAGADNIENIA KONSTRUKCYJNE, MATERIAŁOWE I CIEPLNO-WILGOTNOŚCIOWE W BUDOWNICTWIE

Wydawnictwa Uczelniane
Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
w Bydgoszczy

OPINIODAWCY
dr hab. inż. Andrzej Dylla, prof. nadzw. UTP
dr hab. inż. Jerzy Hoła
dr hab. inż. Andrzej Małasiewicz, prof. nadzw. PG
prof. dr hab. inż. Roman Orłowicz
dr hab. inż. Ewa Osiecka, prof. nadzw. PW
prof. dr hab. inż. Jerzy Ziółko

Opracowanie redakcyjne i techniczne
mgr Michał Górecki, mgr inż. Daniel Morzyński

Projekt i fotografie na okładce
mgr inż. Daniel Morzyński

© Copyright
Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
Bydgoszcz 2007

Wydano za zgodą Rektora
Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy

ISBN 978-83-89334-39-8

Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego
Redaktor Naczelny
prof. dr hab. Lucyna Drozdowska
ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel.: (052) 3749482, 3749426
e-mail: wydawucz@utp.edu.pl http://www.utp.edu.pl/~wyd

Wyd. I. Nakład 120 egz. Ark. aut. 10,1. Ark. druk. 11,5. Papier druk. kl. III.
Oddano do druku i druk ukończono w maju 2007 r.
Zakład Poligraficzny Kubik & Krause S.J.
85-184 Bydgoszcz, ul. Cmentarna 84, tel. 3484-334

Spis treści

1. Piotr Berkowski, Ewa Marcinkowska, Grzegorz Dmochowski – Przyczyny i skutki degradacji konstrukcji żelbetowego stropu w elektrociepłowni 5
2. Grzegorz Dmochowski, Piotr Berkowski – Przykłady konstrukcyjno-materiałowych usterek w budynkach jednorodzinnych 11
3. Grzegorz Dmochowski, Zygmunt Matkowski, Krzysztof Schabowicz – Uszkodzenie spowodowane nadmiernym zawilgoceniem na przykładzie nowowzniesionego budynku w zabudowie szeregowej 19
4. Leszek Dulak – Izolacyjność akustyczna przegród wewnętrznych w świetle badań terenowych Katedry Procesów Budowlanych Wydziału Budownictwa Politechniki Śląskiej 27
5. Adrzej Dylla, Zofia Wernerowska-Frąckiewicz – Pierwsze realizacje termoizolacji w systemie BSO na terenie Bydgoszczy 35
6. Valeriy Ezerskiy, Elżbieta Rudczyk-Malijewska, Paweł Monastyrew – Odchylenia pionowe ścian zewnętrznych budynków mieszkalnych poddawanych termomodernizacji 43
7. Marcin Furtak – Mosty budynki – ekstrawagancja czy przyszłość 51
8. Robert Geryło – Ocena jakości cieplnej współpracy płyty balkonowej z konstrukcją budynku za pomocą łączników do zbrojenia 57
9. Maria Jaworska-Michałowska – Rozwiązania dodatkowych powierzchni przeszklonych w odnawianej, historycznej zabudowie 63
10. Henryka Kalinowska, Piotr Kalinowski – O powstawaniu i rekonstrukcji budynków przemysłowej Łodzi 71
11. Bernadetta Kisielewicz – Bentonitowe materiały hydroizolacyjne 79
12. Dorota Kram – Wymiarowanie konstrukcji drewnianych z uwzględnieniem zagrożenia pożarem 83
13. Małgorzata Krajewska – Problematyka określania stopnia zużycia technicznego kamienic 93
14. Jan Lorkowski – Uszkodzenia ścian szczelinowych 101
15. Jan Lorkowski, Agata Lachiewicz-Złotowska – Błędy podparcia dźwigarów drewnianych na słupach w hali widowiskowo-sportowej 109
16. Marcin Radoń, Jacek Dębowski – Możliwości rewitalizacyjne budynków wielkopłytowych w Polsce – teoria a rzeczywistość 117
17. Wiesław Sarosiek, Beata Sadowska – Efektywność poprawy standardu energetycznego projektowanych budynków jednorodzinnych 125
18. Barbara Sokołowska – Dachy zielone w aspekcie ekologiczno-technicznym 133
19. Robert Stachniewicz – Efektywna grubość izolacji termicznej w zależności od przyjętej metody oceny 147

20. Elżbieta Szafranko – Wymogi technologiczne dla betonu stosowanego w konstrukcjach monolitycznych 155
21. Maria Wesołowska, Anna Kaczmarek – Analiza czynników determinujących skład wykwitów na współczesnych murach licowych 163
22. Marek Wysocki – Standardy projektowe w zakresie dostosowania obiektów do potrzeb osób niepełnosprawnych i starszych 171

WYKAZ AUTORÓW I WSPÓŁAUTORÓW 181

PIOTR BERKOWSKI
EWA MARCINKOWSKA
GRZEGORZ DMOCHOWSKI
Politechnika Wrocławska

PRZYCZYNY I SKUTKI DEGRADACJI KONSTRUKCJI ŻELBETOWEGO STROPU W ELEKTROCIEPŁOWNI

1. WSTĘP I OPIS KONSTRUKCJI

Strop żelbetowy w pobliżu wymienników ciepła, usytuowany w hali maszynowni budynku głównego elektrociepłowni wykonany został na początku lat 70. Konstrukcję nośną stropu stanowią podciągi o przekroju 35x80 cm, oparte na słupach 50x50 cm oraz żebra główne o rozstawie 6,0 m, a także żebra usytuowane wokół otworów technologicznych – o przekrojach 25x40, 25x50, 25x55 i 35x75 cm. Płyta żelbetowa stropu ma grubość 10 cm. Słupy posadowione są na stopach na poziomie –4,60 m. Ze względów technologicznych strop został zaprojektowany na obciążenie użytkowe o wartości $p_k = 15\ kN \cdot m^{-2}$. W stropie istnieją liczne przejścia dla rur technologicznych, w tym dla rur pomp wody sieciowej oraz otwory montażowe i dodatkowe, odrębne konstrukcje nośne, m. in. na wymienniki wody. Osobnymi elementami konstrukcyjnymi, posadowionymi niezależnie od konstrukcji wsporczej stropu, są blokowe fundamenty pomp wody sieciowej.

Płyta stropowa była uszkodzona od spodu w rejonach przejścia rurociągów zasilających pompy sieciowe, przekuć oraz niektórych otworów montażowych. Uszkodzone były również belki stropu oraz żebra przy otworach na fundamenty pomp wody sieciowej. Uszkodzenia te polegały na degradacji powierzchniowej i wgłębnej otuliny betonowej oraz silnej korozji zbrojenia. Ubytki korozyjne przekroju stali zbrojeniowej w belkach stropu wynosiły od 20 do 30%. Widoczne było również wyraźne nachylenie posadzki w kierunku otworu na wymiennik ciepła. Zdegradowany był również powierzchniowo beton oraz odsłonięte i skorodowane jest zbrojenie fundamentów blokowych pomp wody sieciowej. Przykład stopnia degradacji konstrukcji stropu przedstawiono na rysunku 1 i 2.

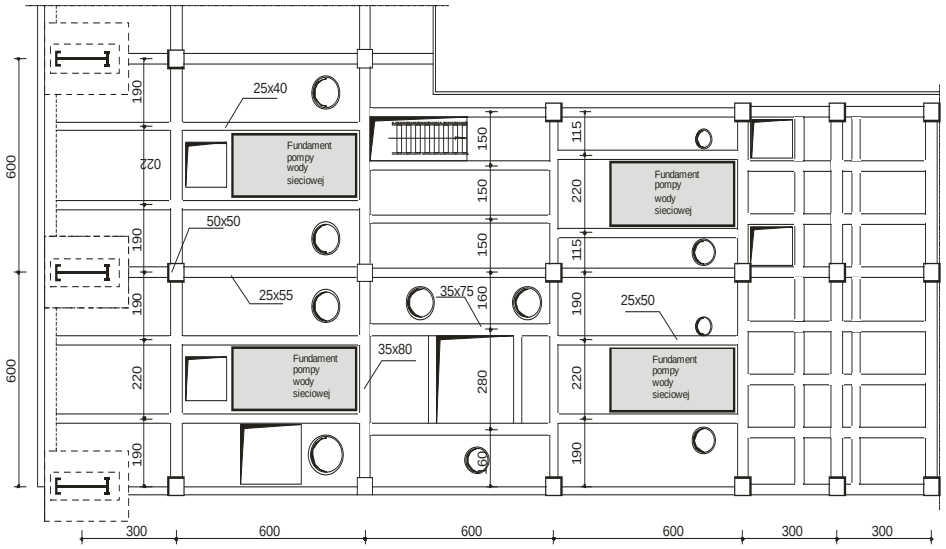
Pomimo wysokiego stopnia zniszczenia konstrukcji konieczne było utrzymanie jej w procesie technologicznym. W wyniku rekonstrukcji (odbudowy) należało przywrócić projektowaną nośność, to znaczy strop powinien bezpiecznie przenosić obciążenie technologiczne o wartości $p_k = 15\ kN \cdot m^{-2}$. Całość konstrukcji, to jest strop żelbetowy i słupy oraz fundamenty blokowe, zaprojektowana została z betonu $R_w = 170$ (B15), zbrojenie główne wykonano ze stali 34GS, a pręty rozdzielcze i strzemiona ze stali St0. Sposób geometrycznego ukształtowania stropu i fundamentów pomp pokazano na rysunku 3.

Rys. 1. Przykład korozji betonu i zbrojenia podciągu stropu

Fig. 1. Example of concrete and steel corrosion in slab girder

Rys. 2. Przykład korozji betonu i zbrojenia płyty stropowej

Fig. 2. Example of concrete and steel corrosion in slab girder



Rys. 3. Geometryczne ukształtowanie stropu i fundamentów pomp

Fig. 3. Geometrical shape of slab and pumps' foundations

2. WYNIKI BADAŃ MATERIAŁOWYCH KONSTRUKCJI

Wytrzymałość i klasa betonu

W celu określenia wytrzymałości i klasy betonu, z którego zostały wykonane żelbetowe elementy konstrukcji stropu i fundamentów pod pompy, wykonano serie pomiarów z użyciem młotka Schmidta typu NR-10 produkcji firmy Proceq. W każdym z punktów pomiarowych dokonano co najmniej 12 serii po 5 wiarygodnych uderzeń młotkiem, eliminując wskazania różniące się od siebie o więcej niż 5 jednostek. Ponieważ nie było możliwości pobrania próbek do badań wytrzymałościowych w celu określenia krzywych skalowania w statystycznym opracowaniu wyników pomiarów-odbić (tab. 1), wykorzystano zależności wg normy PN-74/-06262 i instrukcji ITB Nr 210. Klasę betonu, która jest miarą wytrzymałości gwarantowanej R_b^G, określono oddzielnie dla poszczególnych elementów konstrukcyjnych. Istotną miarą jakości betonu jest jego jednorodność. Ilościową miarą jednorodności jest współczynnik zmienności ν_R. W 6 z badanych elementów konstrukcji stropu jednorodność betonu oceniono jako bardzo dobrą, w 2 jako średnią, a w 1 jako dostateczną. Jednorodność betonu fundamentu pomp określono jako średnią i bardzo dobrą.

Na podstawie otrzymanych wyników uznano, że beton w nieskorodowanych miejscach badanych elementów stropu ma klasę odpowiadającą projektowanemu betonowi B15.

Tabela 1. Zestawienie wytrzymałości i klas betonu

Nazwa i numer punktu pomiarowego	Obliczona wytrzymałość gwarantowana R^{G}_{b}, MPa	Klasa betonu	Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie R_b, MPa	Współczynnik zmienności ν_R, %	Ocena jednorodności
Strop					
Słup	17,47	B 15	8,7	3,12	b. dobra
Słup	12,86	B 12,5	7,3	16,36	dostateczna
Słup	18,79	B 17,5	10,2	5,27	b. dobra
Żebro	15,02	B 15	8,7	6,36	b. dobra
Żebro	12,89	B 12,5	7,3	15,78	średnia
Płyta stropowa	18,50	B 17,5	10,2	3,88	b. dobra
Płyta stropowa	15,89	B 15	8,7	6,09	b. dobra
Podciąg	12,56	B 12,5	7,3	15,28	średnia
Podciąg	15,27	B 15	8,7	7,36	b. dobra
Fundamenty pomp					
Cokół fundamentu	12,61	B 12,5	7,3	15,24	średnia
Cokół fundamentu	15,05	B 15	8,7	9,86	b. dobra

Ubytki korozyjne stali zbrojeniowej

Określono również ubytki korozyjne prętów zbrojeniowych. Pomiary średnicy prętów wykonano suwmiarką po oczyszczeniu prętów do odpowiedniego stopnia czystości. Zestawione w tabeli 2 ubytki korozyjne prętów zbrojenia mogą być interpretowane, z dokładnością wystarczającą dla celów projektowych, jako bezpośrednia miara redukcji nośności stropu.

Tabela 2. Wyniki pomiarów średnic skorodowanych prętów stali zbrojeniowej, mm

Numer punktu pomiarowego	Płyta stropowa	Żebro 35x75	Żebro 25x50	Podciąg 35x80
1	7,1	18,5	16,0	18,1
2	7,2	19,1	15,4	17,9
3	7,1	18,1	15,8	18,0
4	7,0	17,9	15,9	19,2
5	6,8	18,2	16,1	19,0
6	7,1	18,5	15,1	17,7
7	6,6	19,4	14,9	18,1
8	7,1	19,0	15,2	18,8
Średnica nominalna d_{nom}, mm	8,0	22,0	18,0	22,0
Pomierzona średnica średnia $d_{śr}$, mm	7,0	18,6	15,6	18,4
Średni ubytek korozyjny przekroju,%	23,4	28,5	24,9	30,0

3. DIAGNOZA STANU TECHNICZNEGO

Bezpośrednią przyczyną istniejących uszkodzeń stropu żelbetowego w poziomie ±0,00 m przy wymiennikach ciepła było około 30-letnie przemakanie stropu od wycieków wody z nieszczelnych złączy rurociągów technologicznych.

Rodzaj uszkodzeń elementów stropu skorelowano z wynikami klasycznej analizy chemicznej i z oznaczeniem składu fazowego betonu w pobranych próbkach. Badania składu fazowego wykonano na dyfraktometrze Dron 1, promieniowanie Co K. Na tej podstawie stwierdzono, że beton w żebrach i podciągach uległ korozji ługująco-węglanowej i częściowo siarczanowej I typu – wg PN-86/B01802.

Ze względu na szczupłość miejsca, rozległość i złożoność diagnostycznych procesów korozyjnych – ta interesująca problematyka nie będzie rozważana w artykule.

4. SFORMUŁOWANIE ZADANIA REMONTOWEGO

Istotą zadania remontowego była odbudowa uszkodzonych elementów stropu żelbetowego na poziomie ±0,00 m w rejonie wymienników ciepła, tak aby po remoncie uzyskać projektowaną nośność konstrukcji. Wraz z odbudową stropu należało wykonać niezbędne prace renowacyjne związane z ochroną odsłoniętego i częściowo skorodowanego zbrojenia fundamentów blokowych pomp wody sieciowej. Odbudowa stropów, których nośność była zredukowana o 23,4 do 30,0% z powodu ubytków korozyjnych przekrojów głównych prętów zbrojenia i roboty renowacyjne, polegające na ochronie odsłoniętego zbrojenia fundamentów, zaprojektowane zostały przy zastosowaniu współczesnych systemów technologiczno-materiałowych do renowacji i wzmacniania konstrukcji żelbetowych. Trwałość takiej konstrukcji będzie lepsza niż pierwotnego żelbetu, ponieważ żywiczno-cementowe materiały renowacyjne są odporne na destrukcyjne działanie wycieków wody technologicznej. Dla przywrócenia potrzebnej obliczeniowo nośności przewidziano wzmocnienie belek żelbetowych przez osadzenie dodatkowego zbrojenia podłużnego mocowanego do króćców pionowych osadzonych przez wklejenie w dolnej (oczyszczonej) powierzchni żeber i podciągów.

Generalny schemat technologii naprawy uszkodzonych elementów betonowych i żelbetowych jest podobny dla wszystkich systemów, w których stosuje się współczesne materiały naprawcze. Można w nim wyróżnić następujące etapy:

- oczyszczenie powierzchni odsłoniętego i skorodowanego podłoża betonowego i zbrojenia,
- antykorozyjne zabezpieczenie stali z zastosowaniem powłok ochronnych,
- wykonanie warstwy sczepnej pomiędzy starym betonem i zbrojeniem oraz warstwami naprawczymi,
- uzupełnienie głębokich ubytków w betonie zmodyfikowanymi zaprawami naprawczymi,
- uzupełnienie powierzchniowych ubytków w betonie – reprofilacja,
- wykonanie dodatkowych zabezpieczających powłok malarskich, mających na celu chronę powierzchni betonowych przed wpływami fizykochemicznymi powodującymi ich korozję.

Do wykonania napraw konstrukcji żelbetowej stropu w rejonie wymiennika ciepła zaproponowano systemy kompleksowe (Sika, Deitermann, MCBauchemie, Schomburg, itp.). Systemy te gwarantują stosowanie materiałów kompatybilnych, produkowanych przez tego samego wytwórcę w jednej technologii chemicznej.

5. SYNTEZA I WNIOSKI

Na podstawie analizy całokształtu stanu technicznego stropu przedstawia się następującą syntezę i wnioski:

1. Stan techniczny stropu w poziomie ± 0,00 m przy wymiennikach ciepła oceniono jako przedawaryjny – jego nośność była mniejsza o około 30% od potrzebnej obliczeniowo.
2. Główną przyczyną obniżenia nośności stropu była zaawansowana korozja głównych prętów zbrojenia żeber i podciągów. Ubytek korozyjny przekrojów prętów stalowych wynosił około 30% w stosunku do przekrojów nominalnych (projektowanych).
3. W trakcie prac nie było bezpośredniego zagrożenia awarią stropu, ponieważ zaprojektowany został on na obciążenie użytkowe wynoszące $p_k = 15\ kN \cdot m^{-2}$. Na stropie tak dużych obciążeń nie było. Oznaczało to, że nie było potrzeby doraźnego podstemplowania stropu.
4. Istniała potrzeba odbudowania uszkodzonych elementów stropu tak, aby po remoncie uzyskać projektowaną pierwotnie nośność konstrukcji.
5. Uszkodzona i osłabiona konstrukcja żelbetowa powinna być odbudowana przy zastosowaniu jednego ze współczesnych systemów renowacji żelbetu.
6. Osłabione na skutek korozji głównych prętów zbrojenia żebra i podciągi powinny być wzmocnione tak, aby uzyskać ich pierwotną nośność.

PRZYCZYNY I SKUTKI DEGRADACJI KONSTRUKCJI ŻELBETOWEGO STROPU W ELEKTROCIEPŁOWNI

Streszczenie

Konstrukcje żelbetowe w zakładach przemysłowych pełnią często rolę konstrukcji wsporczych dla różnorodnych urządzeń technologicznych. W omawianym przykładzie część żelbetowego stropu w budynku głównym elektrociepłowni stanowi konstrukcję wsporczą pod wymienniki ciepła. Długoletnie wycieki wody technologicznej z wymienników spowodowały degradację konstrukcji żelbetowej, polegającą na powstaniu ubytków korozyjnych betonu i głównych prętów zbrojenia.

Z tego powodu nośność stropu została obniżona o około 30%. Istnieje konieczność utrzymania w procesie technologicznym zespołu złożonego z konstrukcji budowlanej i wielkogabarytowych wymienników. W artykule przedstawiono technologię odbudowania uszkodzonej konstrukcji budowlanej.

CAUSES AND EFFECTS OF DEGRADATION OF RC SLAB IN THERMAL ELECTRIC POWER STATION

Abstract

In industrial plants RC structures very often work as supporting structure for a different technological equipment. In this case a part of a RC floor is used to support a group of heat exchangers. A long standing effluents of technological water from heat exchangers caused a serious destruction of structure elements, consisting in loss of concrete cover and corrosion of reinforced steel. Load-bearing capacity of the floor is now nearly 30% less than its initial value. There is a need to maintain a unit: RC beam-and-slab floor and large-size exchangers in a technological process. Technology of the damaged RC structure reconstruction is presented in a paper.

GRZEGORZ DMOCHOWSKI
PIOTR BERKOWSKI
Politechnika Wrocławska

PRZYKŁADY KONSTRUKCYJNO-MATERIAŁOWYCH USTEREK W BUDYNKACH JEDNORODZINNYCH

1. WSTĘP I OPIS KONSTRUKCJI BUDYNKU

Interesujące nas dwa budynki jednorodzinne, zasiedlone w 2003 roku, usytuowane są w zabudowie szeregowej. Cały obiekt składa się z 5 segmentów jednorodzinnych z ogrodem rekreacyjnym od strony szosy i wjazdem od strony drogi osiedlowej. Jeden z budynków jest obiektem skrajnym (rys. 1), a drugi budynek przylega do niego od strony garażu (rys. 2). Obiekty są parterowe, z użytkowym poddaszem oraz strychem i nie są podpiwniczone. Dach jest drewniany, dwuspadkowy, kryty dachówką, o nachyleniu połaci 45° nad częścią mieszkalną i 30° nad garażem. Garaż jest jednostanowiskowy, wbudowany w każdy segment. Według projektu budynki zaliczono do pierwszej kategorii geotechnicznej i zalecono wykonanie badań geologicznych. W projekcie budowlanym zaprojektowano ławy i mury fundamentowe z betonu B20 lub murowane z bloczków betonowych na zaprawie marki M3. Ściany nośne zewnętrzne wykonano jako jednowarstwowe z bloczków Ytong o grubości 36,5 cm, a wewnętrzne ściany konstrukcyjne – z bloczków Ytong o grubości 24 cm, na zaprawie marki M3. Ściany działowe o grubości 12 cm zbudowano z cegły dziurawki, bloczków Ytong lub płyt gipsowo-kartonowych. Nad parterem mieszkalnym wykonano stropy typu „filigran", a nad garażami – stropy drewniane z płyt OSB na belkach 5/17 cm co 70 cm (rys. 3). Więźba dachowa jest jętkowa z drewna klasy K27. Elementy zostały zabezpieczone przed korozją biologiczną preparatem dopuszczonym do stosowania w budownictwie mieszkaniowym. Połacie dachowe zostały izolowane termicznie wełną grubości 20 cm. Strop strychowy również ocieplono wełną mineralną. Na nadproża wykorzystano elementy typowe systemu Ytong lub żelbetowe elementy indywidualnie projektowane dla rozpiętości powyżej rozwiązań systemowych. Tynki zewnętrzne wykonano według technologii Arkom Tynk, a tynki wewnętrzne jako cementowo-wapienne lub z wyłożeniem ścian płytami gipsowo-kartonowymi wodoodpornymi. Poziomą izolację ław fundamentowych wykonano z 2 warstw papy asfaltowej na lepiku, a pionową z Abizolu R+P. Izolacja w posadzce przyziemia i w ścianach zewnętrznych nad terenem została wykonana jako powiązana ze sobą z 2 warstw papy asfaltowej na lepiku. Jako izolację przeciwwilgociową pionową ścian podwalinowych zastosowano powłoki z mas bitumicznych (3 warstwy lepiku asfaltowego lub abizolu) z połączeniem z izolacją poziomą cokołu. Podłogi na gruncie izolowano styropianem twardym EPS 100 grubości 10 cm z folią nad i pod nim, ułożoną na tzw. „chudym betonie" grubości 10 cm, wykonanym na stabilizowanej podsypce piaskowej grubości 25 cm. Na styropianie wykonano wylewkę grubości 6 cm. Podłogi wykonane są z płytek ceramicznych, gresów lub paneli podłogowych. Stolarka okienna jest drewniana. Na parterze budynków znajdują się: garaż z kotłownią, wiatrołap, komórka, wc, pokój dzienny, kuchnia, jadalnia. Na poddaszu

znajdują się: korytarz, łazienka, 3 pokoje mieszkalne oraz pomieszczenia nad garażem. Z pokoju dziennego prowadzą dwa wyjścia do ogrodu. W budynku skrajnym na ścianie bocznej znajduje się wykusz powiększający jadalnię. W budynku skrajnym zamiast ścianki wewnętrznej między korytarzem i jadalnią pozostawiono centralnie usytuowany słupek, podpierający podciąg ukryty w stropie.

Rys. 1. Widok ogólny budynku skrajnego

Fig. 1. General view of the extreme building

Rys. 2. Widok ogólny budynku środkowego

Fig. 2. General view of the inside building

2. OPIS TYPOWYCH USZKODZEŃ

W trakcie oględzin budynków, stanowiących element składowy procesu oceny stanu technicznego obiektów i diagnozowania przyczyn powstania uszkodzeń, stwierdzono występowanie w obiektach następujących, powtarzalnych uszkodzeń:

- szczeliny między płytkami posadzkowymi a cokołem wzdłuż ścian w pokoju dziennym i przy środkowym filarze (rys. 4) z lokalnymi pęknięciami płytek; rozwartość szczelin dochodzi do 8 mm,
- zarysowania na styku ściany podłużnej wewnętrznej i ścianek działowych w garażach,
- rysy poziome na ścianie klatki schodowej w poziomie drewnianego stropu nad garażem,
- rysy poziome i pionowe na ścianach działowych na piętrze (rys. 5),
- rysy poziome na ścianach przy nadprożach okien i drzwi balkonowych w pokojach na piętrze (rys. 6),
- wypchnięcia fragmentów tynku przez krokwie w pomieszczeniach na garażem od strony (rys. 7),
- spękania podłużne drewnianych słupków daszku nad wejściem (rys. 8), dachu nad balkonem i słupka balkonu,
- ślady zawilgocenia i murszenia tynku w garażu na ścianie od strony mieszkania (rys. 9).

Rys. 3. Widok drewnianego stropu nad garażem

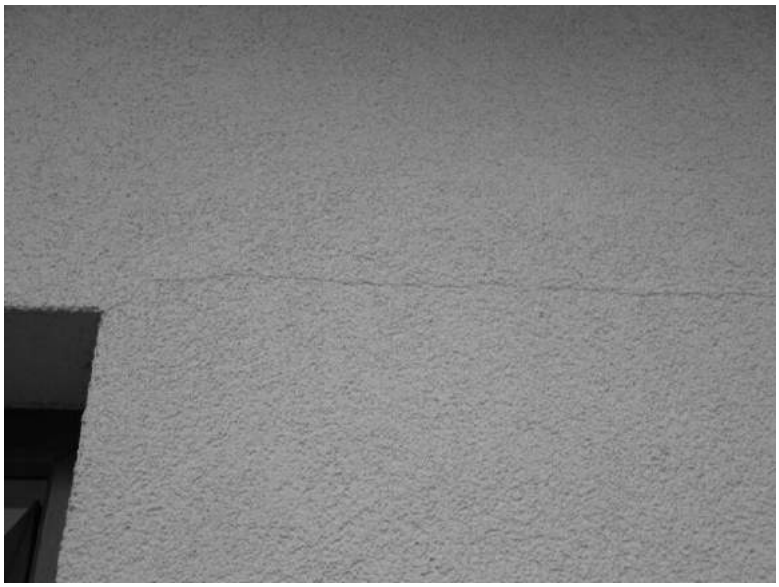
Fig. 3. General view of the timber slab over garage

Rys. 4. Widok szczelin między posadzką z płytek i cokołem

Fig. 4. View of gaps between tile floor and skirting mop

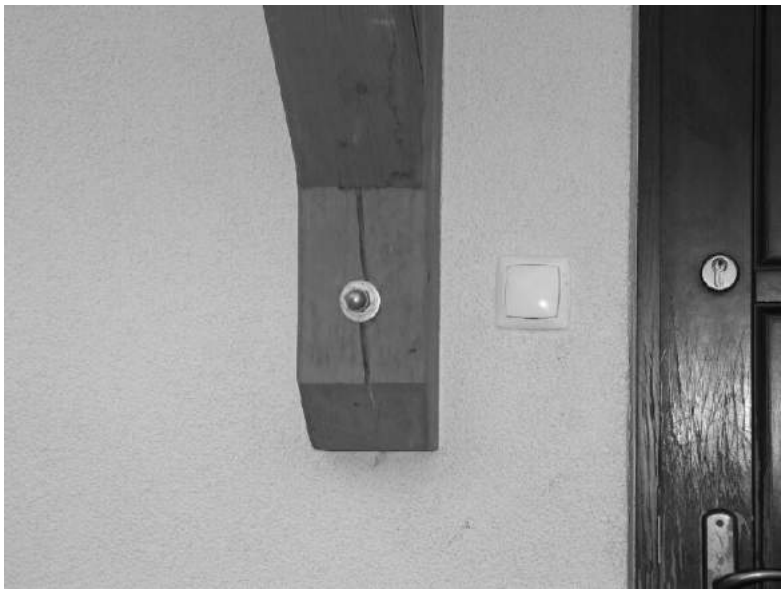
Rys. 5. Widok rys na ścianach działowych piętra

Fig. 5. View of cracks on the 1st floor partition walls



Rys. 6. Widok poziomych zarysowań nadproży
Fig. 6. View of horizontal cracks in headers

Rys. 7. Widok wypchnięcia tynku przez krokwie
Fig. 7. View of plaster damage by roof rafters



Rys. 8. Widok spękań elementów drewnianych
Fig. 8. View of cracks in timber structural elements

Rys. 9. Widok zawilgoceń tynku
Fig. 9. View of plaster corrosion

3. WNIOSKI I KONCEPCJE NAPRAW

Na podstawie oględzin obiektów oraz analizy dokumentacji projektowej z uwzględnieniem zastosowanych technologii i materiałów, stwierdzono, że:

1. Osiadanie posadzki na parterze (rys. 4) w obu budynkach spowodowane zostało niedostatecznym zagęszczeniem gruntu i nasypu pod podkładem betonowym, ewentualnie nadmierną kompresją styropianu, ocieplającego posadzkę. W związku jednak z brakiem norm, ograniczających osiadanie podłoży budowlanych, trudno jest to zakwalifikować jako wadę budowlaną. Traktując bowiem podkład betonowy jako fundament pod tę posadzkę, jego dopuszczalne osiadanie wynosi 7 cm (!), a dopuszczalne osiadanie kątowe wynosi 0,003, co na 6 m szerokości budynku daje dopuszczalną różnicę osiadań 18 mm przy stwierdzonych 8 mm. Osiadanie posadzki i jej pękanie oczywiście obniża komfort użytkowania pomieszczeń. Zaproponowano naprawę częściową przez obniżenie cokolików do zamaskowania szczelin i wymianę pękniętych płytek lub całkowitą przez zerwanie posadzki i wykonanie nowej po dogęszczeniu podkładu.
2. Spękania ścianek działowych na poddaszu-piętrze (rys. 5) spowodowane zostały naturalnym ugięciem stropów „filigran" o dużej rozpiętości – ponad 6 m. Nie stwierdzono jednak osiadań ani ugięć stropów większych od dopuszczalnych. Ściany działowe murowane lub z płyt GK mogą ulec zarysowaniu, nawet przy ugięciach stropu o wielkościach będących w granicach dopuszczalnych. Zaproponowano naprawy doraźne przez skucie tynku (gładzi), osiatkowanie i ponowne otynkowanie. Spękania mogą się dalej pojawiać w trakcie eksploatacji budynku, także w innych miejscach niż obecnie.
3. Spękania poziome w miejscu oparcia nadproży na murze (rys. 6) z bloczków gazobetonowych spowodowane zostały nierównomierną odkształcalnością termiczną betonu nadproży (gdyż nadproża systemowe zastąpiono wylewanymi) i gazobetonu murów oraz ugięciem nadproży. Uszkodzenia te są typowe dla tego rodzaju systemu budownictwa. Zaproponowano naprawy doraźne przez skucie tynku (gładzi) osiatkowanie i ponowne otynkowanie.
4. Spękania pionowych słupków w trójkątnych przyporach podtrzymujących balkony i zadaszenia w obu budynkach (rys. 7) spowodowane są nadmiernym wysychaniem drewna (podczas montażu) było ono prawdopodobnie nadmiernie wilgotne) oraz jego miejscowym przeciążeniem od kotwy ściennej. Powstałe pęknięcia mogą spowodować przemieszczenie całej konstrukcji balkonu. Zalecono wzmocnić spękane elementy przez poprzeczne spięcie (sprężenie) poziomymi śrubami ∅16 mm poniżej i powyżej istniejącej kotwy.
5. Zawilgacanie ścian w garażach (rys. 9) spowodowane zostało różnicą poziomów posadzki w garażu i w budynku mieszkalnym (w projekcie wszystkie pomieszczenia są usytuowane na jednym poziomie). Spowodowało to prawdopodobnie przerwanie lub załamanie izolacji podposadzkowej, a tym samym jej rozszczelnienie i otworzenie drogi do nawilgacania ścian od strony niżej położonego pomieszczenia. Zaproponowano naprawę przez częściowe skucie posadzki przy ścianach, połączenie izolacji poziomej w ścianie z izolacją poziomą garażu, odtworzenie posadzki i wykonanie nowego tynku lub skucie zawilgoconego tynku i wykonanie nowego, renowacyjnego, zapobiegającego powstawaniu wykwitów.
6. Wypchnięcie tynku przy krokwiach w ścianach w pomieszczeniu na piętrze nad garażem spowodowane zostało osiadaniem więźby dachowej i brakiem przekładek

dystansowych między powierzchnią ściany a krokwiami. Zalecono skucie tynku, wydłutowanie powierzchni czołowej krokwi, zamurowanie otworu od czoła z pozostawieniem ok. 2 cm pustki między krokwiami a zamurowaniem, osiatkowanie, otynkowanie i pomalowanie ścian.

4. PODSUMOWANIE

Opisane uszkodzenia są niestety w znacznej części typowe dla obecnego standardu wykonawstwa robót budowlanych, a zwłaszcza wykończeniowych. Nie stanowią one zagrożenia bezpieczeństwa dla budynków i lokatorów, ale są bardzo uciążliwe i obniżają komfort zamieszkiwania i estetykę budynków. Poza tym są „niewdzięczne" dla przeprowadzania napraw, gdyż mają tendencję do powracania lub pojawiania się w innych miejscach, już po wykonaniu reparacji.

PRZYKŁADY KONSTRUKCYJNO-MATERIAŁOWYCH USTEREK W BUDYNKACH JEDNORODZINNYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono opis przykładowych, typowych błędów wykonawczych i uszkodzeń eksploatacyjnych, z którymi można się zetknąć w budynkach jednorodzinnych wznoszonych obecnie z wykorzystaniem współczesnych materiałów budowlanych. Zwrócono uwagę na konieczność stosowania rozwiązań systemowych oraz prawidłowe projektowanie i wykonawstwo z uwzględnianiem pracy obiektu i jego elementów konstrukcyjnych.

EXAMPLES OF STRUCTURAL AND MATERIAL DEFECTS IN ONE-FAMILY HOUSES

Abstract

Some examples of typical realization mistakes and exploitation damages which can occur in construction of individual houses made of nowadays materials are presented in a paper. It was stated that there is a necessity of using system solutions and proper designing and realization taking into account the natural work of building and its structural elements.

GRZEGORZ DMOCHOWSKI
ZYGMUNT MATKOWSKI
KRZYSZTOF SCHABOWICZ
Politechnika Wrocławska

USZKODZENIE SPOWODOWANE NADMIERNYM ZAWILGOCENIEM NA PRZYKŁADZIE NOWOWZNIESIONEGO BUDYNKU W ZABUDOWIE SZEREGOWEJ

1. WSTĘP

W ostatnich latach obserwujemy w Polsce intensywny wzrost popytu na mieszkania. W głównej mierze jest on zaspakajany w wyniku budowy obiektów mieszkalnych realizowanych w tzw. systemie deweloperskim lub przez inwestorów indywidualnych. W wielu przypadkach, deweloperzy chcąc zwiększyć swoje zyski wykonują roboty budowlane stanu surowego zamkniętego wraz z tynkami i podłożami pod posadzki jak najtaniej, z materiałów o niskiej jakości, często nieodpowiednimi technologiami.

Z kolei większość miast i gmin nie ma przygotowanych uzbrojonych terenów, na których budownictwo mieszkaniowe mogłoby być realizowane. Inwestorzy decydują się więc na realizację swoich obiektów na terenach atrakcyjnie położonych, ale trudnych pod względem technicznym, w szczególności ze względu na złe warunki gruntowo-wodne.

W artykule przedstawiono problemy związane z nadmiernym zawilgoceniem na przykładzie nowego budynku mieszkalnego w zabudowie szeregowej, zrealizowanego na terenie o wysokim poziomie wód gruntowych.

2. OPIS BUDYNKÓW

Rozpatrywany budynek mieszkalny jest zespołem siedmiu segmentów jednorodzinnych wzniesionych w zabudowie szeregowej (rys. 1). Są to segmenty jednopiętrowe, z poddaszem użytkowym, niepodpiwniczone, zwieńczone dachem stromym dwupołaciowym, krytym dachówką zakładkową. Poniżej okapu dachów stromych występują niewielkie, płaskie połacie kryte papą.

Przeprowadzone dokładne oględziny obiektu wykazały, że występują w nim następujące wady i uszkodzenia:

- dach:
  - zastoiny wody oraz zaleganie liści na płaskiej połaci dachowej, krytej papą,
  - zbyt słabe mocowanie obróbki blacharskiej ścianki attykowej przy połaci krytej papą i ściany szczytowej; blachy mimo dużej liczby łączników mechanicznych (dyblowych) nadmiernie „ruszają się”, ponadto niektóre łączniki wystają znacznie ponad płaszczyznę połączenia i brak jest w tym miejscu uszczelnienia, co umożliwia przedostawanie się wody do ściany i nawilgacanie jej; zbyt słabe mocowanie obróbki spowodowało, że blacha uległa skręceniu i nie jest w jednej płaszczyźnie,

Rys. 1. Widok jednego z segmentów (segment nr 7)

Fig. 1. A view of a terraced unit nr 7

– dachówki są luźno ułożone, bez haczyków mocujących; folia pod dachówkami nie jest naciągnięta, co powoduje miejscowe zapadnięcia i możliwość gromadzenia się wody; styki arkuszy folii nie są przymocowane do siebie; obróbki blacharskie nie są wykonane z należytą starannością; otwarte przestrzenie na łączeniu dachówki i kołnierza okna połaciowego są zbyt duże. W czasie opadów drobnego śniegu płatki śniegu mogą być „wdmuchiwane" w przestrzeń poza kołnierzem (rys. 2),
– nieszczelności na połączeniu obróbek blacharskich ścianek ogniowych i trzonów kominowych; na trzonach kominowych widoczne są spękania skurczowe tynku i odpadający tynk,

Rys. 2. Nieprawidłowy sposób ułożenia dachówek

Fig. 2. A faulty way of tile roofing

- poddasze:
  - na skutek nieszczelności pokrycia zawilgocona została płyta gipsowo-kartonowa na suficie poddasza, co spowodowało, że powłoka malarska uległa destrukcji,
- taras:
  - spękania ścianek balustradowych tarasu (rys. 3),
  - nieszczelności wokół otworu odpływowego, powodujące zawilgocenie ściany,
  - od strony wewnętrznej ścianek obwodowych – korozja wilgotnościowa i spękania tynków (rys. 3),
  - brak izolacji pionowej na powierzchni pionowej ścian do wysokości min. 30 cm ponad posadzką tarasu,
- parter:
  - w garażu destrukcja tynków spowodowana nadmiernym zawilgoceniem i zasoleniem w dolnej części ścian (głównie w narożach ścian stykających się ze ścianą zewnętrzną z wrotami garażowymi); na ścianach pojawiły się grzyby pleśniowe (rys. 4),
  - zawilgocenie i destrukcja sufitu w wyniku przeciekania od góry, z tarasu; na ścianach pojawiły się grzyby pleśniowe (rys. 5),
  - spękania i „odchodzenie" tynku od podłoża,
  - zapadnięta posadzka zewnętrzna z kostek betonowych (szczególnie przy wrotach garażowych).

Rys. 3. Widok destrukcji spowodowanej nadmiernym zawilgoceniem na ściankach balustrady tarasu

Fig. 3. A view of the damage to the walls of the terrace balustrade caused by excessive dampness

Ponieważ kilka miesięcy po zasiedleniu budynków pojawiły się uszkodzenia spowodowane nadmiernym zawilgoceniem ścian przyziemia, deweloper w ramach naprawy gwarancyjnej wykonał na ścianie południowej i zachodniej I segmentu izolację pionową typu ciężkiego z materiału bitumicznego Superflex-10.

Rys. 4. Widok destrukcji tynków spowodowanej nadmiernym zawilgoceniem i zasoleniem w dolnej części ścian garażu

Fig. 4. A view of the plaster destruction caused by excessive dampness and salinity in the lower part of the garage walls

Rys. 5. Widok sufitu zawilgoconego w wyniku przecieków od góry. W tym miejscu nad garażem znajduje się taras

Fig. 5. A view of the ceiling made damp as a result of leakage from the top. A terrace is situated above the garage there

3. OPIS I WYNIKI BADAŃ WILGOTNOŚCI MURÓW

W celu sprawdzenia wilgotności murów wykonano badania metodą nieniszczącą opartą na pomiarach własności dielektrycznych materiału [3, 4]. Do badań nieniszczących zastosowano dielektryczny miernik Gann z sondą B1, pozwalający na określenie średniej wilgotności materiału w obszarze do ok. 10 cm od powierzchni ściany.

Ponieważ autorzy niniejszego opracowania nie dysponowali ścisłą zależnością korelacyjną między wilgotnością masową keramzytobetonu a wskazaniem miernika, wilgotność ścian określono na podstawie informacji zawartych w instrukcji obsługi urządzenia i doświadczeń własnych. I tak:

- gdy wskazanie miernika jest w przedziale 0÷35 to materiały są suche,
- gdy wskazanie miernika jest w przedziale 35÷60 to materiały mają nieznacznie podwyższoną wilgotność,
- gdy wskazanie miernika jest w przedziale 60÷90 to materiały są zawilgocone,
- gdy wskazanie miernika jest w przedziale 90÷120 to materiały są mocno zawilgocone,
- gdy wskazanie miernika przekracza 120 to materiały są mokre.

Wyniki pomiarów wilgotności murów w strefie przypowierzchniowej podano w tabeli 1.

Otrzymane wyniki pomiarów wilgotności ścian wykazują, że wilgotność murów w garażu jest zróżnicowana. W ścianie, w której wykonano od zewnątrz izolację nową izolację przeciwwilgociową aktualna wilgotność jest stosunkowo niska. Świadczy to skuteczności wykonanego zabezpieczenia, a widoczne na powierzchni wewnętrznej muru wysolenia są efektem wysychania ściany. Natomiast ściany, na których nie wykonano robót naprawczych są mocno zawilgocone i mokre.

Tabela 1. Wyniki badań wilgotności masowej murów

Nr miejsca pomiarowego	Lokalizacja miejsca pomiarowego	Wysokość nad poziomem posadzki **h**, cm	Wskazanie miernika Gann, –	Wilgotność ściany
Segment 1				
1	**Garaż** Ściana wschodnia – na której wykonano nową izolację pionową z Superflexu 10	10	54	nieznacznie podwyższona wilgotność
		15	51	nieznacznie podwyższona wilgotność
		20	50	nieznacznie podwyższona wilgotność
		25	30	sucha
		30	27	sucha
2	**Garaż** Ściana zachodnia	10	117	mocno zawilgocona
		15	118	mocno zawilgocona
		20	123	mokra
		25	123	mokra
		50	117	mocno zawilgocona
		100	101	mocno zawilgocona
		150	29	sucha
Segment 7				
3	**Garaż** Ściana wschodnia w narożniku	10	135,6	mokra
		15	127,4	mokra
		20	126,7	mokra
		25	124,1	mokra
		30	79,4	zawilgocona
4	**Garaż** Ściana zachodnia	10	117,7	mocno zawilgocona
		15	107,6	mocno zawilgocona
		20	90,8	mocno zawilgocona
		25	87,3	zawilgocona
		30	79,4	zawilgocona
		40	66,2	zawilgocona
5	**Taras** Ściana wschodnia	10	75,4	zawilgocona
		15	70,2	zawilgocona
		20	66,3	zawilgocona
		25	61,9	zawilgocona
		30	55,3	podwyższona wilgotność
		45	50,1	podwyższona wilgotność

4. ANALIZA PRZYCZYN POWSTANIA USZKODZEŃ

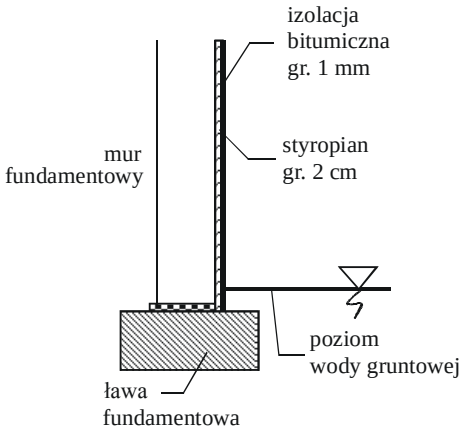
Główną przyczyną destrukcji tynków zewnętrznych i wewnętrznych było zbyt wysokie zawilgocenie i zasolenie murów i tynków. Z kolei głównymi przyczynami nadmiernego zawilgocenia były:

– brak lub nieodpowiednie wykonanie izolacji podziemnej części budynku; wg [1] „układ wilgotności gruntu wskazuje jednoznacznie, że na stropie iłów utrzymuje się woda gruntowa i rozmacza grunt obok ściany budynku". Poziom wody gruntowej występował powyżej górnej powierzchni ławy fundamentowej.

W takim przypadku konieczne jest wykonanie izolacji przeciwwodnych (typu średniego, albo ciężkiego), a nie izolacji przeciwwilgociowych typu lekkiego jak zaproponowano w projekcie architektonicznym i wykonano w rzeczywistości (rys. 6 i 7).

Rys. 6. Sposób wykonania izolacji pionowej. Na powierzchni zewnętrznej styropianu gr. 2 cm wykonano warstwę bitumiczną gr. ok. 1 mm. Na powierzchni zewnętrznej muru fundamentowego, którą osłania styropian nie wykonano w ogóle izolacji pionowej

Fig. 6. A way of providing vertical insulation. A 1 mm thick bituminous layer was spread on the external surface of the 2 cm thick styrofoam. Vertical insulation was not provided at all on the external foundations wall which screens the styrofoam



Rys. 7. Izolacja pionowa na powierzchni zewnętrznej muru fundamentowego

Fig. 7. The vertical insulation on the external foundations wall surface

W projekcie architektonicznym przewidziano wykonanie izolacji poziomej tylko na górnej powierzchni ław fundamentowych, a nie przewidziano wykonania drugiego poziomu izolacji między bloczkami betonowymi a pustakami keramzytobetonowymi. Dodatkowo odkrywki wykonane przy segmencie 2 wykazały, że w na powierzchniach zewnętrznych ścian poprzecznych garażu stykających się z gruntem, nie wykonano w ogóle izolacji pionowej.

5. PODSUMOWANIE

Prezentowany w artykule budynek obrazuje często występujący obecnie przypadek realizacji obiektów mieszkaniowych w systemie deweloperskim. Deweloper dysponując działką budowlaną atrakcyjnie położoną, ale o trudnych warunkach gruntowo-wodnych, wykonał obiekt po jak najmniejszych kosztach, tak jakby ten budynek posadowiony był na gruncie piaszczystym i wodzie gruntowej występującej poniżej poziomu fundamentów.

Niedostosowanie rozwiązań projektowych i wadliwe wykonawstwo spowodowało, w szybkim czasie po zasiedleniu mieszkań, powstanie wad i uszkodzeń, których naprawa jest bardzo kosztowna, i znacznie przewyższa koszt prawidłowo wykonanych robót w trakcie wznoszenia budynku. Obecnie niezbędne bowiem jest: wykonanie izolacji pionowej typu ciężkiego ścian fundamentowych, wykonanie drugiego poziom izolacji poziomej w ścianach wewnętrznych i zewnętrznych (co jest bardzo trudne z technicznego punktu widzenia), zburzenie frontowych barier murowanych na tarasie i zastąpienie ich lekką, ażurową konstrukcją stalową pozwalającą na liniowe a nie punktowe (jak jest obecnie) odprowadzanie wody opadowej z posadzki tarasu (istniejące obecnie rozwiązanie – ścianki murowane okalające ze wszystkich stron taras – jest wielu publikacjach i poradnikach uznawane za błędne), skucie istniejących warstw na tarasach i wykonanie nowej izolacji przeciwwodnej płyt tarasowych i nowych posadzek.

Należy zwrócić także uwagę na straty moralne właścicieli mieszkań, którzy zapłacili pełną sumę za źle wykonany towar, muszą we własnym zakresie usunąć wady i na drodze sądowej dochodzić swych roszczeń od nierzetelnego dewelopera.

LITERATURA

[1] Ekspertyza techniczna posadowienia budynku mieszkalnego w zabudowie szeregowej we Wrocławiu" opracowana przez Zakład Usług Techniczno-Ekonomicznych ALMA BIS s.c., sierpień 2005 r.,

[2] Winniczek W., 1986. Wytyczne w sprawie opracowania ekspertyz techniczno-ekonomicznych i przeglądów sprawności technicznej budynków mieszkalnych, CUTOB PZITB Warszawa-Wrocław.

[3] Matkowski Z., Problemy związane z nieniszczącymi badaniami murów ceglanych. Materiały 31 Krajowej Konferencji Badań Nieniszczących, 31 KKBN, Szczyrk, 22-24 X 2002, Zeszyty Problemowe BADANIA Nieniszczące, 7, s. 131-134.

[4] Hoła J., Matkowski Z., Schabowicz K., 2006, Investigations of rising damp in brickwork. International Conference on Developments in Building Technology, Bratislava.

USZKODZENIE SPOWODOWANE NADMIERNYM ZAWILGOCENIEM NA PRZYKŁADZIE NOWOWZNIESINEGO BUDYNKU W ZABUDOWIE SZEREGOWEJ

Streszczenie

W artykule przedstawiono problemy związane z nadmiernym zawilgoceniem murów fundamentowych i tarasów na przykładzie nowego budynku mieszkalnego w zabudowie szeregowej, zrealizowanego na terenie o wysokim poziomie wód gruntowych. Podano analizę przyczyn powstania uszkodzeń. W podsumowaniu stwierdzono, że niedostosowanie rozwiązań projektowych do warunków lokalnych i wadliwe wykonawstwo spowodowało powstanie wad i uszkodzeń, których naprawa jest bardzo kosztowna, i znacznie przewyższa koszt prawidłowo wykonanych robót w trakcie wznoszenia budynku.

AN EXAMPLE OF DAMAGE CAUSED BY EXCESSIVE DAMPNESS TO A NEWLY ERECTED TERRACED HOUSE

Abstract

The article presents problems connected with excessive dampness in foundation walls and terraces shown on the example of a new terraced house erected in the area with a high level of ground water. The causes of the damage that occurred have been analysed. In the final part of the paper it has been stated that both solutions suggested in the design for the building not adjusted to the ground conditions on the site as well as defective building works were the reason for faults and damage that took place. The repair of the damage is very costly and considerably exceeds the cost of correct building works that could be performed during the erection of the building.

LESZEK DULAK
Politechnika Śląska

IZOLACYJNOŚĆ AKUSTYCZNA PRZEGRÓD WEWNĘTRZNYCH W ŚWIETLE BADAŃ TERENOWYCH KATEDRY PROCESÓW BUDOWLANYCH WYDZIAŁU BUDOWNICTWA POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

1. WSTĘP

Metody prognozowania oraz kryteria oceny izolacyjności akustycznej przegród i elementów w budynkach sprecyzowane zostały w ciągu ostatnich lat poprzez zastąpienie starych norm nowymi oraz ich uzupełnienie poprzez wydane instrukcje. Pomimo tego problem słabej izolacyjności akustycznej pomiędzy pomieszczeniami nie dotyczy wyłącznie budynków starych, ale wręcz przeciwnie, niejednokrotnie szczególnie dotkliwie odczuwany jest w przypadku obiektów nowych, wzniesionych przy użyciu nowoczesnych technologii. Spowodowane jest to błędami popełnianymi zarówno na etapie projektowania, jak i wykonawstwa. W artykule przedstawiono wymagania akustyczne dotyczące przegród i elementów budowlanych oraz przykładowe wyniki badań akustycznych przeprowadzonych w celach kontrolnych w nowo powstałym budynku hotelowym.

2. WYMAGANIA AKUSTYCZNE STAWIANE PRZEGRODOM W BUDYNKU

Zgodnie z zapisem w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury [4], dziale IX poświęconym ochronie przed hałasem i drganiami „budynek i urządzenia z nim związane powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby poziom hałasu, na który będą narażeni użytkownicy lub ludzie znajdujący się w ich sąsiedztwie, nie stanowił zagrożenia dla ich zdrowia, a także umożliwiał im pracę, odpoczynek i sen w zadowalających warunkach". Tabela 1 przedstawia systematykę parametrów określających stopień ochrony przed hałasem oraz obowiązujące dokumenty określające wymagania i metody prognozowania izolacyjności akustycznej. Ze względu na obszerność zagadnienia w dalszej części artykułu ograniczono się do przegród wewnętrznych budynku, pomijając kwestię izolacyjności akustycznej ścian zewnętrznych i stropodachów.

Zgodnie z normą PN-B-02151-3:1999 [5], izolacyjność akustyczną od **dźwięków powietrznych** przegród wewnętrznych w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych, jednorodzinnych, budynkach zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej określa się za pomocą wskaźników:

- R'_{A1} – wskaźnik oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej
- $D_{nT,A1}$ – wskaźnik przybliżonej wzorcowej różnicy poziomów.

W przypadku, jeżeli widmo hałasu w pomieszczeniu technicznym lub usługowym jest zbliżone do widma przypisanego w normie [8] wskaźnikowi C_{tr}, jako wymaganie należy przyjąć wskaźnik R'_{A2} lub $D_{nT,A2}$. Wskaźniki oceny $D_{nT,A1}$ i $D_{nT,A2}$ przyjmuje się w tych przypadkach, gdy przylegające pomieszczenia są w stosunku do siebie przesunięte tak, że wspólna część przegrody stanowi tylko fragment ściany lub stropu pomieszczenia lub jeżeli powierzchnia wspólnej części przegrody jest mniejsza od 10 m^2. Przytoczone powyżej wskaźniki posiadają w górnym indeksie znak „prim", co oznacza, że ich wartość wyznaczona została na podstawie badań terenowych. Na etapie projektowania brak informacji na temat wartości ww. wskaźników i projektant zmuszony jest posługiwać się wskaźnikami oceny uzyskanymi w laboratorium R_{A1} i R_{A2}. Wartości wskaźników wyznaczone w laboratorium, z racji specyficznych warunków montażu (brak przenoszenia bocznego) różnią się od wartości wskaźników wyznaczonych na podstawie badań terenowych. Z tego względu elementy budowlane przeznaczone do wykonania przegród wewnętrznych w budynku muszą charakteryzować się na tyle dużą izolacyjnością od dźwięków powietrznych, wyrażoną za pomocą R_{A1} i R_{A2}, aby po uwzględnieniu wpływu bocznego przenoszenia dźwięku, przegrody wewnętrzne wykonane z tych elementów osiągnęły wymaganą izolacyjność akustyczną wyrażoną w postaci R'_{A1} i R'_{A2}. Wpływ przenoszenia bocznego należy określać za pomocą modelu obliczeniowego dokładnego lub uproszczonego, podanego w normie PN-EN 12354-1:2002 [6]. Oba modele jednak dla przeciętnego inżyniera budowlanego, czy architekta mogą być mało czytelne i zrozumiałe. Zdecydowanie prostsza w zastosowaniu jest metoda szacunkowa opracowana przez Zakład Akustyki ITB i przedstawiona w instrukcji [2].

Tabela 1. Systematyka parametrów określających stopień ochrony przed hałasem

Rodzaj hałasu	Parametr określający ochronę obiektu budowlanego przed hałasem	Dokument określający wymagania oraz metodę prognozowania
hałas wewnętrzny i zewnętrzny powietrzny	- dopuszczalny poziom dźwięku A w dB - izolacyjność akustyczna właściwa w dB	Dz. U. 2002, nr 75, poz. 690 PN-87/B-02151/02 PN-B-02151-3:1999 PN-EN 12354-1:2002
hałas wewnętrzny uderzeniowy	- dopuszczalny poziom dźwięku A w dB - znormalizowany poziom uderzeniowy w dB	Dz. U. 2002, nr 75, poz. 690 PN-87/B-02151/02 PN-B-02151-3:1999 PN-EN 12354-2:2002

Izolacyjność akustyczną od **dźwięków uderzeniowych** stropów określa się za pomocą wskaźnika:

– $L'_{n,w}$ – wskaźnik znormalizowanego poziomu uderzeniowego przybliżonego.

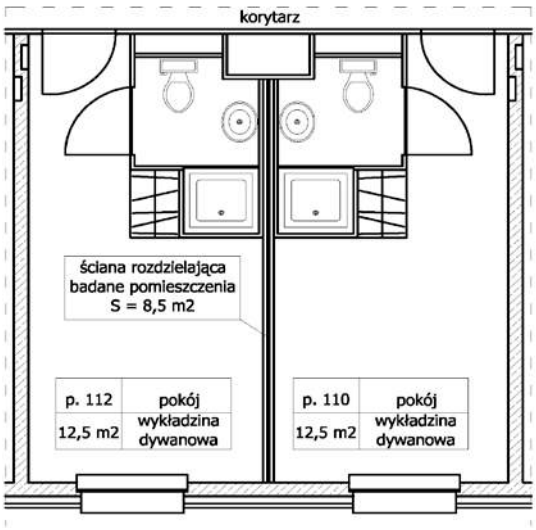
Analogicznie jak dla dźwięków powietrznych również w tym przypadku posługując się wskaźnikiem otrzymanym w badaniach laboratoryjnych $L_{n,w}$ należy uwzględnić w obliczeniach przenoszenie boczne. Jego wpływ należy określić za pomocą modeli podanych w normie PN-EN 12354-2:2002 [7].

Dobierając rodzaje przegród budowlanych na podstawie wskaźników uzyskanych w badaniach laboratoryjnych wzorów tych przegród zaleca się, aby w projektach były przyjmowane wartości tych wskaźników skorygowane o 2 dB, tj. wartości wskaźnika R_{A1} lub R_{A2} zmniejszone o 2 dB, natomiast wartości wskaźnika $L_{n,w}$ zwiększone o 2 dB.

Korekta ta uwzględnia dokładność wyznaczenia wskaźników na podstawie pomiarów laboratoryjnych, różny stopień odtworzenia w badanym wzorcu cech rozwiązania materiałowo-konstrukcyjnego oraz ewentualne niedokładności wykonawstwa.

3. WYNIKI BADAŃ TERENOWYCH

Przedstawione poniżej badania przeprowadzono w obiekcie hotelowo-restauracyjnym, siedmiokondygnacyjnym, przed jego oddaniem do użytkowania. Piwnice hotelu przeznaczone zostały na zaplecze techniczno-socjalne. Na parterze zlokalizowano restaurację oraz recepcję. Na kolejnych piętrach budynku mieszczą się pokoje hotelowe. Wszystkie ściany nośne wykonane zostały jako żelbetowe monolityczne – o grubości 18 cm. Ściany działowe wykonane zostały jako lekkie ściany warstwowe na szkielecie podwójnym z profili stalowych o grubości 50 mm, usztywnionym odcinkami płyty GK wysokości 30 cm w punktach odpowiadających 1/3 ściany. Stropy zaprojektowano jako monolityczno-prefabrykowane z zastosowaniem płyt FILIGRAN. Układ pomieszczeń wytypowanych do badań odpowiadał schematowi przedstawionemu na rysunku 1.

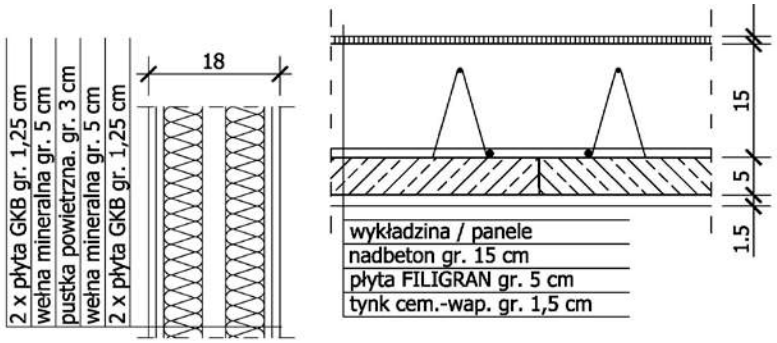


Nr ściany	Numery pokoi
1.	116 → 114
2.	112 → 110
3.	205 → 204
4.	308 → 309
5.	404 → 405
6.	513 → 515
7.	608 → 609
Nr stropu	Numery pokoi
8.	212 → 112
9.	214 → 114
10.	412 → 312
11.	414 → 314

Rys. 1. Rzut pokoi z numeracją przegród

Fig. 1. Projection of the rooms with order of partitions

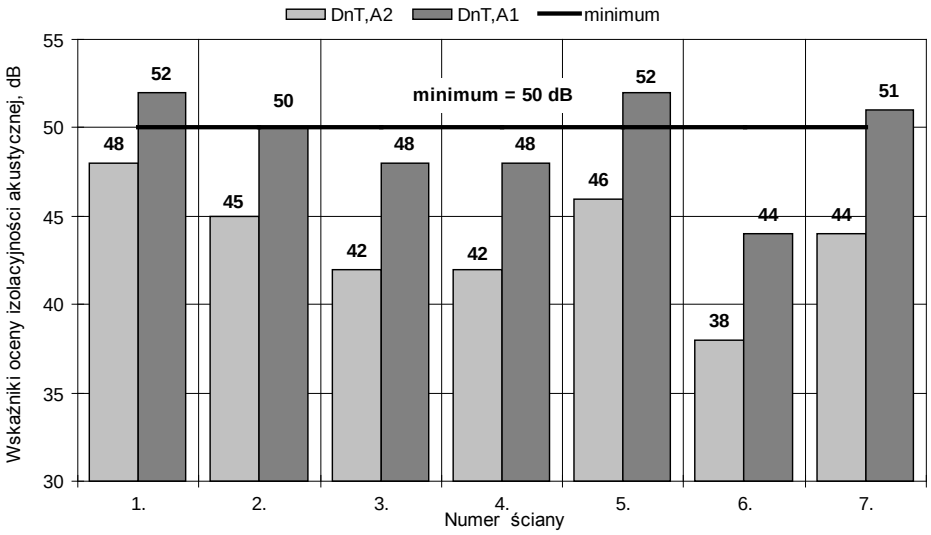
Konstrukcję lekkiej ściany warstwowej oraz stropu, rozdzielającego pomieszczenia poddane badaniom, pokazano na rysunku 2. Wszystkie przebadane ściany działowe miały jednakową budowę, natomiast stropy różniły się zastosowaną podłogą. W przypadku stropu 8 i 9 zastosowano wykładzinę dywanową, natomiast w przypadku stropu 10 i 11 panele podłogowe ułożone na warstwie izolacji akustycznej w postaci maty z pianki polietylenowej o grubości 2 mm. Izolacyjność akustyczną od dźwięków powietrznych wyznaczono dla ścian 1÷7 oraz dla stropów 8 i 10. Izolacyjność akustyczną od dźwięków uderzeniowych wyznaczona dla stropów 8÷11.



Rys. 2. Konstrukcja lekkiej ściany działowej i stropu

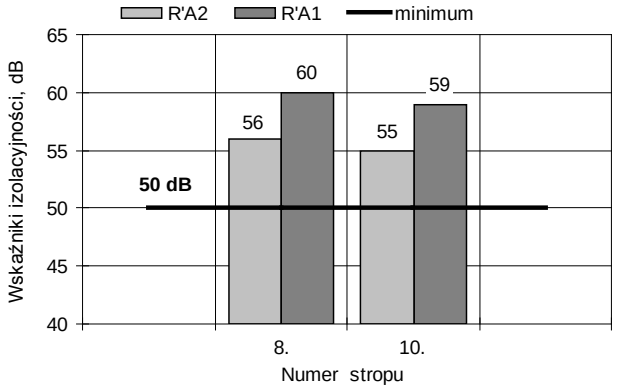
Fig. 2. Structure of the light partition wall and the floor

W wyniku przeprowadzonych badań wyznaczono wartości odpowiednich wskaźników izolacyjności. W przypadku ścian działowych nr 1÷7 konieczne było, ze względu na ich niewielką powierzchnię, wynoszącą 8,5 m^2 wyznaczenie wskaźników przybliżonej wzorcowej różnicy poziomów $D_{nT,A1}$ i $D_{nT,A2}$. Wyniki przedstawiono w postaci histogramu na rysunku 3. Dla przebadanych stropów nr 8 i nr 10 wyznaczono wartości wskaźników oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} i R'_{A2}, oraz dla stropów nr 8-11 wartości wskaźnika ważonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L'_{n,w}$. Wartości powyższych wskaźników przedstawiają rysunku 4 i 5.



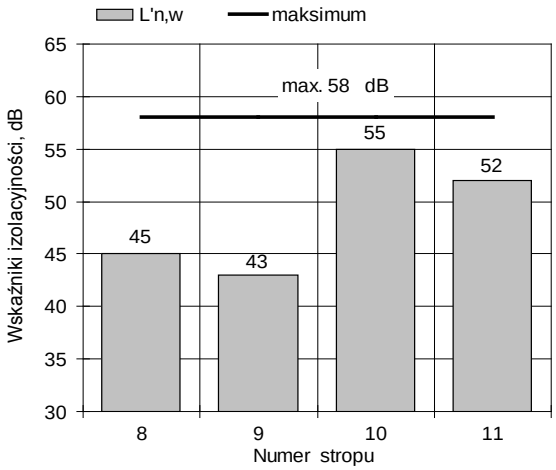
Rys. 3. Wartości wskaźnika oceny wzorcowej różnicy poziomów $D_{DnT,A1}$ i $D_{DnT,A2}$, wyznaczone na podstawie badań terenowych dla ścian

Fig. 3. Results of airborne sound insulation $D_{nT,w} + C_{tr}$ i $D_{nT,w} + C$, specified on the basis of field measurements for walls



Rys. 4. Wartości wskaźnika oceny izolacyjności akustycznej właściwej przybliżonej R'_{A1} i R'_{A2} wyznaczone na podstawie badań terenowych dla stropów

Fig. 4. Results of apparent sound reduction indexes R'_{A1} i R'_{A2}, specified on the basis of field measurements for ceilings



Rys. 5. Wartości wskaźnika ważonego poziomu uderzeniowego znormalizowanego $L'_{n,w}$ wyznaczone na podstawie badań terenowych dla stropów

Fig. 5. Results of weighted normalized impact sound pressure level indexes $L'_{n,w}$ specified on the basis of field measurements for ceilings

4. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ TERENOWYCH

W celu sprawdzenia poprawności zaprojektowanych ścian i stropów wykonano obliczenia prognozowanych wartości izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych i uderzeniowych przy wykorzystaniu modelu uproszczonego [6, 7]. Dla analizowanego stropu otrzymano wartość wskaźnika oceny przybliżonej izolacyjności akustycznej właściwej R'_{A1} = 56 dB oraz wartość wskaźnika znormalizowanego poziomu

uderzeniowego przybliżonego $L'_{n,w}$ = 56 dB (wynik dotyczy wariantu mniej korzystnego – podłoga z paneli). Wyznaczone wartości prognozowanych wskaźników dla ściany działowej obarczone są niestety dużą niepewnością ze względu na brak wyników pomiarów laboratoryjnych wzorca tej ściany. W obliczeniach przyjęto zatem dwie skrajne wartości wskaźnika dla rozwiązań zbliżonych do zastosowanego w analizowanym hotelu. W pierwszym przypadku przyjęto izolacyjność ściany wyrażoną wskaźnikiem oceny izolacyjności akustycznej właściwej R_{A1R} równą 53 dB oraz drugi, w którym przyjęto R_{A1R} = 60 dB. Obliczenia przeprowadzono jak dla złącza ściany dwupowłokowej z elementami jednorodnymi. Dla powyższych danych, uzyskano wartości wskaźnika przybliżonej wzorcowej różnicy poziomów $D_{nT,A1}$ 49 dB i 51 dB. Niewielka różnica pomiędzy uzyskanymi wynikami spowodowana jest decydującą rolą przenoszenia dźwięku drogami bocznymi. Analizując powyższe wyniki, należy stwierdzić, że strop został prawidłowo dobrany zarówno pod względem izolacyjności od dźwięków powietrznych jak i uderzeniowych, natomiast ściany działowe charakteryzuje izolacyjność zbliżona do wartości minimalnej wymaganej przez normę [5]. Analizując wyniki badań terenowych izolacyjności akustycznej od dźwięków powietrznych, należy stwierdzić, że tylko 4 z 7 ścian spełniły wymagania normy [5]. Do tej grupy należy ściana nr 1, 2, 5 i 7. Pozostałe układy charakteryzują się izolacyjnością niższą od minimum wymaganego dla hoteli kategorii trzygwiazdkowej i wyższej, które wynosi 50 dB. Przegroda nr 1 rozdzielała pokoje wzorcowe, nr 116 i nr 114 i wykonana została ze szczególną dbałością o zachowanie wszelkich reżimów dotyczących zarówno sposobu montażu jak, i jakości użytych materiałów. Stąd wysoka wartość R'_{A1} uzyskana dla niej. Pomimo tego, że każde piętro charakteryzowało się identycznymi rozwiązaniami architektonicznymi i konstrukcyjnymi, otrzymane wyniki dla poszczególnych przegród zasadniczo różniły się pomiędzy sobą, nawet o wartość 8 dB. Przyczyną okazało się zróżnicowanie jakości prac budowlanych – na każdym piętrze inny podwykonawca stawiał przegrody. Oględziny ścian wykazały, że jakość ich wykonania bezpośrednio powiązana była z wynikiem izolacyjności, jaki uzyskano podczas badań akustycznych. Najwyższą wartość wskaźnika oceny wzorcowej różnicy poziomów $D_{nT,A1}$, wynoszącą 52 dB, uzyskano dla przegrody nr 1 i 5. Najniższą wartością charakteryzowała się przegroda nr 6, uzyskano dla niej wartość wskaźnika $D_{nT,A1}$ = 44 dB. Oba analizowane stropy z zapasem spełniły wymagania normowe osiągając wartości wskaźnika R'_{A1}; 60 i 59 dB. Nie jest to niespodzianką, ponieważ zasadniczo konstrukcje masywne dobrze izolują od dźwięków powietrznych i nie są wrażliwe na błędy wykonawcze. Przedstawione wcześniej obliczenia teoretyczne dały wynik 56 dB, a więc gorszy o 4 i 3 dB. Jest to wynik zgodny z oczekiwaniami gdyż „dokładność przewidywań z użyciem modelu uproszczonego, wyrażona w wartości odchylenia standardowego wynosi około 2 dB, z tendencją do zawyżania w niewielkim stopniu wartości izolacyjności" [6]. Również otrzymane wartości wskaźnika $L'_{n,w}$ charakteryzującego izolacyjność od dźwięków uderzeniowych okazały się wystarczające dla spełnienia wymogu normowego wynoszącego max 58 dB. Niższą wartość wskaźnika (lepszy wynik) osiągnął strop z wykładziną dywanową ($L'_{n,w}$; 45 i 43 dB), która zdecydowanie lepiej tłumiła dźwięki uderzeniowe niż panele podłogowe ($L'_{n,w}$; 55 i 52 dB). Dla przypomnienia wartość wskaźnika obliczonego teoretycznie dla stropu z podłogą w postaci paneli wyniosła 56 dB. Należy w tym miejscu zaznaczyć jednak, że dla budynków mieszkalnych wielorodzinnych, gdzie projektant nie ma kontroli nad zastosowanym rodzajem posadzki podłogowej jedynym właściwym rozwiązaniem jest zastosowanie podłogi pływającej z odpowiednią warstwą izolacji akustycznej w postaci wełny bądź styropianu akustycznego.

4. WNIOSKI

Analizując wyniki badań terenowych jak i obliczeń teoretycznych można sprecyzować poniższe wnioski.

- Najprawdopodobniej na etapie projektowania sprawdzono wszystkie analizowane powyżej przegrody i spełniły one wymagania normowe, jednak prognoza izolacyjności akustycznej ścian pomiędzy pokojami wskazuje na spełnienie wymagań normowych z niewielkim 1 decybelowym zapasem lub wręcz bez niego.
- Wyniki badań terenowych wskazują, że takie podejście w przypadku ścian lekkich wielowarstwowych jest ryzykowne, ze względu na durzą ich podatność na błędy wykonawcze.
- Stwierdzone podczas oględzin ścian błędy (brak taśmy akustycznej na obwodzie, pod kształtownikami stalowymi, braki w wełnie mineralnej na części powierzchni ścian związane z prowadzeniem przewodów elektrycznych, uszkodzenia płyt gipsowo-kartonowych (związane najprawdopodobniej z ich słabą jakością, bądź rażącym niechlujstwem wykonawczym) doprowadziły do obniżenia izolacyjności akustycznej nawet o 8 dB.

LITERATURA

[1] Szudrowicz B., Żuchowicz-Wodnikowska I., Tomczyk P., 2002. Właściwości dźwiękoizolacyjne przegród budowlanych i ich elementów. Instrukcje, wytyczne, poradniki, nr 369. Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej Warszawa.

[2] Szudrowicz B., 2005. Metody obliczania izolacyjności akustycznej między pomieszczeniami w budynku według PN-EN 12354-1:2002 i PN-EN 12354-2:2002. Instrukcje, wytyczne, poradniki, nr 406, Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa.

[3] Żuchowicz-Wodnikowska I., 2004. Zasady doboru podłóg z uwagi na izolacyjność od dźwięków uderzeniowych stropów masywnych. Instrukcje, wytyczne, poradniki, nr 394. Wydawnictwo Instytutu Techniki Budowlanej, Warszawa.

[4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690). Wraz z późniejszymi zmianami.

[5] PN-B-02151-3:1999 Akustyka budowlana. Ochrona przed hałasem w budynkach. Izolacyjność akustyczna elementów budowlanych. Wymagania.

[6] PN-EN 12354-1:2002 Akustyka budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Izolacyjność od dźwięków powietrznych pomiędzy pomieszczeniami.

[7] PN-EN 12354-2: 2002 Akustyka Budowlana. Określenie właściwości akustycznych budynków na podstawie właściwości elementów. Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych między pomieszczeniami.

[8] PN-EN ISO 717-1:1999 Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności elementów budowlanych. Izolacyjność od dźwięków powietrznych.

[9] PN-EN ISO 717-2:1999 Akustyka. Ocena izolacyjności akustycznej w budynkach i izolacyjności elementów budowlanych. Izolacyjność od dźwięków uderzeniowych.

IZOLACYJNOŚĆ AKUSTYCZNA PRZEGRÓD WEWNĘTRZNYCH W ŚWIETLE BADAŃ TERENOWYCH KATEDRY PROCESÓW BUDOWLANYCH WYDZIAŁU BUDOWNICTWA POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Streszczenie

W myśl rozporządzenia [4] na projektancie i wykonawcy spoczywa obowiązek zapewnienia ochrony przed hałasem w budynku. W artykule przedstawiono obowiązujące wymagania, metody prognozowania oraz przykładowe wyniki badań terenowych izolacyjności akustycznej.

SOUND INSULATION OF FACADES BY FIELD MEASUREMENTS REALIZED BY FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Abstract

In accord with document [4], architect and contractor is under an obligation to protect the build against noise. This paper summarizes current legislative requirements, current methods of calculations and results of field measurements of sound insulations.

ANDRZEJ DYLLA
ZOFIA WERNEROWSKA-FRĄCKIEWICZ
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

PIERWSZE REALIZACJE TERMOIZOLACJI W SYSTEMIE BSO NA TERENIE BYDGOSZCZY

1. WSTĘP

Kilka lat po powstaniu pierwszych budynków wielorodzinnych wykonanych technologią uprzemysłowioną konieczna była dodatkowa termoizolacja z jednoczesną naprawą błędów wykonawczych. Pierwsze elewacje termoizolowane metodą BSO w Bydgoszczy mają już kilkanaście lat. W artykule omówiono stan techniczny elewacji ze szczególnym uwzględnieniem korozji biologicznej oraz procesów degradacji niezwiązanych z błędami wykonawstwa.

2. PRZEDMIOT BADAŃ I METODA OBSERWACJI

Przedmiotem badań są elewacje domów docieplanych metodą lekką-mokrą z termoizolatorem styropianowym. Obserwacji poddano 26 budynków, V i XII kondygnacyjnych, wielorodzinnych zlokalizowanych w Bydgoszczy. Obiekty te wykonano w systemie wielkopłytowym szczecińskim, OWT oraz wielkoblokowym wg. Katalogu Unifikacji Bydgoskiej. Powstały one w latach 60. i 70. XX w. i były termoizolowane w latach 1988-1995. Wyjątek stanowi najstarszy budynek z 1908 r., wymurowany z cegły, III-kondygnacyjny, termoizolowany metodą lekką-mokrą 18 lat temu jako pierwszy w Bydgoszczy. Podczas badań opracowano ankietę w której uwzględniono badania wizualne powierzchni ścian, wywiad z mieszkańcami oraz analizę dokumentacji technicznej projektu technicznego budynku i projektu termoizolacji. Dla większości budynków zachowały się projekty techniczne. Dokumentacja dotycząca termoizolacji jest niekompletna gdyż ówczesne przepisy prawa budowlanego nie wymagały wykonywania pełnej dokumentacji projektowej.

Z udostępnionych materiałów wynika, że decydowano się na termomodernizację po zmianie przepisów prawa budowlanego (norma PN-82/B-02020). Typowym przykładem są budynki nr 2 (tab. 1, XII kondygnacyjne, system szczeciński) powstałe w połowie lat 70. XX w. współczynnik przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych szczytowych wynosił K = 1,00 $W \cdot m^{-2}k^{-1}$ a dla ścian osłonowych K = 0,92 $W \cdot m^{-2}k^{-1}$ przy normatywnym K = 0,75 $W \cdot m^{-2}k^{-1}$. W 1990 r. wykonano ekspertyzę techniczna dotyczącą przemarzania [1]. W opracowaniu uwzględniono informacje zebrane od lokatorów dotyczące temperatury pomieszczeń i zawilgocenia ścian. Sprawdzono szczelność okien oraz instalację grzewczą. Okazało się, że na ścianie północnej przy temperaturach poniżej zera na zewnątrz budynku ściany w mieszkaniach były wilgotne. W lokalach na VI,

VII i IX piętrze występował grzyb. Taka sama sytuacja była w pozostałych budynkach, a zagrzybienie zaobserwowano na ścianach w mieszkaniach na parterze i na ostatniej kondygnacji. Dodatkowo stwierdzono nieszczelności i szpary na złączach płyt.

Tabela 1. Charakterystyka badanych obiektów wg lat użytkowania

Lp.	System wznoszenia obiektu	Ilość budynków	Ilość kondygnacji	Zakres docieplenia ścian	Czas użytkowania
1	technologia tradycyjna, ściany cegła pełna	1	IV	szczytowa	18
2	wielkopłytowy „szczeciński”	5	XII	szczytowe	16
3	wielkoblokowa wg „Katalogu Unifikacji Bydgoskiej”	1	V	szczytowe	15
				boczne	3
4	wielkoblokowa tradycyjna	3	V	wszystkie	14
5	wielkopłytowy	4	XII	wszystkie	13
6	wielkoblokowa wg „Katalogu Unifikacji Bydgoskiej”	2	V	szczytowe	13
				boczne	4
7	wielkopłytowa	1	XII	wszystkie	12
8	wielkopłytowy „szczeciński”	1	XII	szczytowe	11
9	wielkopłytowy „szczeciński”	2	V	szczytowe częściowo boczne	11
10	wielkopłytowy „OWT”	1	XII	szczytowe	11
11	wielkoblokowy	2	XII	wszystkie	11
12	technologia wielkoblokowa wg „Katalogu Unifikacji Bydgoskiej”	3	V	szczytowe	11
				ściany boczne	3

Tabela 2. Korozja biologiczna

Lp.	Zielony nalot (glony), %	Szary nalot (grzyby), %	Strony świata	Kolorystyka elewacji	Zakres docieplenia ścian	Czas użytkowania
1	–	5	zachodnia	jasna kolor szary	szczytowa	18
2	50	15	północna	ciemna wiśniowy niebieski	szczytowe	16
	–	5	południowa			
	10	40	północna	jasna piaskowy		
	–	5	południowa			
3	30	10	północna	jasny zielony	szczytowe	15
	–	–	boczne	różowy	boczne	3
4	10	60	północna	jasny piaskowy	wszystkie	14
	–	10	pozostałe			
5	10	30	północna	jasna	wszystkie	13
	–	5	pozostałe			

cd. tabeli 2

6	80	10	północna	ciemna kolor wiśniowy	szczytowe	13
	–	15	pozostałe	piaskowy	boczne	3
7	10	10	północna	jasna piaskowy różowy	wszystkie	12
	–	5	południowa			
8	5	40	północna	jasna zielony	szczytowe	11
9	5	30	północna	jasny żółty, biały	szczytowe częściowo boczne	11
	–	10	południowa			
10	10	30	północna	jasna popielaty	szczytowe	11
	30	30	południowa			
11	10	70	północna	jasna szary	wszystkie	11
	–	30	pozostałe			
12	3	50 trakt narożny pozostałe 1	północna	jasna różowy	boczna	11
	–	30 klatki schodowe	wschodnia zachodnia	piaskowy	ściany szczytowa	5

Przygotowano dokumentację termoizolacji ścian szczytowych metodą ciężką mokrą styropianem o grubości 5 cm i tynkiem o grubości 3 cm, ale ostatecznie docieplenie wykonano w łatwiejszej metodzie BSO.

Najstarszym z badanych obiektów jest budynek nr 1 (tab. 1) powstały w zabudowie zwartej za ślepą ścianą szczytową skierowaną na zachód, pozostałe obiekty są wolnostojące. Wymagania projektowe związane z koniecznością naświetlenia pokoi światłem słonecznym oraz ścisłe standardy powierzchniowe wymusiły usytuowanie budynków na osi północ-południe [2]. Otwory okienne lokalizowano na ścianie bocznej wschodniej i zachodniej, natomiast klatki schodowe i wejścia na ścianie wschodniej budynków, ściana południowa i północna, to ściany szczytowe. W 10 badanych budynkach są to ściany ślepe bez otworów okiennych. Ściany te jako pierwsze poddano termoizolacji.

3. KOROZJA BIOLOGICZNA

Korozja biologiczna widoczna jest na modernizowanych elewacjach w początkowym okresie użytkowania w postaci niewielkich skupisk szarych, szaro-zielonych lub zielonkawych plan. Pierwsze ślady widoczne są już na elewacjach 5-letnich – szary nalot. Na obserwowanych obiektach są to już rozległe powierzchnie (tab. 2). Wykonane tynki o fakturze „kornika" których nierówna powierzchnia dodatkowo sprzyja gromadzeniu się zanieczyszczeń (rys. 3). Zastosowano farby akrylowe, które przez zjawisko elektrostatycznego przyciągania kurzu i kwaśne podłoże, stwarzają dogodne warunki dla rozwoju życia biologicznego.

Glony (zielony nalot) występuje głównie na ścianach północnych, sporadycznie na elewacji wschodniej lub zachodniej (rys. 4). Jego największe skupiska występują na

parterze i ostatniej kondygnacji, często też wzdłuż krawędzi bocznych, a dodatkowo w miejscach o zwiększonej wilgotności np. nad daszkami lub skrzynkami. Na kilku elewacja widoczne były poziome pasy intensywnej zieleni w płaszczyźnie międzykondygnacyjnej. Prawdopodobnie jest to związane z błędami wykonawczymi, np. złe wykonanie złącza siatek (rys. 5). Badano zespół 5 budynków XII kondygnacyjnych wykonanych w tej samej technologii i termoizolowanych w tym samym czasie oraz zlokalizowanych na tym samym osiedlu w odległości nie większej niż 1 km (nr 2 tab. 1). Zazielenienie nie było większe na elewacji budynku usytuowanego w pobliżu małego zbiornika wodnego niż na pozostałych budynkach. Zauważony w innych miastach związek między lokalizacją budynku w pobliżu zbiornika wodnego a ilością glonów na elewacji nie występował na badanych obiektach [3]. Najbardziej porośnięte były ściany malowane ciemnymi farbami – kolor wiśniowy, niebieski i ciemno-zielony. Znacznie mniejszy zielony nalot występował na jasnych elewacjach. Na fasadach skierowanych na południe nie zaobserwowano obecności glonów.

Szary nalot świadczący o obecności grzybów pojawia się wcześniej niż zielony. Jest widoczny już na elewacjach 5-letnich. Może występować jednocześnie z nalotem zielonym.

Występuje na wszystkich elewacjach bez względu na stronę świata. Najbardziej widoczny jest na ścianach północnych, wschodnich i zachodnich. Szare pasy demaskują układ złączy płyt styropianu pod tynkiem. Widoczne są też poziome pasy stropów (rys. 7). Szczególnie interesujące okazały się budynki (nr 12 i 13 tab.) wyraźnie odwzorowujące obecność „zimniejszych" filarków międzyokiennych (rys. 6).

1 2

Rys. 1, 2. Budynek w technologii tradycyjnej, ściana szczytowa, rozdzielenie warstw po 18 latach eksploatacji

Fig. 1, 2. Building In traditional technology, gable wall, separation after 18 exploitation years

3

4

5

Rys. 3, 4, 5. Korozja biologiczna, glony na elewacji północnej, po 12 latach

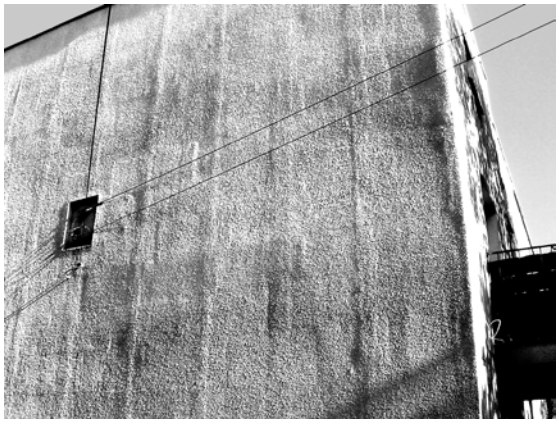
Fig. 3, 4, 5. Biological corrosion, aloes on the north facade, after 12 years

6 7

Rys. 6, 7. Rozmieszczenie szarego nalotu na powierzchniach o obniżonej temperaturze

Fig. 6, 7. Distribution of gray bloom on surfaces with decreased temperature

Kilkunastoletnie termoizolowane elewacje poddano ponownej modernizacji i dociepleniu (nr 4 tab. 1). Niepokojące jest pozostawienie starej substancji i nałożenie na nią nowej warstwy styropianu. Na wszystkich ścianach widoczne były rozległe szare naloty świadczące o obecności grzybów. Na budynkach, gdzie szczególnie rozległe płaszczyzny elewacji pokryte były szarym nalotem przeprowadzono remont elewacji polegający na jej pomalowaniu (nr 6 tab. 1). Obserwacja w następnych latach wykaże czy ich obecność wewnątrz ściany będzie widoczna na elewacji.



Rys. 8. Odkształcenia powierzchni, docieplenie po 5 latach

Fig. 8. Surface deformation, heat – insulating after 5 years

Kolejnym symptomem świadczącym o zużyciu technicznym termoizolacji jest odspajanie się warstw tynku i siatki od płyt styropianu (rys. 1, 2) na budynku nr 1 i pięciu budynkach nr 2 (tab. 1). Zjawisko to zaobserwowano na obiektach gdzie termoizolacja jest starsza niż 15 lat. Na najstarszym obiekcie oderwała się już część warstwy tynku wraz z siatką, tj. około 20 % całej termoizolowanej powierzchni. Na pozostałych elewacjach jest to widoczne w postaci nierównej powierzchni i występowania „wybrzuszeń" oraz otworów i spękań warstwy licowej. Na fasadach kilkunastoletnich obserwuje się też odspajania, klawiszowanie i odkształceniu płyt styropianowych (rys. 8).

4. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji najstarszych realizacji termoizolacji budynków wielorodzinnych w Bydgoszczy potwierdza się konieczność ustalenia rzeczywistej trwałości tego rozwiązania. Jest to zagadnienie wieloaspektowe związane z dyskomfortem estetycznym (zmiany kolorystyki, przebarwienia), degradacją wewnątrz materiału izolacyjnego i korozją biologiczną. Należy zbadać czy korozja biologiczna to jednie problem estetyki elewacji, czy też może mieć wpływ na zdrowie mieszkańców. Jest szczególnie ważne wobec masowego stosowania tego systemu. Dodatkowym zagadnieniem jest określenie właściwego sposobu remont najstarszych (kilkunastoletnich elewacji).

LITERATURA

[1] Wolański J., 1990. Ekspertyzę techniczna dotyczącą przemarzania, budynek mieszkalny 18.
[2] Rozporządzenie ministra Administracji, Gospodarki Terenowej i Ochrony Środowiska z dnia 3 lipca 1980 r. W sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki.
[3] Glony i grzyby na ocieplanych fasadach, 2004. CAPAROL Polska Sp. z o.o. Izolacje 5.

PIERWSZE REALIZACJE TERMOIZOLACJI W SYSTEMIE BSO NA TERENIE BYDGOSZCZY

Streszczenie

Obserwacje obejmują 27 budynków zlokalizowanych w Bydgoszczy i termoizolowanych styropianem systemem BSO przed 11 laty. Korozja biologiczna ujawnia się już po 5 latach. Na elewacjach zaobserwowano zielony i szary nalot świadczący o obecności grzybów i glonów. Glony występują głownie na północnych elewacjach. Szary nalot ujawnia „chłodne miejsca" ścian zewnętrznych np. poziome pasy stropów lub filarki międzyokienne. Na elewacjach 18- i 16-letnich widoczne jest rozwarstwienie warstw licowych termoizolacji i degradacja wewnątrz materiału.

FIRST REALIZATIONS OF HEAT – INSULATING SYSTEM BSO IN BYDGOSZCZ BUILDING SIDE

Abstract

The paper presents research of before 11 years heat-insulated 27 buildings in Bydgoszcz. Biological corrosion of BSO foamed polystyrene method heat-insulated facade reveals already after 5 years. The green and grey blooms on facades are connected with presence of fungus and alges. The alges grows chiefly on north facades. Grey blooms show “cool places” of external walls, horisontal floor belts and interwindow piers. On facades 16 and 18 years we see the delamination of layer.

VALERIY EZERSKIY
ELŻBIEATA RUDCZYK-MALIJEWSKA
Politechnika Białostocka

PAWEŁ MONASTYREW
Tambowski Państwowy Uniwersytet Techniczny

ODCHYLENIA PIONOWE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH BUDYNKÓW MIESZKALNYCH PODDAWANYCH TERMOMODERNIZACJI

1. WSTĘP

Przy wykonaniu termomodernizacji budynków mieszkalnych pojawiają się problemy, związane z znacznymi odchyleniami od pionu elewacyjnej powierzchni ścian zewnętrznych tych budynków. Przyczyn, powodujących możliwość pojawiania się tych odchyleń jest sporo, ale wszystkie je można podzielić na dwie duże grupy: powodujące odchylenia od razu w czasie wznoszenia budynku oraz powodujące je podczas eksploatacji.

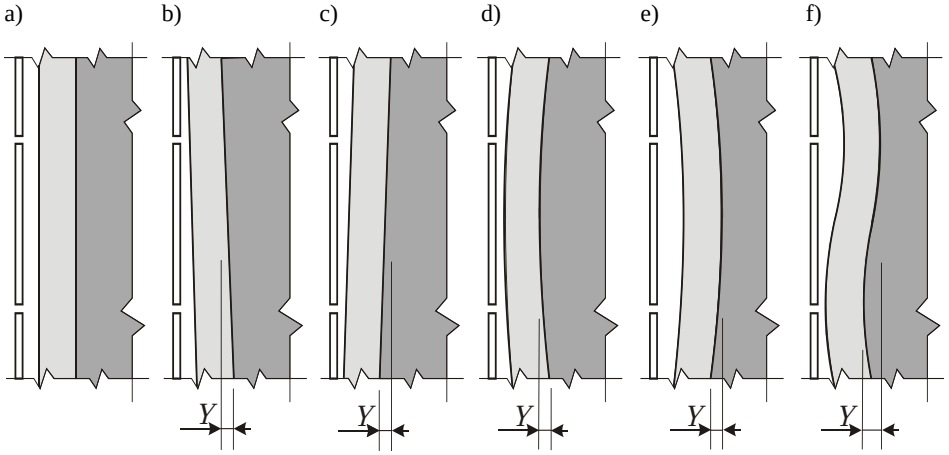
W trakcie wznoszenia budynku uzyskanie idealnego pionowego ustawienia ścian zewnętrznych jest prawie niemożliwe. Zgodnie z obowiązującymi przepisami określone są skrajnie dopuszczalne odchylenia. Odchylenia krawędzi od kierunku pionowego nie powinny być większe niż 2 mm na 1 m i nie większe niż 30 mm na całej wysokości budynku, dopuszczalne odchylenia od pionu powierzchni i krawędzi zewnętrznych na całej wysokości kondygnacji – 10 mm.

Jednakże doświadczenie z badań terenowych wielokondygnacyjnych budynków mieszkalnych pokazuje, że suma bezwzględnych wielkości maksymalnych pionowych odchyleń zewnętrznych ścian może dochodzić do 150-200 mm. Przy tym znaczne odchylenia elewacyjnej powierzchni ścian często występują w budynkach, mających zadowalający stan techniczny. Właśnie takie budynki mogą być obiektami poddawanymi termomodernizacji.

Z punktu widzenia fizyki cieplnej przy dodatkowym ociepleniu ścian zewnętrznych budynków, materiał termoizolacyjny powinien być przymocowywany szczelnie do ściany.

W wyniku tego warstwa termoizolacji odtwarza nierówności i odchylenia ścian (rys. 1). Z drugiej strony, w przypadku elewacji wentylowanych ich warstwa elewacyjna powinna mieć dokładne wymiary geometryczne i być ustawiona pionowo. Pustka powietrzna w tym przypadku odgrywa rolę kompensacyjną. Jednak jej wielkość powinna być nie mniejsza niż 20 mm (minimalny zalecany wymiar) i nie większa niż 100 mm, biorąc pod uwagę względy bezpieczeństwa pożarowego.

W takiej sytuacji konstrukcyjne rozwiązanie stelaża mocującego powinno dopuszczać regulowanie położenia elewacyjnych płyt okładzinowych w stosunku do powierzchni materiału termoizolacyjnego w takim zakresie, w jakim wymagają tego odchylenia ścian zewnętrznych.



Rys. 1. Schematy możliwych odchyleń od pionu powierzchni zewnętrznej ocieplonych ścian: a) idealna, b) pochylona na zewnątrz, c) pochylona do wewnątrz, d) wypukła, e) wklęsła, f) falista

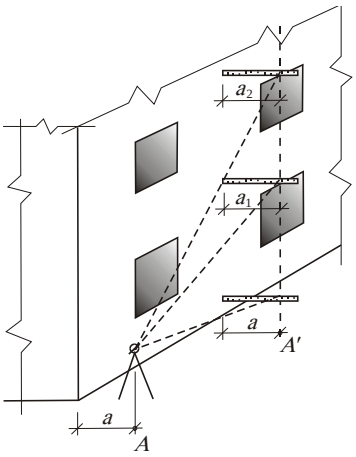
Fig. 1. Schemes of vertical deviation possibilities external surfaces of wormed-up walls: a) perfect, b) tilted for outside, c) tilted for inside, d) convex, e) concave, f) flowing

2. CEL I ZAKRES BADAŃ TERENOWYCH

Przy opracowywaniu rozwiązań konstrukcyjnych regulowanych elementów mocujących elewacji wentylowanych niezbędna jest informacja o wartości sumy bezwzględnych maksymalnych pionowych odchyleń powierzchni elewacyjnej ścian zewnętrznych istniejących budynków, poddawanych termomodernizacji. Niestety, taka informacja jest bardzo ograniczona. Uzyskanie jej jest możliwe jedynie poprzez obserwację budynków istniejących. W związku z tym przeprowadzono terenowe badanie ścian zewnętrznych dużej grupy budynków mieszkalnych zbudowanych w różnych systemach, o różnej ilości kondygnacji i różnym okresie eksploatacji. Celem tego badania była próba określenia wielkości sumy bezwzględnych maksymalnych pionowych odchyleń ścian zewnętrznych (Y_i, mm), ocena charakteru wpływu na nią różnych czynników i ustalenie zakresów zmienności zbadanych odchyleń.

Badany parametr Y_i był określany za pomocą teodolitu T5 i metrowej poziomicy, na której naniesiono milimetrową podziałkę.

Pomiary wykonywano w następującej kolejności. Na początku na elewacji zewnętrznej budynku mieszkalnego wizualnie wybierano trzy charakterystyczne płaszczyzny, mające zauważalne odchylenia powierzchni zewnętrznej ściany i znajdujące się w dostępnym do pomiarów miejscu (dające się obserwować na całej wysokości budynku). Następnie w osi równoległej ściany zewnętrznej wybierano linię *AA'* (rys. 2). Teodolit ustawiano w punkcie *A* i kierowano go na punkt *A'*, przeprowadzając w taki sposób płaszczyznę kolineacji, żeby przechodziła ona przez linię *AA'*.



Rys. 2. Schemat określenia odchyleń od pionu powierzchni zewnętrznej ocieplanych ścian budynków mieszkalnych

Fig. 2. Scheme of determination vertical deviation of habitable building external surface of wormed-up walls

Następnie z balkonów lub przez otwarte okna na każdej kondygnacji budynku przykładano poziomnicę i odczytywano odległości a_n od płaszczyzny ściany. Pomiary te przeprowadzano wzdłuż całej wysokości elewacji co 1,5 m dla każdego z trzech wybranych odcinków.

Na podstawie otrzymanych wyników dla każdego odcinka znajdowano najbardziej wypukły (a_n^{wy}) i wklęsły (a_n^{wk}) punkt ściany. Różnica pomiędzy pierwszym a drugim odczytem odpowiadała sumarycznej bezwzględnej maksymalnej wielkości pionowego odchylenia badanego odcinka ściany zewnętrznej:

$$Y_i = a_n^{wy} - a_n^{wk} \tag{1}$$

Na podstawie uzyskanych pomiarów określano wartości średnie sumarycznego bezwzględnego maksymalnego odchylenia pionowego ścian zewnętrznych $\overline{Y}_i$ badanego budynku mieszkalnego.

3. BADANE CZYNNIKI I ZAKRESY ICH ZMIENNOŚĆ

Do statystycznej analizy wyników pomiarów terenowych budynki mieszkalne były pogrupowane według trzech cech: okresu wznoszenia, typu ścian zewnętrznych, liczby kondygnacji. Okresy wznoszenia zostały wybrane na podstawie analizy dokumentacji spółdzielni mieszkaniowych, których budynki w pierwszej kolejności mogą być poddawane termomodernizacji. Ściany budynków są wykonywane głównie z wielkiej płyty i cegły silikatowej, a liczba kondygnacji wynosiła od 5 do 9.

Każda z wyżej wymienionych cech charakteryzowała budynki pewnego typu i była rozpatrywana jako badany czynnik.

Czynnik *A* – okres wznoszenia budynku, rozpatrywano na trzech poziomach:
1 – od 1958 do 1970 r. (typowe domy z małogabarytowymi mieszkaniami),
2 – od 1971 do 1980 r. (domy z katalogów budynków prefabrykowanych),
3 – od 1981 do 2000 r. (budynki nowoczesne).

Czynnik *B* – typ ścian zewnętrznych, rozpatrywano na dwóch poziomach:
1 – płytowa,
2 – murowana.

Czynnik C – ilość kondygnacji budynku, rozpatrywano na dwóch poziomach:
1 – 5 kondygnacji,
2 – 9 kondygnacji.

Plan badania i wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 1. Wstępna analiza wyników pomiarów dowiodła, że istnieje rozrzut wartości zarówno przy rozpatrywaniu budynków o różnych parametrach, jak i w budynkach jednego typu. W związku z tym przeprowadzono sprawdzenie jednorodności wariancji pomiarów według kryterium Kochrana [2], co wykazało, że przy poziomie istotności $\alpha = 0{,}05$ wariancje pomiarów są jednorodne.

Tabela 1. Plan i wyniki pomiarów sumarycznej bezwzględnej wielkości maksymalnego pionowego odchylenia Y_i, mm powierzchni ścian zewnętrznych budynków mieszkalnych

Nr pomiaru	*A*	*B*	*C*	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	$\overline{Y}_{śr}$	S^2
1	1	1	1	36	39	43	51	58	74	**50,2**	**201**
2	1	1	2	42	44	44	50	56	100	**56,0**	**491**
3	1	2	1	9	20	29	30	42	55	**30,8**	**261**
4	1	2	2	145	121	133	147	194	165	**150,8**	**664**
5	2	1	1	7	29	31	34	36	63	**33,3**	**321**
6	2	1	2	30	45	50	52	60	73	**51,7**	**208**
7	2	2	1	98	98	99	110	125	154	**114,0**	**495**
8	2	2	2	115	88	115	130	156	152	**126,0**	**656**
9	3	1	1	37	37	59	65	73	86	**59,5**	**386**
10	3	1	2	51	52	59	63	66	91	**63,7**	**214**
11	3	2	1	15	15	25	34	38	63	**31,7**	**325**
12	3	2	2	59	50	56	71	71	111	**69,7**	**480**

Podczas analizy wyników pomiarów badanej funkcji celu należało wykryć i ocenić wpływ poszczególnych czynników na zmienność sumarycznej bezwzględnej wielkości maksymalnej pionowego odchylenia, przedstawiającej pewną przypadkową wielkość *Y*.

Oczywistym jest to, że wymienione wyżej czynniki nie wyczerpują do końca wszystkich źródeł zmienności. Jednakże biorąc pod uwagę doświadczenia autorów i dysponowanie realnymi danymi wysunięto hipotezę o istotnym wpływie wybranych czynników.

4. ANALIZA STATYSTYCZNA UZYSKANYCH WYNIKÓW

Jako metodę oceny wybrano analizę wariancji [1], pozwalającą wykazać czy badany pojedynczy czynnik lub ich wspólne oddziaływanie mają istotny wpływ na zmienność cechy, a także ocenić ilościowo wkład każdego z badanych czynników w całokształt oddziaływania. Przy czym metoda ta pozwala na uzyskanie pozytywnej odpowiedzi tylko w przypadku istnienia istotnego wpływu. W przeciwnym przypadku pytanie pozostaje otwartym i konieczne są dodatkowe badania (zazwyczaj, wymagające zwiększenia liczby pomiarów).

Po uwzględnieniu liczby wybranych czynników przeprowadzono trójczynnikową analizę wariancji (tab. 2).

Tabela 2. Trójczynnikowa analiza wariancji pomiarów sumarycznej bezwzględnej wielkości maksymalnego pionowego odchylenia powierzchni ścian zewnętrznych

Nr	Źródło zmienności	Suma kwadratów efektów	Liczba stopni swobody	Sprawdzana wariancja	Kryterium Fiszera		η%
					Oblicz.	Kryt.	
1	A	Q_A = 7746,36	v_A = 2	S_A^2 = 3873,18	9,883	3,15	6,2
2	B	Q_B = 21770,89	v_B = 1	S_B^2 = 21770,89	55,551	4,00	17,3
3	C	Q_C = 19668,06	v_C = 1	S_C^2 = 19668,06	50,185	4,00	15,6
4	AB	Q_{AB} = 23532,03	v_{AB} = 2	S_{AB}^2 = 11766,01	30,022	3,15	18,7
5	AC	Q_{AC} = 8130,19	v_{AC} = 2	S_{AC}^2 = 4065,10	10,372	3,15	6,5
6	BC	Q_{BC} = 10034,72	v_{BC} = 1	S_{BC}^2 = 10034,72	25,605	4,00	8,0
7	ABC	Q_{ABC} = 11293,53	v_{ABC} = 2	S_{ABC}^2 = 5646,76	14,408	3,15	9,0
8	Z	Q_Z = 23514,67	v_Z = 60	S_Z^2 = 391,91	–	–	18,7
9	Razem	Q = 125690,44	v = 71	–	–	–	100

Stwierdzono, że wszystkie obliczone wartości F przewyższają odpowiednie wartości F_{kr}. W ten sposób, analiza wariancji ujawniła istotny wpływ na sumaryczną bezwzględną wartość maksymalnego pionowego odchylenia powierzchni ścian zewnętrznych wszystkich badanych czynników i ich wspólnych oddziaływań. Przy tym udział wpływu czynników w całości wynosi:

– czynnik A – 6%, czynnik B – 17%, czynnik C – 16%,
– czynników A i B – 19%, czynników A *i* C – 6%, czynników B *i* C – 8%,
– czynników A, B *i* C – 9%.

Przy uwzględnieniu praktycznej celowości przeprowadzanego badania, konieczności unifikacji elementów stelażu mocującego elewacji wentylowanej, a także najniższej istotności czynnika A podjęto decyzje o obliczeniu oceny przedziałów ufności dla największej sumarycznej bezwzględnej wartości maksymalnego pionowego odchylenia powierzchni zewnętrznej ścian wielkopłytowych i murowanych pięcio- i dziewięcio-

kondygnacyjnych budynków mieszkalnych. W tym celu wykorzystano następujące zależności [2]:

$$y_{jk} - t_{\gamma;\,n}(S_{jk}/n^{1/2}) < Y_{jk} < y_{jk} + t_{\gamma;n}(S_{jk}/n^{1/2}) \text{ lub} \tag{2}$$

$$Y_{jk} = y_{jk} \pm t_{\gamma;n}(S_{jk}/n^{1/2}), \tag{3}$$

gdzie:

y_{jk} – średnia sumaryczna bezwzględna wartość maksymalnego pionowego odchylenia zewnętrznej powierzchni ściany, w którym *jk* – połączenie poziomów czynników *B i C*,

S_{jk} – średnie odchylenie kwadratowe,

$n = 6$ – ilość powtórzeń pomiarów; $t_{\gamma;n} = t_{0,95;6} = 2,57$ – według [3] dla ilości $n = 6$ i ufności $\gamma = 0,95$.

Wyniki obliczeń oceny przedziałów ufności podano w tabeli 3.

Tabela 3. Obliczenia przedziałów ufności sumarycznej bezwzględnej wartości maksymalnego pionowego odchylenia zewnętrznej powierzchni ścian wielkopłytowych i murowanych budynków o różnej ilości kondygnacji

Materiał ścian	Kondygnacja	y_{jk} (*max*)	S_{jk}^2	S_{jk}	$\pm t_{\gamma;n}\left(\frac{S_{jk}}{\sqrt{n}}\right)$	Y_i, z uwzględnieniem oceny przedziałów, mm
wielkopłytowe	5	59,5	386	19,6	± 20,6	**39÷80**
	9	63,7	214	14,6	± 15,3	**48÷79**
murowane	5	114,0	495	22,2	± 23,3	**91÷137**
	9	150,8	664	25,8	± 27,0	**124÷178**

5. WNIOSKI

Wymienione przedziały zmiany sumarycznej bezwzględnej wartości maksymalnego pionowego odchylenia zewnętrznej powierzchni ścian wskazują na to, że aby zapewnić usytuowanie w pionie płyt okładzinowych elewacji wentylowanych konstrukcja ich stelażu mocującego powinna mieć w stosunku do powierzchni termomodernizowanej ściany następujące regulowane parametry:

- 0÷80 mm – przy ocieplaniu wielkopłytowych budynków o dowolnej liczbie kondygnacji,
- 0÷140 mm – przy ocieplaniu pieciokondygnacyjnych budynków murowanych,
- 0÷180 mm – przy ocieplaniu dziewięciokondygnacyjnych budynków murowanych.

LITERATURA

[1] Шеффе Г. Dispierjonnyj analiz. [w]: Nauka. Gławnaja redakcija fiziko-matematiczeskoj literatury, 1980. – 512c.

[2] Krysicki W., Bartos J., Dyczka W., Królikowska K., Wasilewska M., 2003. Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna w zadaniach. Część II – Statystyka matematyczna, PWN Warszawa.

ODCHYLENIA PIONOWE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH BUDYNKÓW MIESZKALNYCH PODDAWANYCH TERMOMODERNIZACJI

Streszczenie

Przy opracowaniu rozwiązań konstrukcyjnych regulowanych elementów mocujących elewacji wentylowanych koniecznym jest informacja o odchyleniach pionowych powierzchni elewacyjnej budynków poddawanych termomodernizacji. Na podstawie badania terenowego przeprowadzono ocenę charakteru i stopnia wpływu takich czynników jak: okres wznoszenia budynku (A), rodzaj materiału ścian zewnętrznych (B) i ilość kondygnacji (C) na sumaryczną bezwzględną wielkość maksymalnych odchyleń pionowych powierzchni zewnętrznych ścian istniejących budynków mieszkalnych poddawanych termomodernizacji.

VERTICAL DEVIATION OF EXTERNAL WALLS SURFACES OF HABITABLE BUILDINGS THERMAL RENOVATION PROCESSED

Abstract

Information of vertical deviation of surface is at elaboration of design solutions of adjusted element grappling elevation ventilated indispensable building subjected thermal renovation facade should be added. Evaluation of character and measure of influence from factors as: period of built (A), type of external walls material (B), and quantity of levels (C) for absolute summary quantity of maximal vertical deviation of external walls surfaces of existing habitable buildings thermal renovation processed.

Pracę przygotowano na podstawie Umowy o współpracy miedzy Politechnika Białostocka i Tambowskim Państwowym Uniwersytetem Technicznym w ramach działalności statutowej S/IIB/2/06 finansowanej przez KBN.

MARCIN FURTAK
Politechnika Krakowska

MOSTY BUDYNKI – EKSTRAWAGANCJA CZY PRZYSZŁOŚĆ

1. WSTĘP

Mosty jako obiekty wyróżniające się kształtem i estetyką zarówno w krajobrazie otwartym, jak i miejskim stanowią charakterystyczne dominanty łączące ze sobą przestrzeń po obu stronach przeszkody. Ich indywidualny charakter, odmienność w stosunku do pozostałych budowli oraz funkcja predysponują je do miana dzieł sztuki inżynierskiej [1].

Niezależnie od rodzaju konstrukcji i materiału dostępnego w danym czasie architekci i inżynierowie z zainteresowaniem śledzili możliwości powierzania mostom funkcji charakterystycznych dla budynku. Tendencje te zapoczątkowane wieki temu z mniejszym lub większym natężeniem powracały w projektach wszystkich epok.

Mimo że różne od komunikacyjnej funkcje mostu realizowane są stosunkowo rzadko (zwłaszcza współcześnie) niewykluczone, że tendencja ta może ulec odwróceniu. Tym bardziej, że kiedy już most funkcję pozakomunikacyjną zyskiwał, najczęściej stawał się wizytówką swojego miasta lub regionu i z powodzeniem przechodził do annałów historii. Czasem tę specyficzną funkcję mostu wymuszały uwarunkowania użytkowe, obecnie dużą rolę odgrywa czynnik komercyjny. Zmienia się również forma i natężenie ruchu – dawniej konna i piesza, obecnie samochodowa i kolejowa. Te wszystkie aspekty pozostają w ścisłej korelacji z próbami implementowania mostom zadań pozornie sprzecznych z ich wyobrażeniem.

W niniejszej pracy scharakteryzowano wybrane obiekty mostowe pod kątem pozakomunikacyjnych rozwiązań użytkowych i przedstawiono tezę dotyczącą możliwości kształtowania roli mostów – budynków w przyszłości.

2. WYBRANE PRZYKŁADY

Pierwszym przykładem połączenia roli budynku i mostu była konstrukcja mostu zwodzonego, którego naturalnym przedłużeniem stawała się wieża obronna. Pomost mostu był jednocześnie zamykaną bramą – a więc pełnił zadania charakterystyczne dla elementów obiektów budowlanych. Rozwiązania tego typu spotykamy już w pierwszych wiekach naszej ery [2].

Dojrzalszym przykładem integracji tradycyjnej funkcji komunikacyjnej mostów z funkcją militarną są mosty ufortyfikowane. Budowano je we Francji już od początku XII wieku. Najsłynniejszymi obiektami tego typu jest most przez rzekę Rodan w Avignionie (ok. 1178 r.) oraz pochodzący z XIV w. Pont Valentre przez rzekę Lot, koło Cahors (rys. 1).

Rys.1. Most Ponte Valentre nad rzeką Lot

Fig. 1. Ponte Valentre bridge over the Lot River

W obu przypadkach niektóre kamienne filary rozbudowano powyżej poziomu pomostu konstruując wieże strażnicze. Obecnie mosty te pełnią rolę atrakcji turystycznych i są udostępnione zwiedzającym [3].

Najsłynniejszym mostem – budynkiem średniowiecza, który po raz pierwszy łączył funkcję mieszkalną i handlową z komunikacją był rozpoczęty w 1177 roku (projekt mnicha Piotra z Colechurch) londyński Old London Bridge (rys. 2). Ten ostrołukowy i kamienny zarazem ustrój doczekał się na swojej powierzchni budynków dopiero w XIV wieku. Niektóre ze sklepów na londyńskim moście posiadały 3 piętra. Obiekt przetrwał wielki pożar Londynu, ale 165 lat później w 1831 roku zburzono go i wybudowano na jego miejscu nowy [4].

Podobna funkcja handlowa, a z czasem również mieszkalna stała się udziałem mostu Ponte Vecchio przez rzekę Arno we Florencji (rys. 3).

Rys. 2. Rycina pokazująca londyński most

Fig. 2. Contemporary drawing of London Old Bridge

Rys. 3. Ponte Vecchio we Florencji
Fig. 3. Florence's Ponte Vecchio

Obiekt zaprojektowany przez Taddeo Gaddiego (1345 r.) charakteryzuje się niewielką jak na współczesne mu czasy wyniosłością i niedużą strzałką łuków przęseł odcinkowych. Dzięki takiej konstrukcji można było zwiększyć rozpiętość przęseł i obniżyć poziom jezdni. Zwłaszcza ten drugi czynnik miał niebagatelne znaczenie przy wznoszeniu dwukondygnacyjnej zabudowy mostu, na którą składają się domy i sklepy jubilerskie rozlokowane wzdłuż całej długości Ponte Vecchio. Otoczony budynkami mieszkalnymi od razu stał się znaną na całym świecie wizytówką miasta [5].

Najdłużej z kolei użytkowanym kamiennym mostem – budynkiem w Anglii był średniowieczny most w Bristolu (wybudowany ok. 1245 roku). Jego konstrukcję stanowiły cztery przęsła ostrołukowe, a wyróżnikiem stała się funkcja religijna, którą pełnił za sprawą usytuowanej w ramach centralnego filara kaplicy. Niestety most w 1768 roku został zastąpiony inną konstrukcją [4].

Nietypową funkcję uzupełniającą mostu – muzeum pełni po dziś dzień Tower Bridge w Londynie (rys. 4). Ikona stolicy Anglii i najbardziej znany ruchomy most na świecie powstał w latach 1886-1894 za sprawą współpracy inżyniera Johna Wolfe-Barry'ego i architekta Sir Horacego Jonesa. Podpory trójprzęsłowego obiektu stanowią dwie murowane, neogotyckie wieże dodatkowo połączone w górnej części kładką. Podpory w swoich podstawach kryją urządzenia hydrauliczne służące podnoszeniu stalowych połówek środkowego przęsła, natomiast w części górnej znajdują się sale ekspozycji [6].

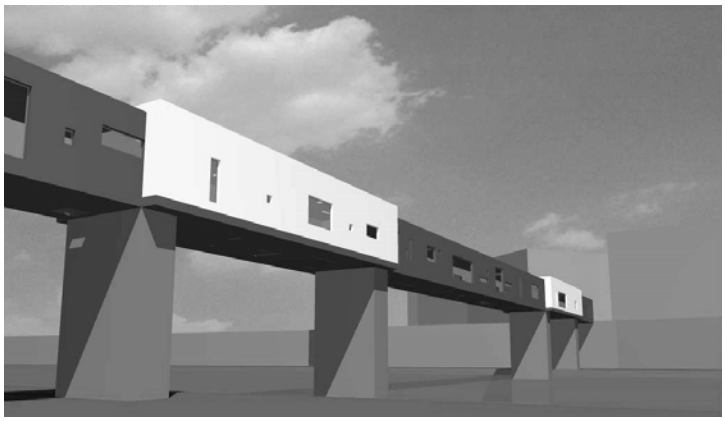
Stalowy most drogowy przez Dunaj w Bratysławie zwany „Novy Most" jest jednym z najsłynniejszych podwieszonych mostów świata dzięki zaimplementowaniu przez projektantów wyjątkowej funkcji (rys. 5). Architekt J. Lacko i inżynier A. Tesar na wierzchołku pylonu, na poziomie 85 metrów skonstruowali restaurację. Po gruntownej, dwuletniej przebudowie w 2005 roku „UFO" swoim kształtem nawiązująca do latającego spodka otworzyła podwoje dla odwiedzających. Dostać się do niej można za pomocą 10-osobowej windy usytuowanej w lewym filarze. W prawym ulokowano klatkę schodową. Na szczycie poza restauracją znajduje się platforma widokowa ze wspaniałym otwarciem na panoramę miasta [7].

Rys. 4. Tower Bridge w Londynie
Fig. 4. London's Tower Bridge

Rys. 5. Novy Most w Bratysławie z kawiarnią „Ufo" na szczycie pylonu
Fig. 5. New Bridge in Bratislava with the „Ufo" restaurant on the top of pylon

Tradycje funkcji pozakomunikacyjnych umiejscowionych w mostach znajdują obecnie nową formę wyrazu w kładkach dla pieszych. Piesze przeprawy sprzyjają lokowaniu w ich obrębie galerii sztuki, muzeów i wystaw. Zainteresowanie tworzeniem tego typu konstrukcji jest obecne również w Polsce. Na X Bienalle Architektury w Krakowie, w 2004 roku, jednym z zagadnień był most – galeria sztuki (rys. 6).

Na konkurs nadesłano 74 prace z kilkudziesięciu krajów, co jednoznacznie dowodzi atrakcyjności tematu. Problematyka kładek – galerii była również przedmiotem prac dyplomowych na Wydziale Architektury Politechniki Krakowskiej.



Rys. 6. Most – Galeria Sztuki w Krakowie. Komputerowy szkic do pracy dyplomowej autora
Fig. 6. The Bridge – Art Gallery in Krakow. Computer visualization of author's thesis

3. ANALIZA WYBRANYCH PRZYKŁADÓW

Komplementarna funkcja mostów zmieniała się na przestrzeni lat. Względy obronne, a następnie handlowe (pobieranie myta) determinowały pojawianie się w rejonie podpór mostowych wież strażniczych. Z czasem zaczęto poszukiwać w obrębie mostów przestrzeni mieszkalnych i handlowych.

Współczesne nam czasy niosą ze sobą zwiększoną rolę komunikacji kołowej i związane z nią utrudnienia. Za jej sprawą historyczne funkcje pozakomunikacyjne zostały z mostów wyparte. Nowym polem poszukiwań dla twórców obiektów mostowych i architektów stały się natomiast kładki dla pieszych, w których możliwości łączenia tradycyjnych przepraw z szerszą użytecznością pozostają możliwe i ciągle aktualne.

Uwidocznieniem tych tendencji stały się liczne konkursy teoretyczne i realizacyjne ogłaszane na całym świecie, w tym również w naszym kraju.

4. UWAGI KOŃCOWE

Wzrost natężenia ruchu i względy urbanistyczno-społeczne prowadzą do poszukiwań nowych form również wśród ustrojów mostowych. Sprzyja im także rozwój możliwości rozwiązań technologiczno-materiałowych.

Kiedyś mosty, a dziś kładki spacerowe coraz częściej mogą pełnić funkcje pozakomunikacyjne. Wzmożona chęć podnoszenia jakości przestrzeni publicznej prowadzi do realizowania pomysłów nietypowych, śmiałych i ekscentrycznych.

Władze miejskie zabiegając o turystów i starając się przyciągnąć ich bogatą ofertą programową są zmuszone do ciągłej konkurencji i uatrakcyjniania swoich projektów.

Stwarza to nowe wyzwania dla projektantów mostów, a przede wszystkim kładek dla pieszych.

Kolejnym istotnym powodem lokowania inwestycji pozakomunikacyjnych w obrębie obiektów mostowych są rosnące ceny nieruchomości i duże zapotrzebowanie na przestrzeń użytkową w atrakcyjnych punktach miast. Są one z racji swojej nietypowej

budowy, a także lokalizacji w newralgicznych miejscach tkanki miejskiej znakomicie do tej roli predysponowane.

Warto również podkreślić wysoką jakość architektoniczno – inżynierską mostów o funkcjach pozakomunikacyjnych wzniesionych dotychczas. Obiekty te zazwyczaj, oprócz sporej atencji, której doświadczają, podnoszą prestiż miejsca i otoczenia, w którym się znajdują.

Wszystkie podane czynniki przy pojawiających się kolejno udanych realizacjach oraz studiach teoretycznych łączących funkcję mostu i budynku mogą spowodować znaczny wzrost projektowanych zamierzeń tego typu.

LITERATURA

[1] Furtak M., Michałowska M., 2003. Rozwiązania konstrukcyjne i materiałowe a aspekty estetyczne w projektowaniu współczesnych mostów, V Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna: Problemy Projektowe w Kontekście Nowych Technologii Budowlanych, Kraków.
[2] Razin E., 1958. Sztuka wojenna tom I, Warszawa.
[3] Flaga K., Mendera Z., 2000. Mosty we Francji, zeszyt IV, Kraków.
[4] J. Brown D., 2005. Mosty – trzy tysiące lat zmagań z naturą, Warszawa.
[5] Zucconi G., 1995. Florence: Architectural guide, San Giovanni Lupatoto, Włochy.
[6] Jones R., 2005. Architecture of England, Scotland and Wales, Greenwood, Anglia.
[7] Biliszczuk J., 2005. Mosty podwieszone, projektowanie i realizacja, Warszawa.

MOSTY BUDYNKI – EKSTRAWAGANCJA CZY PRZYSZŁOŚĆ

Streszczenie

Mosty jako budowle inżynierskie budzą emocje, oddziałują na otaczającą nas przestrzeń oraz stanowią wizytówkę rozwoju cywilizacyjnego i czasów, w których powstają. Poza swoją naturalną funkcją związaną z komunikacją drogową i kolejową zdarza się, że projektanci starają się powierzyć omawianym obiektom inne role. Niniejszy referat przybliża problematykę mostów – budynków, które tę funkcję pełnią w sposób oczywisty, ale także ledwo zauważalny, wysublimowany. Czy mosty zawierające w sobie również funkcje charakterystyczne dla budynków staną się obowiązującą codziennością, czy może pozostaną tylko wyjątkową formą dowodu na zamiłowanie do ekstrawagancji ich twórców?

LIVING BRIDGES - EXTRAVAGANCE OR FUTURE

Abstract

Bridges as engineering buildings evoke emotions, they interact with the space that surrounds us, they represent the development of civilization and the times they are built in. Apart from their common function connected with roads and railway, some designers try to give bridges different roles. This paper is to familiarize the subject of bridges - the buildings, and this function is done in a very sophisticated and also hardly to notice way.

Will the bridges which contain elements that are characteristic for buildings become obligatory reality or will they remain just unusual form that proves their creators like some kind of extravagance?

ROBERT GERYŁO
Warszawa

OCENA JAKOŚCI CIEPLNEJ WSPÓŁPRACY PŁYTY BALKONOWEJ Z KONSTRUKCJĄ BUDYNKU ZA POMOCĄ ŁĄCZNIKÓW DO ZBROJENIA

1. WSTĘP

Alternatywą dla stosowania izolacji cieplnej na powierzchniach żelbetowej wspornikowej płyty balkonowej jest rozwiązanie, w którym jej połączenie z płytą stropową jest wykonane za pomocą łączników termoizolacyjnych.

Wyroby te są używane w konstrukcyjnych połączeniach elementów żelbetowych (lub metalowych): płyt, ścian lub belek, w których:

– łączone elementy żelbetowe są rozdzielone izolacją cieplną ze styropianu lub wełny mineralnej,
– przez izolację cieplną przechodzą pręty zbrojenia wykonane ze stali nierdzewnej lub „zwykłej" stali w tulejach ze stali nierdzewnej.

Układy zbrojenia są prefabrykowane w postaci pojedynczych zestawów prętów zbrojenia (np. pręt górnego i pręt dolnego zbrojenia płyty wraz z prętem odgiętym), które mogą być rozmieszczane w dowolnym rozstawie lub w postaci liniowych układów, np. o długości jednego metra bieżącego, przewidzianych do danego rodzaju połączenia, wymiarów łączonych elementów i wartości uogólnionych sił wewnętrznych w przekroju połączenia.

Główną korzyść z zastosowania tego rozwiązania stanowi możliwość poprowadzenia izolacji cieplnej „najkrótszą" drogą po powierzchni obudowy. Dzięki temu w porównaniu do rozwiązania z izolacją cieplną na powierzchniach wspornikowej płyty balkonowej istnieje możliwość uzyskania:

– mniejszych strat ciepła (w ścianie z płytami balkonowymi jw. udział strat ciepła w węzłach konstrukcyjnych stanowi około 40% wartości współczynnika strat ciepła przez przenikanie tej przegrody [1]),
– wymaganych wartości $f_{Rsi,min.}$ z uwagi na ochronę przed zagrzybieniem wewnętrznej powierzchni przegród np. w narożnych węzłach konstrukcyjnych z wspornikową płytą balkonową, co w wybranych przypadkach nie jest możliwe w rozwiązaniu z izolacją cieplną na powierzchniach płyty [2].

2. OPIS PROBLEMU

Przechodzące przez izolację cieplną łącznika pręty zbrojenia powodują, że pole temperatury w połączeniu wspornikowej płyty balkonowej z konstrukcją budynku ma charakter trójwymiarowy. Ocena jakości cieplnej tego węzła konstrukcyjnego jest możliwa na podstawie wyników komputerowych obliczeń przestrzennego pola temperatury.

W celu sprowadzenia problemu do zagadnienia dwuwymiarowego norma [3] przewiduje możliwość używania w modelu obliczeniowym, w miejscu występowania elementów składających się z kilku materiałów o różnej przewodności cieplnej, zastępczego materiału jednorodnego o efektywnej przewodności cieplnej, pod następującymi głównymi warunkami:
- ujednorodniona warstwa stanowi część tzw. elementu bocznego modelu,
- wartość efektywnej przewodności cieplnej nie jest większa niż 1,5 najniższej wartości przewodności cieplnej zastępowanych materiałów,
- kierunek przepływu ciepła w warstwie niejednorodnej jest zbliżony do prostopadłego do zewnętrznych płaszczyzn obudowy,
- opór cieplny obudowy po zastosowaniu ujednorodnionej warstwy nie jest mniejszy niż 1,5 $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$.

Wartość efektywnej przewodności oblicza się wg wzoru:

$$\lambda_{ef.} = \frac{\sum_i A_i \cdot \lambda_i}{\sum_i A_i} \tag{1}$$

w którym: λ_i , A_i – oznaczają kolejno: obliczeniowe współczynniki przewodzenia ciepła i odpowiednie powierzchnie, w odniesieniu do materiałów występujących w przekroju przez warstwę niejednorodną.

Przedmiotowe połączenie formalnie nie spełnia ww. wymogów, ponieważ warstwa, którą należałoby ujednorodnić stanowi część elementu centralnego modelu, a wartości efektywnej przewodności są na ogół większe niż ich dopuszczalna wartość.

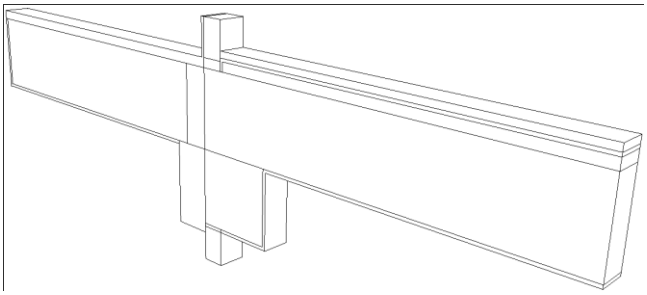
W celu oceny możliwości zastosowania w rozpatrywanym połączeniu zastępczego materiału jednorodnego przeprowadzono porównawcze obliczenia dwu- i trójwymiarowego pola temperatury.

3. OPIS OBLICZEŃ

Jakość cieplną rozpatrywanego połączenia płyty balkonowej i stropowej charakteryzują:
- wyrażona bezwymiarowo minimalna wartości temperatury wewnętrznej powierzchni obudowy $f_{Rsi,min.,}$
- wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ.

Mogą być one określone w odniesieniu do następujących przekrojów:
- przez nadproże i próg drzwi balkonowych,
- przez nadproże i podokiennik,
- przez ścianę zewnętrzną.

Do obliczeń wybrano przekrój przez nadproże i próg drzwi balkonowych ponieważ zwykle charakteryzuje się największą wartością liniowego współczynnika przewodzenia ciepła Ψ, spośród wyżej wymienionych (rys. 1).



Rys. 1. Szkic przekroju przez nadproże i próg drzwi balkonowych

Fig. 1. The sketch of lintel and balcony doorsill section

Rozpatrzono cztery rodzaje połączeń z łącznikami do prętów zbrojenia (jednego w strefie rozciąganej i jednego w ściskanej), ze stali nierdzewnej, o średnicy ∅ 10 mm i w odstępie co 100 mm, 80 mm, 60 mm lub 40 mm.

Do obliczenia przestrzennego pola temperatury wykorzystano program SOLIDO [4], umożliwiający określenie wartości pola temperatury oraz wartości strumienia ciepła na zewnętrznej powierzchni trójwymiarowego modelu o dowolnych kształtach.

Wartości Ψ obliczono wg wzoru:

$$\Psi = L^{\Psi,3D} - \sum_i U_i \cdot l_i \tag{2}$$

w którym: $L^{\Psi,3D}$ – obliczona wartość współczynnika sprzężenia cieplnego uzyskana w modelu trójwymiarowym odniesiona do jednego metra bieżącego, $W\cdot (m\cdot K)^{-1}$,

Wartości Ψ określono przy przyjęciu długości l_i jako zewnętrznych wymiarów przegród o wartościach współczynników przenikania ciepła U_i (w rozpatrywanym połączeniu – umownych wartości w odniesieniu do ściany i ramy drzwi).

Wartości obliczeniowe współczynników przewodzenia ciepła przyjęto wg PN-EN 12524, a w odniesieniu do izolacji cieplnej założono, że $\lambda = 0{,}04\ W\cdot (m\cdot K)^{-1}$.

W obliczeniach, w których łączniki do zbrojenia i izolację cieplną łącznika zastąpiono jednorodnym materiałem przyjęto następujące, obliczone wg wzoru (1), wartości efektywnej przewodności cieplnej:

– λ_{ef} = 0,091 W/m·K - 2 ∅ 10 mm, co 100 mm,
– λ_{ef} = 0,103 W/m·K - 2 ∅ 10 mm, co 80 mm,
– λ_{ef} = 0,122 W/m·K - 2 ∅ 10 mm, co 60 mm,
– λ_{ef} = 0,158 W/m·K - 2 ∅ 10 mm, co 40 mm.

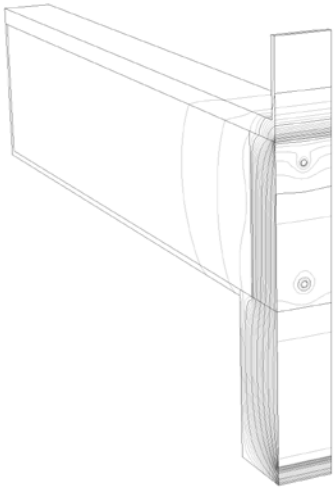
Wykonano następujące trzy serie obliczeń:

- trójwymiarowego pola temperatury w modelu rozpatrywanego węzła konstrukcyjnego z ww. rodzajami łączników do zbrojenia z izolacją cieplną,
- dwuwymiarowego pola temperatury z jednorodnym materiałem, o ww. wartościach efektywnej przewodności cieplnej, zastępującym łączniki i izolację cieplną w łączniku,
- dwuwymiarowego pola temperatury z jednorodnym materiałem zastępującym łączniki i izolację cieplną w łączniku, o założonej wartości efektywnej przewodności cieplnej, w celu uzyskania wartości strumienia ciepła równej wynikowi obliczeń trójwymiarowych z pierwszej serii.

4. WYNIKI OBLICZEŃ

Obliczone, zgodnie z opisem w punkcie 3, wartości liniowych współczynników przenikania ciepła Ψ zestawiono w tablicy 1 oraz pokazano na wykresie (rys. 3). Przykładowy rozkład izoterm w przekroju przez łącznik z izolacją cieplną przedstawiono na rysunku 2.

Nie stwierdzono istotnych różnic wartości $f_{Rsi,min.}$ w zależności od przyjętego do obliczeń modelu i rodzaju łączników – wartość $f_{0,25\ ,\ min.}$ jest równa około 0,8.

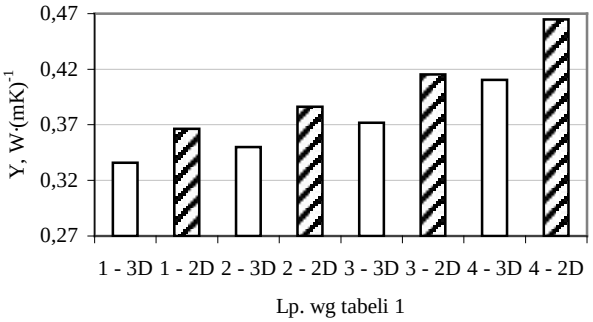


Rys. 2. Przykładowy rozkład izoterm

Fig. 2. The example of isotherms distribution

Tabela 1. Obliczone wartości Ψ i λ_{ef}

Lp.	Rozmieszczenie łączników 2 ∅ 10 mm i wartość λ_{ef} wg wzoru (1)	Ψ, W· (m·K)$^{-1}$		Względna różnica, %	Odpowiadająca wynikowi 3D – λ_{ef}, W· (m·K)$^{-1}$
		model 3D	model 2D		
1	co 100 mm (λ_{ef} = 0,091 W· (m·K)$^{-1}$)	0,34	0,37	9,0	0,073
2	co 80 mm (λ_{ef} = 0,103 W· (m·K)$^{-1}$)	0,35	0,39	10,3	0,083
3	co 60 mm (λ_{ef} = 0,122 W· (m·K)$^{-1}$)	0,37	0,42	11,7	0,092
4	co 40 mm (λ_{ef} = 0,158 W· (m·K)$^{-1}$)	0,41	0,46	13,3	0,120



Rys. 3. Obliczone wartości Ψ połączeń z łącznikami wg opisu z tabeli 1

Fig. 3. Calculated Ψ – values of the joints according to description in the table 1

5. PODSUMOWANIE

Na podstawie zamieszczonych w punkcie 4 wyników obliczeń stwierdzono w odniesieniu do rozpatrzonego węzła konstrukcyjnego, z zastosowaniem łączników do zbrojenia z izolacją cieplną, że:

- rozwiązanie charakteryzuje się relatywnie wysoką wartością $f_{Rsi,min.}$,
- wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ, w zależności od stopnia zbrojenia, zawierają się w przedziale od 0,34 do 0,41 $W\cdot (m\cdot K)^{-1}$ (są niższe o ponad 30% od klasycznego rozwiązania wspornikowej płyty balkonowej z izolacją cieplną na zewnętrznych powierzchniach [5]),
- wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ w modelu z jednorodnym materiałem o efektywnej przewodności cieplnej, zastępującym łączniki i izolację cieplną łącznika są średnio o 11% wyższe niż w trójwymiarowym modelu,
- wynikom uzyskanym w trójwymiarowym modelu z łącznikiem z izolacją cieplną odpowiadają wartości efektywnej przewodności cieplnej niższe średnio o 27%.

Zastosowanie metody normowej do oceny jakości cieplnej przedmiotowego węzła cieplnego jest możliwe gdy obliczenia są prowadzone w celu określenia wartości $f_{Rsi,min}$ lub gdy satysfakcjonujące jest górne oszacowanie wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ.

LITERATURA

[1] Geryło R., 2005. Określanie współczynnika strat ciepła przez przenikanie odnośnie do przegród budowlanych i ich połączeń, Kwartalnik Prace ITB Warszawa.
[2] Geryło R., 2006. Diagnostyka cieplna przegród zewnętrznych budynku przy wykorzystaniu analizy pola temperatury, praca doktorska, ITB Warszawa.
[3] ISO DIS 10211:2005, Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures Detailed calculations.

[4] Steandart P., 2004. SOLIDO computer program to calculate three-dimensional steady state heat transfer in free form objects, www.physibel.be.
[5] Geryło R., 2006. Program komputerowy U2006, www.itb.pl.

OCENA JAKOŚCI CIEPLNEJ WSPÓŁPRACY PŁYTY BALKONOWEJ Z KONSTRUKCJĄ BUDYNKU ZA POMOCĄ ŁĄCZNIKÓW DO ZBROJENIA

Streszczenie

W pracy oceniono, na podstawie wyników obliczeń, jakość cieplną wybranego połączenia za pomocą łączników do zbrojenia, płyty balkonowej z konstrukcją budynku, w odniesieniu do przekroju przez nadproże i próg drzwi balkonowych. Przeprowadzono obliczenia trójwymiarowego pola temperatury i porównawcze obliczenia dwuwymiarowe z wykorzystaniem zastępczego materiału jednorodnego o efektywnej wartości współczynnika przewodzenia ciepła zamiast łącznika z izolacją cieplną.

ASSESSMENT OF THERMAL QUALITY OF THE BALCONY SLAB CONNECTION WITH THE BUILDING STRUCTURE USING FASTENERS FOR REINFORCEMENT RODS

Abstract

In the paper, based on results of calculation, the thermal quality of the joint of the balcony slab with the building structure using fasteners for reinforcement rods with reference to the lintel and doorsill section was assessed. Three-dimensional temperature field calculations and comparative two-dimensional calculations using fasteners for reinforcement rods with thermal insulation replaced by a homogeneous substitute material with an equivalent thermal conductivity were carried out.

MARIA JAWORSKA-MICHAŁOWSKA
Politechnika Krakowska

ROZWIĄZANIA DODATKOWYCH POWIERZCHNI PRZESZKLONYCH W ODNAWIANEJ, HISTORYCZNEJ ZABUDOWIE

1. WSTĘP

Wzrost zainteresowania problemem oszczędzania energii datuje się od światowego kryzysu energetycznego, który nastąpił w latach 70. XX wieku. Ponieważ na obszarach zurbanizowanych, głównie budownictwo mieszkaniowe wraz z częścią usługową pochłania najwięcej energii w trakcie eksploatacji, pojawiła się konieczność wprowadzenia zasad projektowania energooszczędnego i zrównoważonego rozwoju.

W obiektach istniejących zaczęto przeprowadzać prace termomodernizacyjne, pozwalające na obniżenie opłat za ogrzewanie budynków. Oszczędności energii w tych obiektach możliwe są do uzyskania tylko wówczas, gdy wszelkie działania zmierzające z jednej strony do ograniczenia energii traconej przez budynek, a z drugiej strony do ograniczenia ilości energii dostarczanej do budynku będą skoordynowane.

W projektowaniu architektury energooszczędnej i modernizacji obiektów istniejących wykorzystuje się również rozwiązania związane z biernym wykorzystaniem energii słonecznej. Projektant zmierzając w kierunku dopasowania struktury i bryły budynku do otoczenia i wykorzystania energii zawartej w środowisku, posiada możliwość uwzględnienia w projekcie rozwiązań z grupy elementów pozyskujących promieniowanie słoneczne [1]. Propozycje takie wpływają na zainteresowanie inwestorów ideą przeszklonych powierzchni, nazywanych również ogrodami zimowymi, szklarniami, palmiarniami itd. Obecnie można zaobserwować coraz więcej przedmiotowych realizacji w obrębie również historycznej zabudowy, często w ścisłych zabytkowych centrach miast. Proces ten jest następstwem zmian wynikających z przeprowadzanej rewitalizacji na zróżnicowanych obszarach, również w historycznych dzielnicach miejskich. Zaprojektowane ogrody zimowe są przejawem ożywienia starej zabudowy, stanowią wyrafinowany kontrast w stosunku do pierwotnych założeń architektonicznych, a jednocześnie wpływają na znaczne oszczędności powierzchni handlowo-usługowej [4].

Ponieważ przeszklony obiekt może zapewniać przez co najmniej 300 dni w roku również dodatkową przestrzeń mieszkalną, udaje się w ten sposób zrekompensować nadwyżkę kosztów związanych z budową przeszklonej powierzchni.

2. ZASADY BIERNEGO WYKORZYSTANIA ENERGII SŁONECZNEJ W OGRODACH ZIMOWYCH

Powierzchnie przeszklone stanowią we współczesnej architekturze podstawowe rozwiązania, biernie wykorzystujące promieniowanie słoneczne. Projekty te zawierają trzy warianty rozwiązań. Są to systemy zysków bezpośrednich, do których można zaliczyć, np. południową, przeszkloną całkowicie ścianę lub w większej części, systemy zysków pośrednich oraz systemy zysków pośrednich z układem np. przeszklonej werandy, atrium, które są kompromisem pomiędzy systemami zysków bezpośrednich i pośrednich [2].

Energia słoneczna jest przyjazna dla środowiska i czysta. Bierne wykorzystanie energii stanowi element pozytywnie wpływającym na bilans energetyczny budynku. Służy obniżeniu zużycia energii cieplnej pochodzących z konwencjonalnych źródeł. Izolowana termicznie przeszklona przestrzeń działa jako strefa kumulująca energię słoneczną i jako strefa buforowa. Warunkiem koniecznym do prawidłowego działania szklarni jest zapewnienie dostatecznej masy termicznej do zmagazynowania dużej ilości ciepła. Część energii, która przenika do wnętrza, zużyta jest w procesie fotosyntezy, pozostała – pochłonięta jest przez podłoże i inne elementy. Ciepło znajdujące się w szklarni może być zmagazynowane w ścianach oddzielających szklarnię od wnętrz, elementach wyposażenia, w posadzkach szklarni wykonanych na przykład z płytek ceramicznych, cegły lub ziemi, w zbiornikach akumulacyjnych umieszczonych pod posadzką szklarni, wypełnionych żwirem, kamieniem, również w małych zbiornikach wodnych. Energia gromadzona wewnątrz ogrodu zimowego oddawana jest do sąsiednich pomieszczeń. Latem proces ten powinien być ograniczany poprzez ochronę przed przegrzaniem, polegającą na zastosowaniu odpowiedniego systemu zacieniania i sprawnej wentylacji [1].

Ściana oddzielająca ogród zimowy od reszty domu powinna mieć dobre właściwości termoizolacyjne – minimum takie, jakie są ustawowo wymagane dla przegród oddzielających pomieszczenia nieogrzewane od ogrzewanych, czyli U = 1 $W\cdot(m^2\cdot K)^{-1}$. Wówczas zimą ciepło z ogrzewanych pomieszczeń nie będzie uchodziło do oszklonej powierzchni. Przegroda ta powinna być zaprojektowana jako jednomateriałowa, ponieważ warstwa termoizolacyjna utrudniałaby przepływ ciepła z ogrodu do wnętrza. Warunek taki spełnia na przykład ściana wymurowana z cegły pełnej, o grubości 385 mm, w której zaprojektowano odpowiednią ilości otworów okiennych, zapewniających prawidłowe doświetlenie wnętrza obiektu głównego [6].

Najlepsze wykorzystanie energii uzyskuje się przy dużych powierzchniach oszklonych. Ogród zimowy, z wyjątkiem usytuowanego od strony północnej, powinien być okresowo zacieniany. Rodzaj przeszklenia decyduje o ilości przenikającego do ogrodu zimowego światła dziennego oraz o warunkach cieplnych panujących we wnętrzu.

W celu uniknięcia wykraplania się pary wodnej powinno się stosować szyby zespolone o współczynniku przenikania ciepła U nie wyższym niż 1,1 $W\cdot(m^2\cdot K)^{-1}$. Zadaszenie oranżerii wykonuje się również z szyb zespolonych. Górną część ze szkła hartowanego, odpornego na uderzenia, dolną – z powlekanego szkła bezpiecznego.

3. ROZWIĄZANIA ARCHITEKTONICZNE PRZESZKLONYCH POWIERZCHNI W HISTORYCZNEJ ZABUDOWIE

Struktury w obrębie parteru budynku

Niezależnie od problemów energetycznych, konstrukcyjnych i funkcjonalnych, przeszklona forma powinna uwzględniać zagadnienia estetyczno-formalne. Forma przeszklonego ogrodu wynikająca z jego usytuowania w bryle budynku może być otwarta lub zamknięta. Ogród przylegający do jednej ściany budynku lub do dwóch sąsiadujących narożnikowo ścian należy do form otwartych. Formę zamkniętą posiada ogród obudowany z wielu stron. Specjalną grupę tworzą konstrukcje zespalające grupę budynków. Tak centralnie umiejscowiona oszklona przestrzeń tworzy wewnątrz obiektu formę komina cieplnego umożliwiającego centralny rozdział ciepła.

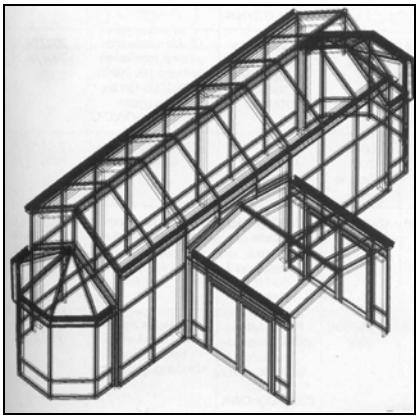
Przy wyznaczaniu najkorzystniejszego dla ogrodu zimowego miejsca w bryle budynku, należy uwzględniać ukierunkowanie względem stron świata, przeznaczenie ogrodu, formę głównego obiektu i jego otoczenie.

Orientacja względem stron świata przeszklonego obiektu jest istotna dla bilansu energetycznego całego budynku. Ogród od strony południowej jest najlepiej nasłoneczniony przez cały dzień. Wymaga szczególnie skutecznej wentylacji oraz zacieniania. W ogrodzie wschodnim, intensywnie nasłonecznionym choć w krótszym czasie, również należy przestrzeń starannie wentylować i osłaniać. W ogrodzie zachodnim – duże nasłonecznienie po południu zmusza do intensywnego wietrzenia i zacieniania obiektu przede wszystkim w lecie. Ogród północny jest najmniej korzystny w aspekcie korzyści energetycznych. Dla konstrukcji zorientowanej w wersji narożnikowej, najlepszym miejscem jest strona południowo – wschodnia lub południowo – zachodnia.

Nowoczesne przeszklone powierzchnie w obiektach historycznych spełniają funkcje dodatkowych pomieszczeń handlowych i usługowych na przykład pasaży, atriów, reprezentacyjnych wejść, kawiarni ogrodowych [1].

Na parterach projektowane są w postaci struktur otaczających obiekt lub przylegających do nich. Do ich lokalizacji często wykorzystywane są podwórka we wnętrzu zabudowy. Konstrukcje oranżerii stanowią odpowiedź na oczekiwania stawiane projektantom w obecnych czasach, ponieważ tworzą architekturę energooszczędną i kształtują wnętrza przyjazne człowiekowi, czyli ekologiczne. Stanowią wielofunkcyjny element kompozycyjny w obiektach energooszczędnych. Zapewniają równocześnie dostęp światła naturalnego i promieni słonecznych do wnętrz obiektu oraz ochronę przed negatywnymi czynnikami środowiska zewnętrznego.

Kubatura, proporcje i styl ogrodu zimowego muszą być dopasowane do charakteru budynku. Najczęściej projektanci proponują konstrukcje o dachach pulpitowych, wielospadowych, mansardowych (rys. 1). W celu maksymalnego wykorzystania nasłonecznienia, kąt nachylenia połaci powinien zostać zaprojektowany w granicach 55–65°. Pionowe ściany mogą być dowolnie dzielone i kształtowane. Dużą swobodę stylistyczną i znaczne możliwości kreowania przestrzeni wykazuje zaprojektowanie bocznych ścian ogrodu zimowego z dwóch rzędów elementów (górnego i dolnego), które można przesuwać w pionie. Zsunięcie elementów górnych w dół czyni z ogrodu otwarte od góry patio. Podniesienie natomiast wszystkich elementów dolnych do góry umożliwia pożądaną w takich rozwiązaniach integrację wnętrza z otoczeniem.



Rys.1. Projekt ogrodu zimowego o skomplikowanej formie

Fig. 1. The project of greenhouse with complicated form

Przeszklone elementy w górnych kondygnacjach budynków

Przy budynkach piętrowych lub z poddaszem użytkowym można ukształtować ogród sięgający górnej kondygnacji. Rozwiązanie takie pozwala na dodatkowe doświetlenie, a także na uprawę niewielkich drzew [3]. W ogrodach dwukondygnacyjnych występuje możliwość „skomunikowania" obu kondygnacji budynku (rys. 2).

Przebudowane elewacje domów wielokondygnacyjnych wybudowanych na przykład w stylu modernistycznym, dzięki zastosowaniu różnorodnych architektonicznie form przeszklonych, zyskują dodatkowo ciekawszy i mniej monotonny charakter. Na południowych, wschodnich i zachodnich fasadach coraz częściej pojawiają się szklane wykusze, ryzality i okna przestrzenne. Mając ciekawy kształt, częściowo zazielenione, oprócz swojego znaczenia termoizolacyjnego posiadają walory wzbogacające wyraz plastyczny budynku i miejską przestrzeń publiczną.

Ogrody zimowe wykonywane również w budynkach wielorodzinnych posiadają formę zabudowanych loggi, balkonów lub przeszklonych tarasów. W tzw. zimnym systemie zabudowy, balkon zamykany jest tylko pojedynczymi taflami szkła. Powstaje wnętrze służące jako bufor klimatyczny, ponieważ zmniejsza się wychładzanie mieszkania w porze zimowej. Zamianę balkonu w tzw. ciepły ogród zimowy umożliwia system zabudowy, w którym, po ociepleniu podłogi i ścian, obudowuje się pomieszczenie ze specjalnych profili i szyb izolacyjnych. Różne systemy konstrukcyjne pozwalają na zaprojektowanie przestrzeni także na planie półkola lub wieloboku. Zamknięta powierzchnia wymaga regularnej wymiany powietrza. W lecie szyby można uchylać lub rozsuwać, zimą – wymianę powietrza zapewniają regulowane nawiewniki tuż nad podłogą i wywietrzniki przy suficie. Sposób ten wykorzystuje zjawisko konwekcji. Ciepłe powietrze unosi się ku górze, wciągając do wnętrza zimne. Na pozyskiwanie energii wpływ ma również kolor posadzki. Płytki w ciemnym kolorze pochłaniają energię cieplną i dodatkowo ogrzewają wnętrze [5].

Rys. 2. Widok na ogrody zimowe w budynku mieszkalnym

Fig. 2. The view of the greenhouse in the housing

4. ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNE

Na architekturę również wywiera wpływ konstrukcja, której łączna powierzchnia nie powinna przekraczać 10% oszklenia. Musi ona przenieść, oprócz obciążenia własnego, również obciążenia wiatrem i śniegiem. Wykonuje się ją z drewna, tworzyw sztucznych, aluminium lub stali. Konstrukcje projektowane są również z różnych kombinacji tych materiałów, także z drewnem. Drewno jest jedynym naturalnym materiałem konstrukcyjnym, równocześnie słabo przewodzącym ciepło. Stosuje się je głównie w postaci drewna klejonego. Grube przekroje elementów drewnianych decydują o masywności konstrukcji. Tworzywa sztuczne należą do najnowszych materiałów. Są łatwe w konserwacji lecz mają ograniczoną sztywność. Wielkość profili wpływa również na masywność konstrukcji i ograniczenie dopływu światła. Aluminium jest materiałem lekkim, odpornym na korozję, dlatego też może być stosowane w konstrukcjach obiektów o podwyższonej wilgotności powietrza, o funkcji na przykład palmiarni. Profile te można łatwo kształtować, dzięki temu udaje się uzyskać ciekawe architektonicznie formy. Wskazane jest stosowanie profili z termoizolacyjną przekładką z tworzywa sztucznego. Stal jest materiałem wytrzymałym mechanicznie, jednak ulega korozji. Elementy mają dużą nośność i dzięki temu mogą być stosunkowo wąskie, zapewniając lepsze doświetlenie. Niestety, materiał ten wykazuje małą izolacyjność cieplną [1].

Poszczególne elementy słupków i szczeblin wykonuje się jako kształtowniki o przekroju skrzynkowym z odpowiednim profilowaniem boków, w celu wprowadzenia mocowań łączników, uszczelnień itd. Szerokości szczeblin pionowych i poziomych są jednakowe, najczęściej o wymiarach 45, 50, 60 mm. W przypadku, gdy ściana osłonowa zmienia kąt nachylenia płaszczyzny i tworzy szklany dach, wszystkie elementy konstrukcji i wypełnienia pozostają najczęściej takie same. System odwodnienia wewnętrznego, mający za zadanie odprowadzić ewentualne przecieki i wilgoć kondensacyjną, działa podobnie jak w pionowej ścianie. Taka konstrukcja umożliwia zatem wykonanie dachu szklanego lub ściany odchylonej od pionu w układzie modularnym i estetycznym zastosowanym w ścianie pionowej. Na rynku producenckim znajdują się

systemy oferujące gamę elementów pozwalających na nadanie konstrukcji nie tylko nowoczesnego ale również historycznego wyglądu. Należą do nich detale ozdobne mocowane do kalenicy, pod rynną, elementy maskujące łączenia profili i zakończenia.

Profile mocujące szyby nie muszą stanowić jednocześnie konstrukcji nośnej. Posiadają wówczas węższy przekrój. Do mocowania szklenia za pomocą kitu służą teowniki ze stali ocynkowanej. Nie są zabezpieczone przed skraplaniem pary wodnej. Aluminiowe profile do szklenia bezkitowego są szersze, ale łatwiejsze w montażu. Współczynniki stosowanego szkła termoizolacyjnego posiadają najczęściej wartości: $U = 1{,}1 \div 1{,}8\ W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$, $g = 50 \div 70\%$. Szkło o podwyższonej izolacyjności często posiada niestety niską przepuszczalność promieni słonecznych (współczynnik g na poziomie ok. 48%).

5. ROZWIĄZANIA INSTALACYJNE

Ogrzewanie w ogrodach zimowych

Jeżeli nie planuje się używania oranżerii przez cały rok, projektuje się obiekt nieogrzewany. W zimie utrzymuje się w nim temperatura ok. 5–15°C. Pełni on funkcję śluzy klimatycznej, tzw. strefy buforowe. Jego konstrukcja i wypełnienie nie muszą spełniać obowiązujących przepisów z zakresu ochrony cieplnej obiektów.

Ogród ogrzewany użytkuje się przez cały rok. Systemy wykorzystujące pasywnie energię słoneczną do ogrzewania wymagają, w naszych warunkach klimatycznych, wspomagania innymi źródłami ciepła. Mogą one osiągnąć wysoką wydajność po zastosowaniu urządzeń samoczynnie włączających dodatkowe źródło ciepła. Obecnie, w celu wykonania ogrzewania, najczęściej doprowadza się instalację c.o. Konwektory umieszcza się wzdłuż ocieplonego od zewnątrz cokołu. Z punktu widzenia rozkładu temperatury i niejednokrotnie zdrowia ludzkiego, korzystne jest ogrzewanie podłogowe i kanałowe. Rozwiązania te pozwalają na równomierne ogrzanie wnętrza. Grzejniki kanałowe mogą uzupełniać ogrzewanie podłogowe, zabezpieczając przestrzenie pod oknami i w okolicach drzwi. Stanowią również główny system grzewczy tam, gdzie lokalizacja grzejnika ściennego jest niemożliwa. W ogrzewaniu podłogowym występuje niska temperatura pracy instalacji. Najczęściej wynosi ona ok. 45°C. Może więc być zasilana ciepłem uzyskanym z np. pomp ciepła i kolektorów słonecznych. Ogrzewanie takie podnosi na tyle komfort, że można obniżyć temperaturę powietrza w ogrzewanym budynku głównym nawet o 2°C, co daje znaczne oszczędności energii – ok. 12%.

Do ogrzewania przejściowego można zaproponować kominki, wpływające niejednokrotnie na estetyczne uatrakcyjnienie wnętrz, na przykład w lokalach gastronomicznych. W obiektach mieszkalnych również dobre efekty można osiągnąć instalując piece kaflowe. Dla zwiększenia efektywności energetycznej głównego obiektu można wykorzystać aktywne systemy energii słonecznej np. wentylatory przepompowujące ciepłe powietrze z przeszklonego ogrodu do głównego domu i kolektory słoneczne instalowane w oranżerii do podgrzewania wody użytkowej [6].

Wentylacja i ochrona przed przegrzaniem wnętrza

Ogród zimowy to pomieszczenie, które wymaga sprawnej wentylacji, zwłaszcza gdy znajduje się w nim dużo roślin. Wydzielająca się para wodna powoduje niekorzystne zjawiska. Latem, w źle wentylowanym pomieszczeniu, temperatura może dochodzić

do 60°C. Wentylacja dla małych pomieszczeń może być konwencjonalna, w większych powinna być zastosowana instalacja wymuszona. W pierwszej z nich, napływ powietrza z zewnątrz odbywa się przez zamontowane w dolnej części ścian ogrodu nawiewniki, a usuwanie powietrza (zawierającego wilgoć) – przez uchylne okna dachowe. Nawiewniki mogą być sterowane ręcznie lub automatycznie (przez system automatyki pogodowej). Odmianą nawiewników automatycznych są nawiewniki higrosterowane, które same, zależnie od poziomu wilgotności, zwiększają bądź zmniejszają strumień powietrza dopuszczanego do wnętrza. Okna dachowe mogą być sterowane mechanicznie lub elektrycznie i można je podłączyć do systemu automatyki pogodowej. Zamykają się przy silniejszym wietrze i opadach. W wymuszonej wentylacji najczęściej stosuje się w górnej części ogrodu mechaniczny wentylator wyciągowy, a w dolnej – nawiewniki. Automatyka wykorzystując dane pomiarowe z czujników temperatury i wilgotności, zapewnia odpowiednią wymianę powietrza. System sterowania można wyposażyć w urządzenia umożliwiające automatyczną regulację elementami zacieniającymi oraz oknami [1].

Każdy przeszklony element, z wyjątkiem usytuowanego od strony północnej, powinien być okresowo zacieniany. W tym celu stosuje się osłony zewnętrzne np. rolety, markizy. Najczęściej jednak takie detale montuje się od strony wnętrza. Ściany można osłaniać również żaluzjami. Powszechne są lamelki aluminiowe powlekane warstwą tworzywa. Jeśli osłony wewnętrzne będą umieszczone w prowadnicach zamontowanych w odległości 5–15 cm od szyby, uzyskuje się efekt nagrzanego powietrza. Połać dachową można ochronić na przykład roletami z tkanin poliestrowych, poruszającymi się w prowadnicach.

6. PODSUMOWANIE

Przeszklony ogród zimowy pozytywnie wpływa na poprawę bilansu cieplnego budynku i na jego jakość estetyczną. Przyjaźnie łączy przestrzeń mieszkalną z naturalnym otoczeniem. Rozwiązania takie zostały opracowane i wprowadzone do praktyki przez zespół LOG ID, który w roku 1980 przedstawił koncepcję tzw. Zielonej Architektury Słonecznej (Grüne Solararchitektur – GSA). Zgodnie z tą zasadą zaprojektowano i wybudowano wiele obiektów mieszkalnych oraz użyteczności publicznej [3].

Uwzględniając zasady energooszczędności, niewielkie znaczenie ma budowa ogrodu zimowego o powierzchni poniżej 30 m^2. Jeżeli jest to możliwe, obiekt powinien zostać zlokalizowany od strony południowej. Orientacja wschodnia lub zachodnie zmniejsza energię docierających promieni słonecznych o około 30%. Wpływ na bilans ma również forma ogrodu i kąta nachylenia przeszklonej połaci dachowej. W celu osiągnięcia odpowiedniego mikroklimatu, w przeszklonym pomieszczeniu powinna zostać uwzględniona możliwość regulacji temperatury i wilgotności powietrza.

W atmosferze przeszklonych przestrzeni, wypełnionych roślinnością, zwiększa się stężenie tlenu, naturalny cień, a także oddziaływanie zapachów wydzielanych przez kwiaty i liście. Dzięki oszklonym przegrodom, architekci osiągają pożądany, widokowy kontakt wnętrza z zewnętrzem, wzajemne przenikanie się przestrzeni. Projektanci również cenią sobie możliwość atrakcyjnego podziału powierzchni między innymi przy zastosowaniu roślinności, która najczęściej sprowadzana jest z rejonów dalekowschodnich, śródziemnomorskich oraz pustynnych.

LITERATURA

[1] Jaworska-Michałowska M., 2006. „Odrodzenie" ogrodów zimowych w kontekście energooszczędności i jakości architektonicznej budynków mieszkalnych
[2] Mat. Międzynarodowego Sympozjum „Energodom 2006", Czasopismo Techniczne 5 – B, Wyd. Politech. Krakowskiej.
[3] Jaworska – Michałowska M., 2006. Wpływ termomodernizacji na architekturę obiektów zabytkowych. Wyd. Politech. Krakowskiej.
[4] Frantz J., Hanke S., Krampen M., Schempp D., 2000. Ogród zimowy. Arkady Warszawa.
[5] Majerska-Pałubicka B., 2001. Rozwiązania energooszczędne w architektonicznym projektowaniu obiektów handlowych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
[6] Dankiewicz K., 2004. W zimowym gaju. Murator 12 (248).
[7] Laskowski P., 2006. Szklany Luksus, Murator 7 (267).

ROZWIĄZANIA DODATKOWYCH POWIERZCHNI PRZESZKLONYCH W ODNAWIANEJ, HISTORYCZNEJ ZABUDOWIE

Streszczenie

W referacie poruszono problemy związane z pozytywnym wpływem przeszklonych ogrodów zimowych na bilans cieplny w budynkach mieszkalnych. Termomodernizacyjne prace, obniżając koszty za ogrzewanie, jednocześnie wywierają wpływ na estetykę obiektów i na jakość architektoniczną przestrzeni miejskiej. Uwzględniono nowe technologie wprowadzone do ich konstrukcji, ogrzewania i wentylacji.

ADDITIONAL SOLUTIONS OF GLAZED SURFACED IN THE MODERNIZED, HISTORICAL BUILDINGS

Abstract

Problems connected with positive influence of the greenhouses on energy balance of the historical buildings, are shown in the paper. Thermomodernizational works decrease warming costs, in many cases, in the same time, they have positive influence on aesthetics of architecture and urban public. This paper summarizes constructions, modern technologies and warming of the greenhouses.

HENRYKA KALINOWSKA
Politechnika Łódzka

PIOTR KALINOWSKI
Biuro Projektów Budowlanych i Wycen Nieruchomości „PeDePe", Łódź

O POWSTAWANIU I REKONSTRUKCJI BUDYNKÓW PRZEMYSŁOWEJ ŁODZI

1. POWSTANIE PRZEMYSŁOWEJ ŁODZI

Łódź jest swoistym fenomenem w rozwoju urbanistycznym Europy: w ciągu niespełna 100 lat z malutkiej osady powstało ogromne miasto z dynamicznie rozwijającym się przemysłem włókienniczym, nazywane też „polskim Manchesterem".

Pierwsza wiadomość o Łodzi pochodzi z 1332 roku, prawa miejskie uzyskała w 1423 roku. Jednakże przez pierwsze 4 wieki miasto to było w rzeczywistości niewielką osadą rolniczą [1,4].

Podstawowy szkielet planu przemysłowej Łodzi powstał w wyniku akcji industrializacyjnej w latach 1820-1828. Tworzenie przemysłu w Łodzi było oparte na kolonizacji wysoko wykwalifikowanych rękodzielników posiadających umiejętność tkania, przędzenia, farbowania tkanin, itp. Napływ kolonizatorów, a także ludności polskiej z terenów wiejskich po uwłaszczeniu chłopów w 1863 roku, spowodował, że ludność Łodzi wzrosła od 767 osób w 1820 roku do ponad 500 tys. osób w 1939 roku. Powstały też ogromne fortuny fabrykanckie: Geyerów, Scheiblerów, Grohmanów, Heinzlów, Poznańskich, Silbersteinów, Biedermanów i innych [1,4].

Do najwcześniejszych obiektów przemysłowych w mieście należą: tzw. bielnik Kopischa, przeznaczony wówczas na folusz, krochmalnię i magiel oraz przędzalnia tzw. biała fabryka Geyera. Jednak największe tempo rozwoju Łodzi przyniosła druga połowa XIX wieku, gdyż światowe osiągnięcia techniki były szybko wdrażane w tutejszych manufakturach. Na przełomie XIX i XX wieku powstało wiele interesujących obiektów architektury przemysłowej, handlowej, mieszkalnej, a także użyteczności publicznej [4].

W latach 1870-1914 tworzy się architektura charakterystyczna dla przemysłowej Łodzi. Typową jednostką przestrzenną staje się osiedle fabryczne z funkcjonującą zabudową hal produkcyjnych, a obok znajdują się rezydencje przemysłowców [2].
Na podstawie koncepcji Karola Scheiblera, w latach 1875-79 zrealizowano pierwsze tego typu osiedle mieszkaniowe, sprzężone urbanistycznie z fabryką, przy tzw. Wodnym Rynku. Składało się ono z 6 szeregowych budynków, murowanych z czerwonej, nietynkowanej cegły. Mieszkania stanowiły pojedyncze izby, położone wzdłuż łączących je korytarzy. Obok osiedla został zlokalizowany pałac fabrykanta.

Następne osiedle Scheiblera powstało na tzw. Księżym Młynie. Obok czteropiętrowego murowanego budynku przędzalni fabrykant zbudował dla swoich robotników osiedle 18 murowanych domków familijnych wraz z budynkiem szkoły, strażnicą zakładowej straży pożarnej, szpitalem, sklepami zakładowymi. Ponadto obok fabryki powstała również rezydencja tzw. willa Herbsta.

Osiedla tego typu zaczęły powstawać także w innych rejonach miasta. Do dziś zachowały się takie zespoły fabryczno-mieszkalne przy zakładach Scheiblera (ul. Przędzalniana), Poznańskiego (ul. Ogrodowa) oraz tzw. widzewskiej „niciarki" (przy ul. Niciarnianej i Czechosłowackiej). Powstało wówczas również osiedle drewnianych domów przyfabrycznych, tzw. kunitzerowskich (przy zakładach Kunitzera na ul. Niciarnianej i Szpitalnej – dziś już nieistniejących).

Ciekawe rozwiązania inżynierskie w połączeniu ze sztuką użytkową pojawiły się w realizacji fabryk włókienniczych, budowanych na przełomie wieków. W budownictwie przemysłowym wytworzył się „styl fabryczny" z inspiracjami formami renesansowymi. Innowacją w budownictwie przemysłowym stało się wprowadzenie do konstrukcji żelbetu i stali, zgodnie z tendencjami światowymi. Wśród nich ukoronowaniem sztuki inżynierskiej oraz twórczości artystycznej jest budynek turbin (elektrowni zakładowej) na terenie zakładów Scheiblera przy ul. Tymienieckiego. Został on zbudowany przy wykorzystaniu żelbetu i żeliwa (oprócz tradycyjnej cegły) i posiada w wykończeniu wiele elementów artystycznych, jak secesyjne kształty okien, ślusarki oraz zdobień klatki schodowej. W 1872 roku powstała nowoczesna tkalnia, a następnie przędzalnia, bielnik, apretura wraz z monumentalną bramą wejściową do zakładu, należące do Poznańskiego wraz z imponującym obiektem pałacowym. Obok powstało robotnicze osiedle familijne na ul. Ogrodowej.

W 1879 roku powstały zakłady Heinzla i Kunitzera, zwane później Widzewską Manufakturą. W 1896 roku została wybudowana przy ul. Targowej tkalnia szedowa Grohmana z motywami architektury obronnej. Szczególnie interesująca jest brama z motywami architektury obronnej, tzw. beczki Grohmanowskie. Oprócz ww. kompleksów przemysłowych powstało także wiele mniejszych fabryk związanych z przemysłem włókienniczym w mieście i okolicznych miejscowościach.

Dynamiczny rozwój miasta przerwała I wojna światowa, wskutek działań wojennych miasto poniosło wielkie straty. W okresie międzywojennym rozwój miasta był powolny ze względu na konieczność odrobienia strat, a także na kryzys ekonomiczny. Ponieważ w trakcie drugiej wojny światowej Łódź nie ucierpiała materialnie – wszystkie istniejące wcześniej zakłady włókiennicze podjęły produkcję, co sprawiło, że w okresie powojennym miasto stało się wiodącym ośrodkiem włókiennictwa w Polsce aż do 1990 roku.

2. STAN OBECNY I PRZYSZŁOŚĆ ZABYTKÓW PRZEMYSŁOWEJ ŁODZI

Po drugiej wojnie światowej łódzkie fabryki, pałace, kamienice zmieniły właścicieli, przy czym nowi właściciele nie zawsze należycie dbali o majątek, jaki otrzymali do dyspozycji. Wiele interesujących architektoniczne budynków mieszkalnych zostało zaniedbanych. Zniszczenia dawnych atrakcyjnych obiektów wynikają z upływu czasu (potęgowanego dość często tandetnym wykonawstwem robót podczas wznoszenia budynków), a także brakiem systematycznych napraw i remontów w okresie powojennym, w części spowodowanych brakiem dostatecznych środków finansowych. Wiele budynków, ze względu na bezpieczeństwo użytkowników, traci balkony i ozdobne wieżyczki, które są usuwane przez służby techniczne, odpadają także gipsowe ornamenty.

W okresie powojennym wiele z dawnych siedzib przemysłowców znalazło współczesnych opiekunów. I tak: w pałacu Scheiblerów przy ul. Piotrkowskiej 266-268 mieści się jeden z wydziałów Politechniki Łódzkiej, Politechnika jest także użytkownikiem

tzw. willi Richterów przy ul. ks. Ignacego Skorupki 6-8 i 8-10. Dawna willa Kindermana przy ul. Wólczańskiej 31-33 jest użytkowana przez Państwową Galerię Sztuki, w pałacu Herbsta przy ul. Przędzalnianej zorganizowano muzeum wnętrz, Muzeum Historii Miasta mieści się w pałacu Poznańskiego przy ul. Ogrodowej (rys. 1), natomiast w pałacu Poznańskiego przy ul. Więckowskiego 36 – Muzeum Sztuki, a w pałacu Poznańskiego przy ul. Gdańskiej 32 – Szkoła Muzyczna, w pałacu Scheiblera przy Placu Zwycięstwa – Muzeum Sztuki Filmowej, w willi Kohna przy ul. Targowej – szkoła filmowa, zaś w „białej fabryce Geyera" (rys. 2) – muzeum przemysłu włókienniczego.

Rys. 1. Pałac Poznańskiego, obecnie Delegatura Urzędu Miasta

Fig. 1. Poznański's Palace, at present department of local authority

Rys. 2. Fabryka Geyera, obecnie Muzeum Włókiennictwa

Fig. 2. Geyer' manufactory, at present Muzeum of Textil Industry

Obiekty te są w dobrym stanie technicznym, często starannie odrestaurowane i przywrócone do dawnej świetności (choć niejednokrotnie wnętrza musiały być poddane zabiegom adaptacyjnym w celu przystosowania ich do nowych funkcji).

Wiele poważniejszym problemem są duże kompleksy fabryk włókienniczych. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku – wraz z gwałtownym upadkiem przemysłu włókienniczego w mieście zaczęła się degradacja obiektów fabrycznych, postępująca nadal w szybkim tempie (rys. 3).

Rys. 3. Fragment ogrodzenia fabryki Grohmana, tzw. „beczki Grohmana", przykład braku działań remontowych

Fig. 3. Part of Grohman's manufactory fence, a sample of lack

Większość dawnych gigantów przemysłowych popada w ruinę, czasem w niektórych z nich część pomieszczeń jest wykorzystywana na magazyny lub pomieszczenia biurowe. Na terenie dawnych zakładów Scheiblera (później Unionteksu) dwa budynki wykorzystuje spółka pracownicza, a w dawnej turbinowni urządzono szkółkę wspinaczkową, ale nie prowadzi się żadnych remontów i obiekty są w złym stanie technicznym. Pozostała część obiektów na kilkunastohektarowej posesji jest ruiną i nadal brak dobrego pomysłu na ich wykorzystanie. Obok tych zakładów przy ul. Tymienieckiego w dawnym niewielkim bielniku Kopischa mieści się bank. Obiekt pofabryczny przy ul. Piotrkowskiej został przejęty przez firmę handlową, natomiast inny, przy ul. Targowej – stanowi teren Łódzkiej Strefy Ekonomicznej, choć obok niszczeje kilka dużych obiektów. W odrestaurowanym budynku straży zakładowej przy zakładach Scheiblera mieszczą się biura. Na ogół pojedyncze obiekty, których wykorzystanie jest możliwe bez ponoszenia większych nakładów finansowych, częściej znajdują nabywców lub dzierżawców. Rzadziej trafiają się inwestorzy skłonni zainwestować znaczne pieniądze w remont kapitalny obiektu pofabrycznego. Ostatnio dwa obiekty fabryczne Schweikerta przy ul. Wólczańskiej zrekonstruowała z wielką starannością i zmodernizowała Politechnika Łódzka, mieszczą się w nich 3 wydziały i biblioteka uczelniana. Niewielki obiekt pofabryczny w centrum miasta, popadający w ruinę, zakupił też prywatny inwestor, który po przeprowadzeniu remontu kapitalnego zamierza przeznaczyć go na pomieszczenia biurowe. Jak dotychczas – jeden kompleks budynków pofabrycznych został poddany rekonstrukcji (tj. odtworzeniu, przywróceniu na nowo dawnego wyglądu na podstawie zachowanych fragmentów, form pochodnych itp.) i adaptacji (tj. dostosowaniu do nowych potrzeb) w sposób całościowy i przemyślany. Jest to dawna fabryka Poznańskiego (później Poltex), nazwana obecnie Manufakturą (rys. 4).

Rys. 4. Fabryka Poznańskiego, obecnie centrum handlowo-rozrywkowe „Manufaktura”
Fig. 4. Poznański’s manufactory, at present business centre „Manufaktura”

W skład dawnego kompleksu fabrycznego wchodzi 12 hal, zdewastowane budynki zostały odnowione razem z precyzyjnie odtwarzanymi detalami architektonicznymi, natomiast część obiektów wznoszona jest na nowo. Na obszarze 27 ha powstało 200 butików, 24 sklepy, supermarket, przebudowano także otoczenie Manufaktury, m.in. powstała ul. Karskiego.

Obecnie powstał nowy pomysł zagospodarowania obiektów pofabrycznych Scheiblera przy ul. Przędzalnianej. Mają tam powstać tzw. Lofty (rys. 5), tj. wielokondygnacyjne pomieszczenia mieszkalne i usługowe wkomponowane w mury starej fabryki. Jest prowadzona akcja promocyjna zachęcająca inwestorów prywatnych do zakupu przyszłych pomieszczeń.

Są też koncepcje wprowadzenia artystów i stworzenia ośrodków kulturalno-rozrywkowych w obecne osiedle na Księżym Młynie (rys. 6).

Ponadto na zlecenie Urzędu Miasta prowadzone są prace mające na celu opracowanie programu rewitalizacji centralnych obszarów Łodzi. Może w efekcie powstanie spójny plan wykorzystania zasobów dawnych obiektów przemysłowej Łodzi, gdyż dotychczas odbywało się to w sposób chaotyczny i przypadkowy [5]. Następnym, trudnym zadaniem będzie znalezienie funduszy na realizacje.

Rys. 5. Fabryka Scheiblera, obecnie nieużytkowana, w planach przebudowa na „lofty”
Fig. 5. Scheibler’s manufactory, at present dead buildings, in the future rebuilding to „lofty”

Rys. 6. Budynki mieszkalne dla robotników wzniesione przy fabryce Scheiblera, obecnie budynki mieszkalne wielorodzinne
Fig. 6. Buildings with flats for workers of Scheibler’s manufactory, at present apartment buildings

Łódź nie posiada wiekowych zabytków, które mogłyby być wpisane na listę Dziedzictwa Światowego Unesco, co mogłoby ułatwić zdobycie środków na rewaloryzację ciekawych architektonicznie obiektów. Stan techniczny większości obiektów związanych z dawną przemysłową Łodzią, tak bezpośrednio produkcyjnych, jak i nieprodukcyjnych, ale poprzednio związanych z nimi funkcjonalnie, jest bardzo zły, a niekiedy są

to już ruiny, które w niedługim czasie mogą wymagać bardzo kosztownych rekonstrukcji, jeśli w ogóle będą nadawać się do opłacalnego remontu (przewidywane zyski z rekonstrukcji mogą nie równoważyć środków potrzebnych do ich przeprowadzenia).

Brak odpowiednich nakładów – to obecnie najpoważniejszy problem w utrzymaniu przy życiu zabytków dawnej, przemysłowej Łodzi. W chwili obecnej podejmowane są prace nad stworzeniem Sieci Miast Dziedzictwa Europejskiego, do której mogłyby należeć ośrodki mające cenne dobra kultury (choć nie spełniające kryterium wartości unikatowej, określonych przez Unesco) [3].

Celem tej organizacji byłoby nawiązanie współpracy między różnymi miastami europejskimi, m.in. w dziedzinie wymiany doświadczeń odnośnie ochrony czy rewaloryzacji wartościowych dóbr kultury materialnej, jako dziedzictwa pokoleń.

LITERATURA

[1] Kalinowska H., 2005. Budownictwo dawnej Łodzi, VII Sympozjum Budownictwa Ogólnego i Konstrukcji Drewnianych, Łódź.
[2] Szram A., 1975. Architektura przemysłowej Łodzi. Krajowa Agencja Wydawnicza, Oddział w Łodzi.
[3] Tomaszewski A., 2002. Unia Europejska i Polska. Biuletyn Informacyjny Konserwatorów Dzieł Sztuki, 1-2.
[4] Urbaniak A., 1994. Śladami dawnej Łodzi. Wydawnictwo Press Łódź.
[5] Włostowska R., 2004. O rewitalizacji miast, Kwartalnik Łódzki 3.

O POWSTAWANIU I REKONSTRUKCJI BUDYNKÓW PRZEMYSŁOWEJ ŁODZI

Streszczenie

W referacie przedstawiono proces powstawania obiektów charakterystycznych dla przemysłowej Łodzi, a także próby ponownego ich wykorzystania po zmianie warunków gospodarczych.

THE PAPER ABOUT CREATION AND REUSING OF BUILDINGS IN INDUSTRIAL ŁÓDŹ

Abstract

In the paper a process of creation new buildings typical for industrial Łódź is presented. Also trials of reusing existing buildings after industrial changes are described.

BERNADETTA KISILEWICZ
Politechnika Krakowska

BENTONITOWE MATERIAŁY HYDROIZOLACYJNE

1. WSTĘP

Zabezpieczenie przed wodą i wilgocią podziemnych części budowli i budynków w założeniach jest bardzo proste. Należy utworzyć „szczelną wannę" z powłoki hydroizolacyjnej ze szczególnym uwzględnieniem połączeń hydroizolacji poziomej z pionową i przejść wszelkiego rodzaju instalacji. Wystarczy tylko tak projektować hydroizolacje, aby te warunki spełnić. W praktyce wiadomo jednak, jak trudno o uzyskanie tej ciągłości.

Do problemów technicznych dochodzą wady wynikające z niestarannego wykonania lub też z niedbałego obchodzenia się z już zainstalowaną hydroizolacją. Równocześnie, wszelkie usterki i wady ujawniają się dopiero w trakcie eksploatacji obiektu. Dotarcie wówczas do miejsca nieszczelności jest bardzo trudne, czy wręcz niemożliwe. Zatem tej fazie robót budowlanych należy poświęcić dużo uwagi.

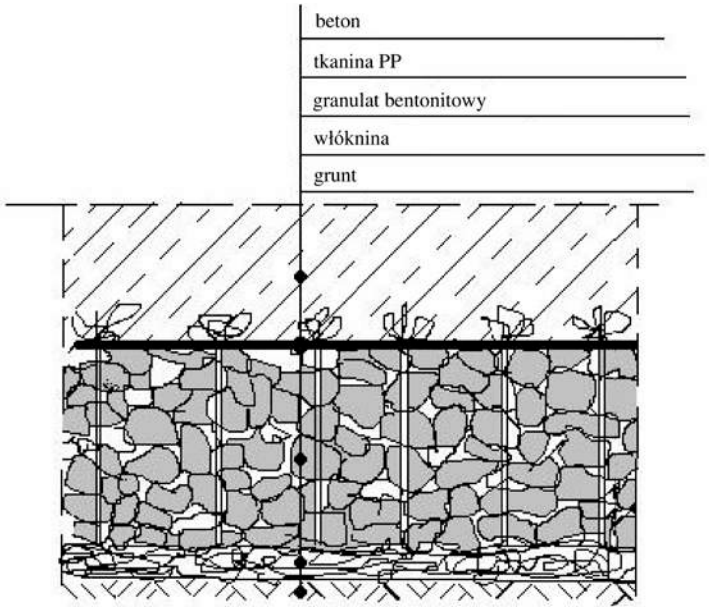
Od lat trwają badania i poszukiwania skutecznych metod ochrony przeciwwilgociowej i przeciwwodnej istniejących obiektów. Ważny to problem, szczególnie wtedy, gdy zmienia się przeznaczenie pomieszczeń znajdujących się w piwnicach budynków. Odtworzenie starej hydroizolacji, czy zamontowanie nowej, napotyka na poważne przeszkody. Nie zawsze jest na tyle miejsca, aby odkopać ściany fundamentowe i pokryć je hydroizolacją. Przy ciasnej zabudowie nie jest to możliwe. Także naprawy w nowych obiektach stanowią trudny do rozwiązania problem techniczny. Zwykle trzeba wykonywać roboty inwazyjne, które mogą uszkodzić konstrukcję.

2. HYDROIZOLACJE BENTONITOWE

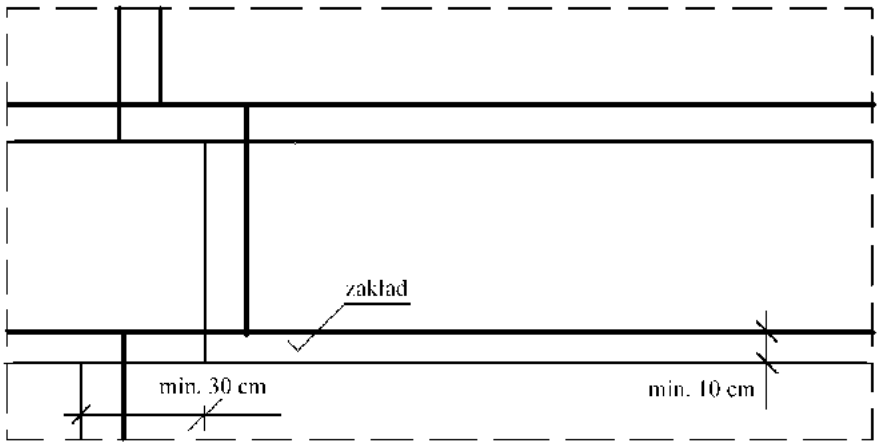
Materiałem, który daje duże możliwości, przy minimalnych wymaganiach, wydaje się być bentonit.

Bentonit to ił powstały z wietrzenia tufów wulkanicznych w środowisku alkalicznym i silnie zasolonym. Pod wpływem wilgoci (wody) bentonit pęcznieje i przy ograniczeniu przestrzeni pęcznienia tworzy żel nieprzepuszczalny dla wody. Jako materiał hydroizolacyjny dostępny jest na rynku w postaci mat, membran, taśm, suchego granulatu do przygotowywania zaczynu i szpachlówki.

Maty bentonitowe są złożoną przesłoną hydroizolacyjną. Pomiędzy tkaniną a włókniną umieszczony jest granulat bentonitowy (rys. 1). Mogą one służyć do wykonywania hydroizolacji poziomych i pionowych. Jako izolację poziomą rozkłada się je na podłożu, które może być wilgotne, z zachowaniem zakładów (10 cm) i minięcia szwów (rys. 2).

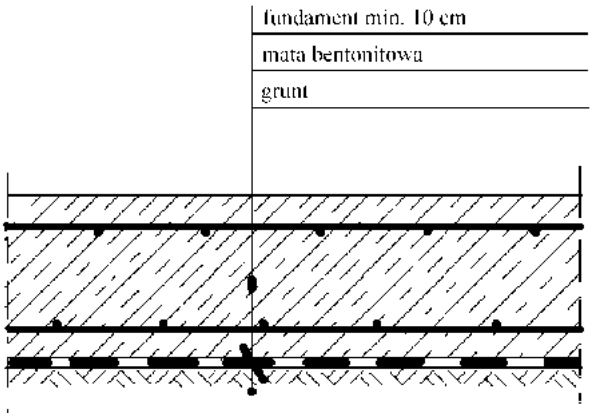


Rys. 1. Przekrój przez matę bentonitową
Fig. 1. Section of the bentonite mat



Rys. 2. Schemat rozłożenia mat
Fig. 2. Mat distribution scheme

Podłożem może być beton, stabilizowany grunt, zagęszczony grunt lub warstwa zagęszczonego kruszywa (ziarno mniejsze niż 18 mm). Maty nie wymagają stosowania warstwy ochronnej. Bezpośrednio na nich układa się zbrojenie płyty fundamentowej (rys. 3).



Rys. 3. Przekrój przez płytę fundamentową izolowaną matą bentonitową

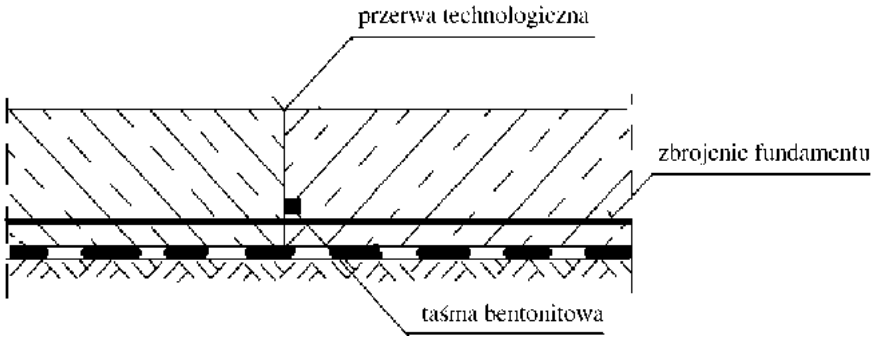
Fig. 3. Section of the foundation plate insulated with bentonite mat

Maty bentonitowe są zaprojektowane jako izolacja przeciwwodna, ale mogą też pracować jako izolacja przeciwwilgociowa.

Łatwo także zamontować maty na pionowych ścianach fundamentowych, tworząc z nich izolację pionową. Mocuje się ją przybijając do istniejącej konstrukcji. Tak zastosowana izolacja także nie wymaga warstwy ochronnej ani dociskowej. Wykop zasypuje się zgodnie ze sztuką budowlaną, zagęszczając warstwami.

Maty bentonitowe mogą być stosowane także wtedy, gdy izolowane są obiekty powstające w stałych obudowach wykopu. W takich przypadkach maty montowane są do obudów z zachowaniem ogólnych zasad (takich, jak dla mat rozkładanych). Obudowy stanowiące deskowanie konstrukcji są konstrukcją dla hydroizolacji. Dla poszczególnych typów obudów opracowane są sposoby montażu mat. Trzeba pamiętać, że maty nie mogą być naciągane, zginane, a także, że muszą płasko przylegać do obudowy. Ten sposób izolowania daje możliwość zabezpieczenia budowli, gdy z różnych powodów, np. braku miejsca, nie można wykonać dostatecznie szerokiego wykopu, tak aby wykonać hydroizolację tradycyjnymi metodami.

Jako uzupełnienie stosuje się taśmy bentonitowe (przy doszczelnianiu przerw w betonowaniu, rys. 4) i szpachle bentonitowe uszczelniające np. przejścia instalacji.



Rys. 4. Usytuowanie doszczelniającej taśmy

Fig. 4. Location of caulking tape

Wszystkie składniki tworzą spójny system zabezpieczający konstrukcję przed wodą, także wywierającą parcie hydrostatyczne, i wilgocią.

3. CZY BENTONIT TO HYDROIZOLACJA DOSKONAŁA?

Informacje podane dotychczas nie dają odpowiedzi na zawarte w tytule pytanie. Co więc wyróżnia bentonitowe hydroizolacje?

Podstawową cechą jest to, że są to materiały czynne. Przebicie, uszkodzenie w trakcie wbudowywania, uruchamia proces uszczelniania. Bentonit pod wpływem wody tworzy nieprzesiąkający żel. Równocześnie materiał ten w nieograniczonej przestrzeni może zwiększyć swoją objętość nawet 16-krotnie. Jeśli mu tę przestrzeń ograniczyć, wywierając na niego stałe ciśnienie, „zabliźni" ubytek tworząc jednolitą przeponę. Ta cecha sprawdza się także w przypadku niewielkich zarysowań konstrukcji betonowej, czy przemieszczeń wywołanych nierównomiernym osiadaniem konstrukcji w trakcie jej użytkowania. Dołączając do tego nieograniczoną w czasie zdolność pęcznienia i zachowanie konsystencji szczelnego żelu, można mówić o hydroizolacji idealnej.

Bentonit dzięki swej właściwości samouszczelniania dobrze sprawdza się jako zabezpieczenie istniejącej budowli. Można go wprowadzić poza ścianę z wnętrza obiektu, albo jeśli warunki na to pozwalają, wprowadzić go w grunt tuż przy ścianie na zewnątrz obiektu – za przegrodą utworzy żelową kurtynę.

Obydwa sposoby pozwalają na wykonanie, bądź naprawę hydroizolacji pionowej bezinwazyjnie, bez konieczności wykonywania rozkopów.

Ten sposób zastosowania bentonitu w budownictwie także pozwala traktować hydroizolację jako idealną.

LITERATURA

[1] Materiały firmowe firmy „CETCO Poland".

BENTONITOWE MATERIAŁY HYDROIZOLACYJNE

Streszczenie

Celem referatu jest pokazanie alternatywnego sposobu uszczelniania podziemnych części budowli z wykorzystaniem bentonitu. Zwraca się uwagę na materiał dający dużą niezawodność w trakcie montażu i użytkowania.

BENTONITE DAMP INSULATION

Abstract

The main aim of the paper was to present the alternative way of caulking the underground building parts with bentonite. This kind of material is extremely reliable at the construction stage of building and its use.

DOROTA KRAM
Politechnika Krakowska

WYMIAROWANIE KONSTRUKCJI DREWNIANYCH Z UWZGLĘDNIENIEM ZAGROŻENIA POŻAREM

1. WSTĘP – POŻAR I JEGO TEMPERATURY

Ogień jako zjawisko występujące w przyrodzie posiada pozytywny jak i negatywny społeczny odbiór. Jego pozytywne cechy odbieramy w zakresie użytkowym, wykorzystując w sposób kontrolowany ciepło spalania, jednak kiedy ta sprzyjająca nam energia wymknie się z pod kontroli, ukazując żywiołowych charakter w postaci **pożaru** budzi strach i grozę.

Wprowadzane stopniowo na rynek polski EUROKODY pokazują jak duży dorobek w zakresie normalizacji sytuacji wyjątkowych (pożarowych) posiadają ich twórcy. Na naszym rynku budowlanym działania te zmierzają przede wszystkim w kierunku uzgodnień architektoniczno-budowlanych. Skupiają się one głównie na:

- stworzeniu warunków sprawnej i bezpiecznej ewakuacji użytkowników oraz bezpieczeństwa akcji ratowniczej,
- zabezpieczeniu nośność konstrukcji, przynajmniej na czas ewakuacji,
- ograniczeniu rozprzestrzeniania się ognia i dymu w obiekcie budowlanym,
- ograniczeniu rozprzestrzeniania się pożaru na sąsiednie obiekty.

Po to, aby spełnić jak największą część tych zadań niezbędna jest znajomość zasad rządzących rozwojem pożaru tak w pomieszczeniu zamkniętym, jak i w przestrzeni otwartej i występujących w trakcie pożaru **temperatur** i ich oddziaływania na konstrukcję. Dla tych celów opracowano szereg modelowych krzywych opisujących pożar rozwinięty do analizy obiektów budowlanych (np. budynki mieszkalne, tunele, zbiorniki na substancje łatwopalne itp.). Działania te dały podstawę do zbudowania znormalizowanych wytycznych wspomagających projektowanie różnorodnych konstrukcji – zróżnicowanych tak pod względem materiałowym, jak i przeznaczenia, a więc w konsekwencji **obciążenia ogniowego**.

2. PODSTAWOWE WYMAGANIA PRZY KLASYFIKOWANIU OBIEKTÓW BUDOWLANYCH W ASPEKCIE ZAGROŻENIA POŻAREM

Klasyfikacje ogniowa i pożarowa w obiektach budowlanych

Pierwszy krok przy projektowaniu budynku w zakresie „pożarowym" podejmują architekci przyporządkowując je do odpowiednich grup (budynki i ich elementy). Z uwagi na zagrożenie pożarowe budynków o różnym przeznaczeniu i sposobie użyt-

kowania wprowadzono podział budynków oraz ich wydzielonych części (stanowiących odrębne strefy pożarowe) na trzy grupy [2 – § 209.1]:
- „mieszkalne, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej charakteryzowane kategorią zagrożenia ludzi, określane dalej jako ZL,
- produkcyjne i magazynowe, określane dalej jako PM,
- inwentarskie (służące do hodowli inwentarza), określane dalej jako **IN**".

Dla powyższych grup obiektów budowlanych ustalana jest odporność pożarowa budynków. Cecha ta została ujęta w pięciu klasach odporności „**A**", „**B**", „**C**", „**D**" i „**E**". Tak określona **klasa odporności pożarowej dla budynku** mieszkalnego lub użyteczności publicznej uwzględnia między innymi jego przeznaczenie i wysokość. Przykład taki pokazuje poniższa tabela 1 [2].

Tabela 1. Odporność pożarowa budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej (ZL) [2 - § 212]

Budynek	**ZL** I	**ZL** II	**ZL** III	**ZL** IV	**ZL** V
niski (N)	„B"	„B"	„C"	„D"	„C"
średniowysoki (SW)	„B"	„B"	„B"	„C"	„B"
wysoki (W)	„B"	„B"	„B"	„B"	„B"
wysokościowy (WW)	„A"	„A"	„A"	„B"	„A"

Kolejnym krokiem projektowania jest ustalenie dla poszczególnych elementów budynku (o powyższej klasie odporności pożarowej dla budynku) odporności ogniowej istotnej z uwagi na przeznaczenie tego elementu. Najbardziej rozpowszechnionymi wymaganiami w tym zakresie (a co za tym idzie najbardziej znanymi) są:
- nośność ogniowa – oznaczana symbolem R (Résistance),
- izolacyjność ogniowa – I (Isolation),
- szczelność ogniowa – E (Étanchéité).

Z uwagi na konstrukcyjne wymagania najbardziej istotnym jest nośność ogniowa odpowiadająca za SGN, w którym element przestaje spełniać swoją funkcję nośną wskutek zniszczenia mechanicznego lub utraty stateczności, bądź przekroczenia granicznych wartości przemieszczeń lub odkształceń [3].

Dla przykładu dla budynków jednokondygnacyjnych o maksymalnej gęstości obciążenia ogniowego strefy pożarowej w budynku $1000 < Q \leq 2000$ MJ·m^{-2} klasa odporności budynku odpowiada klasie „C". Stąd główna konstrukcja nośna powinna posiadać nośność ogniową na poziomie 60 min (R 60), a konstrukcja dachu – R 15. Jednak już dla stropów nie wchodzących w skład powyższych elementów, wymagania ogniowe obejmują nie tylko nośność, ale również też izolacyjność i szczelność (REI 60). Ustalenia te wyznaczają czas (w dalszym opracowaniu oznaczone symbolem *t*) w jakim konstrukcja powinna spełniać stawiane jej wymagania i to one są dla konstruktora wyjściową informacją dla dalszych obliczeń – czyli wykorzystuje się je do wymiarowania konstrukcji. Zagadnienia obejmujące informacje o materiałach i wyrobach budowlanych posiadają dla celów wymiarowania konstrukcji drugorzędny charakter i zostały tu podane jedynie dla celów ukształtowania całości informacji o klasyfikacjach.

Klasyfikacja ogniowa materiałów i wyrobów budowlanych

Materiały budowlane stosowane na wyroby budowlane i konstrukcje są zasadniczym ogniwem bezpieczeństwa pożarowego. Ich stopień palności, właściwości dymotwórcze czy toksyczne w zasadniczy sposób decydują o bezpieczeństwie użytkowników i służb ratowniczych. Od lutego 2002 roku w krajach Unii Europejskiej zaczęła obowiązywać nowa klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych, na podstawie której oznaczenia wyrobów budowlanych grupowane są w siedmiu podstawowych klasach oznaczonych symbolami: A1, A2, B, C, C, E, F, w których dodatkowo wyodrębniono klasyfikację z uwagi na dym i płonące krople. **EUROKLASY** bardziej precyzyjnie niż nasze dotychczasowe normy klasyfikują materiały budowlane ze względu na: ilość i prędkość wydzielania energii podczas spalania, szybkość i zasięg rozprzestrzeniania płomieni i inne.

3. PROJEKTOWANIE KONSTRUKCJI DREWNIANYCH Z UWZGLĘDNIENIEM POŻARU

Podstawy normowe - oddziaływania

Poruszając się w obszarze konstrukcji drewnianych podstawową norma PN wydaje się tu być norma PN-B-03150:2000 *Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie*. Jednak systematycznie pojawiające się kolejne normy z grupy EUROKOD, wzbogacają narzędzia projektanta w tym zakresie.

Działania te rozpoczynają się od ustalenia obciążeń w sytuacjach wyjątkowych. Obecnie mamy swoisty dualizm normowy. „Obowiązujące" nadal „polskie normy obciążeniowe" w zakresie obciążeń wyjątkowych mają nieco inne spojrzenie niż „Eurokody".

W polskich normach „w **kombinacji wyjątkowej** wszystkie wartości obciążeń zmiennych należy pomnożyć przez współczynnik $\psi_o = 0{,}8$, niezależnie od ich liczby i znaczenia, z wyjątkiem przypadków podanych w normach projektowania konstrukcji w rejonach sejsmicznych lub innych normach". Kombinacja wyjątkowa ma więc postać:

$$\sum_{1}^{m} \gamma_{fi} G_{ki} + 0{,}8 \sum_{1}^{n} \gamma_{fi} Q_{ki} F_a \tag{1}$$

gdzie:

- G_k – wartość charakterystyczna obciążenia stałego (obecnie oddziaływań),
- Q_k – wartość charakterystyczna obciążenia (oddziaływania) zmiennego,
- F_a – obciążenie wyjątkowe,
- γ_f – współczynnik obciążenia (częściowy współczynnik bezpieczeństwa),
- ψ_o – współczynniki jednoczesności obciążeń zmiennych = 0,8.

W Eurokodzie 5-1-2 dla potrzeb analizy efektu oddziaływania przyjęto uproszczenie sprowadzając analizę do normalnej temperatury, przyjmując zależność:

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot E_d \tag{2}$$

gdzie:

- $E_{fi,d}$ – wartość efektów oddziaływań w warunkach pożaru,
- E_d – wartość obliczeniowa efektów oddziaływań ustalona dla temperatury normalnej dla podstawowych obciążeń wg EN 1990:2002,
- η_{fi} – współczynnik konwersji (redukcyjny) dla projektowanych oddziaływań w trakcie pożaru.

Przyjęty współczynnik konwersji dla podstawowej kombinacji oddziaływań wg poniższego wzoru (patrz wzór 6.10 EN 1990:2002)

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}G_{k,j}\,"+"\,\gamma_P P"+"\gamma_{Q,1}Q_{k,1}\,"+"\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i} \tag{3}$$

przyjmuje postać:

$$\eta_{fi}=\frac{G_k+\psi_{fi}Q_{k,1}}{\gamma_G G_k+\gamma_{Q,1}Q_{k,1}} \tag{4}$$

lub alternatywnie (dla stanów granicznych STR i GEO) przy kombinacji obciążeń wyrażonych wzorami:

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}G_{k,j}\,"+"\,\gamma_P P"+"\gamma_{Q,1}\psi_{0,1}Q_{k,1}\,"+"\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i} \tag{5}$$

$$\sum_{j\geq 1}\xi_j\gamma_{G,j}G_{k,j}\,"+"\,\gamma_P P"+"\gamma_{Q,1}Q_{k,1}\,"+"\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i} \tag{6}$$

jako wartość współczynnika konwersji (η_{fi}) przyjmuje się wartość mniejszą z poniższych równań:

$$\eta_{fi}=\frac{G_k+\psi_{fi}Q_{k,1}}{\gamma_G G_k+\gamma_{Q,1}Q_{k,1}} \tag{7}$$

$$\eta_{fi}=\frac{G_k+\psi_{fi}Q_{k,1}}{\xi\gamma_G G_k+\gamma_{Q,1}Q_{k,1}} \tag{8}$$

gdzie:

- $Q_{k,1}$ – wartość charakterystyczna dominującego oddziaływania zmiennego 1,
- G_k – wartość charakterystyczna oddziaływania stałego,
- γ_G – współczynnik częściowy dla oddziaływań stałych,
- $\gamma_{Q,1}$ – współczynnik częściowy dla oddziaływania zmiennego 1,
- ψ_{fi} – współczynnik oddziaływania zmiennego w warunkach pożaru, (zgodnie z pkt 4.3.1 EN 1991-1-2:2002) rozważane są tu wartości $\psi_{2,1}$ lub $\psi_{1,1}$,
- $\psi_{2,1}$ – współczynnik dla wartości prawie stałej oddziaływania zmiennego 1 (wartość ta jest rekomendowana),
- $\psi_{1,1}$ – współczynnik dla wartości częstej oddziaływania zmiennego 1,
- ξ – współczynnik redukcyjny dla niekorzystnego oddziaływania stałego.

Zakładając zmienną ζ:

$$\zeta = Q_{k,1}/G_k \tag{9}$$

$$\eta_{fi}=\frac{G_k+\psi_{fi}Q_{k,1}}{\gamma_G G_k+\gamma_{Q,1}Q_{k,1}} \tag{10}$$

wzór (10) przyjmuje postać:

$$\eta_{fi}=\frac{1+\psi_{fi}\zeta}{\gamma_G+\gamma_{Q,1}\zeta} \tag{11}$$

Przyjmując zalecane wartości współczynnika $\psi_{1,1}$ zgodnie z tabelą 2 oraz zakładając wartości współczynników γ_{GA} = 1,0; γ_G = 1,35; γ_Q = 1,5, funkcje współczynnika konwersji (η_{fi}) ilustrują przedstawione poniżej krzywe (rys. 1).

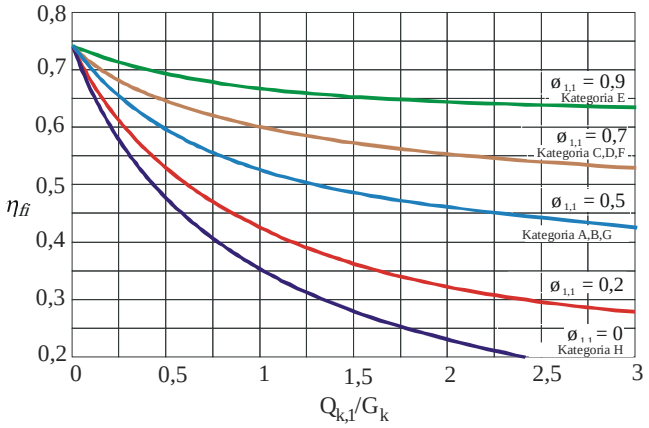
Tabela 2. Zalecane wartości współczynników ψ dla budynków (ψ_0 sytuacje podstawowe, ψ_1 oraz ψ_2 dla obciążeń takich jak pożar) [3]

Oddziaływania		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Obciążenia zmienne w budynkach (patrz EN 1991-1-1)				
Kategoria A:	powierzchnie mieszkalne	0,7	0,5	0,3
Kategoria B:	powierzchnie biurowe	0,7	0,5	0,3
Kategoria C:	miejsca zebrań	0,7	0,7	0,6
Kategoria D:	powierzchnie handlowe	0,7	0,7	0,6
Kategoria E:	powierzchnie magazynowe	1,0	0,9	0,8
Kategoria F:	powierzchnie ruchu pojazdów pojazdy ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategoria G:	powierzchnie ruchu pojazdów 30 kN < ciężar pojazdu ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategoria H:	dachy	0	0	0
Obciążenie budynków ŚNIEGIEM (patrz EN 1991-1-3)*				
	Finlandia, Islandia, Norwegia, Szwecja	0,7	0,5	0,2
	pozostałe kraje CEN, miejscowości położone na wys. H > 1000 m ponad poziom morza	0,7	0,5	0,2
	pozostałe kraje CEN, miejscowości położone na wys. H ≤ 1000 m ponad poziom morza	0,5	0,2	0**
Obciążenie budynków WIATREM (patrz EN 1991-1-4)		0,6	0,2	0
Temperatura (nie pożarowa) w budynku (patrz EN 1991-1-4)		0,6	0,5	0

UWAGA: Wartości mogą być określone w załączniku krajowym

*) dotyczy krajów nie wymienionych poniżej – patrz miarodajne warunki miejscowe

**) zmiana na podstawie PN-EN 1990:2004/Ap1:2004



Rys. 1. Przykładowe wartości współczynnik konwersji (η_{fi}) w porównaniu z możliwymi wartościami współczynnika redukcyjnego niekorzystnego oddziaływania stałego ($Q_{k,1}$ / $G_{k,1}$) przy założeniach: stanu granicznego STR – γ_{GA} = 1,0; γ_G = 1,35; γ_Q = 1,5 [3 i własne]

Fig. 1. Example values of the conversion coefficient in comparison with possible values of the reductive coefficient of unfavourable steady influence ($Q_{k,1}$ / $G_{k,1}$) assuming: limiting state STR – γ_{GA} = 1,0; γ_G = 1,35; γ_Q = 1,5 [3 and own]

Dla uproszczenia obliczeń można przyjmować wartość współczynnika konwersji η_{fi} = 0,6 (z wyjątkiem oddziaływania kategorii E, do których należą powierzchnie magazynowe, gdzie zalecana jest wartość η_{fi} = 0,7). Założenia te znalazły odzwierciedlenie w niektórych arkuszach krajowych, np. wg ENV 1995-1-2:1994 ($E_{fi,d}$ = [0,6] E_d).

Dla przykładowej konstrukcji dachu zestawiono obciążenia: obciążenie stałe g_k = 0,794 kN·m^{-2}, g_0 = 0,9974 kN·m^{-2}, śnieg s_k = 0,72 kN·m^{-2}, s_0 = 1,008 kN·m^{-2} oraz wiatr w_k = –0,405 kN·m^{-2}, w_0 = –0,5265 kN·m^{-2}. Przyjmując powyższe założenia można uzyskać następujące współczynniki konwersji:

A1) wartość oddziaływania oszacowana wg wzoru (7) uznając jako dominujące oddziaływanie zmienne śnieg (z uwagi na wartość)

$\zeta = Q_{k,1} / G_k = 0{,}72 / 0{,}794 = 0{,}906$

$\eta_{fi} = (1{,}0 + \psi_{1,1} \text{ x } \zeta) / (\gamma_G + \gamma_Q \text{ x } \zeta) = (1{,}0 + 0 \text{ x } 0{,}9) / (1{,}35 + 1{,}5 \text{ x } 0{,}9)$ η_{fi} = **0,37**

uznając jako dominujące oddziaływanie zmienne wiatr (z uwagi na częstość występowania)

$\zeta = Q_{k,1} / G_k = 0{,}405 / 0{,}794 = 0{,}51$

$\eta_{fi} = (1{,}0 + \psi_{1,1} \text{ x } \zeta) / (\gamma_G + \gamma_Q \text{ x } \zeta) = (1{,}0 + 0 \text{ x } 0{,}51) / (1{,}35 + 1{,}5 \text{ x } 0{,}51)$ η_{fi} = **0,47**

A2) wartość oddziaływania oszacowana w analizie dokładnej

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{GA} G_k + \psi_{11} Q_{k1} + \sum_{j\geq 1} \psi_{2j} Q_{kj} + \sum_{j\geq 1} A_d(t)$$

uznając jako dominujące oddziaływanie zmienne śnieg (z uwagi na wartość):

1,0 x 0,794 + 0,2 x 0,72 – 0 x 0,405 = 0,938 kN·m^{-2} stąd 0,938/1,4789 η_{fi} = **0,63**,

uznając jako dominujące oddziaływanie zmienne wiatr:

1,0 x 0,794 + 0,2 x 0,405 + 0 x 0,72 = 0,875 kN·m^{-2} stąd 0,875/1,4789 η_{fi} = **0,59**,

uznając jako dominujące oddziaływanie zmienne wiatr wraz ze zwrotem oddziaływania:

1,0 x 0,794 – 0,2 x 0,405 + 0 x 0,72 = 0,713 kN·m^{-2} stąd 0,713/1,4789 η_{fi} = **0,48**,

A3) wartość oddziaływania oszacowana w sposób uproszczony:

$E_{fi,d}$ = [0,6] E_d = **0,6** x 1,48 = 0,89 kN·m^{-2} η_{fi} = **0,6**.

Jak widać już na etapie oceny oddziaływań na konstrukcję powstają dość zróżnicowane wartości współczynnika konwersji, jednak po pewnym logicznym uproszczeniu można by w tym konkretnym przypadku zrezygnować z oddziaływania śniegiem, ponieważ stosunkowo szybko ulegnie on stopieniu podczas rozwoju pożaru.

Wymiarowanie konstrukcji

Analiza oddziaływań to dopiero początek wymiarowania, kolejny krok wymaga ustalenia „schematu zniszczenia" przekroju drewnianego. Działania te opisane są przede wszystkim w Eurokodach zestawionych w tabeli 2.

Nie zabezpieczone przed pożarem drewno w trakcie oddziaływania temperatur pożarowych ulega zmniejszeniu wraz z postępującym czasem tego oddziaływania. Zakładając liniowy charakter tego zjawiska można zapisać, że po czasie t głębokość zwęglenia będzie równa:

$$d_{char,0} = ß_0 \, t \tag{12}$$

gdzie:

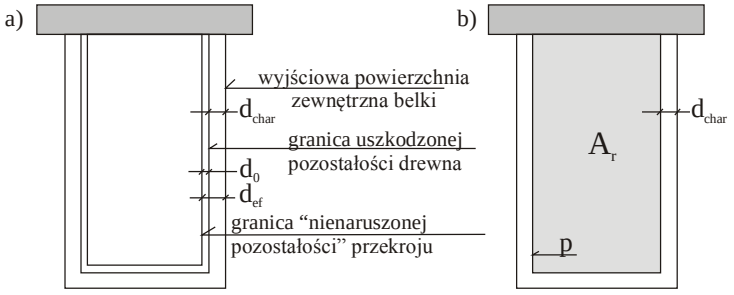
- $d_{char,0}$ – projektowana głębokość zwęglenia (jednokierunkowa),
- $ß_0$ – zróżnicowana prędkość spalania drewna (np. 0,65 mm·min^{-1}),
- t – czas ekspozycji na wysoką temperaturę (np. wynikające z odporności ogniowej elementu konstrukcji).

Tabela 2. Normy w zakresie konstrukcji drewnianych i odporności ogniowej

Polskie normy	**Eurocode**
Podstawy projektowania konstrukcji	
PN-EN 1990:2004 Eurokod: *Podstawy projektowania konstrukcji* (wchodzi w zakres PN-82/B-02000)	EN 1990:2002 Eurocode *Basis of Structural Design*
Oddziaływania na konstrukcję w warunkach pożaru	
PN-EN 1991-1-2:2005 (U) Eurokod 1: *Oddziaływania na konstrukcje* Część 1-2: *Oddziaływania ogólne* *Oddziaływania na konstrukcję w warunkach pożaru*	EN 1991-1-2:2002 Eurocode 1 *Actions on structures* Part 1-2: *General actions* *Actions on structures exposed to fire*
Konstrukcje Drewniane	
PN-B-03150:2000 *Konstrukcje drewniane.* *Obliczenia statyczne i projektowanie*	
PN-EN 1995-1-1:2005 (U) Eurokod 5: *Projektowanie konstrukcji drewnianych* Część 1-1: *Zasady ogólne i zasady dla budynków*	EN 1995-1-2:2004 Eurocode 5 *Design of timber structures,* Part 1-1 *General: Common rules and rules for buildings*
Konstrukcje Drewniane - oddziaływanie pożaru	
PN-EN 1995-1-2:2005 (U) Eurokod 5: *Projektowanie konstrukcji drewnianych* Część 1-2: *Odporność na działanie ognia*	EN 1995-1-2:2004 Eurocode 5 *Design of timber structures* Part 1.2: *General rules* *Structural fire design and rules for buildings*

Wśród uproszczonych modeli analizowania konstrukcji w warunkach pożaru, opisanych w Eurokodzie 5-1-2 widoczne są dwie uproszczone reguły określania geometrii i właściwości przekroju:

a) metoda redukowania przekroju nazywana również metodą ECSM (Effective Cross Section Method),
b) metoda redukowania właściwości nazywana również metodą RSSM (Reduced Strength and Stiffness Metod).



Rys. 2. Charakterystyka przekroju elementu w zależności od metody przyjętej analizy a) metoda ECSM, b) metoda RSSM (opis w tekście) [5]

Fig. 2. Profile of the section of the element according to the method of assumed analysis a) ECSM method, b) RSSM method (description in the text) [5]

Przekrój osłabiony pożarem, który może jeszcze przejąć oddziaływania na konstrukcję należy wyznaczyć poprzez zredukowanie przekroju wyjściowego o efektywną (wyidealizowaną) głębokość zwęglenia (rys. 2). Tę efektywną głębokość zwęglenia można wyznaczyć w następujący sposób:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_o\, d_o \tag{13}$$

gdzie:

d_o – należy przyjąć 7 mm,
$d_{char,n}$ – głębokość zwęglenia określona zgodnie z zasadami normowymi,
k_o – współczynnik ≤ 1,0 ustalony w zależności od stanu zabezpieczenia elementu przed pożarem i czasu ekspozycji.

Po tak oszacowanym przekroju pozostaje już tylko sprawdzenie SGN przyjmując wytrzymałość i moduł sprężystości w warunkach pożarowych:

$$f_{d,fi} = k_{fi} \cdot f_k / \gamma_{M,fi} \tag{14}$$
$$E_{d,fi} = k_{fi} \cdot E_{k,05} / \gamma_{M,fi} \tag{15}$$

gdzie:

f_k – wytrzymałość charakterystyczna w temperaturze normalnej,
k_{fi} – stabelaryzowane wartości (np. 1,25 dla drewna litego),
$\gamma_{M,fi}$ – współczynnik częściowy dla drewna w warunkach pożaru,
$E_{k,05}$ – wytrzymałość charakterystyczna modułu sprężystości.

Drugi sposób wymiarowania uwzględnia redukcję właściwości materiału przyjmując ich modyfikację wraz z postępem strefy pirolizy, w obliczeniach ujmuje to współczynnik $k_{mod,fi}$, którego wartość uzależniona jest od proporcji obwodu do powierzchni przekroju po czasie t:

$$d_{chr} = ß \cdot t \tag{16}$$
$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot f_k / \gamma_{M,fi} \tag{17}$$
$$E_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot k_{fi} \cdot E_{k,05} / \gamma_{M,fi} \tag{18}$$

Dla czasu t ≥ 20 min współczynnik modyfikacyjny stanowiący podstawę wyznaczania wartości obliczeniowej poszczególnych wytrzymałości i sztywności konstrukcji drewnianych należy przyjmować w zależności od wielkości przekroju pozostałego po oddziaływaniu ognia wg wzorów:

przy zginaniu $k_{mod,fi} = 1{,}0 - p / 200\, A_r$ (19)
przy ściskaniu $k_{mod,fi} = 1{,}0 - p / 125\, A_r$ (20)
przy rozciąganiu i module sprężystości $k_{mod,fi} = 1{,}0 - p / 330\, A_r$ (21)

gdzie:

p – obwód przekroju pozostałego po pożarze, m,
A_r – powierzchnia przekroju pozostałego po pożarze, m.

Dla wszystkich elementów drewnianych (bez względu na zabezpieczenie) dla czasu $t = 0$ współczynnik modyfikacyjny przyjmuje wartość $k_{mod,fi} = 1$. Dla niezabezpieczonych elementów dla czasu $0 \le t \le 20$ min współczynnik modyfikacyjny należy określać na podstawie interpolacji liniowej (pomiędzy wartością 1 a otrzymaną z powyższych równań lub normowego wykresu).

4. PODSUMOWANIE

Uproszczone modele obliczeniowe wykorzystywane do projektowania konstrukcji drewnianych w zakresie oddziaływania wyjątkowego jakim jest pożar, w świetle obecnej wiedzy, jest już coraz bardziej przejrzyste. Jednak powstaje pytanie nad celowością podejmowania tych działań w zależności od klasy odporności ogniowej, obciążenia pożarowego konstrukcji i osiąganych stanów granicznych użytkowalności dominujących w wielu przypadkach konstrukcji drewnianych, które to warunki dają pewien zapas dla „odporności ogniowej".

LITERATURA

[1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (Dz. U. Nr 75, poz. 690 z późn. zm.).
[2] PN-ISO 8421-1:1997 Ochrona przeciwpożarowa – Terminologia – Terminy ogólne i dotyczące zjawiska pożaru.
[3] PN-EN 1990:2004 Eurokod 0 – Podstawy projektowania konstrukcji.
[4] PN-EN 1991-1-2:2005 (U) Eurokod 1– Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-2: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru.
[5] PN-EN 1995-1-2:2005 (U) Eurokod 5 – Projektowanie konstrukcji drewnianych – Część 1-2: Odporność na działanie ognia

WYMIAROWANIE KONSTRUKCJI DREWNIANYCH Z UWZGLĘDNIENIEM ZAGROŻENIA POŻAREM

Streszczenie

Artykuł opisuje zagadnienia wymiarowania konstrukcji drewnianych w warunkach oddziaływania wyjątkowego jakim jest pożar. Rozwijająca się wiedza w zakresie spalania drewna i materiałów drewnopochodnych wraz z nowymi zasadami wymiarowania konstrukcji tworzy nowe podejścia do wymiarowania i przygotowania konstrukcji do wymagań prawnych.

PROJECTING WOODEN CONSTRUCTIONS FROM REGARD FIRE HAZARD

Abstract

Article describes the problems of dimensioning of wooden constructions in conditions of exceptional influence represented by the fire. The developing knowledge in the sphere of burning of the wood and the wooden materials together with the new rules of dimensioning of the construction creates the new approach to the dimensioning and the preparation of construction to the legal requirements.

MAŁGORZATA KRAJEWSKA
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

PROBLEMATYKA OKREŚLANIA STOPNIA ZUŻYCIA TECHNICZNEGO KAMIENIC

1. WSTĘP

Istotnym zagadnieniem w procesie szacowania nieruchomości jest określenie jej zużycia, rozumianego jako zużycie techniczne (zwane także fizycznym), funkcjonalne i środowiskowe.

Ma ono wpływ na wartość nieruchomości. W sposób bezpośredni wpływa na wartość odtworzeniową wg tzw. podejścia kosztowego, pośrednio natomiast wpływa na wartość rynkową nieruchomości. Na szczególną uwagę zasługuje zużycie techniczne obiektu, jako te, które wymaga specjalistycznej wiedzy z dziedziny budownictwa.

Jego oceny można dokonać na podstawie określonego procentowo stopnia zużycia technicznego, który winien uwzględniać rzeczywisty stan techniczny obiektu i urządzeń trwale z nim związanych. Jego przyjęcie nie powinno stanowić większej trudności w przypadku, kiedy mamy ocenić stan techniczny obiektu w dniu jego oględzin i kiedy dokonuje tego osoba o odpowiednim przygotowaniu zawodowym.

Problem wystąpi wówczas, gdy:
- trzeba określić zużycie obiektu, które było „n" lat wcześniej,
- trzeba określić zużycie obiektu, który w dniu oględzin fizycznie już nie istnieje,
- oceny zużycia dokonuje osoba nie posiadająca wykształcenia z dziedziny budownictwa.

Takie postawienie problemu wynika często z obowiązujących przepisów prawa. Pomocne wówczas mogą być, szeroko opisywane w literaturze przedmiotu [1,3,5], metody teoretyczne określania stopnia zużycia technicznego. Powstaje jednak pytanie w jakim zakresie mogą być one stosowane i w jakim stopniu teoretyczne wyniki obliczeń zbliżone są do pomiaru rzeczywistego.

Niniejszy artykuł będzie próbą odpowiedzi na postawione pytanie w odniesieniu do budynków zabudowy staromiejskiej.

2. METODY USTALANIA STOPNIA ZUŻYCIA TECHNICZNEGO

Metody pomiaru zużycia podzielono na trzy zasadnicze grupy [5]:
- czasowe,
- wskaźników ekonomicznych,
- wizualne.

Metody czasowe

Metody te oparte są na założeniu, że każdy proces zużycia, bez względu na przyczyny, zachodzi w określonym czasie. Najbardziej znane i najczęściej stosowane metody to między innymi:

a) metoda liniowa

Zużycie techniczne obiektu według metody liniowej jest wprost proporcjonalne do wieku. Można to wyrazić wzorem:

$$S_Z = \frac{t}{T} \cdot 100\% \tag{1}$$

gdzie:

S_Z – stopień zużycia technicznego obiektu wyrażony w procentach,
t – wiek obiektu w latach,
T – przewidywany okres trwałości obiektu w latach.

Metoda ta ma często zastosowanie przy wycenie obiektów źle eksploatowanych, bez właściwej konserwacji.

b) metoda Rossa

Metoda ta podana została przez inż. Rossa dla budynków o prawidłowej gospodarce remontowej. Według tej metody stopień zużycia technicznego budynku ustala się za pomocą wzoru:

$$S_Z = \frac{t(t+T)}{2T^2} \cdot 100\% \tag{2}$$

przy czym oznaczenia symboli są analogiczne jak dla wzoru (1).

c) metoda Eyteleweina

W przypadku obiektów starannie konserwowanych i remontowanych we właściwym czasie można zastosować następujący wzór:

$$S_Z = \frac{t^2}{T^2} \cdot 100\% \tag{3}$$

(oznaczenia – jak wyżej).

d. Metoda Romsterfena

Zalecana jest dla budynków o więcej niż przeciętnie dobrym utrzymaniu technicznym:

$$S_Z = \frac{t(2t+T)}{3T^2} \cdot 100\% \tag{4}$$

(oznaczenia – jak wyżej).

Metody wykorzystujące wskaźniki ekonomiczne

Metody te kwantyfikują zarówno zużycie techniczne, jak i ekonomiczne. Ponieważ nie określają bezpośrednio stopnia zużycia technicznego, nie zostały zaprezentowane w niniejszej pracy.

Metody wizualne

Znane są metody wizualne określania zużycia, na podstawie kosztów utrzymania budynku bądź kosztów napraw jego poszczególnych elementów [5].

Inną, najbardziej rozpowszechnioną, metodą wizualną jest metoda oparta na średnioważonym stopniu zużycia obiektu. Jego obliczenia dokonuje się w powiązaniu ze strukturą wartościową kosztu odtworzenia w oparciu o dane zużycia podstawowych elementów składowych budynku. Przedstawia to wzór:

$$S_Z = \sum_{i=1}^{n} \frac{U_i \cdot S_{ei}}{100} \cdot 100\% \tag{5}$$

gdzie:

S_Z – średnioważony stopień zużycia technicznego obiektu wyrażony w procentach,

U_i – procentowy udział kosztu odtworzenia danego elementu w strukturze kosztu odtworzenia obiektu,

S_{ei} – stopień zużycia danego elementu, określony procentowo na podstawie oględzin,

n – ilość ocenianych elementów w obiekcie.

W metodzie tej pomocne są publikowane w różnych wydawnictwach dane ([1,3, 6]), dotyczące omawianej tematyki, jak tablice z klasyfikacją stanu technicznego elementów i odpowiadające im procenty zużycia, a także zależności między rodzajem uszkodzeń elementu a jego stopniem zużycia.

3. STOPIEŃ ZUŻYCIA TECHNICZNEGO WYBRANYCH KAMIENIC

Ogólna charakterystyka kamienic

Wytypowane do badań obiekty, to budynki mieszkalne – kamienice zlokalizowane w strefie śródmiejskiej miasta Bydgoszczy. Terminem **kamienica** określa się co najmniej jednopiętrowy, murowany miejski dom mieszkalny [7]. Jest to termin wyłącznie polski.

Najstarsza z badanych kamienic wzniesiona została w 1784 r., a najmłodsza w 1937 r.

Są to budynki 2–6-kondygnacyjne, w zabudowie zwartej ulic miejskich lub wolno stojące tzw. willowe. Pełnią funkcję mieszkalno-usługową lub tylko mieszkalną. Zbudowane są w technologii tradycyjnej.

Większość budynków o konstrukcji tradycyjnej wznoszona była według indywidualnych projektów, dlatego każdy z nich jest nieco inny – zarówno pod względem rozwiązań architektonicznych, jak i konstrukcyjnych.

Biorąc pod uwagę wspólne cechy, kierując się stosowanymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi i użytymi materiałami, analizowane budynki należą do podstawowej grupy budynków murowanych ze stropami drewnianymi. W niektórych obiektach część stropów stanowią również stropy ogniotrwałe.

Kamienice te posadowione są na ławach murowanych z cegły lub kamienno-ceglanych.

Ściany murowane są z cegły ceramicznej. Grubość ścian nośnych z reguły wynosi 2 cegły (51 cm) lub 1,5 cegły (38 cm). Układ konstrukcyjny ścian przeważnie podłużny (stropy oparte na ścianach podłużnych budynku).

Stropy międzykondygnacyjne to stropy drewniane ze ślepym pułapem.

Wszystkie budynki posiadają schody drewniane. W kamienicy przy ul. Gdańskiej znajduje się również winda.

Więźby dachowe są drewniane, przeważnie płatwiowo-kleszczowe. Pokrycie dachowe stanowi dachówka lub papa.

Elewacje zewnętrzne pokryte są tynkiem cementowo-wapiennym lub tynkami szlachetnymi.

Stare kamienice, oprócz wzmocnienia i wymiany elementów konstrukcyjnych, wymagają także wykonania różnych robót związanych z ich modernizacją i dostosowaniem do współczesnych wymagań.

Wytypowane do oceny stopnia zużycia technicznego obiekty reprezentują różny poziom jakości technicznej. Największa różnica jest między poddanymi w ostatnim okresie gruntownemu remontowi a nieremontowanymi.

Elewacje frontowe wybranych kamienic przedstawiają rysunki 1-6.

Rys. 1. ul. Gdańska 62

Fig. 1. Gdańska Street 62

Rys. 2. ul. Kącik 4

Fig. 2. Kącik Street 4

Rys. 3. ul. Lelewela 21

Fig. 3. Lelewela Street 21

Rys. 4. ul. Mostowa 5

Fig. 4. Mostowa Street 5

Rys. 5. ul. Świętojańska 22
Fig. 5. Świetojańska Street 22

Rys. 6. ul. Warmińskiego 20
Fig. 6. Warmińskiego Street 20

Wyniki pomiaru stopnia zużycia technicznego metodą wizualną

Szczegółowe oględziny wybranych kamienic wraz z opisem i oceną stanu technicznego poszczególnych elementów składowych budynków i instalacji, prowadzoną gospodarką remontową, a także obliczenie średnioważonego stopnia zużycia, przeprowadzono w ramach pracy dyplomowej napisanej w KBOiFB na WBiIŚ [2].

Poniżej w tabeli 1 zestawiono wyniki pomiaru S_{ZT} obliczonego przy użyciu wzoru (5), czyli z uwzględnieniem struktury rodzajowo-kosztowej ustalającej udział danego elementu w koszcie odtworzenia obiektu.

Tabela 1. Wyniki pomiaru stopnia zużycia technicznego metodą wizualną [2]

Nazwa obiektu	S_{ZT} obliczony metodą wizualną na podstawie wzoru (5), %	Wiek obiektu t w latach
ul. Gdańska 62	37,9	92
ul. Kącik 4	42,5	103
ul. Lelewela 21	45,9	66
ul. Mostowa 5	46,1	(218)
ul. Świętojańska 22	44,2	108
ul. Warmińskiego 20	51,8	112

4. ANALIZA PORÓWNAWCZA

Dla porównania określono stopnie zużycia technicznego badanych obiektów także metodami czasowymi, czyli przy wykorzystaniu wzorów (1), (2), (3), (4). Wyniki zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Stopnie zużycia technicznego kamienic liczone różnymi metodami [2]

Nazwa obiektu		ul. Gdańska 62	ul. Kącik 4	ul. Lelewela 21	ul. Mostowa 5	ul. Świętojańska 22	ul. Warmińskiego 20
Lp.		1	2	3	4	5	6
S_{ZT} obliczony metodą wizualną		37,9%	42,5%	45,9%	46,1%	44,2%	51,8%
Wiek obiektu t w latach		92	103	66	(218)	108	112
Okres trwałości T w latach		120	120	120	120	120	120
Metody czasowe	Metoda liniowa $S_{ZT} = \frac{t}{T} \cdot 100\%$	76,7%	85,8%	55,0%	-	90,0%	93,3%
	Metoda Rossa $S_{ZT} = \frac{t(t+T)}{2T^2} \cdot 100\%$	67,7%	79,7%	42,6%	-	85,5%	90,2%
	Metoda Eytelweina $S_{ZT} = \frac{t^2}{T^2} \cdot 100\%$	58,8%	73,7%	30,2%	-	81,0%	87,1%
	Metoda Romsterfena $S_{ZT} = \frac{t(2t+T)}{3T^2} \cdot 100\%$	64,7%	77,7%	38,5%	-	84,0%	89,2%

Różnice w wynikach S_{ZT} obliczonych metodą wizualną różnią się od wyników uzyskanych metodami czasowymi od 3,3% do 45,8%. Wzrastają one wraz z wiekiem budynku, największe są między wynikiem uzyskanym metodą wizualną a metodą liniową. W tym kontekście można wyrazić pogląd, iż stosowanie metod czasowych do pomiaru zużycia jest błędne w stosunku do obiektów starych, zbliżających się do granicy swojej żywotności, w których były prowadzone remonty kapitalne (np. kamienice badawcze 1, 2, 5, 6).

W przypadku obiektu przy ul. Mostowej 5 nie można wcale zastosować metod czasowych ze względu na to, że wiek budynku przekracza odpowiedni okres trwałości.

W odniesieniu do budynku przy ul. Lelewela 21 (najmłodszy wiekiem), stosowanie metod czasowych jest także ograniczone i właściwy dobór formuły obliczeń winien wynikać z dokładnego wywiadu środowiskowego, dotyczącego prowadzonej gospodarki remontowej – tutaj różnica w pomiarze zużycia pomiędzy metodą wizualną (45,9%) a najwłaściwszą w tym przypadku metodą Rossa (42,6%) wynosi 3,3%, co daje błąd pomiaru na poziomie 7,2%.

Dobre wykonawstwo robót budowlanych w latach przedwojennych, znalazło potwierdzenie w mniejszym niż wynikałoby to z wieku obiektu budowlanego, stopniu zużycia technicznego analizowanych kamienic. Oprócz prowadzonej gospodarki remontowej, na zmniejszenie stopnia zużycia mógł mieć wpływ także czas budowy (przed wojną budynki wykańczano i zasiedlano w drugim roku procesu budowlanego). Obiek-

ty wybudowane w okresie przedwojennym często wykraczają poza przykładowe okresy trwałości budynków.

Z przeprowadzonego zestawienia tabelarycznego widać, że dobór metody pomiaru zużycia istotnie wpływa na jego wielkość, a tym samym na wartość nieruchomości.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Teoretyczny stopień zużycia technicznego, obliczony metodą czasową, może odbiegać od rzeczywistego, dlatego też nie można go przyjmować bezkrytycznie, w szczególności do obiektów starszych.

Metody czasowe nie uwzględniają szeregu istotnych czynników wpływających na zużycie techniczne, takich jak:

- odtwarzanie elementów budynku poprzez wymianę starych elementów na nowe,
- różny okres trwałości T poszczególnych elementów budynku,
- nierównomierne zużycie poszczególnych elementów budynku,
- błędy projektowe i wykonawcze,
- jakość wbudowanych materiałów,
- wpływ środowiska,
- postęp korozji oraz destrukcji fizycznej, chemicznej i biologicznej,
- specyfiki każdego budynku.

W związku z powyższym, zalecane jest każdorazowo przeprowadzenie przeglądu budynku i określenie jego zużycia, a następnie dokonanie oceny otrzymanych wyników. Również w standardach zawodowych rzeczoznawców majątkowych [8] nadmienia się, że wzory arytmetyczne podawane w jakichkolwiek publikacjach nie są wiążące dla oceniającego zużycie.

Metody wizualne określania stopnia zużycia obiektu, jako najbardziej wiarygodne należy uznać za podstawowe, inne natomiast mogą być wykorzystywane w sposób pośredni, jako materiał wstępny i posiłkowy w dalszych etapach oceny. Warto podkreślić, że dokładne wyniki pomiaru stopnia zużycia technicznego można uzyskać sporządzając ekspertyzę techniczną obiektu, opartą na szczegółowych badaniach i analizach (ten sposób oceny winien mieć jednak zastosowanie w przypadkach złożonych, kontrowersyjnych, gdzie może być kwestionowany stopień zużycia określony innymi metodami).

W odniesieniu do przedstawionego na wstępie problemu, należy stwierdzić, że:

- przy pomiarze stopnia zużycia technicznego budynków, zwłaszcza kamienic, nie należy stosować metod czasowych, bądź mocno je ograniczyć, gdyż rozwiązują one jedynie problem zużycia w sposób teoretyczny,
- określenia stopnia zużycia technicznego winna dokonywać osoba o odpowiednim przygotowaniu zawodowym (zawsze możliwe jest zlecenie takiej czynności),
- w przypadku, kiedy trzeba określić S_{ZT} budynku jakie było „n" lat wcześniej można posługiwać się metodą mieszaną, omówioną w publikacji [4],
- problemem dyskusyjnym i nadal otwartym pozostaje kwestia pomiaru stopnia zużycia obiektów, które w dniu sporządzania raportu już nie istnieją (uległy katastrofie budowlanej).

LITERATURA

[1] Baranowski W., Cyran M., 2002. Wycena i zużycie nieruchomości zabudowanych. Grupa IDM Biuro Budowlane Badawczo Usługowe, Warszawa.
[2] Bernardy A., Zużycie techniczne budynków mieszkalnych – kamienic zlokalizowanych w strefie śródmiejskiej miasta Bydgoszczy. Praca dyplomowa Nr 5190/B/Dz napisana pod kierunkiem dr inż. Małgorzaty Krajewskiej.
[3] Hajdasz H., 1992. Sposoby ustalania zużycia technicznego budynków i budowli. Agencja Usług Techniczno-Organizacyjnych Budownictwa „Promiks", Katowice.
[4] Krajewska M., 1997. Określenie stopnia zużycia technicznego obiektów dla okresów wcześniejszych. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Budownictwo 29.
[5] Kucharska-Stasiak E., 1994. Metody pomiaru zużycia obiektów budowlanych. „Nieruchomość".
[6] Mączyńska E., Prystupa M., Rygiel K., 2005. Ile jest warta nieruchomość, POLTEXT Warszawa.
[7] Nowa encyklopedia, 1995. Wyd. I. PWN Warszawa.
[8] Standardy zawodowe rzeczoznawców majątkowych, 2002. Polska Federacja Stowarzyszeń Rzeczoznawców Majątkowych. Wyd. VIII uzupełnione, Warszawa.

PROBLEMATYKA OKREŚLANIA STOPNIA ZUŻYCIA TECHNICZNEGO KAMIENIC

Streszczenie

W pracy zaprezentowano metody określania stopnia zużycia technicznego budynków (S_{ZT}). Dla wybranych obiektów badawczych – kamienic porównano rzeczywiste wyniki pomiaru S_{ZT} ze stopniami zużycia technicznego określonymi metodami teoretycznymi – czasowymi.

DETERMINATION PROBLEMS OF APARTMENT HOUSES TECHNICAL WEAR DEGREE

Abstract

In this work degree determining methods of building technical consumption (S_{ZT}) are presented. For chosen research objects – apartment houses, real results of measurement S_{ZT} were compared with degrees of technical consumption determined with theoretical methods – temporal.

JAN LORKOWSKI
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

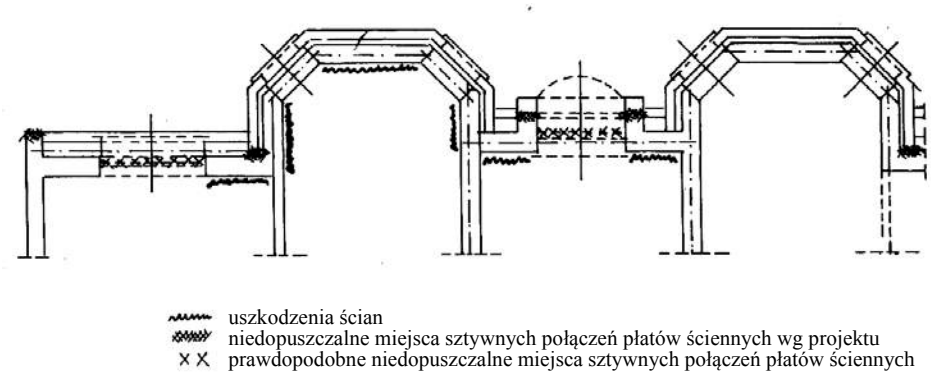
USZKODZENIA ŚCIAN SZCZELINOWYCH

1. OPIS WYSTĘPUJĄCYCH USZKODZEŃ

W artykule przedstawiono problemy związane z zarysowaniami ścian zewnętrznych wykonanych w technologii ściany szczelinowej. Podstawową uciążliwość stanowią występujące wewnątrz budynku poziome i ukośne zarysowania ścian zewnętrznych wykonanych jako ściany szczelinowe ze szczeliną wypełnioną styropianem. Występują one głównie od strony północnej. Nasilenie zarysowań jest zróżnicowane. Największe zarysowania występują na ścianach wykusza i ścianach między wykuszami (rys. 1-3).

Rys. 1. Zarysowania ukośne ścian ostatniej kondygnacji spowodowane sztywnym obramowaniem okiennym opartym na płacie zewnętrznym ściany zewnętrznej (północno-wschodniej)

Fig. 1. Slant scratchers of last level (floor) walls; caused by stiff frame of window leant on outside part of external wall



Rys. 2. Miejsca sztywnych połączeń między płatem nośnym A osłonowym ściany zewnętrznej

Fig. 2. Places of stiff connection between parts carrier and covering of external wall

Rys. 3. Zarysowania ścian w obrębie wykusza spowodowane sztywnym połączeniem płatów ściennych w obrębie otworów okiennych: a, c) przy parapetach i ścianie bocznej, b) przy nadprożu

Fig. 3. Walls scratches by the window caused by stiff connections of parts of walls near window hole: a, c) by stills and side wall, b) by lintel

Są to rysy znacznej rozwartości wraz z wyraźną tendencją przesunięcia części ściany nad rysą na zewnątrz budynku. Obraz zarysowań w poszczególnych mieszkaniach jest nieco zróżnicowany.

Innego typu zarysowania występują na elewacji od strony południowo-zachodniej (rys. 4-7). W tym przypadku doszło do podłużnych pionowych zarysowań, między innymi zewnętrznego płata ściany osłonowej (rys. 6). Wszystkie zarysowania uległy w czasie powiększeniu, w szczególności te na elewacjach zewnętrznych.

Jak wynika ze zgromadzonej dokumentacji i obserwacji mimo upływu 8 lat od oddania budynku do użytku, zarysowania nie uległy stabilizacji. W miejscach, gdzie dokonano napraw poprzez iniekcję i wzmocnienia, rysy pojawiły się ponownie.

Rys. 4. Sztywne połączenie płatu pod parapetem (ściana południowo-zachodnia)

Fig. 4. Stiff connection of part of wall under still

Rys. 5. Prawdopodobieństwo sztywnego połączenia płatów w narożniku budynku (ściana południowo-zachodnia)

Fig. 5. Probability of stiff connection part of wall in the corner

2. ANALIZA ZJAWISKA

Podstawowej przyczyny istniejących, rozległych destrukcji budynku należy upatrywać w błahych błędach popełnionych przy projektowaniu i wykonawstwie murowanych ścian szczelinowych. Na pewnych odcinkach ścian nie zapewniono swobody odkształceń dla zewnętrznego-osłonowego płata ściany, a jest to podstawowy warunek dla tego typu rozwiązań [1,2]. Zadaniem płata zewnętrznego jest przejmowanie wszystkich obciążeń termicznych i obciążenia ciężarem własnym. Zatem podlega on wydłużeniom i skróceniom w zależności od temperatury zewnętrznej. Płat wewnętrzny pracuje w miarę stabilnych warunkach, jest obciążony bezpośrednio stropami lub przejmuje obciążenia ze stropów poprzez monolityczne powiązanie go ze ścianami poprzecznymi. Zatem płat ten ma tendencje jedynie do znacznych skróceń związanych z występującymi w nim naprężeniami, dużo większymi niż w płacie zewnętrznym.

Rys. 6. Sztywne połączenie płatów w obrębie otworów okiennych i płyt balkonowych

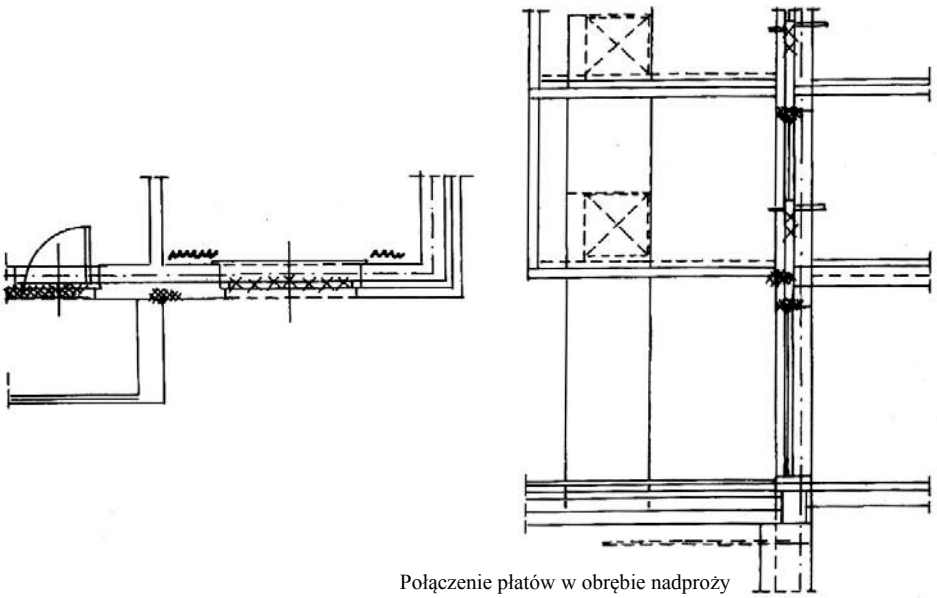
Fig. 6. Stiff connections between external and internal walls near window and balcony

Nawet najdrobniejsze sztywne połączenia obu płatów ściennych są niedopuszczalne, ponieważ mogą prowadzić do zarysowań ścian. Mogą to być rysy poziome, pionowe jak i ukośne zarówno na ścianach zewnętrznych jak i wewnętrznych.

Często połączenia takie powstają w obrębie nadproży, parapetów, gdzie wykonuje się wspólną betonową wylewkę łączącą płat zewnętrzny z wewnętrznym. W takim przypadku dochodzi do blokowania płatu zewnętrznego, ograniczając jego swobodę płytami balkonowymi utwierdzonymi w stropach. Takie sytuacje występują również na omawianym budynku (rys. 7). Można je zauważyć w rozwiązaniach projektowych. Efekty błędów projektowych i wykonawczych są widoczne na ścianach budynku. Szczególnie widoczne błędy projektowe to:

- blokowanie płata zewnętrznego przez płyty balkonowe i murowane obudowy balkonów od strony południowo-zachodniej i to na całej wysokości budynku,
- oparcie szerokich, murowanych obramowań okien ostatniej kondygnacji na płacie zewnętrznym i monolityczne jego powiązanie z płatem nośnym,
- widoczne na przekrojach, niektóre monolityczne nadproża wiążą oba płaty ścienne,
- błędne rozwiązania w obrębie połączenia wewnętrznych ścian poprzecznych (przy dylatacjach między segmentami) z płatem zewnętrznym i oparcie na tym płacie końcówki ściany szczytowej poczynając od parapetów ostatniej kondygnacji (w tym miejscu powinna wystąpić pozioma dylatacja) (rys. 2),
- nie ma pewności jak wykonano połączenie płata zewnętrznego z płatem nośnym na końcach wykuszy ponad parapetami ostatniej kondygnacji. Rozwiązanie przedstawione na rysunkach jest niejednoznaczne. Wykonawca mógł tam wykonać połącze-

nie monolityczne. Ostatecznie, ile takich miejsc występuje trudno jednoznacznie stwierdzić, gdyż nie wszystkie są widoczne, większość jest efektem błędów projektowych inne wykonano w trakcie realizacji budynku. Efekty przyjętych rozwiązań najbardziej widoczne na ostatniej kondygnacji, gdzie przemieszczenia związane z odkształceniami pionowymi ścian są największe, natomiast ściana warstwowa przechodzi na pewnych odcinkach w poziomie parapetów w ścianę jednowarstwową. W tym przypadku w poziomie parapetów i w obrębie wykuszy oraz ścian szczytowych nastąpiło sztywne powiązanie płata osłonowego z płatem wewnętrznym. Dlatego w tym poziomie są najbardziej widoczne uszkodzenia wewnątrz pomieszczeń.



Połączenie płatów w obrębie nadproży
i blokowanie w obrębie balkonów

uszkodzenia ścian
niedopuszczalne miejsca sztywnych połączeń płatów ściennych wg projektu
prawdopodobne niedopuszczalne miejsca sztywnych połączeń płatów ściennych

Rys. 7. Miejsca sztywnych połączeń między płatem nośnym w obrębie nadproży i balkonów

Fig. 7. Places of stiff connections between external and internal walls

Uszkodzenia na elewacji zewnętrznej (rys. 6) związane są z blokowaniem odcinków ścian przez płyty balkonowe i powiązania w obrębie nadproży i parapetów, a być może i wieńców. Stąd powstały pionowe ścięcia ścian w postaci zarysowań. Znaczne nasłonecznienie ściany i ciągłe zmiany temperatur, a zatem i praca płata zewnętrznego, a do tego oddziaływania atmosferyczne prowadzą do „zagruzowywania" rys i ich powiększania. Z całą pewnością do większości tych zarysowań przyczyniły się błędy projektowe, natomiast wykonawca bezkrytycznie je zastosował.

3. WNIOSKI I ZALECENIA

Problem powstawania zarysowań jest złożony, natomiast usunięcie przyczyn kosztowne. Tego typu sytuacje nie powinny wystąpić przynajmniej w takim nasileniu. Obecnie po kilku latach obserwacji można stwierdzić, że największe, najbardziej uciążliwe i trudne do zlikwidowania są rysy powstałe głównie z powodu błędów projektowych. Sam proces rozwoju zarysowań ulega stabilizacji w tym sensie, że ewentualne przyrosty rozwartości rys są coraz mniejsze. Mimo że ściany szczelinowe wykonuje się od wielu lat ciągle powtarzają się podobne błędy wykonawcze i projektowe a w ich następstwie problemy z poprawną eksploatacją budynku. Poza przedstawionymi wyżej błędami w wielu przypadkach dochodzą inne jak: niewłaściwa wentylacja szczeliny, niewłaściwa izolacja spodu szczeliny przed skroplinami, niewłaściwe kotwienie płata zewnętrznego, złe osadzanie okien i wykonanie ościeży itp. W efekcie ściana, która z założenia powinna zapewniać szczególnie dobre warunki izolacji budynku staje się źródłem zawilgoceń i licznych uszkodzeń mających wpływ na estetykę jak i warunki zdrowotne. Przez powstałe zarysowania penetruje woda lub wilgoć, co przy zmiennych temperaturach prowadzi do rozwoju destrukcji.

W rozważanym przypadku w celu wyeliminowania przyczyn zarysowań należałoby na ostatniej kondygnacji, od strony północno-wschodniej:

1) ocenić w obrębie, których otworów okiennych występują sztywne połączenia obu płatów ścian zewnętrznych, które mogą mieć wpływ na powstawanie zarysowań.
2) zdemontować te okna (będą to prawdopodobnie wszystkie okna w obrębie ostatniej kondygnacji).
3) przeciąć wszystkie sztywne połączenia płata zewnętrznego z płatem nośnym w obrębie ościeży, nadproży i parapetów.
4) przeciąć pionowe połączenia płata zewnętrznego ze ściana nośną ponad parapetami w obrębie wykuszy.
5) wykonać poziome dylatacje obramowań okiennych i przy ścianach szczytowych w poziomie parapetów.
6) wykonać iniekcję zarysowań i obróbkę powierzchniową.

Wykonanie tych prac powinno w zasadzie w pełni zlikwidować przyczyny powstawania rys, jednak jest pracochłonne i kosztowne.

Innym, tańszym rozwiązaniem, wymagającym najmniejszego zakresu robót i nakładów, jednak nie likwidującym przyczyny, a jedynie maskującym zjawisko, będzie wykonanie wewnątrz pomieszczeń niezależnych ścianek (osłon) przykrywających zarysowane ściany. Można to wykonać w formie boazerii lub z płyt gipsowych. W tym przypadku między elementami maskującymi a stropem i ścianami muszą wystąpić połączenia podatne na przesunięcia pionowe. Przed wykonaniem maskowania wszystkie rysy należy w miarę maksymalnie rozklinować i przedmuchać sprężonym powietrzem. Następnie wykonać ich iniekcję.

Rozwiązaniem, które powinno również zlikwidować przyczynę powstawania rys albo też ich powstawanie ograniczyć do minimum byłoby ocieplenie całości ścian zewnętrznych budynku 6 cm warstwą styropianu. W ten sposób odcięto by płat osłonowy ściany warstwowej od wpływu warunków zewnętrznych, a zatem ograniczono by jego ruchy wywołane zmianami temperatur Ruchy płata zewnętrznego są w tym przypadku najbardziej istotną przyczyną zarysowań na powierzchniach zewnętrznych i wewnętrznych ściany warstwowej.

LITERATURA

[1] Instytut Techniki Budowlanej. Instrukcja 341/96. Projektowanie i wykonawstwo murowanych ściany szczelinowych.
[2] Pierzchlewicz J., Jarmontowicz R., 1993. Budynki murowane. Arkady Warszawa.

USZKODZENIA ŚCIAN SZCZELINOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono problematykę uszkodzeń ścian wykonanych w technologii ściany szczelinowej. Przyczyną uszkodzeń są błędy wykonawcze i projektowe, związane z blokowaniem niezależności odkształceń płata osłonowego i nośnego ściany.

DEMAGES OF FISSURE WALLS

Abstract

In article it was presented problems of connected with damages of slotted walls. Faults of workman-ship and construction design caused blocade freedom of deformation carrier and covering parts of wall this is reason of damages.

JAN LORKOWSKI
AGATA LACHIEWICZ-ZŁOTOWSKA
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

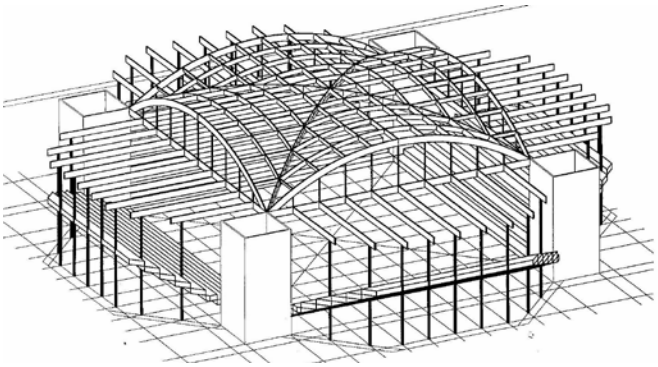
BŁĘDY PODPARCIA DŹWIGARÓW DREWNIANYCH NA SŁUPACH W HALI WIDOWISKOWO-SPORTOWEJ

1. WSTĘP

W czasie przeglądu technicznego konstrukcji nośnej hali zauważono rozwarstwienia w dźwigarach. Część pęknięć zauważono już w trakcie budowy hali, ale wystąpiły również nowe uszkodzenia. Hala została oddana do użytku w 2001 roku. W trakcie ekspertyzy zauważono wiele rozbieżności pomiędzy projektem a wersją wykonaną, zresztą projekt nie zawierał tych błędów, które zauważono w gotowej konstrukcji. Nie udało się ustalić dlaczego i kto wprowadził zmiany w trakcie budowy.

2. OPIS KONSTRUKCJI

Prostokątne dźwigary o przekroju 20×108 cm i rozpiętości 20,65 m wykonane są z drewna klejonego warstwowo. Stanowią one konstrukcję nośną płaskich części dachu hali nad trybunami (rys. 1).



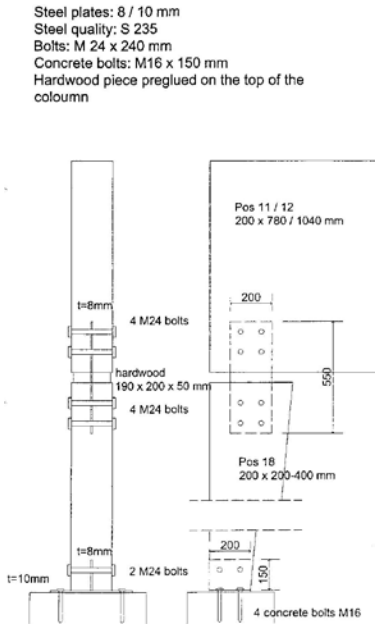
Rys. 1. Widok ogólny konstrukcji hali

Fig. 1. General view of hall construction

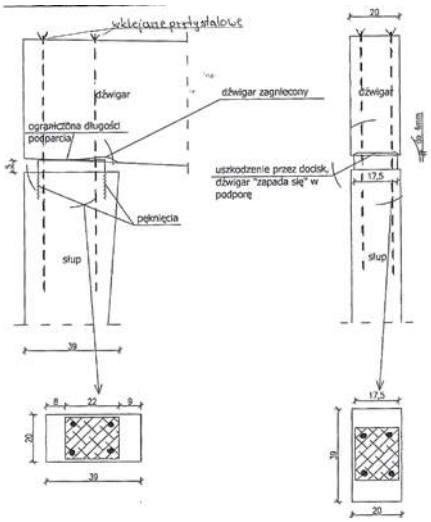
Z jednej strony dźwigary są podwieszane do drewnianych ściągów natomiast drugi koniec dźwigarów opiera się bezpośrednio na zbieżnych słupach drewnianych (rys. 2). Każda z belek powinna zostać oparta zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 2. Jednak w rzeczywistości konstrukcję oparcia zmieniono wykonując podparcie bezpośrednie z zastosowaniem dodatkowego sztywnego połączenia dźwigarów ze słu-

pami poprzez wklejenie prętów przechodzących przez belkę i słup. Takie połączenie wykonano na każdym słupie (rys. 3).

Nad każdą trybuną jest dziewięć dźwigarów, siedem o pełnej długości i dwa krótsze – skrajne (rys. 1). Całość konstrukcji drewnianej wykonana jest z drewna świerkowego klejonego warstwowo klasy GL36.



Rys. 2. Projektowane wykonanie podparcia
Fig. 2. Design of the beam support



Rys. 3. Podparcie zrealizowane
Fig. 3. Beam support actually made

3. PĘKNIĘCIA

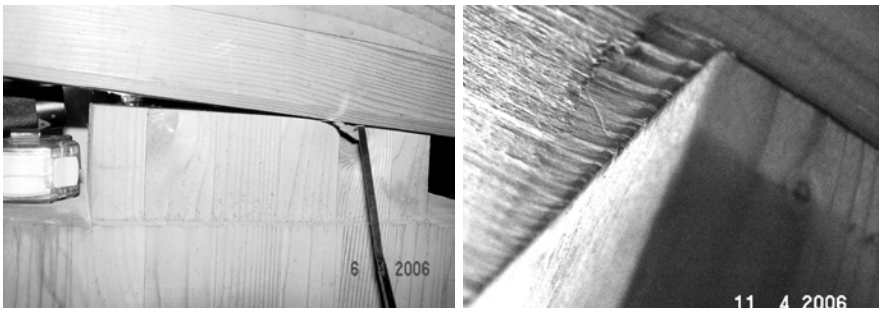
Na większości belek nad trybunami, szczególnie w strefach przypodporowych, w miejscu oparcia na słupach, ale nie tylko, występują poważne pęknięcia przekroju, które przebiegają od słupa w kierunku przęsła. Długości rozwarstwień (pęknięć) mają nawet kilka metrów, ich głębokość wynosi często 10 cm, co stanowi 50% szerokości belki. Zgodnie z [1] takie całkowite osłabienie przekroju nie może przekraczać 1/3 szerokości.

Stwierdzono także uszkodzenia i nieprawidłowości w oparciu dźwigarów na drewnianych słupach. W wielu przypadkach doszło do uszkodzeń w strefach docisków, powierzchnie kontaktu dźwigarów ze słupem w strefie docisku były często znacznie mniejsze od projektowanej oraz pierwotnie wykonanej (i tak zbyt małej). W niektórych przypadkach powierzchnia docisku stanowiła około 30÷40% tego, co pierwotnie zostało wykonane. Większość belek zagłębiła się na głębokość kilku milimetrów w nieprawidłowo wykonaną podporę. Zapadanie się dźwigarów i niszczenie strefy docisku w trakcie badań powiększało się skokowo, co wykazały pomiary na reperach podporowych.

W strefach oparcia na słupach, belki doznały dużych obrotów względem projektowanej płaszczyzny oparcia. Wyraźnie widać przypodporowe kąty obrotu i deformacje czoła dźwigarów związane z niszczeniem przez docisk strefy podparcia (rys. 4 i 5).

Rys. 4. Uszkodzenie w strefach podparcia – rozwarstwienia dźwigarów

Fig. 4. Defects in the support sphere – the girders fall into layers



Rys. 5. Zmniejszona do 30%, spowodowana obrotem dźwigara, powierzchnia oparcia dźwigara na słupie, zmiażdżone włókna na krawędzi podpory

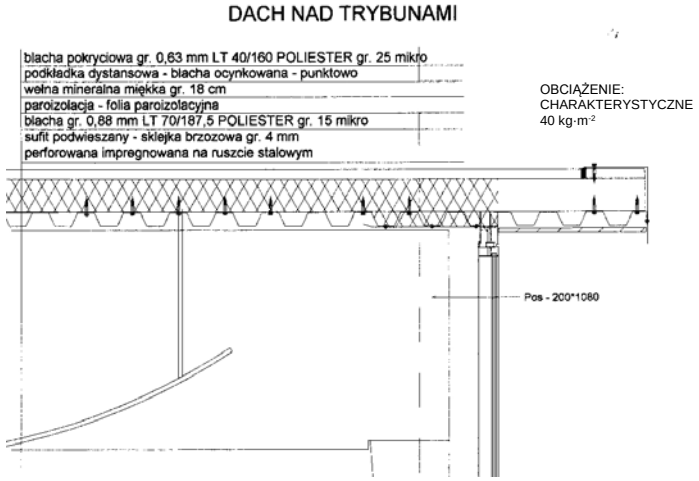
Fig. 5. The surface of girder support on the pillar was reduced to 30% destroyed rains on the support edge

Niektóre dźwigary, już po 4-letnim okresie użytkowania mają ugięcia bliskie dopuszczalnym i to pod działaniem jedynie obciążeń stałych.

Należy dodać, że tak intensywnych rozwarstwień nie zauważa się na przeciwnych końcach belek opartych na drewnianych ściągach. Co więcej nie widać tam obrotów końców belek, końce belek mają raczej obroty odwrotne do tych jakie przy schematach belki wolnopodpartej powinny wystąpić. Może świadczyć o tym rozszerzająca się ku dołowi szczelina między płaszczyzną boczną ściągu i czołem, ale mogły one zostać tak zamontowane na etapie wykonawstwa.

4. ANALIZA

Obciążenia stałe dźwigara stanowią warstwy znajdujące się na dachu zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 6.



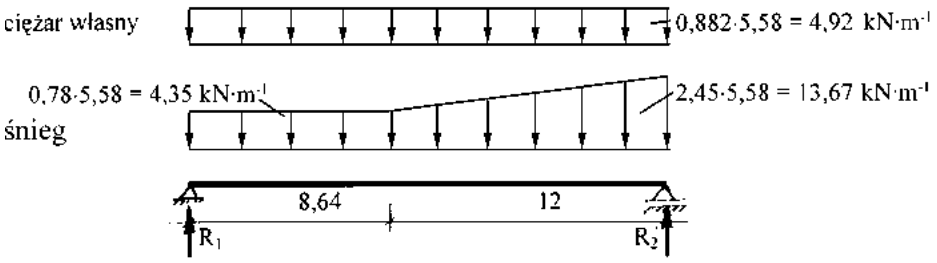
Rys. 6. Warstwy konstrukcyjne na dachu

Fig. 6. Construction layers on the roof

Obciążenia i siły wewnętrzne

Przedstawione poniżej obliczenia dotyczą danych z projektu oraz obciążeń zmiennych (śnieg, wiatr) według obowiązujących w trakcie ich projektowania norm.

Ciężar własny: $q = 0{,}735 \cdot 1{,}2 = 0{,}882\ \text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$,
Śnieg: $S_1 = 0{,}56 \cdot 1{,}4 = 0{,}78\ \text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$,
$S_2 = 1{,}75 \cdot 1{,}4 = 2{,}45\ \text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$.



$R_1 = 106{,}8$ kN, $R_2 = 140{,}4$ kN,
$M_{max} = 630$ kNm,
Reakcja od ciężaru własnego: R = 50,77 kN.

Naprężenia

– charakterystyki drewna GL 32

f_{c90gk} = 3,2 MPa,
f_{vgk} = 3,8 MPa,
f_{mgk} = 32,0 MPa,
f_{c0gk} = 29,0 MPa,
f_{tyk} = 22,5 MPa.

Klasa użytkowania 1

k_{mod} = (0,6 + 0,9) / 2 = 0,75,
f_{c90gd} = (0,75 · 3,2) / 1,3 = 1,85 MPa,
f_{mgd} = (0,75 · 32) / 1,3 = 18,5 MPa,
f_{vgd} = (0,75 · 3,8) / 1,3 = 2,19 MPa.

– docisk w strefie oparcia na słupie

$A = 21,5 \cdot 17,5 = 376\ cm^2$,
$\sigma_{90d} = 106,8 / 376 = 0,284\ kN/cm^2 = 2,84\ MPa > 1,85\ MPa$.

Od obciążeń stałych:

$\sigma_{90d} = 50,77 / 376 = 0,13\ kN/cm^2 = 1,3\ MPa < 1,85\ MPa$.

Praktycznie na większości podpór dźwigary opierają się jedynie na części powierzchni podpory. Często jest to powierzchnia mniejsza niż 50% powierzchni projektowanej. Najmniejsza długość oparcia wynosi 8 cm.

Przyjmując $A = 200\ cm^2$ co jest sytuacją bardzo częstą:
$\sigma_{90d} = 106,8 / 200 = 5,03\ MPa > 1,85\ MPa$

Od stałych:

$\sigma_{90d} = 50,77 / 200 = 2,53\ MPa > 1,85\ MPa$

Dla przypadków ekstremalnych, gdy długość oparcia wynosi 8 cm uzyskamy:

$A = 8 \cdot 17,5 = 140\ cm^2$,
$\sigma_{90d} = 106,8 / 140 = 7,62\ MPa > 1,85\ MPa$

Tylko od obciążeń stałych:

$\sigma_{90d} = 50,77 / 140 = 3,62\ MPa > 1,85\ MPa$

Naprężenie na docisk prostopadle do włókien, tylko od obciążeń stałych jest dwukrotnie przekroczone.

Norma DIN [1] naprężenia dopuszczalne na docisk w poprzek włókien dla drewna klejonego ogranicza do 2,5 MPa oraz w przypadkach gdy długość oparcia jest mniejsza niż 150 mm przewiduje się zwiększenie naprężenia dopuszczalnego:

$k = (150/80)^{0,25} = 1,17$,
$f_{c90gd} = k\ 2,5\ MPa$,
$f_{c90gd} = 1,17 \cdot 2,5 = 2,92\ MPa < 3,62\ MPa$ od obciążeń stałych
$< 7,62\ MPa$ od obciążeń stałych i zmiennych.

Zatem w tym przypadku doszło do znacznego przekroczeniem naprężeń. Przekroczenia naprężeń są miejscami jeszcze większe, ponieważ przez słup i dźwigar przechodzą kotwy stalowe, które przy obrocie belki na podporze działają jak dźwignia (rys. 3) wywołując duże siły na wewnętrznych krawędziach podparcia.

Zgodnie z [3] przy przekroczeniu naprężeń na docisk dla drewna klejonego świerkowego należy liczyć się z wgnieceniami (tab. 1).

Tabela 1. Spodziewane wgniecenia przy danym poziomie naprężeń prostopadle do włókien w drewnie świerkowym klejonym warstwowo

Wgniecenie, mm	Poziom naprężeń prostopadłych do włókien, MPa
1	3,5
2,0	4,1
3,0	5,1
4,0	5,4

– naprężenia przy zginaniu

$I = 20 \cdot 108^3 / 12 = 2099517\ cm^4$, $W = 38880\ cm^3$

Maksymalne naprężenia normalne:

$\sigma_{mgd} = 63000 / 38880 = 1,62\ kN / cm^2 = 16,2\ MPa < 18,46\ MPa$

Ścinanie w strefie podporowej

$S = 20 \cdot 54 \cdot 27 = 29160,$

Oparcie na ściągu

$\tau_1 = 140 \cdot 29160 / (20 \cdot 2099517) = 0,97\ MPa < 2,19\ MPa$

Nad słupem

$\tau_2 = 106,8 \cdot 29160 / (20 \cdot 2099517) = 0,74\ MPa < 2,19\ MPa$

Przy rozwarstwieniu na głębokość 10 cm

$\tau'_2 = 106,8 \cdot 29160 / (10 \cdot 2099517) = 1,48\ MPa < 2,19\ MPa,$

$\tau'_1 = 140 \cdot 29160 / (10 \cdot 2099517) = 1,94\ MPa < 2,19\ MPa.$

Przy rozwarstwieniach sięgających 50% szerokości belki nie ma obawy o przekroczenie naprężeń. Jednak występują większe rozwarstwienia gdzie na pewnych odcinkach naprężenia są przekroczone. Natomiast inne rozwarstwienia mogą ulec powiększeniu.

Ugięcia

$E = 1370\ kN \cdot m^{-2}$

obciążenie stałe $q_k = 4,1\ kN \cdot m^{-2}$

śnieg $q_s = 3,12\ kN \cdot m^{-1}$ – na całej długości

$q_s^1 = 9,76\ kN \cdot m^{-1}$ – trójkątne na odcinku 12 m (nad podporą)

Ugięcie od obciążenia stałego:

$u_{inst} = 5 \cdot 0,041 \cdot 2050^4 \cdot (1 + 19,2 \cdot (108 / 2050)^2) / (384 \cdot 2099517 \cdot 1370)$

$u_{inst} = 3,45\ cm$

$u_{fin} = 3,45 \cdot 1,6 = 5,52\ cm$

Ugięcie od śniegu:

$u_{inst} = 3,12 \cdot 3,45 / 4,1 + 3\ (0,0976 – 0,0312)\ 2050^4 / (1280 \cdot 2099517 \cdot 1370)\ 1,05 =$
$= 3,65\ cm$

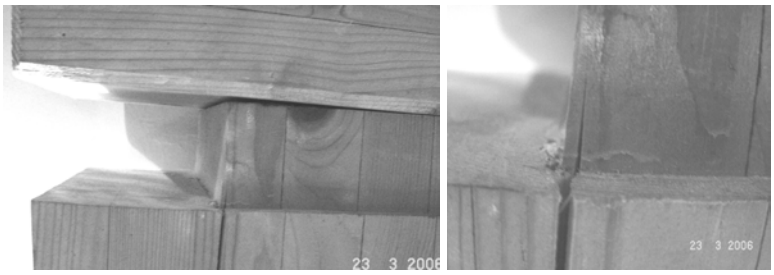
Ugięcie całkowite:

$u = 5,52 + 3,65 = 9,17\ cm > 2050 / 300 = 6,83\ cm$

Nie jest spełniony warunek stanu granicznego użytkowania dla pełnościennych belek drewnianych. Przekroczenie jest znaczne, bo wynosi ponad 30%.

Naprężenia na docisk prostopadły do włókien są przekroczone we wszystkich, opartych na drewnianych słupach dźwigarach. Na większości podpór są one przekroczone nawet pod działaniem obciążeń stałych, co jest zjawiskiem bardzo niebezpiecznym. Podparcia zostały rozwiązane wadliwie. Należy zauważyć, że wykonane rozwiązanie jest niezgodne z projektem (rys. 2).

Ostatecznie wykonano rozwiązanie podobne do drugiego, jednak zablokowanie obrotu wklejanymi prętami wywołuje na wewnętrznej krawędzi podpory naciski kilkunastokrotnie większe od zakładanych. Dla pracy na docisk sytuacja jest szczególnie niekorzystna, ponieważ z bezpośredniego przenoszenia obciążeń wyłączono najbardziej nośne, brzegowe powierzchnie dźwigara i zwiększono dodatkowo siłę docisku i siłę tnącą jak i umożliwiono ścinanie drewna na kierunku równoległym do włókien (ze względu na zakotwienie stalowego pręta), gdzie drewno ma **bardzo niską wytrzymałość**. Również „niszczenie" czoła słupa i niepotrzebne wycinanie części jego przekroju było zabiegiem wymagającym dodatkowych nakładów pracy, natomiast w efekcie zmniejszono powierzchnię podparcia oraz osłabiono przekrój. Takie rozwiązanie powoduje spiętrzenie naprężeń stycznych wzdłuż wystającej płaszczyzny podparcia na słupie, co też nie jest korzystne, gdyż może prowadzić do pionowych rozwarstwień słupa, co np. widać na rysunku 7. Dodatkowo sytuację pogarszają duże obroty dźwigarów na podporach i ich jednostronne zakotwienie w słupach, co prowadzi do systematycznego zmniejszania powierzchni docisku. W tej sytuacji, wspomniane wyżej dodatkowe pręty kotwiące, wklejone w słup przechodzące przez belki i dokręcone na przeciwległej płaszczyźnie lub tylko wklejone**,** blokują obrót i wywołują dodatkowe i to znaczne naprężenia na krawędzi docisku słupa do belki. Efekty takiej sytuacji są widoczne na rysunku 5 w postaci zmiażdżonych i odkształconych włókien na powierzchni dolnej dźwigara.



Rys. 7. Uszkodzenia słupa w strefie oparcia dźwigara

Fig. 7. Pillar defects in the support sphere

Wszystkie te czynniki przyczyniają się do uszkodzeń belek w strefie docisku i będą wzrastać wraz ze wzrostem ugięć, tak długo jak stalowe kotwy będą blokować obrót belek. Może nawet dojść do wyrwania prętów ze słupów lub dojdzie do takiego zniszczenia stref docisku, iż powstanie swobodny obrót belek na słupie.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Powstałe obroty i uszkodzenia na podporach są znaczne i raczej niespotykane w tego rodzaju konstrukcjach. Ważna w tym przypadku byłaby odpowiedź na pytania:

- czy belki bezpośrednio po montażu miały tak znaczne obroty i ograniczone strefy docisku,
- czy dźwigary były wykonane z odwrotną strzałką ugięcia,
- czy dźwigarów nie zamontowano odwrotnie (środkiem krzywizny ku górze),
- dlaczego zmieniono sposób oparcia wprowadzając dodatkowe pręty,
- czy świadomie wprowadzono blokadę obrotów wprowadzając moment zamocowania?

Zmniejszenie powierzchni na ścinanie ze względu na pęknięcia stref podporowych mogą doprowadzić do przekroczenia naprężeń na ścinanie.

Niezbędne są także naprawy stref docisku tak, aby dźwigary opierały się większą powierzchnia na słupie. Wydaje, że się wskazane będzie usunięcie częściowego zamocowania dźwigarów w słupach.

Gdyby powtórzyć obliczenia według obowiązującej dzisiaj normy śniegowej, to sytuacja byłaby jeszcze bardziej niekorzystna. Na dachu hali nie dopuszcza się jednak zalegania śniegu oraz założono bazę pomiarową i prowadzi się stałą obserwację geodezyjną.

Przedstawiona sytuacja pokazuje jak drobne niedoróbki i nieprzemyślane zmiany projektowe mogą prowadzić do poważnych uszkodzeń i kosztownych napraw.

LITERATURA

[1] Neuhaus H., 2004. Budownictwo drewniane. PWT Rzeszów.
[2] PN-B-03150. Konstrukcje drewniane, obliczenia statyczne i projektowanie.
[3] Blass J., 2004. Hintergrunde und Anwendung der Querdrucknachweise nach DIN1052:2004, Bauen mit holz 9.

BŁĘDY PODPARCIA DŹWIGARÓW DREWNIANYCH NA SŁUPACH W HALI WIDOWISKOWO-SPORTOWEJ

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę uszkodzeń, które wystąpiły w hali widowiskowo sportowej o konstrukcji nośnej dachu wykonanej z drewna klejonego, szczególną uwagę zwrócono na strefy podparcia belek na drewnianych słupach, gdzie naprężenia na docisk zostały znacznie przekroczone.

WOODEN CANTILEVER SUPPORT ON POLLAR ERRORS IN SPORT HALL

Abstract

The gluelam roof construction defects in the sport hall are analyzed. Special attention is paid to spheres of support of gluelam beams on gluelam pillars, where the perpendicular compression was considerably overloaded.

MARCIN RADOŃ
JACEK DĘBOWSKI
Politechnika Krakowska

MOŻLIWOŚCI REWITALIZACYJNE BUDYNKÓW WIELKOPŁYTOWYCH W POLSCE – TEORIA A RZECZYWISTOŚĆ

1. WSTĘP

Dynamiczny rozwój prefabrykowanego budownictwa mieszkaniowego w drugiej połowie XX wieku, w tym systemów wielkopłytowych, które aż do połowy lat 80. stanowiły jego podstawę radykalnie rozwiązał wciąż rosnące potrzeby społeczne w zakresie budowy mieszkań. Przebiegający w dość szybkim tempie montaż budynków z gotowych prefabrykatów pozostawiał jednak wiele do życzenia. Niemniej jednak w dobie wciąż nienasyconego popytu na mieszkania rzadko zwracano na to uwagę. Zła jakość wykonawstwa, powtarzalność elementów i niekorzystny rozkład funkcjonalny mieszkań, a ponadto mało zachęcający wygląd i otoczenie to tylko niektóre z wad zarzucanych obecnie tym obiektom. Powodowało to, że budownictwo wielkopłytowe staje się dzisiaj w znacznym stopniu technologią niepożądaną i negowaną. Do takiego stanu bezsprzecznie przyczyniła się zła jakość wykonania, a szczególnie błędy popełniane na etapie, produkcji, transportu i montażu.

Obecny stan techniczny budynków wzniesionych metodami uprzemysłowionymi wskazuje, że część z nich faktycznie wykonano niezgodnie z wymaganiami projektowo-technologicznymi. Niestety w opinii społecznej przekonanie o złym wykonawstwie często uogólniany jest na wszystkie budynki, a ulegają temu także „eksperci". Nie jest to jednak pogląd do końca słuszny, ponieważ prowadzone badania wskazują [2], że mamy do czynienia z budynkami, które są w dobrym stanie technicznym oraz z obiektami, w których występują wady budowlane obniżające ich standard użytkowania, ale rzadko zagrażające bezpieczeństwu ludzi i mienia [3,7,8,10,13]. Bez wątpienia wszystkie one wymagają modernizacji, w szczególności z uwagi na współczesne wymagania użytkowe i odmienne, w porównaniu z ówczesnymi czasami, zapotrzebowanie rynku.

2. PRZYCZYNY DZIAŁAŃ MODERNIZACYJNYCH

Współczesne wysokie wymagania użytkowe oraz odmienne zapotrzebowanie rynku mieszkaniowego stały się impulsem do podjęcia problematyki modernizacji substancji mieszkaniowej w istniejących budynkach wielkopłytowych [1,2,15].

Do podstawowych nieprawidłowości występujących w urbanistyce budynków wielkopłytowych zaliczyć można zbyt dużą ich wielkość, która powoduje alienację mieszkańców, brak punktów usługowych, kawiarni i restauracji, brak lub małą ilość

terenów przeznaczonych na rekreację, placów zabaw, deptaków czy zachęcających do spacerów ciągów pieszych, a także niezachęcający lub wprost rażący ich wygląd.

Działania modernizacyjne powinny zatem obejmować zagadnienia zarówno w zakresie konstrukcyjnych możliwości poprawy rozwiązań architektoniczno-funkcjonalnych [4,12,15], jak również ich termomodernizacji [9]. Modernizacja ta powinna dotyczyć nie tylko poszczególnych budynków, ale całych osiedli mieszkaniowych, znacząco obarczonych wadami urbanistycznymi i użytkowymi, co w konsekwencji sugeruje podjęcie pełnych działań rewitalizacyjnych[1].

Rewitalizacja w obrębie budynku i jego otoczenia może obejmować między innymi łączenie mieszkań w większe, bardziej funkcjonalne (rys. 1a), nadbudowę i dobudowę w celu uzyskania nowych powierzchni mieszkalnych, poprawę wizerunku architektonicznego przez dostawienie logii, balkonów, zmianę kształtu dachu, dobudowy zewnętrznych wind, a także zmianę kolorystyki budynku, przystosowanie przylegającego terenu do potrzeb mieszkańców: podziemne parkingi, mała architektura, zieleń wokół budynku.

Wszystko to powoduje dopływ do tych rejonów ludzi bardziej zamożnych, a w konsekwencji doprowadza do szybszego ożywienia gospodarczego tego regionu.

3. PRZEBIEG REWITALIZACJI W KRAJACH ZACHODNICH

W krajach europejskich problem rewitalizacji jest rozwiązywany już od wielu lat. W Niemczech, Francji i Szwecji już od początku lat 90. jest realizowany, a wspierany przez rząd, program modernizacji zasobów mieszkaniowych oparty na niskooprocentowanych kredytach. Podejmowane są prace remontowe nie tylko poszczególnych budynków, ale przede wszystkim całych osiedli mieszkaniowych.

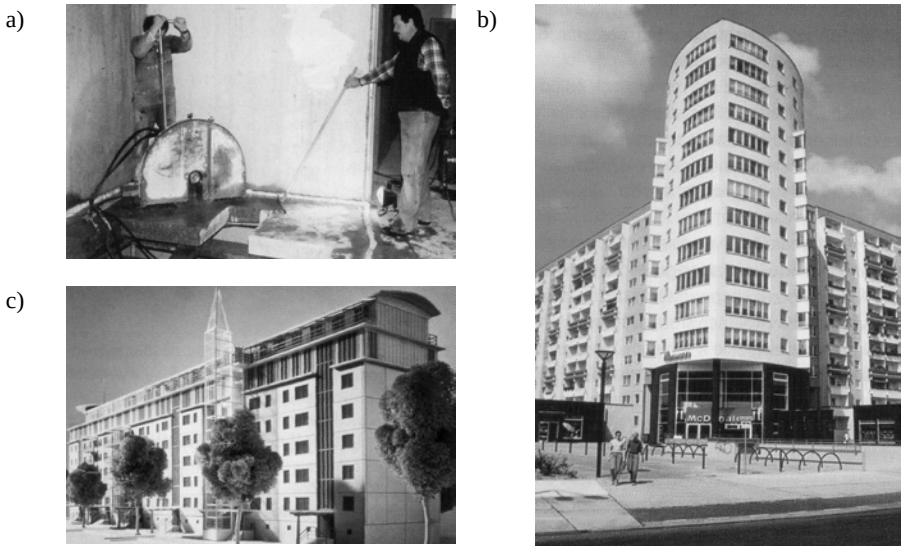
W ramach prac poprawiających termoizolacyjność budynków (docieplenie przegród, wymiana urządzeń grzewczych, opomiarowanie mieszkań itp.) bardzo często dokonuje się zmian w układach funkcjonalnych mieszkań. Ocieplone ściany tynkuje się na różne kolory, a wygląd elewacji poprawiany jest poprzez dobudowanie samonośnych loggii lub balkonów. Dodatkowo wprowadza się szklane łączniki między blokami (rys. 1b), konstruuje nowe wejścia oraz różnego rodzaju detale architektoniczne. Na dachach budynków urządza się ogrody, umieszcza się urządzenia do ogrzewania wody oraz baterie słoneczne zasilające oświetlenie. Poprawia się w ten sposób nie tylko pojedyncze bloki, ale całe osiedla, próbując je łączyć z najbliższym otoczeniem (np. zabudową jednorodzinną). Puste tereny między blokami zamienia się w mini parki, buduje na nich place zabaw, osadza krzewami i drzewami, ozdabia rzeźbami, latarniami i ławeczkami, a niekiedy nawet stawami. Buduje się trasy dla rowerów, boiska sportowe, a przede wszystkim „usuwa wszelkie bariery" dla osób niepełnosprawnych. Powszechna jest także nadbudowa istniejących domów (rys. 1c), co poza zwiększeniem i urozmaiceniem mieszkań powoduje także zmianę wyglądu samego budynku.

Wraz ze zmianami demograficznymi przeprowadzane są zmiany infrastruktury osiedli. W zależności od potrzeb przedszkola i szkoły zostają zamienione na kluby, siłownie, kawiarnie lub domy kultury. Skutecznym sposobem na wyeliminowanie wan-

[1] Rewitalizacja – pojecie odnoszące się do kompleksowych akcji remontowych, modernizacyjnych i rewaloryzacyjnych podejmowanych w obszarze miasta lub dzielnicy; działania zmierzające do ożywienia społeczno-gospodarczego

dalizmu często okazuje się zaangażowanie samych zainteresowanych w projektowanie i wykonanie przeznaczonych dla nich obiektów, a stworzenie nowych punktów usługowych i sklepów powoduje znaczne ożywienie osiedla, dzięki czemu „wielkie sypialnie" zaczynają zamieniać się w żyjące całą dobę samodzielne miasta.

Wszystko to jest jednak możliwe dzięki wykorzystaniu przeznaczonych do tego celu funduszy rządowych. Prowadzone w krajach zachodnich w latach 80. analizy ekonomiczne pozwoliły bowiem określić koszt przeciętnej modernizacji na około 25% wartości budowy nowych domów. Najistotniejsze jednak było to, że należało ją wykonać w ciągu 10-15 lat, gdyż w przeciwnym razie traciła sens. Po tym bowiem czasie technicznej i społecznej degradacji blokowisk nie byłoby można zatrzymać i zaczęłyby się one stopniowo zmieniać w „slumsy", z których z pewnością uciekaliby bardziej zamożni mieszkańcy [1,3,15].



Rys. 1. Przykłady rewitalizacji budynków wielkopłytowych w Berlinie [1]

Fig. 1. Examples of revitalisation of the panel housing in Berlin [1]

4. DZIAŁANIA REWITALIZACYJNE W POLSCE

W Polsce problem kompleksowej rewitalizacji jest niespotykany i jak dotąd niemożliwy. Brak jest bowiem środków na tak szerokie działania, a co gorsze w niektórych przypadkach nie ma jest środków nawet na bieżącą konserwację. Szczególnie dotyczy to budynków komunalnych, w których nieuregulowany jest status właściciela, a czynsze są zbyt niskie, aby pokryć nawet bieżące remonty. Wprowadzony w 1996 r. Rządowy Program Wspierania Inwestycji Energooszczędnych (tzw. Ustawa o Wspieraniu Przedsięwzięć Termomodernizacyjnych) pozwalający na przystosowanie budynku do nowych wymagań cieplno-wilgotnościowych i umożliwiający wykonanie znacznego zakresu prac remontowych, w naszych realiach ogranicza się najczęściej do docieplenia ścian.

Podejmowane są wprawdzie próby w skali mikro w obszarze jednego lub kilku lokali, ale są to działania gównie z inicjatywy samych właścicieli.

Uwarunkowania prawne i praktyczne możliwości rewitalizacji

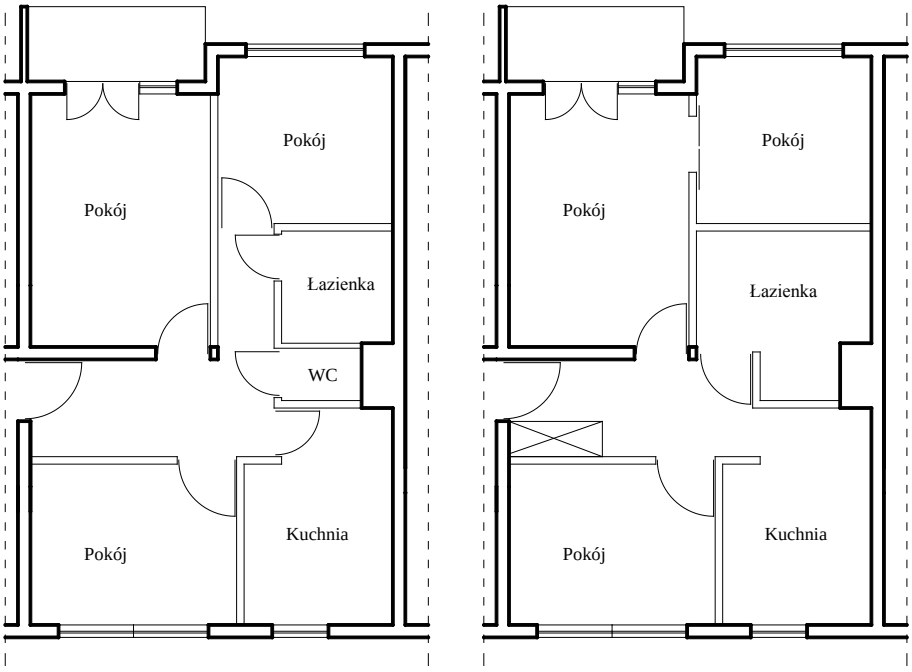
Według przepisów polskiego prawa budowlanego przystępując do jakichkolwiek zmian adaptacyjno-budowlanych, a naruszających elementy konstrukcyjne, zobowiązani jesteśmy uzyskać pozwolenie na budowę. Po to, aby je otrzymać należy w odpowiednim organie administracji państwowej złożyć cztery egzemplarze projektu budowlanego, oświadczenie o prawie do dysponowania nieruchomością, decyzję o warunkach zabudowy i zagospodarowania terenu, niezbędne ekspertyzy techniczne, wypis z rejestru gruntów i ostateczną decyzje o uwarunkowaniach środowiskowych [11]. O ile zdobycie niezbędnych zaświadczeń i wykonanie wymaganego projektu budowlanego nie powoduje zbytniej komplikacji, to uzyskanie tzw. decyzji WZIZT i wypełnienie oświadczenia o prawie do dysponowania nieruchomością w przypadku zmiany funkcjonalnej mieszkań staje pod dużym znakiem zapytania. Wprowadzone zmiany w prawie lokalowym dają możliwość wykupu mieszkań z tzw. statusem – spółdzielcze własnościowe prawo do lokalu. Tak więc, każdy mieszkaniec posiadający takie prawo posiada również ułamkowy udział we własności budynku. W myśl przepisów prawa jest on więc jednym z właścicieli, na którego musi zostać wydana decyzja o warunkach zabudowy. Ta sama sytuacja dotyczy gruntu, który także w ułamkowej części jest przynależny do poszczególnych lokali i jest w wieczystej dzierżawie lub też stanowi własność. Niestety sytuacja ta powoduje, że bardzo trudno jest uzyskać jednomyślną zgodę wszystkich lokatorów, zatem wszelkie działania występujące w krajach zachodnich bywają w naszych realiach zarzucone już na samym wstępie.

W skali pojedynczego mieszkania procedura nie jest tak zawiła pod warunkiem, że zmiany nie naruszają elementów konstrukcyjnych, a zatem nie wymagają uzyskania pozwolenia na budowę, a jedynie podlegają obowiązkowi zgłoszenia zarówno zarządcy, jak i odpowiedniemu organowi administracji państwowej. Procedura ta jest jednak rzadko przestrzegana i na ogół nie wychodzi poza obszar spółdzielni.

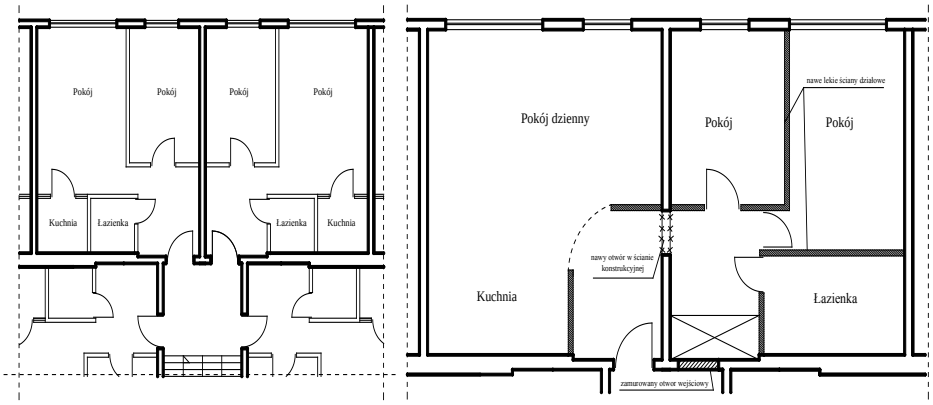
Przykłady zmiany układów funkcjonalnych lokali w budynkach wielkopłytowych

Dla udokumentowania możliwych adaptacji mieszkań w budynkach wielkopłytowych przedstawiono poniżej dwa przykłady. Pierwszy obejmuje zmiany nie naruszające elementów konstrukcyjnych i został przeprowadzony w budynku wielkopłytowym wykonanym w systemie WUF-T. Drugi wymagał ingerencji w wewnętrzną ścianę konstrukcyjną (przebicie otworu drzwiowego przy łączeniu mieszkań) w systemie DOMINO i jak dotąd pozostał w fazie projektowej, gdyż wymagał uzyskania pozwolenia na budowę.

Obydwa te przypadki zostały zarejestrowane w Krakowie Nowej Hucie i ilustrują, że również u nas realizacja podobnych zamierzeń jakie miały miejsce w krajach zachodnich jest możliwa. Niestety jak wszędzie wymaga znacznych nakładów finansowych, innego spojrzenia właścicieli mieszkań, a przede wszystkim ułatwień w regulacjach prawnych.



Rys. 2. Układ funkcjonalny mieszkania w budynku wielkopłytowym przed i po modernizacji
Fig. 2. Functional arrangement of the flat in panel housing before and after modernization



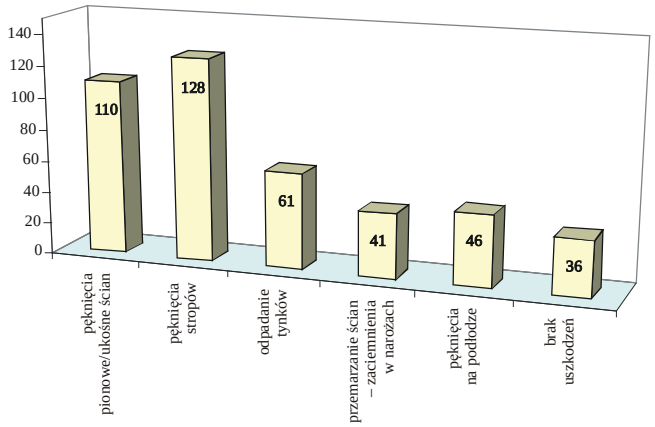
Rys. 3. Modernizacja lokalu przez połączenie dwóch mieszkań
Fig. 3. Dwelling modernization by combining two flats

5. ŚWIADOMOŚĆ MIESZKAŃCÓW NA TEMAT BUDOWNICTWA WIELKOPŁYTOWEGO

Podczas prowadzenia na terenie Krakowa i regionu w latach 2003-2006 badań na temat oceny stanu technicznego budynków wielkopłytowych przeprowadzono wśród mieszkańców posiadających tzw. własnościowe prawo do lokalu anonimową ankietę.

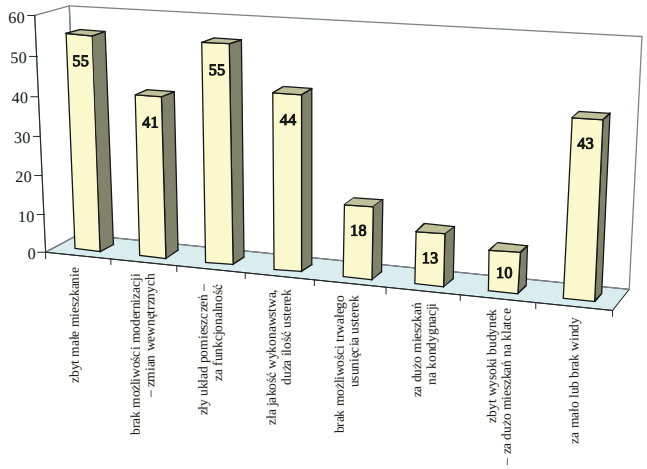
Na podstawie zebranych danych wskazano między innymi najczęściej występujące nieprawidłowości, a także odnotowano najczęściej wymieniane przez mieszkańców wady badanych budynków.

Poniżej przedstawiono wyniki przykładowych grup tematycznych wraz z najczęściej udzielanymi odpowiedziami na zadawane pytania.



Rys. 4. Najczęściej wymieniane przez mieszkańców uszkodzenia

Fig. 4. The most popular damages mentioned by the tenants



Rys. 5. Najczęściej wymieniane przez mieszkańców wady użytkowe

Fig. 5. The most popular using defects mentioned by the tenants

Oprócz podstawowych uszkodzeń takich jak zarysowania, zawilgocenia oraz nieodpowiednia izolacyjność przegród, często wymieniano złą funkcjonalność mieszkań, brak możliwości dokonywania zmian adaptacyjnych oraz źle rozwiązane lub przestarzałe instalacje. W odniesieniu do budynku i jego otoczenia najbardziej uciążliwy był brak swobodnego dojazdu (zbyt mała ilość miejsc parkingowych), duża ilość mieszkańców w obrębie jednego budynku oraz mała ilość terenów rekreacyjnych.

Większość mieszkańców opowiadała się także za zmianami kolorystyki elewacji, nadbudową piętra, dobudową balkonów i wind pod warunkiem, że wprowadzenie wymienionych elementów nie będzie nazbyt uciążliwe.

5. PODSUMOWANIE

Powyższe rozważania wykazały, że w polskich realiach problem rewitalizacji jest możliwy do realizacji, ale pod warunkiem pełnego zaangażowania w to zadanie zarówno lokatorów, jak również organów państwa. Możliwość wprowadzenia dotacji lub preferencyjnego kredytowania pozwoliłaby na poprawę wizerunku otaczających nas budynków, a co ważniejsze pozwoliłaby na utrzymanie ich w należytym stanie technicznym, co z pewnością przedłużyłoby ich trwałość (według założeń projektowych zbliżamy się powoli do kresu użytkowania niektórych budynków). Z obserwacji prowadzonych podczas badań wynika również, że wyraźnie wzrasta migracja bardziej zamożnych mieszkańców z dużych blokowisk na obrzeża miast. Mimo iż popyt na mieszkania na rynku wtórnym nie wykazuje znacznego obniżenia, nie jest on z pewnością przejawem zwiększenia zainteresowania tego typu lokalami. Wciąż zachęcająca lokalizacja, jak również znaczna różnica cen mieszkań w budynkach wielkopłytowych w stosunku do cen budynków nowo wznoszonych powoduje, że nadal cieszą się one dużym zainteresowaniem – niestety wśród mniej zamożnych klientów.

LITERATURA

[1] Berlin – modernizacja osiedli mieszkaniowych z wielkiej płyty, Polsko – Niemieckie Seminarium, 4 listopada 1998 r. Warszawa.
[2] Brunarski L.A., Wierzbicki St. M. (red.), 1999. Możliwości techniczne modernizacji budynków wielkopłytowych na tle ich aktualnego stanu, Konferencja Naukowo-Techniczna ITB, Mrągowo.
[3] Górski A., Jasman S., 1979. Katastrofa jednej sekcji w XI-kondygnacyjnym budynku mieszkalnym systemu WWP. Problemy bezpieczeństwa konstrukcji budowlanych. Materialny dodatkowe związane z V sympozjum nt. Badanie przyczyn i zapobiegania awariom konstrukcji budowlanych.
[4] Heudorfer M., 2004. Anchor and mounting channels connecting precast concrete balconies International Workshop on Rehabilitation of Exesting Urban Building Stock Gdańsk.
[5] Lewicki B. i współautorzy, 1979. Budynki wznoszone metodami uprzemysłowionymi, Arkady Warszawa.
[6] Lewicki B., Zieliński J.W., Cholewicki A., Kawulok M., 1999. Bezpieczeństwo konstrukcji istniejących budynków wielkopłytowych i możliwości ich modernizacji, Konferencja Naukowo-Techniczna ITB, Mrągowo.

[7] Ligęza W., Płachecki M., 2000. Uszkodzenia złączy w ścianach osłonowych budynków wielkopłytowych, Inżynieria i Budownictwo 4-5.
[8] Ligęza W., Płachecki M., 2001. Stan zagrożenia i jego likwidacja w konstrukcji budynku wielkopłytowego, Inżynieria i Budownictwo 5.
[9] Ligęza W., Dębowski J., 2006. Termorenowacja budynków wielkopłytowych w świetle ich aktualnego stanu konstrukcji, Czasopismo Techniczne, Budownictwo z. 5-B.
[10] Pająk Z., Jóźwiak I. Buczek T., 1994. Awaryjny stan konstrukcji budynków systemu W-70, Przegląd Budowlany 3.
[11] Prawo budowlane, Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz. U. z 2003 r. Nr 207, poz. 2016, z późn. zmianami).
[12] Rewitalizacja w Krakowie**.** 2006. Konferencja Samorządowa, Kraków.
[13] Ruppert J., Ligęza W., 1978. Awarie konstrukcji budynków realizowanych w systemie Wk-70, Inżynieria i Budownictwo 1.
[14] Systemy budownictwa mieszkaniowego W-70, Szczeciński, SBO, SBM-75, WUF-T, OWT-67, WWP, 1974. Arkady Warszawa.
[15] Wiedera J., 1998. Modernizacja budynków wielkopłytowych w RFN. Przegląd Budowlany 9.

MOŻLIWOŚCI REWITALIZACYJNE BUDYNKÓW WIELKOPŁYTOWYCH W POLSCE – TEORIA A RZECZYWISTOŚĆ

Streszczenie

W artykule przedstawiono problemy rewitalizacji budynków wielkopłytowych. Omówiono przyczyny podejmowania działań rewitalizacyjnych oraz wskazano rozwiązania stosowane w krajach zachodnich oraz w Polsce. Przedstawiono uwarunkowania prawne oraz przykłady możliwych adaptacji mieszkań w budynkach wielkopłytowych zastosowane w Polsce. Na podstawie ankiety przeprowadzonej wśród mieszkańców budynków wielkopłytowych wskazano także najczęściej występujące uszkodzenia i wady użytkowe takich budynków.

POSSIBILITIES OF REVITALISATION OF THE PANEL HOUSING BUILDING IN POLAND – THEORY AND REALITY

Abstract

Problems of revitalisation of the panel housing are presented in the paper. The reasons of revitalisation works and examples of such works in West European countries and in Poland are described in the paper. The legal requirements and the examples of possible modernization of the flats in panel housing are also presented. On the base of the poll among the tenants of the panel housing the most popular damages and defects of the buildings are indicated.

WIESŁAW SAROSIEK
BEATA SADOWSKA
Politechnika Białostocka

EFEKTYWNOŚĆ POPRAWY STANDARDU ENERGETYCZNEGO PROJEKTOWANYCH BUDYNKÓW JEDNORODZINNYCH

1. WSTĘP

Stały wzrost cen energii i paliw powoduje zainteresowanie problematyką racjonalizacji użytkowania energii. Dotyczy to również budownictwa i sektora komunalno-bytowego, który jest jednym z większych konsumentów energii. Szukanie oszczędności w tym miejscu jest więc jak najbardziej uzasadnione.

Szukając oszczędności energii w budownictwie należy postawić sobie pytanie o sposoby realizacji celu, ponieważ inne będą metody osiągania niskiego poziomu kosztów ogrzewania dla budynków już istniejących, a inne dla projektowanych. Zapewne różne będą także wymagania stawiane tak rozróżnionym grupom budynków.

W przypadku nowych obiektów celem może być osiągnięcie standardu „budynku energooszczędnego", co jest trudne w przypadku budynków kilkunasto- lub kilkudziesięcioletnich. Dla budynków modernizowanych sporym wyzwaniem jest zapewnienie dobrego standardu w ramach aktualnych wymagań cieplnych. W tym drugim przypadku (obiekty poddawane termomodernizacji) osiągnięcie poziomu budynku energooszczędnego rozumianego bardzo liberalnie ($E < 80$ kWh·m^{-2}·a^{-1}) jest bardzo trudne. Potwierdzają to wyniki licznych audytów energetycznych różnych budynków wykonanych przy udziale autorów (najlepszy budynek po termomodernizacji charakteryzował się wskaźnikiem E powyżej 90 kWh·m^{-2}·a^{-1}). Wśród obiektów nowo projektowanych zdarzają się realizacje o wskaźnikach sezonowego zapotrzebowania na ciepło $E = 60 \div 80$ kWh·m^{-2}·a^{-1}, a nawet niższych.

Poniżej wyznaczono zużycie energii na cele c.o. trzech budynków jednorodzinnych o powierzchniach od 177 do 190 m^2 zakładając wykonanie ich w różnych wersjach (standardowy, energooszczędny i pasywny). Na podstawie niezbędnych nakładów i możliwych oszczędności eksploatacyjnych oszacowano opłacalność wznoszenia budynków niskoenergetycznych (wyznaczono wskaźniki ekonomiczne SPBT, NPV, CS, CSE) przy założeniu jako standardu budynku o sezonowym zapotrzebowaniu na energię cieplną zgodnie z obecnymi wymaganiami. Sformułowano wnioski, co do opłacalności ponoszenia dodatkowych nakładów na poprawę standardu energetycznego budynku.

2. STANDARD ENERGETYCZNY JEDNORODZINNYCH BUDYNKÓW MIESZKALNYCH

Można podać skróconą charakterystykę wymienionych na wstępie trzech typów budynków.

Budynek standardowy powinien charakteryzować się wskaźnikiem sezonowego zapotrzebowania na ciepło w granicach 90÷120 $kWh \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$. Ponadto powinien posiadać następujące cechy: ściany – izolacja termiczna (na przykład wełna lub styropian) ok. 12 cm, dachy i stropodachy ok. 15 cm; okna szczelne o współczynniku U około 2,0 $W \cdot m^{-2}\ K^{-1}$; wentylacja grawitacyjna z napływem powietrza przez regulowane nawiewniki; sprawny system ogrzewania z przygrzejnikowymi głowicami termostatycznymi.

Realizacje budynków o zmniejszonym w stosunku do standardu zapotrzebowaniu na ciepło i moc cieplną zdarzają się niestety jeszcze stosunkowo rzadko. W zasadzie większość autorów wypowiadających się na temat budynków energooszczędnych jest skłonna przyznać taki status budynkom, które charakteryzują się wskaźnikiem sezonowego zapotrzebowania na ciepło $E < 80\ kWh \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$. Często mówi się o budynkach niskoenergetycznych jako synonimie budynków energooszczędnych i opisuje je nieco niższymi wartościami wskaźnika E (w granicach 30÷60 $kWh \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$). Brak jest w chwili obecnej w kraju jasno sprecyzowanych kryteriów dla tego typu budynków. Na potrzeby niniejszego referatu przyjęto jako energooszczędne budynki o wskaźniku E od 38 do 50 $kWh \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$. Autorzy mają pewne doświadczenie w zakresie budownictwa energooszczędnego, prowadząc od kilku lat badania takich budynków położonych w północno-wschodnim regionie kraju. Charakterystykę budynku energooszczędnego można w przybliżeniu przedstawić w następujący sposób: ściany – izolacja termiczna (na przykład wełna lub styropian) 18 cm, dachy i stropodachy – 20 cm; okna szczelne o współczynniku $U \leq 1{,}7\ W \cdot m^{-2} K^{-1}$; znaczna powierzchnia okien od strony południowej (południowo-zachodniej) przy jednoczesnym ograniczeniu jej od strony północnej; przegrody wewnętrzne ciężkie z możliwością akumulowania ciepła; wyeliminowanie mostków termicznych; wentylacja mechaniczna nawiewno – wywiewna z możliwością odzyskiwania ciepła z powietrza usuwanego (rekuperator), wymiennik gruntowy wstępnie podgrzewający napływające do budynku świeże powietrze; sprawny system ogrzewania z możliwością reagowania na zmiany temperatury wewnętrznej i zewnętrznej.

Ostatnio dosyć często mówi się i pisze o domach pasywnych. Są to budynki superizolowane charakteryzujące się bardzo niską wartością wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania – na poziomie 15 $kWh \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$. Odpowiednie warunki klimatu wewnętrznego przy tak niskich potrzebach energetycznych zapewnione są poprzez zminimalizowanie strat ciepła przy jednoczesnej maksymalizacji zysków. W dużym stopniu wykorzystuje się ciepło promieniowania słonecznego, odzyskuje się ciepło z usuwanego strumienia powietrza wentylacyjnego oraz wykorzystuje się wymienniki gruntowe do podgrzewu powietrza wentylacyjnego. Wykorzystanie wewnętrznych zysków ciepła (urządzenia elektryczne, mieszkańcy) jest w budynkach pasywnych na dużo wyższym poziomie niż w innych obiektach. Wynika to zarówno z dużej szczelności budynku jak i bardzo wysokiej izolacyjności termicznej przegród zewnętrznych zarówno nieprzezroczystych jak i przezroczystych. Potrzeby cieplne budynku pasywnego mogą być zaspokajane nawet poprzez dogrzewanie powietrza wentylacyjnego (dla polskiego klimatu – szczególnie wschodnich i północno-wschodnich rejonów jest to rozwiązanie co najmniej dyskusyjne). Budynek pasywny można w skrócie scharakteryzować w następujący sposób: ściany – izolacja termiczna

(np. wełna lub styropian) min. 30 cm, dachy i stropodachy – izolacja min. 40 cm; okna szczelne o współczynniku $U \leq 0{,}8\ W \cdot m^{-2}K^{-1}$; wyeliminowanie mostków termicznych; znaczna powierzchnia okien od strony południowej (południowo-zachodniej) przy praktycznym braku okien od strony północnej; przegrody wewnętrzne ciężkie z możliwością akumulowania ciepła; wentylacja mechaniczna nawiewno – wywiewna z możliwością odzyskiwania ciepła z powietrza usuwanego (rekuperator), wymiennik gruntowy wstępnie podgrzewający napływające do budynku świeże powietrze; kolektory słoneczne do podgrzewu ciepłej wody użytkowej z możliwością wspomagania ogrzewania; budynek szczelny – wartość współczynnika szczelności n50 od 0,2 do 0,6 $1 \cdot h^{-1}$; brak tradycyjnego ogrzewania w budynkach pasywnych (opisywanych w literaturze) jest praktycznie niemożliwy do zrealizowania w polskich warunkach klimatycznych; chociażby na potrzeby c.w.u. potrzebny jest system grzewczy (kolektory słoneczne nie są wystarczające), możliwe ogrzewanie powietrzem wentylacyjnym, podłogowe elektryczne lub elektryczne akumulacyjne z pompą ciepła jako źródłem energii.

3. KOSZTY INWESTYCYJNE I EFEKTY EKSPLOATACYJNE

Przyjęto następujące założenia:

a) koszt wzniesienia budynku standardowego traktuje się jako wyjściowy do dalszych analiz,
b) koszt ponad standardowych elementów budynku energooszczędnego potraktowano jako nakłady konieczne na doprowadzenie budynku do statusu budynku energooszczędnego,
c) koszt ponad standardowych elementów budynku pasywnego potraktowano jako nakłady konieczne na doprowadzeniu budynku standardowego do statusu budynku pasywnego.

Ad. b) Są to nakłady na: dodatkową izolację termiczną przegród zewnętrznych, lepsze okna, wentylację mechaniczną, rekuperator, wymiennik gruntowy. Pomniejszono je o koszty tradycyjnego systemu wentylacyjnego.

Ad. c) Są to nakłady na: dodatkową (znacznej grubości) izolację termiczną i dodatkowe koszty związane z jej zastosowaniem, superizolowane okna, wentylacją mechaniczną, rekuperator o wysokiej sprawności, wymiennik gruntowy. Pomniejszono je o koszty tradycyjnego systemu wentylacyjnego oraz ze względu na mniejsze w stosunku do standardu potrzeby w zakresie grzejników.

W tabeli 1 zamieszczono wyznaczone na podstawie wykonanych (uproszczonych) kosztorysów koszty dodatkowe, które trzeba ponieść, aby zamiast budynku standardowego pod względem termicznym zbudować budynek energooszczędny lub budynek pasywny. Obliczenia przeprowadzono dla trzech podobnych do siebie budynków o powierzchni ogrzewanej od 177 m^2 do 190 m^2 (w tym budynek energooszczędny o powierzchni 177 m^2, którego badania są przez autorów od czterech lat prowadzone).

Tabela 1. Koszty dodatkowe, które trzeba ponieść na budynek energooszczędny lub pasywny

Budynek	Oznaczenia skrócone	Koszt dodatkowy, zł
standardowy	s	stan wyjściowy
energooszczędny*	e	16 663
pasywny**	p	54 299

* Podany koszt jest wartością średnią z trzech budynków o powierzchni od 177 do 190 m^2.

** Koszt podano na podstawie budynku energooszczędnego o powierzchni 177 m^2 badanego przez autorów.

Obliczenia jednostkowych kosztów energii z różnych źródeł oraz kosztów ogrzewania poszczególnych wersji analizowanych budynków prowadzono stosując aktualne ceny (sierpień 2006). Dla energii elektrycznej i gazu brano pod uwagę również opłatę abonamentową i przesyłową:

– gaz ziemny 35,85 zł·GJ^{-1}
– olej opałowy 58,95 zł·GJ^{-1}
– energia elektryczna I taryfa 120,94 zł·GJ^{-1}

W celu sprawdzenia efektywności ogrzewania domu pasywnego poprzez dogrzewanie powietrza wentylacyjnego (bez stosowania dodatkowego kotła i systemu centralnego ogrzewania) rozpatrzono również energię elektryczną jako źródło ciepła. Wykorzystując dane doświadczalne w zakresie zmniejszenia wydatku energii cieplnej na podgrzanie powietrza wentylacyjnego w warunkach zastosowania wentylacji mechanicznej z wymiennikiem gruntowym i rekuperatorem obliczono za pomocą jednego z programów bilansowych zapotrzebowanie na ciepło i moc cieplną (tab. 2).

Tabela 2. Zapotrzebowania na energię i koszt ogrzewania

Budynek	Zapotrzebowanie na moc, kW	Zapotrzebowanie na energię, GJ	Koszt ogrzewania w sezonie, zł		
			Gaz	Olej	Energia elektryczna
standardowy (s)	10,18	78,37	3 120	4 492	–
energooszczędny (e)	4,63	28,86	1 345	1 654	–
pasywny (p)	2,17	11,10	708*	636*	1 391**

* wyższe w stosunku do olejowego koszty ogrzewania gazowego spowodowane są znacznym udziałem opłaty stałej,

** duży koszt ogrzewania energia elektryczną spowodował zaniechanie porównań z użyciem tej formy ogrzewania budynku pasywnego.

Zestawione w tabeli 1 i 2 wartości posłużyły do wyznaczenia wskaźników ekonomicznych rozpatrywanych przedsięwzięć inwestycyjnych. Rozpatrywano trzy rodzaje inwestycji:

– budynek w standardzie pasywny zamiast standardowy – oznaczenie (ps)
– budynek w standardzie energooszczędny zamiast standardowy – oznaczenie (es)
– budynek w standardzie pasywny zamiast energooszczędny – oznaczenie (pe)

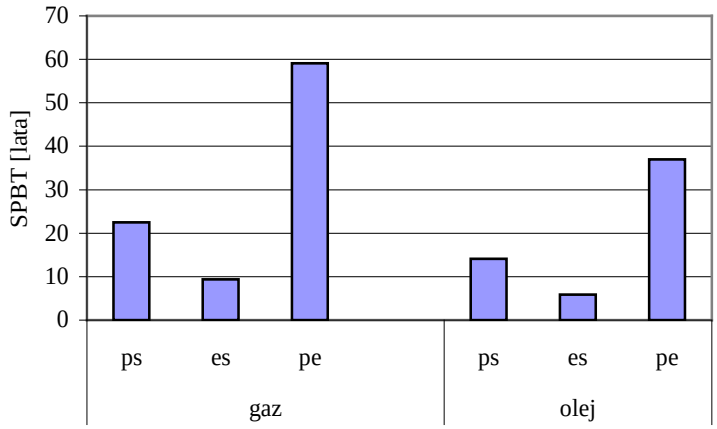
Na rysunku 1 przedstawiono proste okresy zwrotu (wyznaczone ze wzoru 1) dla tak rozumianych inwestycji przy założeniu różnych źródeł energii na potrzeby centralnego ogrzewania (gaz sieciowy i olej opałowy).

$$\mathrm{SPBT} = N_w / \Delta O_{rw}, \text{ lata} \tag{1}$$

gdzie:

N_w – planowane koszty robót, zł,
ΔO_{rw} – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania usprawnienia termomodernizacyjnego, zł·rok^{-1}.

Ogrzewanie olejem opałowym powoduje zwiększenie opłacalności inwestowania w poprawę standardu energetycznego budynku – czasy zwrotu są krótsze, ponieważ cena oleju jest wyższa.



Rys. 1. SPBT dla inwestycji przy ogrzewaniu gazem i olejem

Fig. 1. SPBT for investment in buildings which have gas and oil heating

Zwraca uwagę krótki czas zwrotu nakładów na osiągnięcie standardu budynku energooszczędnego (5,9 lub 9,4 lat) i znacznie dłuższy (14,1 lub 22,5 lat) dla inwestycji polegającej na wzniesieniu budynku pasywnego zamiast standardowego. Najbardziej niekorzystnie wypada inwestycja polegająca na „zastąpieniu" domu energooszczędnego domem pasywnym (czas zwrotu dla rozpatrywanych paliw odpowiednio 37 i 59,1 lat).

Zakładając stopę dyskonta na poziomie r = 4,4% oraz 25 letni okres naliczania oszczędności ze wzorów 2, 3, 4 policzono wskaźniki dynamiczne NPV, CS i CSE (ostatni wskaźnik bez uwzględniania dyskonta – zaoszczędzona ilość paliwa nie maleje w czasie).

$$NPV = \sum_{t=1}^{25} \frac{1}{(1+i)^t} \cdot \Delta O_{rco} - N_{co}\text{, zł} \tag{2}$$

gdzie:

i – stopa dyskonta, %,
ΔO_{rco} – roczna oszczędność kosztów energii, zł·rok^{-1},
N_{co} – planowane koszty robót, zł.

$$CS = 1 - \frac{NPV}{\Delta E_0 \cdot UPW}\text{, zł·zł}^{-1} \tag{3}$$

gdzie:

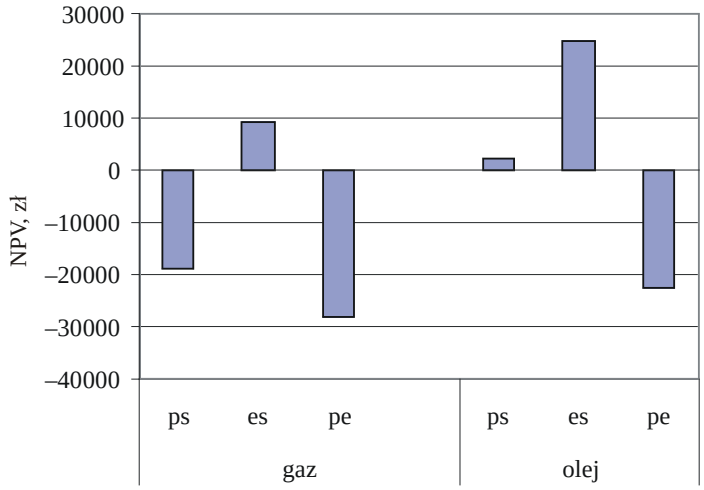
NPV – zdyskontowana wartość netto inwestycji,
ΔE_0 – oszczędność energii, zł/rok,
UPW – suma współczynnika dyskonta dla rozpatrywanego okresu dla i = 4,4%.

$$CSE = \frac{I_0}{\sum_{i}^{25} \Delta Q_{ir}}\text{, zł·GJ}^{-1} \tag{4}$$

gdzie:

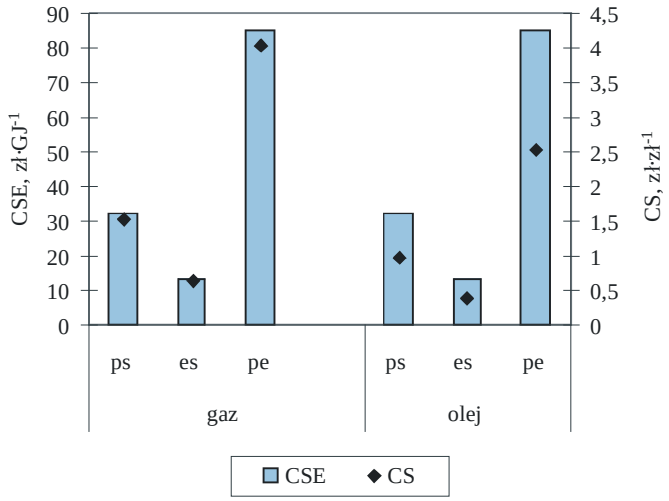
I_0 – nakłady inwestycyjne, zł,
ΔQ_{ir} – roczna oszczędność ciepła, GJ.

Na rysunku 2 przedstawiono wskaźniki NPV dla inwestycji opisanych powyżej. Jeżeli ogrzewamy dom gazem, opłacalna jest tylko inwestycja polegająca na wybudowaniu domu energooszczędnego zamiast standardowego (wartość NPV blisko 10 000 zł). Przy założeniu ogrzewania olejowego niewielką dodatnią wartość ma także inwestycja polegająca na „zamianie" domu standardowego na pasywny, lecz naprawdę znaczący efekt ekonomiczny można uzyskać inwestując w dom energooszczędny zamiast standardowego (wartość NPV > 30 000 zł). W przypadku obu paliw bardzo nieekonomicznie wypada „zamiana" budynku energooszczędnego na pasywny (bardzo niska ujemna wartość NPV).



Rys. 2. NPV dla inwestycji przy ogrzewaniu gazem i olejem

Fig. 2. NPV for investment in buildings which have gas and oil heating



Rys. 3. CSE i CS dla inwestycji przy ogrzewaniu gazem i olejem

Fig. 3. CSE and CS for investment in buildings which have gas and oil heating

Dla ponad standardowych kosztów, które trzeba ponieść, aby podwyższyć standard budynku można wyznaczyć wskaźnik CS i CSE. Widoczne na rysunku 3 wskaźniki, podobnie jak już omówione, mają korzystne wartości dla inwestycji polegającej na budowie budynku energooszczędnego zamiast standardowego.

4. PODSUMOWANIE

Wykonane na potrzeby niniejszego artykułu obliczenia dotyczą trzech budynków o podobnych powierzchniach i kubaturach i do pewnego stopnia dają pogląd na temat opłacalności inwestowania dodatkowych funduszy w poprawę standardu energetycznego. W obliczeniach założono, że inwestycją są dodatkowe koszty ponoszone na polepszenie „energetycznej jakości" budynku, a efektem oszczędność wynikające ze zmniejszonych kosztów ogrzewania.

Można powiedzieć, że przy obecnych cenach robocizny, materiałów budowlanych oraz energii i paliw z pewnością opłacalne jest wznoszenie budynków energooszczędnych (rozpatrywany standard $E \approx 40$ kWh·m^{-2}·a^{-1} zamiast budynków o standardzie podstawowym, spełniającym tylko obecne normy ($E \approx 100$ kWh·m^{-2}·a^{-1}).

Wznoszenie budynków pasywnych (standard $E \approx 15$ kWh·m^{-2}·a^{-1}), zamiast budynków o standardzie podstawowym, spełniającym obecne normy ($E \approx 100$ kWh·m^{-2}·a^{-1}) wydaje się być mocno dyskusyjne.

Przeznaczanie dodatkowych środków finansowych na budynek w założeniu energooszczędny, aby doprowadzić jego standard do poziomu $E \approx 15$ kWh·m^{-2}·a^{-1}) jest całkowicie nieopłacalne, nawet w warunkach stosowania drogiej energii wytwarzanej z oleju opałowego.

LITERATURA

[1] Sarosiek W.; Sadowska B., 2005. Kompleksowe badania energetyczne energooszczędnego budynku jednorodzinnego w warunkach klimatu północnowschodniej Polski, praca W/IIB-12/03, Politechnika Białostocka.

Artykuł powstał w ramach realizacji pracy W-IIB/10/06

EFEKTYWNOŚĆ POPRAWY STANDARDU ENERGETYCZNEGO PROJEKTOWANYCH BUDYNKÓW JEDNORODZINNYCH

Streszczenie

W artykule wyznaczono zużycie energii na cele c.o. trzech budynków jednorodzinnych o powierzchniach 177-190 m^2, zakładając wykonanie ich w różnych wersjach (standardowy, energooszczędny i pasywny). Na podstawie kosztów dodatkowych i możliwych oszczędności eksploatacyjnych oszacowano opłacalność wznoszenia budynków niskoenergetycznych (wyznaczono wskaźniki ekonomiczne SPBT, NPV, CS, CSE).

EFFECTIVENESS OF IMPROVEMENT IN ENERGY STANDARD OF APARTMENT BUILDINGS WHICH ARE DESIGNED

Abstract

Energy use for heating in three apartment buildings which have usable area between 177 and 190 square meters and are build in three types (standard, low-energy and passive) have been calculated in the article. Cost-effectiveness of low-energy houses are based on additional expenditures and heat economy. Economical indicators (SPBT, NPV, CS, CSE) are evaluated in the article.

BARBARA SOKOŁOWSKA
Politechnika Koszalińska

DACHY ZIELONE W ASPEKCIE EKOLOGICZNO-TECHNICZNYM

1. WSTĘP

Dach to przegroda budowlana przekrywająca budynek od góry, chroniąca pomieszczenia położone pod nim od wpływów atmosferycznych. W zależności od przeznaczenia przekrytych nim pomieszczeń, funkcja dachu może się ograniczać do zapewnienia skutecznej ochrony przed wpływem opadów atmosferycznych. Dotyczy to np. dachów nad nieogrzewanym garażem.

Dach może spełnić również funkcje dodatkowe, wynikające z potrzeby zapewnienia odpowiedniego mikroklimatu, w pomieszczeniu pod nim położonym. Zgodnie, z warunkami technicznymi zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury [4], przegroda ta ma być tak ukształtowana aby spełniła wymagania w zakresie ochrony cieplno-wilgotnościowej (dopuszcza się, w okresie użytkowania, straty ciepła na racjonalnie niskim poziomie wymagane jest aby na powierzchni przegrody nie występowała kondensacja powierzchniowa oraz by nie dochodziło do trwałej, narastającej kondensacji wilgoci wewnątrz przegrody). Przegroda, w zależności od przeznaczenia, powinna spełniać jeszcze inne wymagania, np. dotyczące ochrony akustycznej, przeciwpożarowej i trwałości. Takie wymagania może spełnić dobrze zaprojektowany i wykonany stropodach. Z definicji stropodachu wynika, że jest to przegrody zamykająca budynek od góry i pełniąca jednocześnie rolę stropu i dachu, zarówno pod względem konstrukcyjnym i funkcjonalnym. Oznacza to, że przegroda ta przenosząc obciążenia stałe (od ciężaru własnego) i zmienne od śniegu i wiatru, równocześnie ma wpływ na kształtowanie mikroklimatu położonych pod nią pomieszczeń. Stropodach, chroniąc wnętrze przed wpływem opadów atmosferycznych, zabezpiecza je również przed skutkami wynikającymi z różnicy temperatury powietrza zewnętrznego i wewnętrznego.

W terminie „dach zielony" zawarta jest ważna informacja o tym, że przegroda ta (może to być zarówno dach jak i stropodach), poza wszystkimi wymaganiami wynikającymi z definicji, spełnia zadanie dodatkowe. Konstrukcja dachu zielonego umożliwia uprawę roślinności (od niskiej po wysoką nawet w formie odpowiednio dobranych gatunków drzew), na powierzchni dachu budynku. Tym sposobem, zajętą pod zabudowę obiektu część powierzchni działki budowlanej, człowiek zwraca naturze w formie tzw. powierzchni terenu biologicznie czynnej. Wysokość obiektu, a zatem poziom na którym zwracana jest naturze powierzchnia biologicznie czynna, nie stanowi przeszkody w budowie dachów zielonych. Dachy zielone są realizowane z dobrym skutkiem na obiektach niskich (np. dachach garaży przy budynkach jednorodzinnych) oraz, po spełnieniu pewnych warunków, na budynkach wysokich.

Budowa dachu zielonego, niezależnie od tego czy będzie wykonywany w postaci dachu czy stropodachu, w wyniku zastosowania odpowiednich rozwiązań konstrukcyjno-

-materiałowych, powinna zapewnić dobre warunki do wegetacji roślin a w miarę potrzeb warunki do rekreacji.

Dachy zielone, choć nazwę zawdzięczają typowej barwie warstwy roślinnej pokrywającej połać, w rzeczywistości niekoniecznie i nie zawsze są barwy zielonej. Roślinność na dachu stanowi żywe pokrycie jego powierzchni. Pokrycie to, w zależności od przyjętego systemu nasadzeń, w rozwiązaniu ekstensywnym, mogą stanowić sucholubne mchy i porosty, bujne trawy lub ukwiecone łąki. Przy zazielenieniu intensywnym na dachy są wprowadzane różnobarwne krzewy lub specjalnie dobrane i zasadzone drzewa. Z naturalnych powodów, zieleń na dachu podlega zmianom wynikającym z cykli wegetacyjnych i pór roku. Roślinność pokrywająca powierzchnie dachów nie zawsze musi być zielona co widać na rysunku 1.

Najczęściej dachy zielone mają formę dachu płaskiego o kacie nachylenia od 5 do 20%. Większy kąt nachylenia połaci (powyżej 20%) lub powierzchnie krzywoliniowe stanowią pewne utrudnienie w przygotowaniu podłoża i w zazielenieniu połaci. Po zastosowaniu odpowiednich rozwiązań, również na tak ukształtowanych powierzchniach, mogą być wykonywane nasadzenia.

2. DEGRADACJA ŚRODOWISKA NATURALNEGO

Potrzeba budowania przysłowiowego dachu nad głową istniała od zawsze. Im mniejsze były wymagania i prostsze (tzn. naturalne) materiały, tym nasz wpływ na środowisko był mniejszy. Od wielu lat obserwuje się dynamiczny wzrost potrzeb i wymagań dotyczących standardów życia, a w tym wymagań związanych z miejscem przebywania człowieka. Nic dziwnego, jeśli wziąć pod uwagę fakt, że w ciągu doby, w obiektach przeznaczonych do zamieszkania i pracy człowiek spędza często ok. 90% czasu.

Ma to związek z różnymi sferami życia człowieka, w tym również dotyczy budownictwa. Szczególnie w ostatnich czterdziestu latach zjawisko to przyjmuje niewyobrażalne rozmiary. W celu zaspakajania coraz to innych potrzeb człowiek ingeruje w środowisko, w którym żyje. Przeraża niepohamowana ingerencji człowieka w środowisko naturalne, w tym beztroskie korzystania z nieodnawialnych zasobów naturalnych. Pomimo wielu sygnałów ze strony środowiska przyrodniczego człowiek zachowuje się tak, jakby miał moc, by zmienić odwieczne reguły rządzące Naturą na nowe, potrzebne do realizacji doraźnym potrzeb. Tym sposobem naruszając równowagę w środowisku, potrzebną do życia ludzi, zwierzą i roślin, człowiek „wypada z naturalnego obiegu".

Grupa intelektualistów zrzeszonych w Klubie Rzymskim przestrzegała o tym pod koniec lat sześćdziesiątych. Niestety zaproponowana przez nich w 1968 roku koncepcja „zerowego wzrostu" została odrzucona w 1968 roku.

Pomimo ewidentnych, niepokojących sygnałów ze środowiska naturalnego w postaci zmian klimatycznych, wzrosło zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego. Przez wiele, wiele lat opieszałe reagowano na postanowienia w zakresie ochrony środowiska naturalnego przyjmowane na spotkaniach międzynarodowych gremiów (np. w Kioto).

Do globalnego dialogu na temat galopującej degradacji środowiska doszło właściwie dopiero na EXPO 2000 (Hanower). Główne przesłanie płynące z tego spotkania jest następujące: kształtowanie przyszłości ludzkości winno następować zgodnie z zasadą rozwoju zrównoważonego.

Rys. 1. Przykłady realizacji dachów zielonych na obiektach o różnym przeznaczeniu
Fig. 1. Examples of types of green roofs laid on buildings of different functions

Wdrażanie tych postanowień wymaga dojrzałości rządzących, w tym również w sferach ekonomicznych. Pomimo podjętych działań zmierzających do respektowania tej zasady, w różnych miejscach na świecie obserwowane są niepokojące zmiany, które mają wpływ na ekosystem na całej kuli ziemskiej. Trudny jest do przewidzenia wynik

końcowy tej wielokierunkowej, różnorodnej i jednoczesnej ingerencji człowieka w środowisko. Dalsza eskalacja potrzeb człowieka i związana z tym niepohamowana ingerencja w środowisko naturalne zagraża wszystkim. Smog w miastach, eutrofizacja wód z powodu nadmiaru składników odżywczych (tj. amoniaku i tlenków azotu), kwaśne deszcze i dziura ozonowa to fakty. Coraz bardziej obecna staje się świadomość potrzeby konsekwentnej likwidacji źródeł zagrożeń, powstałych z winy człowieka. Jednak od lat, pomimo kar nie maleje emisja CO_2 do atmosfery. Największe spustoszenie w środowisku naturalnym powstaje w USA. Emisja CO_2 do atmosfery rocznie wynosiła ponad 5,7 mld ton, gdy w tym czasie w Polsce była na poziomie 308 mln ton [3]. Ma to ścisły związek z wielkością produkcji surowców energetycznych w odniesieniu na 1 mieszkańca (w przeliczeniu na węgiel kamienny; dane wg [3]). W Polsce produkcja wzrosła z 3,5 t (w roku 1995) do 3,7 ton (w roku 2001). W tym samym okresie w USA wynosiła ok. 9 t w 1995 r. i 8,6 t w roku 2001. W poprzednim okresie byłby to powód do dumy, obecnie już nie.

Zgodnie z obowiązującymi standardami budownictwo, do budowy i utrzymania obiektów na poziomie zgodnym z przeznaczeniem, nadal zużywa dużo energii. Według szacunków obecnie jest to ponad 50% [1].

W przypadku budowy i utrzymania obiektów budowlanych jedynym remedium na zmniejszenie zapotrzebowania na energię jest błyskawiczny rozwój budownictwa zharmonizowanego.

3. BUDOWNICTWO ZHARMONIZOWANE

Obiekty budowlane znajdują się nieustannie w polu oddziaływań zewnętrznych takich jak: czynniki atmosferyczne, biologiczne, ziemskie, kosmiczne oraz wewnętrznych wynikających z programu użytkowego. Jeśli zostanie zachwiana równowaga naturalna pomiędzy tymi polami oddziaływań w budynku mieszkalnym dochodzi do zakłóceń w postaci pogorszenia warunków w pomieszczeniu. Skutki tych zmian odbijają się na zdrowiu człowieka – nadmiar czynników szkodliwych ogranicza zdolność do samoregulacji.

Nieustanne dążenie do zaspokajania różnorodnych potrzeb napędza między innymi rozwój gospodarczy. Doświadczenia drugiej połowy XX w. świadczą o tym, że człowiek zapomniał, że zasoby surowców naturalnych i wytrzymałość ekosystemów są ograniczone. Świadomość i instynkt samozachowawczy nakazuje zahamowanie tego tempa i zharmonizowany rozwój. Jeśli z jednej strony celem rozwoju człowieka, w zakresie materialnym, jest osiągnięcie dobrobytu gospodarczego, to z drugiej strony dla zachowania równowagi na szali priorytetów należy postawić ochronę zdolności Ziemi do zapewnienia warunków homeostazy dla wszystkich istot żywych.

Na mikroklimat pomieszczeń mieszkalnych maja wpływ rozwiązania materiałowo - budowlane. Rosnące wymagania w zakresie utrzymania na stałym poziomie takich podstawowych parametrów charakteryzujących powietrze wewnętrzne, tj.: temperatura, wilgotność względna, prędkość przepływu powietrza, jonizacja i jego skład generują wysokie koszty utrzymania obiektu. Dotyczy to obiektów realizowanych przy zastosowaniu wcześniejszych i większości współczesnych technologii. Działania w kierunku rozwoju budownictwa przyjaznego środowisku naturalnemu obejmują cały cykl życia budynku. Bardzo obrazowe jest sformułowanie, stosowane dla określenia tego cyklu: „od kołyski, aż po śmierć". Zgodnie z głównym przesłaniem z EXPO 2000 zasada rozwoju zrównowa-

żonego, w odniesieniu do budownictwa, oznacza zapewnienie komfortu i bezpieczeństwa użytkowania budynku przy minimalnych kosztach, w tym również po stronie środowiska naturalnego.

Dawniej świadectwem postępu technicznego był wzrost zużycia energii. Obecnie wyznacznikiem zharmonizowanego rozwoju jest minimalizacja zużycia energii w tym czystość ekologiczna (tzn. czysta, niskoenergetyczna, technologia z elementami w obiegu zamkniętym).Tradycyjnymi nośnikami energii na świecie są nadal: węgiel, ropa naftowa i gaz ziemny. To one pokrywają zapotrzebowanie na energię w około 90%. W ostatnich latach konsumpcja energii zaczęła rosnąć wykładniczo. Poza tym w Polsce nadal jeszcze do produkcji energii korzysta w około 90% z surowców nieodnawialnych. Dodatkowo, ciągle jeszcze w Polsce funkcjonują urządzenia, w których dla pozyskania energii jest spalany węgiel. Ich sprawność jest na poziomie 50%, gdy np. w Szwajcarii wynosi 80% [1].

Uzyskana w ten sposób energia, ponieważ bardzo zanieczyszcza środowisko między innymi CO_2, jest klasyfikowana jako tzw. „brudna energia". Poza tym, pozyskiwanie energii ze źródeł nieodnawialnych jest obarczone dodatkowymi obciążeniami. Dotychczasowa, rabunkowa gospodarka surowcami naturalnymi sprawiła, że eksploatowane złoża się wyczerpują lub maleje liczba miejsc wydobycia surowców łatwo dostępnych (tzn. tanich w wydobyciu). Poza tym, dla zagwarantowania stabilności energetycznej, niepokojący jest fakt, że w chwili obecnej większość z eksploatowanych złóż znajduje się na terenach zagrożonych konfliktami lub terenach niestabilnych politycznie. Z tych względów ceny energii rosną.

Szacuje się, że w Europie i Ameryce Północnej zużywa się rocznie na ogrzewanie i klimatyzację około 40% energii. W odniesieniu do większości obiektów realizowanych obecnie w Polsce, nadal w trakcie budowy zużywa się 8% energii, natomiast w trakcie eksploatacji aż 92% [1].

W tych warunkach słuszne jest stwierdzenie, że na obecnym etapie rozwoju technicznego w skali globalnej, **największym źródłem energii jest jej oszczędne zużycie**.

4. GENEZA DACHÓW ZIELONYCH ORAZ ICH ZALETY

Ogrody na dachach i zazieleniania dachów stosowano już w starożytności, w Babilonie ok. IV w. p.n.e. W Skandynawii pewne elementy tych dachów wykonywane były ze względów praktycznych. Rozwiązania te wykorzystywano z powodu braku dostępu do innych materiałów niezbędnych dla ochrony domostw przed surowym klimatem.

W Prusach, w XIX w. dachy zielone były wykonywane ze względów przeciw pożarowych. Obecnie jest kilka powodów, dla których nastąpił wzrosty zainteresowania dachami zielonymi.

Jednym z ważnych jest nadmierna zabudowa terenów, zwłaszcza na terenach miejskich. Często powierzchnie miejskich skwerów i parków są oddawane pod zabudowę wielkopowierzchniowych centrów handlowych.

Są państwa w których, uregulowania prawne decydujące o minimalnej proporcji powierzchni gruntu pokrytego zielenią w stosunku do całkowitej powierzchni działki. Niekiedy na terenach o zabudowie intensywnej nieraz te wymagania są trudne do spełnienia. Wówczas, kompromisowym rozwiązaniem jest obsadzenie dachu zielenią. Wykonanie tego zadania znacznie ułatwiają dostępne dziś nowe materiały i technologie. To one sprawiają, że realizacja ogrodu na dachu budynku nowego lub modernizowanego

przestały być czymś niezwykłym. W Europie przodują w tym Niemcy. Obowiązujące tam przepisy zachęcają do wykonywania dachów zielonych. W wielu gminach właściciele zielonych dachów uzyskują obniżkę opłat z tytułu odprowadzenia wody opadowej. W przypadku nowo wznoszonych budowli o dachach pokrytych zielenią, w nagrodę za działanie na rzecz ochrony przyrody, obniżany jest podatek.

Wielka jest potrzeba odtworzenia obszarów zielonych, szczególnie w miastach, a to ze względu na zdrowie psychiczne jego mieszkańców. Codzienny kontakt, choćby tylko wzrokowy, z ładnie utrzymaną zielona powierzchnią, wpływa korzystnie na nasze samopoczucie.

Zalety dachów zielonych

Zazielenienie powierzchni dachów jest korzystne z wielu względów: urbanistycznych, ekologicznych, technicznych (trwałości wbudowanych materiałów i budowli) i ekonomicznych.

Oto ważniejsze z zalet dachów zielonych:

Zieleń na dachu, to sposób na odtworzenie zabranej naturze, pod zabudowę i infrastrukturę komunikacyjną, powierzchni terenu biologicznie czynnej. Powierzchnia terenu biologicznie czynna, jak wynika z definicji zawartej w WT [3], to grunt rodzimy oraz z wodą powierzchniową na terenie działki budowlanej, a także 50% sumy powierzchni tarasów i stropodachów o powierzchni nie mniejszej niż 10 m^2, urządzonych jako stałe trawniki lub kwietniki, na podłożu zapewniającym im naturalną wegetację.

- Ukształtowane z udziałem człowieka zielone przestrzenie (mogą to być nawet wykonywane parki z oczkami wodnymi i drzewami), to miejsce przyjazne do życia dla ludzi, zwierząt i roślin. W tym jest również szansa na ratowanie ginących gatunków traw.
- Pokryty zielenią dach ma korzystny wpływ na lokalny mikroklimat. Jest to szczególnie cenne w czasie upałów, gdyż rośliny i podłoże parując podwyższają wilgotność względną powietrza w otoczeniu.
- Korzystny dla otoczenia jest efekt uboczny opisanego wcześniej procesu w postaci obniżenia się temperatury nad powierzchnią zieloną. Docierająca na dach energia słoneczna jest absorbowana przez wodę zmagazynowaną w roślinach i podłożu. Tam w wyniku transformacji energii cieplnej, z ogrzanej powierzchni uwalnia się para wodna. W upalny dzień temperatura powierzchni dachu wykończonego tradycyjnie (czyli np. pokrytego papą) może osiągać ok. 80°C, gdy w tym samym czasie, na dachu pokrytym zielenią wyniesie ok. 30°C.
- Zielone dachy poprawiają bilans wodny, dodatkowo wychwytują zanieczyszczenia spadające na dach wraz z wodą opadową. Dachy pokryte roślinnością zatrzymują ponad 2/3 wody opadowej. Na obszarach o wysokim stopniu zurbanizowania (tam np. powierzchnie dachów są kryte tradycyjnie np. papą, oraz gdy sztucznie i nieświadomie uszczelniona została powierzchnia gruntu w otoczeniu budynku np. wyłożona polbrukiem) woda opadowa jest odprowadzana z tych powierzchni, bezpośrednio do kanalizacji. W opisanych warunkach woda opadowa, zbyt szybko jak na potrzeby ekosystemu, kończy udział w kształtowaniu miejscowego mikroklimatu. Zanikają wówczas w tym rejonie, dobroczynne dla środowiska, naturalne fazy cyklu: nawilżania i parowania. Woda z opadów zbyt szybko a więc sztucznie, zostaje wyłączona z naturalnego obiegu wody w przyrodzie, powodując z jednej strony nadmierne obciążenie kanalizacji, z drugiej psuje bilans wody na danym obszarze.

- Dachy zielone posiadają zdolność magazynowania wody z opadów atmosferycznych. W zależności od budowy albo jak gąbka pochłaniają wodę i zatrzymują w różnym stopniu w poszczególnych warstwach, albo magazynują ją w matach specjalnie do tego celu przeznaczonych. Dzięki zdolności do magazynowania wody deszczowej, system dachu zielonego spowolniając odpływ wody do kanalizacji nie obciąża jej nadmierną ilością wody opadowej.
- Zielona pokrywa dachu wychwytuje z zanieczyszczonego powietrza, tj. dwutlenek węgla i kurz (1 m^2 zieleni może zatrzymać ok. 200 g kurzu). Rośliny w wyniku procesów biochemicznych oddają do otoczenia tlen i jonizują ujemnie powietrze w jego otoczeniu.
- Zielone futro na dachu, jak mówią niektórzy o tym rozwiązaniu, korzystnie oddziałuje na mikroklimat wnętrz nim przekrytych. Zachodzące w czasie wegetacji, proces biochemiczne, wyzwalają pewne ilości energii cieplnej co wpływa korzystnie na wynik końcowy bilansu ciepła w przegrodzie. Warstwa wegetacyjna, jak kołdra, chroni te wnętrza przed wahaniami temperatury latem i zimą, ograniczając liczbę cykli przechodzenia przez zero. Warstwa roślinna wraz z podłożem osłaniając materiały poniżej leżące: od promieniowania UV, gradobicia i innych uszkodzeń mechanicznych, co korzystnie wpływa na trwałości materiałów w przegrodzie. W tych strukturach trwałość warstwy wodoszczelnej szacuje się na okres 25-50 lat.
- Luźna, włóknisto-porowata struktura, szczególnie rozbudowana od strony środowiska zewnętrznego, z dobrym skutkiem wychwytuje fale akustyczne. Dźwięki, „złapane" w nią, podlegają transformacji. Następuje zamiana energii akustycznej w cieplną. Zmniejsza to poziom hałasu, a zatem sprzyja poprawie klimatu akustycznego w otoczeniu. Korzyści z tego są również odczuwalne w pomieszczeniu położonym pod dachem zielonym. Wielowarstwowa struktura znacząco, w porównaniu z tradycyjnymi rozwiązaniami dachów, redukuje natężenia dźwięków docierających do wnętrza.

5. ELEMENTY STRUKTURY DACHU POROŚNIĘTEGO ZIELENIĄ

Dach zielony to struktura wielowarstwowa. W zależności od warunków podłoża, na którym ma być wykonany i planowanego sposobu zazielenienia, struktura ta może być mniej lub bardziej złożona. Najprostsze rozwiązanie można zastosować na dachu nie ogrzewanego garażu, a najbardziej rozbudowane przy realizacji ogrodów-parków na dachach budynków mieszkalnych, obiektów użyteczności publicznej itp. Zazielenienia są realizowane również na dachach obiektów przemysłowych.

Złożoną strukturę dachu, w zależności od potrzeb, można komponować z warstw o nazwach i przeznaczeniu jak w opisie.

Szata roślinna – roślinność świadomie wybrana i nasadzona na podłożu wegetacyjnym.

Warstwa wegetacyjna – umożliwia zakorzenienie roślin i ich prawidłową wegetację. Ma zatrzymywać wodę i składniki odżywcze, napowietrzać podłoże oraz być odporna na erozję powodowaną czynnikami atmosferycznymi. Z wyżej wymienionych względów nie może być to warstwa ziemi urodzajnej. Dla prawidłowego rozwoju roślin na dachach są stosowane specjalne maty lub odpowiednie mieszanki tzw. substraty.

Warstwa filtrująca – zgodnie z nazwą służy do oczyszczenia wody przenikającej do niżej położonych warstw. Chroniąc system przed zamuleniem, zapobiega równocze-

śnie zbyt gwałtownemu odpływowi wody opadowej z warstwy wegetacyjnej. Jako samodzielna warstwa może być wykonywana z polipropylenowej włókniny filtracyjnej.

Warstwa drenująca – to w niej odbywa się dystrybucja nadmiaru wody opadowej, która może być skierowana do systemu retencyjnego (jeśli taki występuje) lub zostać wyprowadzona spustami dachowymi poza obiekt. Warstwa ta napowietrza również warstwę wegetacyjną. Może być wykonana ze żwiru (niestety on na dużą gęstość nasypową) lub lekkiego keramzytu. Stosowane są także specjalne lekkie płyty (1-2 $kg \cdot m^{-2}$) z polipropylenu, które dzięki głębokim tłoczeniom posiadają zdolność do gromadzenia wody, w ilości od kilku do kilkunastu litrów, z każdego metra kwadratowego dachu.

Warstwa przeciwkorzeniowa (nazywana nieraz separująco-ochronną) – chroni warstwy izolację wodochronna i elementy inne dachu przed destrukcyjnym działaniem korzeni roślin. W tym celu są wykonywane z polipropylenu lub polichlorku winylu specjalne membrany o grubości np. 0,5 mm (przy roślinności ekstensywnej) i 0,8 mm dla ochrony przed korzeniami roślinności ekstensywnej. Jeśli warstwa przeciwkorzeniowa ma być wykonana z papy, to należy stosować papę wzmocnioną wkładkami z folii metalowej.

Warstwa hydroizolacyjna – zwana niekiedy wodoszczelną winna spełniać taką funkcję niezawodnie przez cały czas eksploatacji obiektu. W tych warunkach najlepiej się sprawdzają membrany EPDM (z kauczuku syntetycznego), hydroizolacyjne folie z PCV o minimalnej grubości 0,8 mm. Jeśli hydroizolacja ma być wykonana z pary, należy upewnić się czy może być zastosowana w tych warunkach. Czasem może być konieczne stosowanie specjalnej papy z wkładką z miedzi.

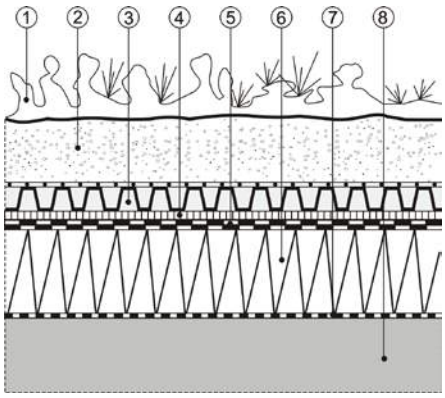
Warstwa izolacji termicznej – chroni wnętrze obiektu przekrytego stropodachem przed niekontrolowanymi stratami ciepła. Do wbudowania w strukturę dachu zielonego mogą być zastosowane tylko materiały odporne na obciążenia od wyżej położonych warstw oraz nienasiąkliwe (dopuszczalna nasiąkliwość ok. 0,3-0,5%) takie jak np. płyty z polistyrenu ekstrudowanego, płyty ze szkła piankowego zamkniętokomórkowego. Ma to szczególne znaczenie w strukturach dachów odwróconych, ponieważ woda opadowa penetrująca pewne obszary tej warstwy obniża jej izolacyjność termiczną.

Warstwa paroizolacyjna – występuje w strukturach stropodachów pełnych. Przeciwdziała przenikaniu wilgoci z pomieszczenia w głąb struktury stropodachu, chroniąc przed kondensacja w jej wnętrzu. W zależności od poziomu obciążenia wilgocią pomieszczenia pod stropodachem, może być wykonana np. z folii grubości 0,8 mm. Nad pomieszczeniami mokrymi są stosowane inne rozwiązania, np. paroizolację wykonuje się z papy wzmocnionej wkładkami metalowymi z aluminium lub miedzi grubości 0,2 mm. Przy realizacjach z zastosowaniem izolacji termicznej ze szkła piankowego, warstwa bitumicznej powłoki gruntującej na której układa się płyty, tworzy jednocześnie paroizolację.

Konstrukcja nośna – może być dowolna (żelbetowa, z drewna, stali i blachy trapezowej), musi być jednak wytrzymała i trwała. Kryterium nośności ma zasadnicze znaczenie, zarówno w przypadku dachów nowych, jak i poddawanych zazielenieniu dachów w obiektach istniejących. Szata roślinna wraz z wielowarstwowym podłożem to dodatkowe obciążenie dla ustroju nośnego dachu. W zależności od przyjętych rozwiązań systemu zazielenienia obciążenie od tzw. obciążeń stałych może się wahać w zakresie od ok. 1,3 do 12 $kN \cdot m^{-2}$.

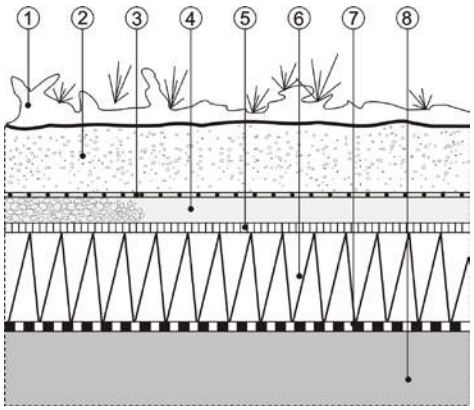
Przy bardzo prostych rozwiązaniach, np. na dachu ekstensywnym na garażu indywidualnego, przy zastosowaniu maty nawet po jej intensywnym nawodnieniu podłoża, tzw. obciążenie stałe będzie oscylować w granicach 0,5-0,7 $kN \cdot m^{-2}$. Przy wymiarowaniu konstrukcji nie można pominąć obciążeń od śniegu i obsługi, która musi mieć zapewniony dostęp na dach bez względu na porę roku.

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono przykłady struktur dachów zielonych opartych na bazie stropodachów o tradycyjnej i odwróconej kolejności warstw.



Rys. 2. Elementy struktury dachu zielonego założonego na bazie stropodachu o tradycyjnej kolejności warstw: 1 – roślinność ekstensywna, 2 – podłoże (substrat), 3 – mata (filtracyjno-drenująca), 4 – warstwa przeciwkorzeniowa, 5 – izolacja wodochronna (np. z dwóch warstw papy polimerowo-asfaltowej o gramaturze min. 4000 $g \cdot m^{-2}$), 6 – izolacja termiczna, 7 – paroizolacja, 8 – konstrukcja nośna z wyprofilowanym spadkiem

Fig. 2. Typical green roof system laid onto the flat roof with the standard sequence of layers: 1 – planting, 2 – soil, 3 – filter and drainage mat, 4 – root barrier, 5 – waterproofing layer (for example: 2 layers of polymer-modified bitumen sheets, min. 4000 G.S.M.), 6 – insulation, 7 – vapour check, 8 – structural deck with the profiled slope



Rys. 3. Elementy struktury dachu zielonego założonego na bazie stropodachu o odwróconej kolejności warstw: 1 – roślinność ekstensywna, 2 – podłoże (substrat), 3 – warstwa filtracyjno-ochronna, 4 – warstwa drenująca np. 10 cm keramzytu, 5 – warstwa separująco-ochronna z włókniny, 6 – izolacja termiczna, np. z polistyrenu ekstrudowanego, 7 – izolacja wodoszczelna np. z folii PCV, 8 – konstrukcja nośna z wyprofilowanym spadkiem

Fig. 3. Green roof system laid onto the flat roof the inverted sequence of layers: 1 – planting, 2 – soil, 3 – filter sheet of geofibre, 4 – drainage layer (for example: a 10 cm layer of lightweight aggregate), 5 – separating and preventing layer of fibre, 6 – insulation (extruded polystyrene), 7 – waterproofing layer, (PCV Sheet), 8 – structural deck with profiled slope

Informacje na temat projektowania i wykonawstwa dachów zielonych znajdują się również w pracy [6].

6. RODZAJE ZAZIELENIENIA DACHÓW

Rozróżnia się najczęściej trzy rodzaje zazielenienia: ekstensywne, intensywne niskie i intensywnie wysokie.

Zazielenienie ekstensywne realizuje się za pomocą cienkowarstwowej warstwy wegetacyjnej, którą w okresie wzrostu pokrywają rośliny z grupy łatwych w pielęgnacji: kompozycje mchów i rozchodników hodowanych na specjalnych matach kilkucentymetrowej grubości. Wykonany prawidłowo dach pokryty zielenią ekstensywną, przy znikomej liczbie zabiegów pielęgnacyjnych, nie wymaga nawadniania i praktycznie jest bezobsługowy. Wymaga zraszania, tylko w czasie długotrwałych upałów. Na dużych powierzchniach dachów, koszty budowy dachów zielonych są przeważnie niewiele wyższe lub porównywalne z kosztami wykonania dachów z pokryciem bezobsługowym (tzn. nie wymagającym konserwacji przez okres 25 a nawet 50 lat). Dachy z zazielenieniem ekstensywnym chociaż są najprostszym z rozwiązań i nie pełnią roli ogrodów dachowych wywierają korzystny wpływ na otoczenie w sposób zasadniczy zmieniają stronę estetyczno- wizualną architektury.

Do grupy rozwiązań zazielenienia intensywnego niskiego można zaliczyć pokrywy roślinne będące kompozycjami złożonymi z traw (niskich i wysokich), rozchodników i ziół. Najczęściej ten sposób zazielenienia jest realizowany na specjalne przygotowanych podłożach o grubości kilkunastu centymetrów. W okresie kwitnienia są piękne, wyglądają jak ukwiecone łąki spotykane w naturalnym terenie. Pomimo większej różnorodności nadal są to powierzchnie mało wymagające w konserwacji.

Zazielenienie intensywnie wysokie, to złożone kompozycje w rodzaju „ogród na dachu" lub „dach bio-dekoracja".

7. DACHY ZIELONE – ROZWIĄZANIE Z PRZYSZŁOŚCIĄ

Na terenach wysoko zurbanizowanych zmniejsza się ilość terenów zielonych czyli parków, skwerów. Z danych statystycznych zawartych w publikacji [3] wynika, że tereny zabudowane i zurbanizowane zajmują ponad 4,7% powierzchni kraju i obserwuje się tendencję wzrostową. W centrach miast zamiast, jak to było dawniej, wąskich chodników i dużych trawników, ogromne powierzchnie terenów na obszarach zabudowanych pokrywane są materiałami pozwalającymi na uzyskanie równej, trwałej i estetycznej nawierzchni do ruchu pieszego. Zieleń występuje tam w ilościach śladowych, najczęściej w postaci pojedynczych, jednorocznych roślin w donicach. Rozwój arterii dla transportu samochodowego niweluje zielone obszary.

Lawinowo znikają z obszaru miast tereny ogrodów działkowych. Według pierwotnych planów były one lokalizowane na obrzeżach aglomeracji miejskich. W wyniku intensywnego rozwoju ośrodków miejskich, obszary te stają się obecnie niezwykle atrakcyjne pod względem inwestycyjnym i dlatego, pomimo sprzeciwu działkowiczów, są przeznaczane pod zabudowę.

W statystykach są podawane informacje o terenach zajętych pod zabudowę, ale czy ktoś zliczył ile powierzchni biologicznie czynnej znika corocznie w miastach

z powodu utwardzania polbrukiem terenów wokół sklepów, marketów i na działkach budowlanych.

Według przepisów [4] „w przypadku projektowania zagospodarowania działek budowlanych pod zabudowę wielorodzinną, budynki opieki zdrowotnej (z wyjątkiem przychodni), oświaty i wychowania, co najmniej 25% powierzchni działki należy urządzić jako powierzchnię terenu biologicznie czynnego, jeśli inny procent nie wynika z ustaleń miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego".

Przytoczony przepis nakłada obowiązek rezerwacji powierzchni na tereny zieleni w środowisku zamieszkania człowieka. Niepokój budzi fragment „jeśli inny procent nie wynika...", bowiem w praktyce oznacza to najczęściej prawo urzędu do udzielenia zgody na zabudowę każdego skrawka terenu w mieście.

W zabudowie śródmiejskiej może to prowadzić do prawie całkowitego wyeliminowania z otoczenia powierzchni terenu biologicznie czynnej.

W tej sytuacji jedynym ratunkiem dla mieszkańców miast mogą być ogrody na dachach. Przewidział to wspaniały architekt XX w. Le Corbusie. Zawsze podkreślał wyjątkową rolę dachu, nazywając dach piąta elewacją. Le Corbusie trafnie przewidział również miejsce ogrodu na dachu w nowoczesnej architekturze stwierdzając, że „dachogród będzie ulubionym miejscem pobytu w domu, poza tym oznacza dla miasta odzyskanie całej utraconej pod zabudowę powierzchni".

Dobrze dobrana i utrzymana zieleń może być ważnym element w procesie naturalnej regulacji ekosystemu na obszarze zurbanizowanym. Szczególnie wyraźnie w architekturze przełomu wieków, obserwuje się tendencje do zaspokojenia chęci i potrzeb wznoszenia obiektów zharmonizowanych z naturą. Odpowiednio zaprojektowana i utrzymana zieleń na dachach, to nie tylko miły detal ubogacający obiekt architektoniczny. Odpowiednio urządzony dach zielony może pełnić inne funkcje użytkowe, na przykład służyć jako miejsce odpoczynku i rekreacji.

Obecnie dostępne materiały i technologie pozwalają na realizację trwałych i niezawodnych rozwiązań dachów zielonych na nowych i istniejących obiektów o różnym przeznaczeniu.

Realizowane, również w Polsce, śmiałe projekty są tego potwierdzeniem. Ciekawym przykładem parku-ogrodu na dachu jest niedawna realizacja dachu zielonego na budynku biblioteki Politechniki Warszawskiej. Złożone kompozycje wymagają dużych powierzchni i większych nakładów, aby wzrost roślin (tutaj dodatkowo z krzewami i małymi drzewkami) odbywał się harmonijnie, pod kontrolą, w miarę bezobsługowo i niezależnie od warunków pogodowych.

Istnieje wielka potrzeba odtworzenia obszarów zielonych, szczególnie w miastach. Codzienny kontakt, choćby tylko wzrokowy, z ładnie utrzymaną zielona powierzchnią wpływa korzystnie na nasze zdrowie. Jeśli wziąć pod uwagę omówione wcześniej korzyści ekologiczne, ekonomiczne, techniczne i technologiczne, to wiele wskazuje na to, że w najbliższych latach nastąpi dynamiczny wzrost liczby realizacji dachów zielonych.

Może już niebawem na dachach bloków osiedli mieszkaniowych pojawi się prawdziwa, dobrze utrzymana zieleń, ładniejsza od tej zaproponowanej na obrazach – wyniku symulacji komputerowej (rys. 4 i 5).

a) b)

Rys. 4. Widok dachu budynku mieszkalnego (Koszalin, oś. Północ, styczeń 2007): a) stan istniejący – dach pokryty papą, b) stan po symulacji komputerowej – dach „pokryty" zielenią

Fig. 4. The picture of an apartment building in Koszalin took in January 2007: a) the present state (the roof covered with bitumen sheets), b) the after – computer simulation state (the roof is landscaped)

a) b)

Rys. 5. Widok dachu sklepu (Koszalin, oś. Północ, styczeń 2007): a) stan istniejący – dach pokryty papą, b) stan po symulacji komputerowej – dach sklepu „pokryty" zielenią

Fig. 5. The picture of an shop in Koszalin took in January 2007: a) the present state (the roof covered with bitumen sheets), b) the after – computer simulation state (the roof is landscaped)

LITERATURA

[1] Raport Środowiskowy 2005, Firma Rocwool Polska Sp. z o. o. Cigacice.
[2] Raport Środowiskowy 2006, Firma Rocwool Polska Sp. z o. o. Cigacice.
[3] Rocznik Statystyczny 2005.
[4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. z 2002 nr 690, poz. 75 z późn. zm.; ostatnia zmiana Dz. U. z 2004 nr 109, poz. 1156).

[5] Rośliny do ekstensywnego zazielenienia dachów, 2006. Materiały informacyjne firmy Baudre, Bauder, Saarbrücken.
[6] Sokołowska B. Krajczyński M., 2004. Stropodachy projektowanie i wykonawstwo Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej.
[7] System Platon Katalog zastosowań firmy Isola, 2006. Isola Warszawa.
[8] Vedag – systemy dachowe Informacja techniczna firmy Vedag Polska Sp. z o. o. Środa Wlkp. 2003.

DACHY ZIELONE W ASPEKCIE EKOLOGICZNO-TECHNICZNYM

Streszczenie

Pokrycie powierzchni dachu roślinnością jest celowe ze względów: urbanistycznych, ekologicznych, technicznych i ekonomicznych. Dachy zielone realizowane na większą skalę, mogą stać się ważnym ogniwem w łańcuchu naturalnej regulacji ekosystemu w miejscu zamieszkania człowieka.

GREEN ROOFS IN ECOLOGICAL AND TECHNICAL ASPECT

Abstract

Covering of roofs with planting is purposeful for urban, ecological and technical reasons. Green roofs executed on a bigger scale may become an important link in the chain of the natural regulation of eco-systems in the place of human habitation.

ROBERT STACHNIEWICZ
Politechnika Białostocka

EFEKTYWNA GRUBOŚĆ IZOLACJI TERMICZNEJ W ZALEŻNOŚCI OD PRZYJĘTEJ METODY OCENY

1. WSTĘP

Gospodarka komunalno-bytowa w Polsce jest dużym odbiorcą energii. Wielkość konsumpcji energii w sektorze komunalno-bytowym zależy, m.in. od wielkości i standardu energetycznego zasobów budowlanych. Chcąc polepszyć standard energetyczny istniejących zasobów konieczna jest ich termomodernizacja. Ponieważ wiąże się ona z poniesieniem kosztów finansowych, które dopiero w przyszłości będą przynosić efekty w postaci oszczędności eksploatacyjnych, dobrze jest aby była ona prawidłowo zaplanowana i wykonana. Temu celowi służyć może audyt energetyczny budynku, w którym oprócz analizy energetycznej stanu istniejącego wykonywana jest szczegółowa analiza efektywności możliwych do wykonania zabiegów termomodernizacyjnych. W chwili obecnej analizy efektywności wykonywane w audytach energetycznych oparte są na prostej metodzie oceny stosującej jako kryterium wyboru minimalizację wartości prostego czasu zwrotu *SPBT*. Metoda ta, choć prosta w interpretacji nie jest jedyną metodą oceny efektywności zastosowanych przedsięwzięć termomodernizacyjnych. Jednym z częstych sposobów oceny jest metoda oparta na kryterium wartości bieżącej netto *NPW*, która wykorzystuje technikę dyskonta.

2. WPŁYW PRZYJĘTEJ METODY OCENY OPŁACALNOŚCI INWESTYCJI NA EFEKTYWNĄ GRUBOŚĆ IZOLACJI TERMICZNEJ W PRZYKŁADOWYM BUDYNKU JEDNORODZINNYM

Opis budynku poddawanego analizie

Na potrzeby analizy efektywnej grubości izolacji termicznej, w zależności od przyjętej metody oceny, posłużono się jednorodzinnym budynkiem mieszkalnym, wykonanym w latach 70. i położonym w województwie podlaskim w pobliżu Białegostoku. Jest to obiekt parterowy z poddaszem użytkowym, niepodpiwniczony. Ściany zewnętrzne są murowane z cegły pełnej grubości 38 cm na zaprawie cementowo-wapiennej. Stolarka okienna i drzwiowa jest drewniana – okna dwuszybowe. Więźba dachowa jest drewniana z dachem dwuspadowym. Powierzchnia użytkowa budynku wynosi 175,5 m^2.

Współczynniki przenikania ciepła *U* przegród zewnętrznych w budynku wynoszą:

- ściany – 1,43 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$,
- dach – 0,32 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$,
- okna – 3,0 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$,
- podłoga na gruncie – 0,27 (I strefa) i 0,21 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ (II strefa).

Przegrody zewnętrzne nie spełniają obecnych wymagań stawianych współczynnikom przenikania ciepła *U* według obowiązującego rozporządzenia [1].

Zgodnie z ww. Rozporządzeniem budynkom jednorodzinnym stawia się alternatywnie wymagania odnośnie wskaźników zapotrzebowania na energię do ogrzewania. W przedmiotowym budynku wskaźniki te wynoszą 92,03 $kWh \cdot m^{-3} \cdot rok^{-1}$ lub 234,67 $kWh \cdot m^{-3} \cdot rok^{-1}$ i wynikają z niedostatecznej izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych.

Ciepło do ogrzewania budynku dostarczane jest z kotła węglowego o mocy 25 kW, jednakże możliwe są do zastosowania (po modernizacji kotłowni) także inne nośniki energii takie jak: biomasa (drewno), olej opałowy, gaz ziemny oraz prąd elektryczny.

Przyjęte metody oceny efektywnej grubości izolacji termicznej

Do wyboru efektywnej grubości izolacji termicznej przyjęto dwie najczęściej stosowane w Polsce metody oceny efektywności inwestycji: prostego czasu zwrotu nakładów *SPBT* i wartości bieżącej netto *NPV* [2]. Pierwsza z nich należy do metod prostych i jest stosowana, np. w rozporządzeniach wykonawczych do Ustawy termomodernizacyjnej [3], druga jest metodą dyskontową oceniającą przedsięwzięcie (projekt inwestycyjny) w całym okresie jego funkcjonowania.

Prosty czas zwrotu nakładów *SPBT* (*Simple Payback Time*) jest najczęściej stosowaną metodą statyczną. Określany jest jako czas niezbędny do odzyskania nakładów początkowych, poniesionych na realizację przedsięwzięcia.

Wartość *SPBT* określa się na podstawie poniższego wzoru:

$$SPBT = \frac{N_U}{\Delta O_{r\,c.o.}} \text{ , lata} \tag{1}$$

gdzie:

N_U – planowane koszty robót związanych ze zmniejszeniem strat ciepła przez przenikanie dla całkowitej powierzchni wybranej przegrody, zł,

$\Delta O_{r\,c.o.}$ – roczna oszczędność kosztów energii wynikająca z zastosowania usprawnienia termomodernizacyjnego, $zł \cdot rok^{-1}$.

Metoda prostego czasu zwrotu nakładów opisuje opłacalność inwestycji w sposób uproszczony, ponieważ nie uwzględnia całego okresu funkcjonowania przedsięwzięcia. Dlatego metoda ta służy raczej do wykonywania wstępnych ocen efektywności ekonomicznej rozpatrywanych przedsięwzięć, głównie na etapie studiów przedrealizacyjnych. Stosując to kryterium oceny podjęcie decyzji polega na wyborze rozwiązania zapewniającego jak najszybsze odzyskanie początkowych nakładów. Metoda ta kładzie główny nacisk na szybki zwrot nakładów, pomijając efekty powstające w wyniku funkcjonowania przedsięwzięcia po czasie jego zwrotu.

Najbardziej precyzyjnym narzędziem oceny efektywności przedsięwzięć inwestycyjnych są metody oparte na technice dyskonta. Uwzględniają one, w przeciwieństwie do prostych metod oceny, rozłożenie w czasie przewidywanych wpływów i wydatków związanych z badaną inwestycją. Służy temu wykorzystanie, tzw. dyskonta, które pozwala sprowadzić do porównywalności nakłady i efekty realizowane w różnych okresach czasu przy określonej stopie dyskonta *i*. Określenie ich wartości bieżącej, tj. zaktualizowanej na moment przeprowadzenia oceny, stanowi podstawę dalszego wnioskowania.

Podstawową metodą wykorzystującą dyskonto jest wartość bieżąca netto *NPV* (*Net Present Value*). Pozwala ona określić różnicę pomiędzy obecną wartością wpływów a wydatkami finansowymi związanymi z realizacją ocenianego przedsięwzięcia. Wyraża ona zatem, zaktualizowaną na moment dokonywania oceny, wielkość korzyści, jakie może przynieść rozpatrywane przedsięwzięcie inwestycyjne. *NPV* określa się jako sumę zdyskontowanych oddzielnie dla każdego roku przepływów pieniężnych netto zrealizowanych w całym okresie objętym rachunkiem, przy stałym poziomie stopy dyskontowej wg wzoru:

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} \frac{\Delta O_{r\,c.o.t}}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^{n_1} \frac{J_t}{(1+i)^t}, \text{ zł} \tag{2}$$

gdzie:

$\Delta O_{r\,c.o.t}$ – oszczędność kosztów energii w roku (t), zł,
J_t – nakłady inwestycyjne, zł,
i – stopa dyskontowa, %,
n, n_1 – okres eksploatacji oraz okres ponoszonych nakładów.

Jeżeli $NPV > 0$, to realizacja przedsięwzięcia jest opłacalna. Przy $NPV = 0$ stopa dyskontowa jest równa minimalnej stopie granicznej, a więc efekty (oszczędności z przeprowadzonej termomodernizacji) jedynie pokrywają wydatki na realizację przedsięwzięcia. Jeżeli $NPV < 0$, to przedsięwzięcie będzie przynosić straty. Przy opracowywaniu wielu wariantów przedsięwzięć modernizacyjnych należy realizować te, dla których *NPV* przyjmuje wartość maksymalną.

Przyjęte założenia

Do analiz efektywności przy wykorzystaniu techniki dyskonta przyjęto jego wielkość na podstawie wzoru (3) na tzw. realną stopę dyskontową.

$$i = \frac{i_{kred} + i_{inf}}{1 + i_{inf}}, \% \tag{3}$$

gdzie:

i_{kred} – oprocentowanie kredytu długoterminowego, %,
i_{inf} – stopa inflacji, %.

Przy założeniu oprocentowania kredytów długoterminowych (np. kredyty termomodernizacyjne) na poziomie 8% i średniej stopy inflacji na poziomie średnio 3% rocznie, obliczona realna stopa dyskonta wynosi 4,9%. Taką stopę dyskonta przyjęto w dalszej części referatu do określenia efektywnej grubości izolacji przy pomocy metody dyskontowej *NPV*.

Po to, aby poszerzyć analizę efektywnej grubości izolacji do obliczeń oszczędności eksploatacyjnych wprowadzono różne nośniki energii, takie jak: drewno (biomasa), węgiel, olej opałowy, gaz ziemny i prąd elektryczny.

Ilość ciepła potrzebna do ogrzewania analizowanego domu jednorodzinnego w standardowym sezonie grzewczym obliczona została programem Audytor w wersji 1.0. Ciepło do ogrzewania z uwzględnieniem sprawności składowych systemu grzewczego obliczono ze wzoru (4).

$$Q_{0,1\,co.} = w_{t0,1} \cdot w_{d\,0,1} \cdot Q_{0,1netto} / \eta_{0,1} \text{ , GJ·rok}^{-1} \quad (4)$$

gdzie:

$Q_{0,1co}$ – zapotrzebowanie na energie cieplną brutto, przed (indeks „0") i po (indeks „1") usprawnieniu termomodernizacyjnym, GJ·rok^{-1},
$\eta_{0,1}$ – całkowita sprawność systemu grzewczego przed i po modernizacji,
$w_{t0,1}$ – współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie tygodnia przyjmuje się z rozporządzenia [1],
$w_{d0,1}$ – współczynniki uwzględniające przerwy w ogrzewaniu w okresie doby przyjmuje się z rozporządzenia [1],
$Q_{0,1\ netto}$ – zapotrzebowanie netto na ciepło do ogrzewania przed i po usprawnieniu termomodernizacyjnym, GJ·rok^{-1}.

Sprawność systemu grzewczego η dla poszczególnych nośników ciepła przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Sprawności systemu grzewczego w zależności od nośnika ciepła

Rodzaje nośników energii	η_w	η_p	η_r	η_e	η_0, η_1	$w_{to,1}, w_{d0,1}$
drewno (biomasa)	0,65	0,95	0,95	0,95	**0,557**	**1,0**
węgiel	0,65	0,95	0,95	0,95	**0,557**	**1,0**
olej opałowy	0,88	0,95	0,95	0,95	**0,754**	**1,0**
gaz	0,88	0,95	0,95	0,95	**0,754**	**1,0**
prąd elektryczny	0,97	0,95	1,0	0,95	**0.875**	**1,0**

Po określeniu zapotrzebowania na ciepło w budynku, przy uwzględnieniu cen O_z danego nośnika ciepła, obliczono roczną oszczędność kosztów ogrzewania po dociepleniu ścian zewnętrznych i dachu (dla każdego z osobna) posługując się następującym wzorem:

$$\Delta O_{rc.o.} = (w_{t0} \cdot w_{d0} \cdot Q_{0c.o.} / \eta_0 - w_{t1} \cdot w_{d1} \cdot Q_{1c.o.} / \eta_1) \cdot O_z \text{ , zł·rok}^{-1} \quad (5)$$

Następnie z zależności (6) określone zostały koszty docieplenia ścian zewnętrznych (metoda „lekka-mokra") i dachu budynku.

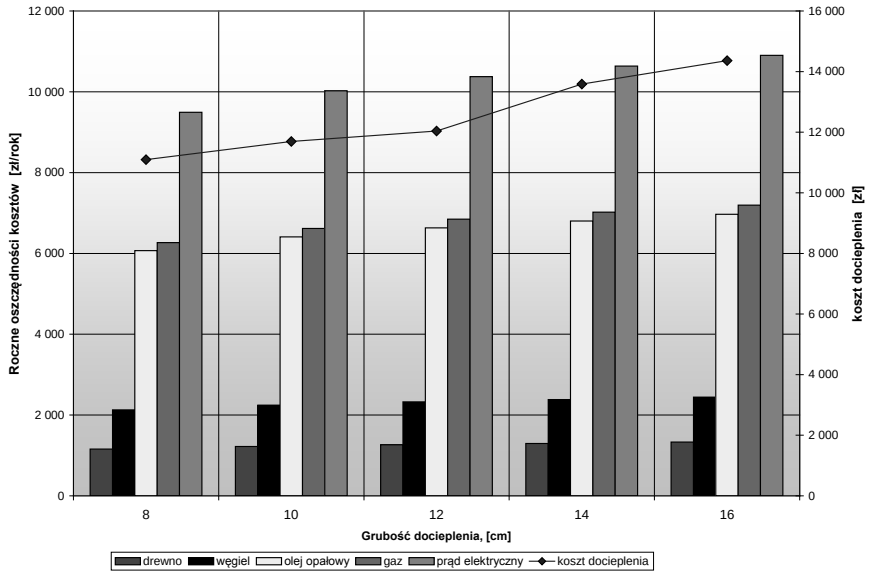
$$N_{U.} = A \cdot (d \cdot C_{mat} + C_{wyk}) \text{ , zł} \quad (6)$$

gdzie:

C_{mat} – koszt materiału użytego do termomodernizacji, zł·m^{-3},
d – grubość docieplenia, m,
$C_{wyk.}$ – koszt wykonania docieplenia, zł·m^{-3},
A – powierzchnia docieplanej przegrody, zł·m^{-3}.

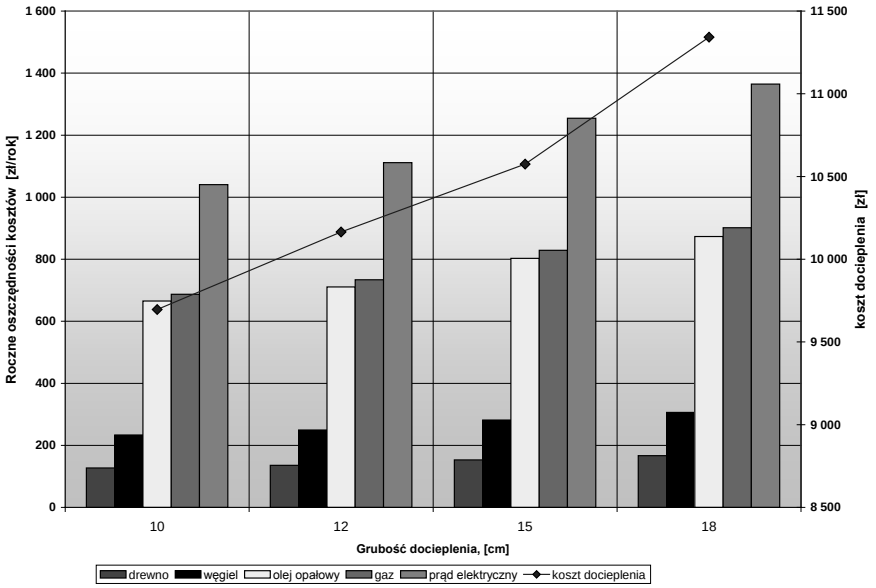
Wyniki obliczeń i analiza

Wyniki obliczeń oszczędności eksploatacyjnych otrzymanych przy zastosowaniu równania (5) oraz wielkości nakładów eksploatacyjnych wg (6) zamieszczono na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Oszczędność kosztów ogrzewania dla różnych nośników ciepła przy dociepleniu ścian zewnętrznych metodą „lekką-mokrą”

Fig. 1. The economy of the heating costs for various kinds of fuel in case of the thermal insulation of building outer walls undertaken with “light-wet” method



Rys. 2. Oszczędność kosztów ogrzewania dla różnych nośników ciepła przy dociepleniu dachu

Fig. 2. The economy of the heating costs for various kinds of fuel in case of the thermal insulation of the roof

Po obliczeniu oszczędności kosztów ogrzewania budynku po dociepleniu ścian zewnętrznych i dociepleniu dachu oraz ustaleniu nakładów na termomodernizację tych przegród, korzystając ze wzorów (1) i (2) określono wartości *SPBT* i *NPV* dla wybranych grubości docieplenia.

Tabela 2. Wartości *SPBT* i *NPV* przy dociepleniu ścian zewnętrznych

Grubość docieplenia d, cm	Nośnik energii				
	drewno (biomasa)	węgiel	olej opałowy	gaz	energia elektryczna
SPBT					
8	9,61	5,23	1,83	1,78	1,17
10	**9,45**	**5,14**	**1,802**	**1,746**	**1,152**
12	9,46	5,15	1,805	1,748	1,154
14	9,55	5,20	1,82	1,76	1,16
16	9,63	5,24	1,84	1,78	1,18
NPV					
8	971	11104	52305	54367	88083
10	1225	11924	55416	57593	93189
12	**1254**	12328	57345	59599	96451
14	1168	12521	58677	60987	98774
16	1085	**12720**	**60014**	**62382**	**101111**

Tabela 3. Wartości SPBT i NPV przy dociepleniu dachu

Grubość docieplenia d, cm	Nośnik energii				
	drewno (biomasa)	węgiel	olej opałowy	gaz	energia elektryczna
SPBT					
10	76,35	41,54	14,57	14,11	9,32
12	74,91	40,77	14,30	13,85	9,15
15	69,03	37,57	13,17	12,76	8,43
18	**68,08**	**37,06**	**12,99**	**12,58**	**8,31**
NPV					
10	**–8369**	**–7257**	–2743	–2517	1176
12	–8747	–7560	–2737	–2496	1449
15	–8974	–7634	**–2185**	**–1912**	2534
18	–9602	–8144	–2215	–1919	**2920**

W obydwu powyższych tablicach wytłuszczone zostały wartości najbardziej efektywne ekonomicznie według kryterium *SPBT* i *NPV* odpowiadające określonym grubościom izolacji. Można zauważyć zróżnicowanie efektywnych grubości izolacji w przypadku stosowania przy ocenie kryterium *NPV* (szczególnie przy dociepleniu dachu). Stosując kryterium *SPBT* otrzymano jedną wartość efektywnej grubości dodatkowej izolacji termicznej, niezależnie nawet od stosowanego nośnika energii. Różnica w efektywnych grubościach dodatkowej izolacji wynika z faktu, iż metoda dyskontowa *NPV* obejmuje przy ocenie cały okres funkcjonowania przedsięwzięcia, a nie zawęża się tylko do czasu zwrotu nakładów jak to ma miejsce w metodzie *SPBT*. Jedynie przy

najdroższym nośniku energii (prąd elektryczny) i niskim współczynniku przenikania ciepła dla dachu (U = 0,32 $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$) obydwie metody dają jednakową efektywną grubość izolacji termicznej równą 18 cm.

Poza tym obydwie metody nie dają jednakowych wniosków, co do opłacalności inwestycji. W przypadku docieplenia dachu, gdy do ogrzewania budynku zastosowany został olej, gaz i prąd, posługując się metodą *SPBT* można uznać, że opłacalność jest jeszcze zadowalająca, natomiast metoda *NPV* wskazuje na opłacalność docieplenia dachu grubością 18 cm izolacji jedynie przy ogrzewaniu energią elektryczną ($NPV > 0$).

3. PODSUMOWANIE

Na podstawie przedstawionych powyżej rozważań można stwierdzić, że:

- Metody dyskontowe dają bardziej realne wyniki, ponieważ obejmują cały okres funkcjonowania inwestycji termomodernizacyjnej.
- Oprócz cen nośnika energii duże znaczenie dla efektywności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego odgrywa również wartość początkowa współczynnika przenikania ciepła U przegrody. Efektywność ta jest tym większa im większa jest wartość współczynnika przenikania ciepła U docieplaniej przegrody.

LITERATURA

[1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku Dz. U. Nr 75 (poz. 690) dot. warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późn. zm.).
[2] Sierpińska M., Jachna T., 1997. Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych. PWN, Warszawa.
[3] Ustawa o wspieraniu przedsięwzięć termomodernizacyjnych z dnia 18 grudnia 1998 roku (z późn. zm.).

EFEKTYWNA GRUBOŚĆ IZOLACJI TERMICZNEJ W ZALEŻNOŚCI OD PRZYJĘTEJ METODY OCENY

Streszczenie

Dużą rolę przy określaniu efektywnej grubości izolacji termicznej ma przyjęta metoda oceny. Metody proste np. *SPBT* wskazują na inne efektywne grubości niż metody wykorzystujące technikę dyskonta, np. *NPV*. Rozbieżności w efektywnej grubości wynikają przede wszystkim z faktu, iż metoda prosta *SPBT* zawęża okres rachunku do czasu zwrotu nakładów, natomiast metody dyskontowe obejmują rachunkiem ekonomicznym cały okres funkcjonowania inwestycji. Ponadto w referacie przeanalizowano wpływ cen 5 nośników energii na efektywną grubość izolacji termicznej w przykładowym domu jednorodzinnym. Efektywną grubość izolacji termicznej określono stosując kryterium *SPBT* i *NPV*.

EFFECTIVE THICKNESS OF THERMAL INSULATION DEPENDING ON APPLIED METHOD OF ESTIMATION

Abstract

The applied method of the judgement plays a vital role in case of the determination of effective thickness of thermical isolation. Simple methods (such as *SPBT* – Simple Pay Back Time) point at other effective thicknesses than the methods making use of the discount technique (for example *NPV* – Net Present Value). The effective thickness of thermical isolation calculated with the simple method (*SPBT*) will be different from the second one, calculated with the method *NPV*. It results from the fact that the calculations making use of the *SPBT* method include solely the period of the expenses refund. On the other hand the calculations making use of the discount technique involve the whole period of the investment duration. Additionally in the report the influence of five kinds of fuel on effective thickness of thermal insulation in the hypothetical cottage have been analysed. The effective thickness of thermal insulation was determined applying the criterion *SPBT* and *NPV*.

ELŻBIETA SZAFRANKO
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

WYMOGI TECHNOLOGICZNE DLA BETONU STOSOWANEGO W KONSTRUKCJACH MONOLITYCZNYCH

1. WSTĘP

Monolityczne budownictwo betonowe jest od wielu lat bardzo popularnym rozwiązaniem, zapewniającym efekty zarówno ekonomiczne, realizacyjne, jak i eksploatacyjne. Ten typ konstrukcji zyskał szczególna popularność w okresie wzrostu popularności obiektów wysokich i nietypowych. Obiekty wysokie są z reguły konstrukcją szkieletową lub ścienną monolityczną, ewentualnie połączeniem tych dwóch rozwiązań. Jednymi z pierwszych obiektów, przy budowie których stosowano konstrukcje monolityczną były kominy i szyby w kopalniach.

Nowoczesne technologie monolityczne pozwalają zastosować przy realizacji ścian zewnętrznych specjalne deskowania, które pozwalają uzyskać zaprojektowaną wcześniej fakturę i formę architektoniczną. Konstrukcje monolityczne stosowane są również przy realizacji obiektów inżynierskich, takich jak wiadukty, mosty tunele, podziemne garaże, silosy itp. Przy tego typu konstrukcjach prawie zupełnie zrezygnowano z elementów prefabrykowanych i innych rozwiązań. Rozwiązania monolityczne stosuje się też przy realizacji cienkościennych konstrukcji powłokowych.

Duża popularność konstrukcji monolitycznych i szkieletowo-monolitycznych wynika z pewnych cech tego typu budownictwa, takich jak np.: uniwersalność rozwiązań, przestrzenna, efektywna praca konstrukcji, niska kapitałochłonność.

2. WYMOGI TECHNOLOGICZNE DLA BETONU W KONSTRUKCJACH MONOLITYCZNYCH

Na technologię betonowania składa się technologia produkcji mieszanki, transportu i układania betonu oraz pielęgnacja konstrukcji po zabetonowaniu. Sprawy doboru składników i ustalania receptury są regulowane przez obowiązujące normy oraz uzależnione od przeznaczenia mieszanki. W zależności od realizowanych rozwiązań konstrukcyjnych oraz od warunków realizacji różnego rodzaju wymagania technologiczne obejmują mieszankę betonową. W niektórych przypadkach zależy nam na przyspieszeniu wiązania, a w niektórych na opóźnieniu. Niekiedy mieszanka powinna być prawie płynna, a w niektórych przypadkach powinna być wykonana w oparciu o kruszywa drobne itd.

Produkcja mieszanki betonowej

Produkcja mieszanki betonowej, zazwyczaj także i jej dostawa, leżą w gestii producenta. On również odpowiada za kontrolę zgodności produktu z kryteriami odniesienia – w ramach obowiązku normowej kontroli produkcji (nadzór wewnątrzzakładowy).

Wykonawca robót i producent mieszanki betonowej winni wcześniej uzgodnić datę, godzinę oraz wielkość dostawy, a w razie potrzeby – również i wymogi dotyczące transportu na plac budowy w specjalnych uwarunkowaniach, z podaniem ewentualnych ograniczeń dla pojazdów samochodowych (np. skrajnie wozu, jego masa całkowita, wyposażenie w mieszalnik itp.), z zasygnalizowaniem konieczności zastosowania specjalnej metody podawania betonu (np. z użyciem pompy). Zamawiający może wcześniej określić specyficzne wymagania odnośnie właściwości mieszanki betonowej z uwzględnieniem wszystkich wymogów technologicznych.

Transport

Sposób transportu mieszanki do miejsca jej układania nie powinien spowodować segregacji składników, zmian składu mieszanki i jej zanieczyszczenia, zmiany temperatury mieszanki przekraczającej granice określone wymogami technologicznymi.

Do czynników mających istotny wpływ na przebieg transportu zaliczamy przede wszystkim: czas transportu i warunki atmosferyczne. Czas transportu powinien zapewnić dostarczenie do miejsca układania mieszanki betonowej o konsystencji takiej, jaka została przyjęta przy ustalaniu składu betonu.

Dopuszczalny czas transportu t_{tr}, uwzględniając czas rozpoczęcia wiązania cementu w mieszance betonowej, określa się wg wzoru:

$$t_{tr} = t_{ww} - (t_z + t_w + t_{prz} + t_{tw} + t_{wb}) \quad (1)$$

gdzie:

- t_{ww} – czas rozpoczęcia wiązania mieszanki betonowej określony od zarobienia wodą jej suchych składników,
- t_z – czas załadunku na jednostkę transportową,
- t_w – czas wyładunku,
- t_{prz} – czas przetrzymywania w zasobnikach i pojemnikach przejściowych,
- t_{tw} – czas transportu środkiem transportu wewnętrznego na budowie do miejsca wbudowania,
- t_{wb} – czas wbudowania – ułożenia i zagęszczenia mieszanki

Ponieważ podniesienie temperatury mieszanki ma istotny wpływ na przyspieszenie wiązania, zaleca się produkcję gorącej mieszanki w wytwórniach przyobiektowych, a do dalszego transportu nadają się jedynie mieszanki o temperaturze do 30°C. W niektórych przypadkach wskazana jest produkcja mieszanki chłodzonej. Na zasięg transportu, oprócz temperatury, istotny wpływ ma rodzaj stosowanego transportu, a przede wszystkim to czy umożliwia on mieszanie w czasie przewozu i oczekiwania na wyładunek.

Tabela 1. Wpływ temperatury mieszanki betonowej na czas i zasięg jej transportu (jednostka o pojemności 6 m^3)

Temperatura mieszanki betonowej, °C	Dopuszczalny czas przewozu, min.	
	Bez mieszania	Z mieszaniem
10 – 19	50	90
20 – 25	30	60
26 – 30	20	30

Źródło: ENV 13670-1

Ponadto w czasie transportu, mieszanka betonowa powinna być chroniona przed czynnikami środowiska zewnętrznego. Podczas opadów deszczu i śniegu zabezpieczamy ją przed dodatkowym napływem wody, a tym samym przed zmianą konsystencji. Pojemniki i skrzynie wywrotek zabezpieczamy specjalnym wodoodpornym przykryciem najczęściej wykonanym z brezentu albo z cienkich osłon blaszanych. Przy wysokiej temperaturze zewnętrznej chronimy ją przed odparowaniem wody, a w efekcie przed zmianą konsystencji i przyspieszeniem wiązania.

Układanie i pielęgnowanie mieszanki betonowej

W naszym klimacie największym problemem jest prowadzenie robót przy niskich temperaturach – poniżej 0°C. Jest wiele metod pozwalających na prowadzenie robót betonowych nawet do –10°C. Najpopularniejsze to stosowanie podgrzanej mieszanki betonowej, układanie mat w celu zapobieżenia utracie ciepła (rys. 1), wykorzystywanie elektronagrzewu oraz coraz popularniejsze stosowanie domieszek. Działanie mieszanek betonowych z domieszkami pozwalającymi na prowadzenie prac zimą polega na przyspieszeniu wiązania tak, aby beton osiągnął wymaganą wytrzymałość zanim zawarta w nim woda zamarznie. Dlatego też producenci betonu towarowego w zimie muszą uwzględniać produkcję podgrzewanej mieszanki oraz stosowanie odpowiednich domieszek.

Rys. 1. Elementy konstrukcji zabezpieczone folią i matami słomianymi*

Fig. 1. Construction elements protected with foil and straw mats

Zdarzają się przypadki, gdy zależy nam jednak na ochłodzeniu mieszanki. Dzieje się tak, gdy realizujemy budowę latem oraz przy realizacji konstrukcji masywnych o wysokim cieple hydratacji. Wówczas wytwarza się mieszankę wstępnie chłodzoną w wytwórni lub chłodzi się wykonywane elementy na budowie (np. poprzez zraszanie wodą powierzchni konstrukcji).

Przy wznoszeniu konstrukcji o bardzo skomplikowanej geometrii oraz przy dużej ilości zbrojenia wymagane jest stosowanie mieszanki betonowej o mniejszych ziarnach kruszywa. Stosowanie kruszywa grubego może powodować blokowanie w trakcie wypełniania form (rys. 2).

* Fotografie wykonane zostały przez autorkę

Rys. 2. Przykład niewłaściwego doboru parametrów mieszanki betonowej*

Fig. 2. An example of wrongly selected parameters of concrete mixture

Przy realizacji obiektów wysokich oraz konstrukcji inżynierskich o dużych obciążeniach stosuje się betony o podwyższonej wytrzymałości BWW. W przypadku realizacji dużych obiektów często stosuje się podajniki pneumatyczne. W takim przypadku mieszanka betonowa musi mieć odpowiednia konsystencję (rys. 3).

Rys. 3. Podawanie mieszanki betonowej pompą pneumatyczną*

Fig. 3. Pumping of concrete mixture

3. KONTROLA CZYNNOŚCI ZWIĄZANYCH Z REALIZACJĄ ROBÓT

Większość wad i usterek w konstrukcjach monolitycznych wynika z niedociągnięć i nieprzestrzegania zasad wykonywania czynności przygotowawczych, niewłaściwego układania i pielęgnowania mieszanki betonowej. W związku z tym procedury związane z wykonywaniem i kontrolą tych czynności reguluje przepis europejski ENV 13670-1 zwany również „prenormą". W zależności od tego, jaką wagę przypisuje się danemu elementowi w obrębie całej budowli, ewentualnie w związku z jego szczególną funkcją użytkową, a także stopniem komplikacji wykonawstwa – rozróżnia się 3 klasy kontroli. Na którąś z nich winna wskazać specyfikacja projektowa. Daną klasą kontroli można objąć całość monolitycznej konstrukcji budowlanej lub jej element, albo też pewien

* Fotografie wykonane zostały przez autorkę

wycinek materiałowo-technologiczny. Określono również minimalny okres pielęgnacji betonu dla różnych klas z uwzględnieniem temperatury powierzchni betonu. Prenorma poświęca dużo miejsca na określenie zakresu kontroli przygotowania produkcji betonu i jej przebiegu, określa obszar kontroli mieszanki betonowej, kontrolne sprawdzenie stanu przygotowania do robót betonowych, zakres kontroli układania i zagęszczania mieszanki betonowej oraz reżim kontroli pielęgnacji i ochrony świeżego betonu.

Tabela 2 pokazuje zakres kontroli przygotowań przed rozpoczęciem betonowania. Uwzględnia różny zakres czynności dla różnych klas kontroli. Tabela 3 przedstawia natomiast zakres czynności obejmujących pielęgnowanie betonu a tabela 4 zakres czynności kontrolnych obejmujących układanie i zagęszczanie mieszanki betonowej. Uwzględnia różne stadia: stadium planowania kontroli, kontrolę powierzchni deskowań, kontrolę powierzchni betonowanych. Przypisuje odpowiedni zakres czynności kontrolnych do różnych klas kontroli (zdefiniowanych wcześniej). Całość uzupełnia sprawdzian działań powykonawczych po zakończeniu robót betonowych, podzielony na etap planowania kontroli i etap jej realizacji.

Tabela 2. Sprawdzenie stanu przygotowań przed betonowaniem

<table>
<tr><th>Stadium</th><th>Klasa kontroli l</th><th>Klasa kontroli 2</th><th>Klasa kontroli 3</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Planowanie kontroli</td><td rowspan="2"></td><td></td><td>lista pracowników ekipy wykonawczej</td></tr>
<tr><td colspan="2">• wyniki betonowania próbnego, jeżeli przeprowadzono
• uzgodnienia odnośnie Kontroli Jakości
• plan kontroli
• lista wyposażenia do betonowania</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Kontrola</td><td>kontrola podstawowa</td><td>kontrola podstawowa i losowa</td><td>kontrola przed każdym betonowaniem</td></tr>
<tr><td>kontrola w przypadku wątpliwości</td><td colspan="2">a) stabilność stemplowania i deskowania
b) kontrola wzrokowa:
• zbrojenia wiążącego;
• szczelności deskowania;
• czystości deskowania;
• środka adhezyjnego i jego ilości;
• nasycenia deskowania;
• przerwy technologicznej;
• zaplanowanej kolejności;
• betonowania;
• dostępu;
• zaplanowanej dostawy;
• otuliny zbrojenia;
c) sprawdzenie wymiarów</td></tr>
</table>

Źródło: ENV 13670-1

Nowe, europejskie normy dotyczące betonu silniej wiążą jego systematykę z relacjami rynkowymi. Dlatego wyraźnie rysuje się podział kompetencji i odpowiedzialności za jakość betonu pomiędzy specyfikatora (projektanta), producenta, wykonawcę robót budowlanych oraz nadzorcę. Przypisane im role w procesie produkcji i stosowania betonu traktuje się jako równorzędne. Dużo miejsca poświęcają jakości robót oraz kontroli wszystkich czynności przygotowawczych i towarzyszących betonowaniu.

Tabela 3. Kontrola pielęgnacji i ochrony betonu

Stadium	Klasa kontroli l	Klasa kontroli 2	Klasa kontroli 3
Planowanie kontroli			obliczenie zmian temperatury i jej rozkładu zgodnie ze specyfikacją projektową
		• procedura ochrony przed wysychaniem i zamarzaniem • procedura kontroli temperatury • system monitorowania temperatury i dojrzałości	
Kontrola	kontrola podstawowa	kontrola podstawowa i losowa	kontrola każdego betonowania
		w zakresie • zabezpieczenia przed wysychaniem (z uwagi na dojrzałość betonu) • ochrony przed zamarzaniem • dopilnowania właściwego czasu demontażu deskowania (z uwagi na stan dojrzałości betonu) • różnic temperaturowych	

Źródło: ENV 13670-1

Tabela 4. Kontrola układania i zagęszczania mieszanki betonowej w ramach betonowania

Stadium	Klasa kontroli l	Klasa kontroli 2	Klasa kontroli 3
Planowanie kontroli			rysunek lub schemat betonowania
		instrukcje dla ekipy wykonawczej – co do: • prędkości układania • kolejności układania • grubości warstwy	
Kontrola betonowania powierzchni deskowanych	kontrola podstawowa	kontrola podstawowa i losowa	kontrola całego betonowania
		w zakresie: • warunków pogodowych • prędkości układania • kolejności układania • grubości warstwy • segregacji • konsystencji • liczby wibratorów wgłębnych • rozmiaru wibratorów wgłębnych • zasięgu i głębokości wpływu • powtórnego wpływu • wibratorów przyczepnych • wibratorów powierzchniowych • przemieszczenia betonu • ugięcia deskowania • umocowania zabetonowanych elementów	
Kontrola powierzchni swobodnych	kontrola podstawowa	kontrola podstawowa i losowa	kontrola całego betonowania
		w zakresie: • występowania mleczka cementowego na górnej pow. • ukształtowania warstwy powierzchniowej • czasu zakończenia zagęszczania • czasu zakończenia betonowania • ochrony powierzchni Sprawdzenie zgodności odchyłek kształtu ze specyfikacją projektową	

Źródło: ENV 13670-1

Określają zakres kompetencji i odpowiedzialności za wykonanie czynności związanych z transportem mieszanki betonowej, proces betonowania, pielęgnacji i ochrony wykonanych elementów do momentu osiągnięcia przez nie projektowanej wytrzymałości. Określają wyraźnie wymogi technologiczne (tab. 4).

4. PODSUMOWANIE

Beton jest podstawowym składnikiem konstrukcji monolitycznych. Od jego właściwości zależą parametry wytrzymałościowe i praca konstrukcji. Mieszanka betonowa musi być odpowiednio zaprojektowana, wykonana, dostarczona i wbudowana. Rozwój technologii betonu pozwala na wyprodukowanie mieszanki betonowej o bardzo różnorodnych właściwościach a coraz szerzej stosowane domieszki do betonu pozwalają kształtować cechy mieszanki betonowej i dopasowywać je do coraz bardziej różnorodnych potrzeb. Jednak nie tylko jakość mieszanki betonowej decyduje o końcowym efekcie. Przyczyną wielu wad i usterek konstrukcji monolitycznych jest niewłaściwy transport, złe przygotowanie i prowadzenie prac przy betonowaniu konstrukcji oraz nieprzestrzeganie zasad pielęgnacji świeżo związanego betonu.

Dlatego cały proces obejmujący wytwarzanie betonu oraz technologię robót betonowych znalazł swoje miejsce w wydawnictwach normowych krajowych oraz w normach europejskich z serii „eurokodów”.

LITERATURA

[1] Prenorma ENV 13670-1.
[2] Orłowski J., Szafranko E., 2006. Normy Europejskie a proces przygotowania i realizacji robót betonowych, kontrola przebiegu i przygotowania robót. Wrocław.
[3] Jamroży Z., 2005. Beton i jego technologie, PWN Warszawa.

WYMOGI TECHNOLOGICZNE DLA BETONU STOSOWANEGO W KONSTRUKCJACH MONOLITYCZNYCH

Streszczenie

Proces realizacji konstrukcji monolitycznych jest bardzo złożony. Składa się z wielu czynności przygotowawczych, od których zależy ostateczna jakość wykonanych robót. Są to między innymi: wytyczenie elementów betonowanych, ustawienie deskowania i zbrojenia oraz szereg czynności technologicznych związanych z układaniem mieszanki betonowej. Dostawa mieszanki betonowej w sposób zabezpieczający przed czynnikami atmosferycznymi i segregacją składników, układanie mieszanki betonowej wymaga wielkiej staranności. Istotna jest również właściwa pielęgnacja wiążącej konstrukcji uwzględniająca warunki atmosferyczne, oraz proces rozdeskowania.

TECHNOLOGICAL REQUIREMENTS FOR CONCRETE USING IN MONOLITHIC CONSTRUCTIONS

Abstract

Preliminary and realization process of concrete works is very complicated. It consist many activities, for example: control measurements, formworks, reinforcing, concrete tests, removal of forms, currying of concrete etc. All this activities are described in European Standards ENV 13670-1. It takes into considerate the control activities.

MARIA WESOŁOWSKA
ANNA KACZMAREK
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

ANALIZA CZYNNIKÓW DETERMINUJĄCYCH SKŁAD WYKWITÓW NA WSPÓŁCZESNYCH MURACH LICOWYCH

1. WSTĘP

Jednym z problemów dotyczących współczesnych murów licowych jest obniżenie ich estetyki spowodowane występowaniem wykwitów. Obok jakości wykonawstwa, jako główną przyczynę podaje się wykorzystywanie zapraw zawierających wapno [2]. Należy jednak zwrócić uwagę, że niezależnie od zastosowanych materiałów na większości nowych obiektów, w ciągu pierwszych lat ich funkcjonowania na murach pojawiają się wysolenia o różnej intensywności i składzie chemicznym.

Spotykana w literaturze definicja wykwitu, formułowana jako wydzielająca się z przesyconego roztworu solnego, na powierzchni materiału sól w postaci krystalicznej, nie oddaje w pełni występującego zjawiska. Obok soli, w murze znajdują się związki pochodzące z zapraw (głównie $Ca(OH)_2$), lub też z niewłaściwie zabezpieczonych wkładek stalowych. W obecności wody ulegają one rozpuszczeniu i przetransportowane na powierzchnię również obniżają estetykę muru, a pod wpływem związków pochodzących ze środowiska zewnętrznego ulegają dalszym przemianom.

W przypadku intensywnego procesu transportu ich obecność ujawnia się w postaci nacieków ze spoin, co daje możliwość jednoznacznego określenia związku odpowiedzialnego za wystąpienie wykwitu (rys. 1).

Jednak w sytuacji, gdy proces degradacji zaprawy jest znikomy, większość związków migruje przez ceramikę krystalizując na powierzchni w postaci mieszaniny soli i zasady w formie:

- nalotu (wykrystalizowanej w warstwie przypowierzchniowej niewielkiej ilość soli, powodującej przebarwienia materiału ceramicznego (rys. 2a)),
- osadu (warstwy soli wykrystalizowanej równomiernie na powierzchni materiału ceramicznego (rys. 2b)),
- nacieku (nagromadzonej na pęknięciach i szczelinach warstwy soli, gdzie woda z wnętrza migruje na powierzchnię materiału ceramicznego (rys. 2c)).

W tym przypadku jednoznaczna identyfikacja jest możliwa tylko poprzez dokładne badania chemiczne.

Rys. 1. Nacieki wodorotlenku wapnia pochodzące z zapraw
Fig. 1. Calcium hydroxide's weeping from mortars

Rys. 2. Formy wykwitów: a) nalot, b) osad, c) naciek
Fig. 2. Forms of efflorescence: a) salt deposit, b) salt bloom, c) salt weeping

2. CZYNNIKI WARUNKUJĄCE POWSTAWANIE WYKWITÓW

W zależności od źródła wilgoci na ceramice może pojawić się wykwit [2]:
– pierwotny, powstający w wyniku migracji związków chemicznych z materiału ceramicznego i ze świeżej zaprawy, związany z wysychaniem z wilgoci technologicznej,
– wtórny, powstający w wyniku penetracji muru przez wodę deszczową lub kondensacyjną.

Z chemicznego punktu widzenia powstanie pierwotnych jak i wtórnych wykwitów warunkowane jest tymi samymi reakcjami: karbonatyzacją, uwadnianiem i dehydratacją. W efekcie końcowym wykwit tworzą te same związki o różnym pochodzeniu.

Wykwity pierwotne

Ich powstanie będzie uwarunkowane obecnością związków rozpuszczalnych w wodzie, własnościami ceramiki (struktura wewnętrzna, własności powierzchni, kapilarność, dyfuzyjność) oraz ilością wprowadzonej wody technologicznej. W skład wykwitów pierwotnych mogą wchodzić związki pochodzące z materiału ceramicznego:

a) Siarczany powstające z:
   - węglanów wapniowych i magnezowych znajdujących się w surowcach ilastych, wchodzących w reakcję ze związkami siarki, zawartymi w surowcach podstawowych, pomocniczych, materiałach opałowych oraz wodzie zarobowej,

- utleniania pirytu w surowcu w okresie hałdowania i dołowania, reakcji pomiędzy tlenkami siarki i kwasem siarkowym a wyrobem wypalonym w piecu przemysłowym; powstaje biały, zbity osad, łatwo rozpuszczalny w wodzie,
- związków wanadu, zawartych w najdrobniejszych frakcjach gliny w ilościach nie przekraczających zwykle 0,2% [1]; w obecności wody ulega rozpuszczeniu zarówno tlenek wanadu jak i siarczan wanadu tworząc na powierzchni lica cegły wykwity ($VOSO_4$,) o zabarwieniu żółtym i zielonym [9].

b) Chlorki z wody i ze złóż materiałów ilastych zlokalizowanych w pobliżu wysadów solnych. Rozpuszczane przez wodę technologiczną migrują na powierzchnię i krystalizują w postaci szklistego nalotu koloru białego (NaCl, KCl, $CaCl_2$) lub, w przypadku obecności związków wanadu, żółtego i zielonego ($VOCl_2$).

c) Węglany – występujące w postaci ziaren, okruchów albo pyłu jako zanieczyszczenia złóż materiałów ilastych; składające się głównie z węglanu wapniowego, rzadziej magnezowego lub żelazowego. Traktowane jako szkodliwe w postaci aglomeratów ($CaCO_3$) [3]. W czasie wypalania $CaCO_3$ rozkłada się na tlenek wapnia. Po zetknięciu z wodą w gotowym materiale ceramicznym przechodzi w wodorotlenek wapnia, krystalizujący w postaci białego nalotu, który następnie reaguje w wilgotnym powietrzu z zawartym w nim CO_2, z utworzeniem białych osadów węglanu wapniowego.

$$CaCO_3 \xrightarrow{\text{temperatura}} CaO + CO_2 \quad (1)$$

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 \quad (2)$$

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O \quad (3)$$

Obok wyżej wymienionych występują również związki pochodzące ze świeżej zaprawy – jony Ca^{2+} i OH^-, transportowane są przez wilgoć resztkową na zewnątrz, gdzie w wyniku odparowania powstaje osad zasady wapniowej, która w wilgotnym powietrzu łączy się z CO_2 tworząc białe wykwity węglanu wapniowego.

Wykwity wtórne

Wykwity wtórne powstają w wyniku funkcjonowania muru licowego w określonym układzie ze środowiskiem. W wyniku oddziaływania czynników zewnętrznych mogą uaktywniać się związki pochodzące z materiału ceramicznego:

a) rozpuszczalne siarczany pochodzące z syntezy w gotowym wyrobie i z otoczenia:
   - z reakcji siarczanu wapniowego z tlenkami magnezu w czerepie, przy współudziale dwutlenku węgla z powietrza (w atmosferze przemysłowej, zasobnej w CO_2),
   - z reakcji pomiędzy zaprawą a składnikami czerepu stykającymi się bezpośrednio ze sobą.[7],
   - z pirytu niecałkowicie rozłożonego w procesie wypalania, który może ulegać dalszemu rozkładowi i utlenianiu w wyrobie ceglarskim, wypełniając jego mikrostrukturę tlenkami siarki. Z tlenków tych pod wpływem wilgoci tworzą się kwas siarkowy i siarkawy, które wchodzą w reakcję ze składnikami czerepu zawierające alkalia, dając z nimi odpowiednie siarczany.

b) tlenek manganu dodawany jako środek barwiący do ceramiki; w kontakcie z atmosferą przemysłową, w obecności wody, ulega rozpuszczeniu, a następnie krystalizuje na powierzchni lica cegły w postaci wykwitu (Mn_3O_4) o brązowym zabarwieniu.

Źródłami wykwitów wtórnych mogą być również:

a) związki pochodzące ze stwardniałych zapraw – dobrze rozpuszczalne sole wapnia i wodorotlenek wapnia, które po odparowaniu roztworu pozostawiają białe wykwity.
b) związki pochodzące z bezpośredniego kontaktu elementów murowych z wkładkami stalowymi.
c) związki pochodzące ze środowiska:
   - z wody gruntowej, która oprócz CO_2 i O_2 zawiera również sole $CaSO_4$, $Ca(HCO_3)_2$, $MgCl_2$, NaCl, KCl, K_2SO_4,
   - z gruntów położonych w sąsiedztwie budynków inwentarskich i oczyszczalni ścieków, zawierających głównie amoniak, który wchodząc w reakcje z wodorotlenkiem wapnia tworzy azotan wapnia $Ca(NO_3)_2$

$$Ca(OH)_2 + 2NH_3 + 4O_2 \rightarrow Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O \quad (4)$$

   - z gruntów antropogenicznych:
     – słonych, zawierających głównie NaCl i KCl,
     – pararędzin, zawierających nagromadzony w wyniku działalności człowieka węglan wapnia,
   - z wody deszczowej, szczególnie w atmosferze ośrodków przemysłowych,

3. INTENSYWNOŚĆ I SKŁAD CHEMICZNY WYKWITÓW

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji stwierdzono, że zarówno intensywność jak i skład chemiczny wykwitów będą zmieniać się w zależności od parametrów klimatu zewnętrznego. Analizując warunki przechodzenia do roztworów wybranych soli (tab. 3) w nawiązaniu do warunków cieplno-wilgotnościowych TRM i WPRO (tab. 4) można zauważyć, że część soli (głównie azotany i chlorki) będzie funkcjonować jako faza ciekła w warstwie przypowierzchniowej muru. Czynnikiem determinującym jest również rozpuszczalność soli. W narażonym na działanie wody deszczowej murze licowym wykrystalizowane sole przechodzą do roztworu według kolejności ich rozpuszczalności (tab. 1), wnikając w głąb muru. Z kolei, przy wysychaniu, jako pierwsze krystalizują sole najtrudniej rozpuszczalne np. węglan wapnia.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki analizy składu chemicznego wykwitów, pobranych z powierzchni licowych murów narażonych na różne oddziaływania środowiska zewnętrznego. Badania przeprowadzono w grudniu 2006 roku charakteryzującym dużą wilgotnością powietrza i sumą opadów. Przy analizie ilościowej soli przyjęto metodykę przygotowania próbek jak dla oznaczenia rozpuszczalnych soli w betonie [11]. Oznaczenie chlorków wykonano metodą merkurymetryczną, siarczanów – fotokolorymetrycznie na fotometrze Slandi LF204. Otrzymane wyniki są potwierdzeniem wpływu opisanych wcześniej czynników na skład wykwitów. Charakterystycznym przykładem jest obiekt nr 4 (tab. 4), który zlokalizowany w zanieczyszczonej atmosferze, w kontakcie z gruntami antropogenicznie słonymi, w pobranym wykwicie wykazuje znikome ilości jonów Cl^- i SO_4^{-2} duże niższe w stosunku do obiektów nie narażonych na ekspozycję tych soli ze środowiska.

Tabela 1. Rozpuszczalność związków tworzących wykwity

Aniony	Kationy							
	Na^+	K^+	V^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Mn^{2+}
Cl^-								
O								
NO_3								
CO_3^{2-}								
SO_4^{2-}								

Przyjęte oznaczenia:

bardzo słabo rozpuszczalny; słabo rozpuszczalny; dobrze rozpuszczalny; bardzo dobrze rozpuszczalny

Tabela 2. Charakterystyka zebranych próbek wykwitów współczesnych obiektów budowlanych (grudzień 2006 r.) z obszaru woj. kujawsko-pomorskiego

	Charakterystyka muru licowego	pH	Zawartość jonów [%]		
			SO_4^{-2}	NO_3^-	Cl^-
1		Mur ogrodzeniowy z prawidłowym zwieńczeniem i poprawnie wykonanym zabezpieczeniem przeciwwilgociowym, nie narażony na działanie atmosfery przemysłowej			
		8,39	0,689	0,0068	0,068
2		Mur ogrzewanego budynku, z widoczną poziomą izolacją przeciwwilgociową na ścianach piwnicy, nie narażony na działanie atmosfery przemysłowej			
		7,87	3,161	0,0063	0,0764

cd. tabeli 2

Charakterystyka muru licowego		pH	Zawartość jonów [%]		
			SO_4^{-2}	NO_3^-	Cl^-
3		Mur ogrodzeniowy z prawidłowym zwieńczeniem i poprawnie wykonanym zabezpieczeniem przeciwwilgociowym, narażony na kontakt z wodą zasoloną chlorkami			
		7,84	2,034	brak	0,5644
4		Mur zlokalizowany przy drodze o dużym natężeniu ruchu, w kontakcie z gruntem antropogenicznie słonym			
		8,63	0,021	0,00017	0,0117

Tabela 3. Progowa wilgotność względna przechodzenia do roztworu wybranych soli [6,12]

Wybrane sole	Punkt przechodzenia do roztworu – wilgotność względna powietrza, %
Azotan wapnia $Ca(NO)_3 \cdot 4H_2O$	53
Azotan sodu $NaNO_3$	74
Chlorek sodu $NaCl$	75
Chlorek potasu KCl	84
Siarczan sodu Na_2SO_4	84
Siarczan magnezu $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	88
Siarczan wapnia gips $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	≈100

Tabela 4. Średnie wartości miesięczne wybranych parametrów klimatu Warszawy dla WPRO (1980 r.) [8]

Miesiąc	Temperatura powietrza, °C	Wilgotność względna, %
I	–5,9	88
II	–1,8	91
III	–0,4	79
IV	6,6	77
V	9,9	67
VI	15,6	81
VII	16,6	84
VIII	16,5	80
IX	12,6	85
X	8,4	87
XI	1,5	84
XII	–0,4	90

5. PODSUMOWANIE

Identyfikacja składu chemicznego wykwitu na podstawie materiału pobranego z lica ceramiki będzie obarczona błędem zależnym od okresu pobrania próbek. Występujące na powierzchni rozpuszczalne sole mineralne będą uaktywniać się w zależności od warunków wilgotnościowych muru. Najbardziej trwałe produkty związków migrujących z zapraw: siarczan i etringit widoczne są cały sezon. Pozostałe, ulegające okresowym przemianom związanym z wilgotnością powietrza lub opadami, będą zanikały z wykwitu przechodząc do wnętrza muru lub też zostaną wypłukane przez wodę deszczową [5]. W związku z tym do przeprowadzenia analizy chemicznej należałoby pobierać wykwit łącznie z warstwą przypowierzchniową ceramiki.

LITERATURA

[1] Awgustnik A.J., 1980. Ceramika Warszawa, s. 57.
[2] Bensted J., 2001. The chemistry of efflorescence, Cement Wapno Beton 4, s. 133-142.
[3] Stefańczyk B., 2005. Budownictwo Ogólne, t.1. Materiały i wyroby budowlane. Praca zbiorowa. Arkady Warszawa.
[4] Klemm P., 2005. Budownictwo Ogólne, t.2. Fizyka budowli. Praca zbiorowa. Arkady Warszawa.
[5] Collepardi M., Collepardi S., Troli R.: Salt Weathering of Masonry Walls The Venice Experience.
[6] Kozłowski R., 1996. Sole w murach – zawilgocenie higroskopijne. Materiały Budowlane 6.
[7] Tokarski Z., Wolfke S., 1969. Korozja ceramicznych materiałów budowlanych. Arkady Warszawa.
[8] Gawin D., Kossecka E., 2002. Typowy rok meteorologiczny do symulacji wymiany ciepła i masy w budynkach. Łódź.
[9] Rain Resistant Masonry Construction The Efflorescence Phenomenon The Norwest Masonry Guide.

[10] Weber H., 1988. Mauerfeuchtigkeit Ursachen und GegenmaBnahmen expert verlag.
[11] Wytyczne badania konstrukcji kablobetonowych w obiektach eksploatowanych. Instrukcja ITB 125, 1972.
[12] PN – EN ISO 12571 Cieplno-wilgotnościowe właściwości materiałów i wyrobów budowlanych. Określenie właściwości sorpcyjnych.

ANALIZA CZYNNIKÓW DETERMINUJĄCYCH SKŁAD WYKWITÓW NA WSPÓŁCZESNYCH MURACH LICOWYCH

Streszczenie

W artykule podjęto próbę usystematyzowania czynników decydujących o powstaniu wykwitów na współczesnej ceramice. Stwierdzono ścisłą zależność składu chemicznego od środowiska zewnętrznego muru.

THE ANALYSIS OF AGENTS DETERMINING THE COMPOSITION OF EFFLORENSCENCES ON PRESENT FACING WALLS

Abstract

The test of systematizing the decisive about rise of effloresсence on present ceramics factors in article was undertaken. The dependence of chemical composition was affirmed exact from environment of external wall.

MAREK WYSOCKI
Politechnika Gdańska

STANDARDY PROJEKTOWE W ZAKRESIE DOSTOSOWANIA OBIEKTÓW DO POTRZEB OSÓB NIEPEŁNOSPRAWNYCH I STARSZYCH

1. WSTĘP

Wszystkie budynki użyteczności publicznej modernizowane bądź budowane od nowa wymagają według Prawa Budowlanego [13], obowiązującego od 1995 roku, aby były dostosowane do wymagań osób niepełnosprawnych, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb osób poruszających się na wózkach inwalidzkich. W 2004 roku wprowadzono również zapis mówiący o tym, że w budynkach mieszkaniowych wielorodzinnych mieszkania na parterze powinny być dostępne dla osób poruszających się na wózkach. Wprawdzie prawo nakazuje spełnianie tych warunków, niektórzy inwestorzy i projektanci próbują obejść te przepisy. Wynika to z jednej strony z nieprecyzyjnych zapisów w Prawie Budowlanym, a z drugiej chęci ograniczenia kosztów inwestycji.

Projektanci dość dowolnie interpretują zapis Ustawy Prawo budowlane – Art. 5 pkt 4[1], który wymaga zapewnienia niezbędnych warunków do korzystania z obiektów przez osoby niepełnosprawne – niestety nie precyzując o jakie wymagania i jakich zakresów niepełnosprawności dotyczą. Dochodzi do tego, że inspektorzy Nadzoru Budowlanego przy odbiorze obiektu sprawdzają jedynie, czy minimalne warunki zostały spełnione – i jeśli tak, wydają zezwolenie na użytkowanie obiektu. Staje się więc celowe, aby zostały opracowane obligatoryjne standardy, które wymuszą na inwestorach i projektantach wykonywanie takich obiektów, które będą dostępne dla wszystkich użytkowników, o różnym stopniu dysfunkcji ruchowych i poznawczych.

2. STANDARDY PRAWNE PROJEKTOWANIA DLA OSÓB NIEPEŁNOSPRAWNYCH I STARSZYCH

Coraz większa liczba osób niepełnosprawnych i zwiększająca się populacja osób starszych[2] wymaga uwzględnienia potrzeb tych grup społecznych w prawodawstwie

---

[1] Prawo Budowlane, które obowiązuje od 1995 roku wymaga, aby zapewnić niezbędne warunki do korzystania z obiektów użyteczności publicznej i mieszkaniowego budownictwa wielorodzinnego przez osoby niepełnosprawne, w szczególności poruszające się na wózkach inwalidzkich (...) Art. 5 pkt 4 Ustawy Prawo Budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity – Dz. U. z 2006 r. Nr 156, poz. 1118) [13].

[2] Wg Narodowego Spisu Powszechnego z 2002 roku ok. 5,5 mln obywateli w Polsce to osoby uznane za niepełnosprawne, w tym 3,8 mln osób ma problemy w poruszaniu się. Zwiększa się również odsetek ludzi w wieku 60 lat i więcej, w 2002 roku ten odsetek wynosił 17%, prognozy przewidują, że 2020 roku ten odsetek będzie wynosić ponad 20%. (źródło: GUS, http://www.stat.gov.pl) [17].

krajowym i międzynarodowym, w tym również w dostępie do środowiska przestrzennego. W 1993 roku Organizacja Narodów Zjednoczonych przyjęła Standardowe Zasady Wyrównywania Szans Osób Niepełnosprawnych [19], które wskazują kierunki polityki państw wobec osób niepełnosprawnych. Również w Polsce zarówno Konstytucja RP, jak uchwalona w 1997 roku Karta Praw Osób Niepełnosprawnych [12] określa prawo do niezależnego i samodzielnego życia i funkcjonowania w społeczeństwie. Obecne sposób postrzegania niepełnosprawności odchodzi od wcześniejszego modelu medycznego na rzecz modelu społecznego. Prowadzi to do postrzegania osób niepełnosprawnych jako pełnoprawnych członków społeczności, a nie jedynie pacjenta służby zdrowia bądź podopiecznego instytucji charytatywnych. Wszelkie działania w zakresie polityki wobec osób niepełnosprawnych mają przeciwdziałać dyskryminacji i wykluczeniu społecznemu. Bardzo wyraźnie nowe podejście do niepełnosprawności zasygnalizowane zostało w Deklaracji Madryckiej, dokumencie przyjętym w 2002 roku na Europejskim Kongresie na rzecz Osób Niepełnosprawnych[3] .

Stworzenie społeczeństwa równych szans[4], które polega na tym, że wszyscy mają równe prawa i obowiązki a tych, którzy są dyskryminowani poprzez nieprzyjazne środowisko przestrzenne wspiera się poprzez tworzenie dostępnego im otoczenia. W tym celu propaguje się idee i standardy projektowania przyjaznego, który w krajach anglosaskich nazywany jest „Projektowaniem Uniwersalnym”[5], a w Europie przyjęto określenie „Projektowanie dla wszystkich” (*ang. Design for all*) [1]. Standardy te mają za zadanie projektowanie środowiska człowieka, tak aby było dostępne dla wszystkich użytkowników, bez względu na ich ograniczenia w poruszaniu i postrzeganiu przestrzeni.

3. STANDARDY PROJEKTOWANIA DLA WSZYSTKICH

Przy projektowaniu nowych i modernizacji starych obiektów należy dążyć do tego, aby osoby niepełnosprawne na równi z pełnosprawnymi mogły z nich korzystać bez żadnych ograniczeń. Samodzielność fizyczna i psychiczna osób niepełnosprawnych zwiększa szanse na ich integrację w społeczeństwie. Im bardziej osoba niepełnosprawna może poruszać się samodzielnie, tym bardziej jest niezależna od innych i łatwiej zostaje zaakceptowana przez środowisko.

Historyczne wzorce użytkownika, człowieka dla którego projektuje się budynki i ich otoczenie, propagowane w minionych wiekach m. in. przez Witrywiusza, Leonarda da Vinci[6] czy Le Corbusiera, zastępowane są ideą projektowania, uwzględniającego różnorodność wszystkich użytkowników. Istotą współczesnego projektowania jest poznanie odbiorcy, tak aby przestrzeń kształtowana była z myślą o potrzebach wszystkich

---

[3] Deklaracja Madrycka, Europejski Kongres na rzecz Osób Niepełnosprawnych, Madryt 20-24 marca 2002 r. [w:] Społeczeństwo Równych Szans – Tendencje i kierunki zmian, pod redakcją Danuty Gorajewskiej, Stowarzyszenie Przyjaciół Integracji, Warszawa 2005, s. 41 [11].

[4] Rok 2007 jest ogłoszony przez Komisję Europejską – Europejskim Rokiem Równych Szans dla Wszystkich.

[5] Projektowanie Uniwersalne dotyczy projektowania, w którym uwzględnia się potrzeby wszystkich ludzi – użytkowników otoczenia, niezależnie od ich możliwości fizycznych i psychicznych..., [w:] Kuryłowicz E., Projektowanie uniwersalne – Udostępnianie otoczenia osobom niepełnosprawnym, Stowarzyszenie Przyjaciół Integracji, Warszawa 2005 r., s. 13 [3].

[6] Homo quadratus według Witrywiusza – studia proporcji człowieka [w:] Ernst Ullmann, Leonardo da Vinci, Arkady, Warszawa 1984, s. 93 [6].

ludzi, zarówno sprawnych (mieszczących się w kanonach wzorca ergonomicznego), jak i osób, które mają trudności w poruszaniu się, ze szczególnym zwróceniem uwagi na osoby poruszające się na wózkach inwalidzkich, osoby niewidome czy słabo widzące. Projektowanie z myślą o wszystkich użytkownikach jest podstawową powinnością architekta, gdyż poprzez dobre rozwiązania projektowe można zapewnić samodzielność i bezpieczeństwo szerokiemu gronu odbiorców.

Ważnym elementem dostosowania zurbanizowanej przestrzeni do potrzeb osób, mających trudności w poruszaniu się jest likwidacja istniejących barier przestrzennych. Badania dostępności budynków ukazują, że pomimo obowiązującego Prawa Budowlanego wiele budynków jest jeszcze nieprzystosowanych do potrzeb osób niepełnosprawnych. Opublikowane w 2001 roku wyniki badań dostępności obiektów użyteczności publicznej w województwie mazowieckim ukazują, że tylko nieco ponad 7% budynków jest w pełni dostosowanych[7]. Niestety dostosowanie obiektów użyteczności publicznej sprawdzane jest często wyłącznie pod kątem osób poruszających się na wózkach inwalidzkich, a nie bierze się pod uwagę osób niewidomych czy słabowidzących, a już całkowicie pomija się osoby głuchonieme. Przyczyną tego stanu jest brak wyczulenia projektantów, wykonawców oraz inwestorów na potrzeby różnych grup osób, które mają problemy w poruszaniu i nie są w pełni mobilne. Nie wystarczy spełnić tylko minima wynikające z Prawa Budowlanego, ale również należy zadbać o dostępność, która będzie służyła integracji osób niepełnosprawnych.

Standardy projektowania dla wszystkich powinny objąć:

- dostosowanie ciągów komunikacyjnych na dojściu do budynku,
- dostosowanie głównego wejścia do budynku,
- komunikację poziomą i pionową w budynku,
- dostosowanie pomieszczeń sanitarnych,
- zapewnienie odpowiedniej informacji wizualnej i głosowej w zależności od rangi i rodzaju obiektu.

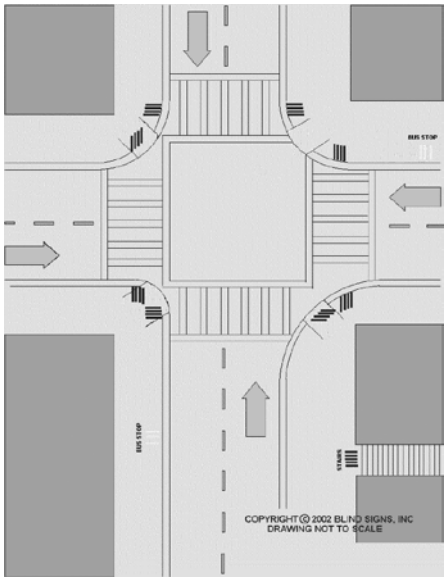
Ciągi komunikacyjne w mieście

Duże znaczenie dla poruszania się osób z ograniczeniami ruchowymi i takimi, które mają trudności w postrzeganiu przestrzeni jest odpowiednie przygotowanie ciągów komunikacyjnych. Należy zwrócić uwagę na drogę, jaką ma pokonać osoba od przystanku komunikacji zbiorowej do wejścia do budynku. Odpowiednie oznakowanie i wykonanie ciągów komunikacyjnych musi gwarantować bezpieczne dotarcie do budynku. Szczególne znaczenie ma tutaj odpowiednie przygotowanie ciągów komunikacyjnych dla osób niewidomych. Obniżanie krawężników na skrzyżowaniach, które dobrze służą osobom poruszającym się na wózkach może być zagrożeniem dla osoby niewidomej, która może nie znaleźć granicy pomiędzy chodnikiem a ulicą. Zapobiec temu można stosując odpowiednią informację fakturową. Jeszcze rzadko w polskich miastach spotyka się w pełni bezpieczne, odpowiednio oznakowane skrzyżowania.

Ułatwieniem dla niewidomych jest stosowanie na chodnikach pasów o innej fakturze i kolorystyce szerokości ok. 0,5 m, które powinny być wolne od przeszkód (rys. 1).

[7] Badania dostępności budynków użyteczności publicznej wykonane były przez Mazowieckie Centrum Polityki Społecznej i ukazały ogrom zaniedbań w zakresie dostosowania przestrzeni. Tylko 7,2% obiektów użyteczności publicznej w województwie mazowieckim (wyłączając z tego powiat warszawski, który nie brał udziału w tym badaniu) było dostosowane w pełni do potrzeb osób niepełnosprawnych, a 15,2% było dostępnych tylko w części [16].

Zadaniem pasów jest kierowanie niewidomego do bezpiecznych miejsc pokonywania przeszkód. W niektórych miastach europejskich wymogiem staje się stosowanie komunikacyjnych pasów fakturowych na głównych ciągach pieszych. Interesującym rozwinięciem informacji fakturowej jest system Blind Sings, zaprojektowany i opatentowany przez Kevina Stocktona, który polega na zastosowaniu odpowiedniej ilości równoległych wypukłych pasów ustawionych przed przeszkodą. Cztery czerwone pasy informują o przejściu dla pieszych, pięć o zbliżaniu się do schodów, a trzy w kolorze żółtym o miejscu zatrzymania się autobusu [20].



Rys. 1. Sposób rozmieszczenia informacji fakturowej na ciągach pieszych [20]

Fig. 1. Arrangement of invoice information in traffic arteries [20]

Innym problemem w naszych miastach są źle zlokalizowane i nie dostosowane miejsca postojowe dla osób niepełnosprawnych. Miejsca te często lokalizowane są z dala od głównego wejścia do budynku i nie posiadają odpowiednich wymiarów[8]. Służby miejskie ustawiają jedynie odpowiedni znak i malują „kopertę", nie zwracając uwagi na dostępność (rys. 2). Standardem powinno być sytuowanie w pełni wymiarowych miejsc postojowych dla osób niepełnosprawnych w najbliższej odległości do wejścia głównego budynku oraz obniżenie krawężnika, tak aby osoba niepełnosprawna mogła przedostać się na chodnik bez konieczności poruszania się po jezdni.

[8] Podstawowy wymiar miejsca postojowego w układzie prostopadłym do osi jezdni wynosi minimum 3,6 x 5,0 m, a przy układzie równoległym minimum 3,6 x 6,0 m, § 21.1. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U.02.75.690**)** [14].

Rys. 2. Miejsce postojowe odpowiednio oznakowane, ale nie spełniające standardów dostępności dla niepełnosprawnych. Zdjęcie wykonane w Gdyni podczas warsztatów studenckich „Miasta bez barier" (fot. A. Bąk)

Fig. 2. Well-marked parking place, however not available for the disabled as it does not comply with the standards. Picture taken in Gdynia during students' workshops "a city without barriers" (photo by A. Bąk)

Dostosowanie głównego wejścia do budynku

Standardem w projektowaniu dla wszystkich jest dostosowanie głównego wejścia do budynku zgodnie z potrzebami osób o ograniczonej mobilności. Niestety wielu projektantów zapis w Prawie Budowlanym nakazującym dostosowanie budynku do potrzeb osób niepełnosprawnych interpretuje tak, że wystarczy dostosować dowolne wejście do obiektu. I tak pozwolenia na budowę dostają obiekty, gdzie dostępność rozwiązana jest np. poprzez halę garażową lub wejściem od strony podwórza. Takie rozwiązania w Stanach Zjednoczonych i Wielkiej Brytanii uznawane są za dyskryminujące osoby niepełnosprawne i są niezgodne z prawem.

Dostępność głównego wejścia wiąże się często z koniecznością pokonania odpowiedniej wysokości, aby dostać się na poziom parteru. I również w tym przypadku pojawiają się często pochylnie o nieodpowiednim spadku, który dla długich pochylni niezadaszonych powinien wynosić 6%[9]. Celowym staje się, aby standardem były wejścia do budynków lokalizowane na poziomie terenu. W ten sposób można ograniczyć zapotrzebowanie na miejsce pod pochylnię. w wielu przypadkach pochylnia zmniejsza szerokość chodnika i staje się przeszkodą dla innych użytkowników. Zapisy o dostosowaniu obiektów użyteczności publicznej powinny pojawić się w planach zagospodarowania przestrzennego, gdyż przy jakiejkolwiek modernizacji ciągów komunikacyjnych dochodzi do „konfliktu interesów" pomiędzy zarządem dróg a właścicielami budynków przy modernizowanym ciągu. Często pozostawia się pięciocentymetrowe progi, które stają się barierą nie do pokonania dla osób poruszających się na wózkach i niebezpieczną „pułapką" dla sprawnych użytkowników przestrzeni (rys. 3).

[9] § 70. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U.02.75.690).

Rys. 3. Progi, które mają wysokość większą niż 2 cm są barierą architektoniczną dla osób poruszających się na wózkach (fot. P. Folwarski)

Fig. 3. Doorsteps higher than 2 cm what makes them a barrier for those in wheelchairs (photo by P. Folwarski)

Warto również przytoczyć nagminnie stosowane w budynkach wielorodzinnych domofonów z klawiaturą sensoryczną, z której to nie mogą skorzystać osoby niewidome. Zamiast takiej klawiatury powinna być montowana klawiatura przyciskowa uniemożliwiająca przypadkowe naciśnięcie klawisza, posiadająca czytelne oznaczenie klawisza środkowego, jak ma to miejsce w wielu telefonach (rys. 4).

Rys. 4. Domofony z przyciskami sensorycznymi nie spełniają wymogów dostępności (fot. autor)

Fig. 4. Doorbells with sensory buttons are not available for the disabled (photo by the author)

Komunikacja pozioma i pionowa w budynkach

Odpowiednio dostosowana komunikacja wewnątrz budynku powinna zapewnić bezpieczne poruszanie się osobom niepełnosprawnym. Bezpieczeństwo powinno być zagwarantowane zarówno podczas wchodzenia i poruszania się w obiekcie, jak również ewakuacji na wypadek pożaru. Posadzka i schody powinny mieć powierzchnię antypoślizgową i czytelne oznaczenie pierwszego i ostatniego stopnia schodów[10]. W wielu budynkach wielorodzinnych, aby dostać się na poziom parteru należy pokonać kilka stopni, pomimo tego że w rozporządzeniu wymaga się, aby mieszkania na parterze były dostępne z poziomu terenu[11].

Szerokość korytarzy w budynkach wielorodzinnych jest określona na minimum 1,2 m i jest to szerokość zbyt mała, aby osoba na wózku mogła swobodnie zawrócić. Wielu deweloperów w celu pozyskania jak największej powierzchni użytkowej mieszkań stosuje minimalne wymiary nawet przy bardzo długich korytarzach. Staje się to dużym utrudnieniem dla osoby poruszającej się na wózku inwalidzkim, która nie może wykonać pełnego obrotu. Odpowiednia szerokość korytarza (min 1,5 m) i minimalne pole manewru przed drzwiami powinno być standardem, który zapewni, że osoba na wózku nie tylko będzie mogła wybierać różne oferty przy zakupie mieszkania, ale również, gdy w wyniku wypadku lub choroby będzie musiała poruszać się na wózku inwalidzkim, nie będzie miała utrudnionego wejścia lub wyjścia z mieszkania. W przepisach brakuje również zapisów o konieczności zapewnienia przestrzeni szerokości 70 cm od strony otwieranych drzwi, aby osoba na wózku mogła swobodnie je otworzyć.

Przy planowaniu komunikacji pionowej przy użyciu dźwigów osobowych należy również stosować zasady „Projektowania dla Wszystkich". w tym przypadku standardem powinna być powszechna dostępność, czyli odpowiednie wymiary (min. na wjazd jednej osoby na wózku z opiekunem), otwierane automatycznie drzwi i czytelny system informacji dostosowany również dla osób niewidomych (oznaczenia w brajlu i systemy głośnomówiące) i głuchych (czytelna informacja wizualna). Dodatkowym wyposażeniom powinno być rozkładane siedzisko dla osób starszych i lustro naprzeciw drzwi, tak aby osoba na wózku mogła obserwować wyjazd i wyjechać z windy tyłem.

Dostosowanie pomieszczeń sanitarnych

W przypadku dostosowania przestrzeni pomieszczeń sanitarnych należy zwrócić uwagę na możliwość zrobienia pełnego obrotu wózkiem inwalidzkim z możliwością bocznego ustawienia wózka wzdłuż miski ustępowej. Toaleta powinna być zaopatrzona w odpowiednie uchwyty i poręcze umożliwiające osobie niepełnosprawnej przesiadanie się z wózka. Wyposażeniem standardowym powinna być umywalka bezsyfonowa i uchylne lustro. W budynkach użyteczności publicznej dodatkowo powinien być umieszczony przycisk alarmowy w zasięgu ręki osoby siedzącej na sedesie [3].

Toalety w nowo powstających budynkach użyteczności publicznej są generalnie przystosowane do potrzeb osób niepełnosprawnych, gdyż wymaga tego Prawo Budowlane. Inaczej jest w przypadku toalet w mieszkaniach w budynkach wielorodzinnych. Tutaj ustawodawca zadbał jedynie o konieczność zachowania minimalnej szerokości w świetle ościeżnicy drzwi łazienkowych[12] [14]. Do standardów projektowych wynika-

[10] §71 ust 4. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r. [15]
[11] §16 ust 1. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. [14]
[12] §79 ust 1. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. [14]

jących z idei projektowania dla wszystkich należałoby wprowadzić obligatoryjny zapis dotyczący minimalnych wymiarów łazienek mieszkalnych. Zapis ten miałby służyć ograniczeniu nakładów finansowych na modernizację mieszkania (przestawianie ścianek wewnętrznych w celu powiększenia pomieszczenia łazienki) w przypadku, gdy osoba mieszkająca w danym lokalu będzie zmuszona do poruszania się na wózku inwalidzkim. Takie zapisy obowiązują w Szwecji, gdzie samorząd lokalny musi pokryć koszty dostosowania mieszkania do potrzeb osoby niepełnosprawnej – mieszkańca miejscowości. Wydaje się celowym, aby przy projektowaniu łazienek w nowych budynkach projektant przedstawił koncepcję możliwości adaptacji łazienki do potrzeb osób niepełnosprawnych, bez konieczności zmiany układu ścian działowych.

Informacja w obiektach użyteczności publicznej

Samodzielność i bezpieczeństwo poruszania się osoby, która nie jest w pełni mobilna zależy od jej możliwości pozyskiwania i przetworzenia informacji o zagrożeniach oraz od tego ile barier architektonicznych i komunikacyjnych pojawi się na jej drodze. Przekaz informacyjny w większości przypadków nastawiony jest na kanał wzrokowy. Informacje o dostępności obiektu podają naklejane na drzwi ikony, które niestety nie są odbierane przez osoby niewidome czy słabo widzące. Tym osobom należy więc dać możliwość pozyskania informacji poprzez słuch lub dotyk. Dostępność oparta tylko na wizualnym odbiorze przestrzeni sprawia, że osoby niewidome i z ograniczonym polem widzenia tracą poczucie bezpieczeństwa [7].

Stąd istotnym czynnikiem poprawiającym dostępność budynków jest pozyskanie informacji przez osoby o różnym sposobie postrzegania przestrzeni. Grupy osób niepełnosprawnych, szczególnie osoby niewidome domagają się, aby oznaczenia i napisy w budynkach były również wykonywane w brajlu lub pisane pismem wypukłym. Wszelkiego rodzaju tablice informacyjne, szyldy, numery pokoi powinny być czytelne także dla osób słabowidzących oraz znajdować się na odpowiedniej wysokości dla osób niskich i poruszających się na wózkach. Standardem w obiektach administracji oraz w obiektach komunikacyjnych takich jak lotniska czy dworce kolejowe lub autobusowe, powinno być stosowanie pętli indyktofonicznych, które wzmacniają przekaz dźwiękowy dla osób słabosłyszących.

W pozyskiwaniu informacji przez osoby słabo widzące i niewidome mogą być pomocne indywidualne odbiorniki informacji dźwiękowej oparte na technologii fal radiowych i podczerwonych. Informacja wysyłana z nadajników umieszczonych nad wejściami do budynków lub wewnątrz nad drzwiami poszczególnych pokoi biurowych jest słyszalna tylko przez osobę niewidomą, która znajdzie się w zasięgu fali, a odbiornik promieniowania podczerwonego, w który jest wyposażony niewidomy, pozwala na znalezienie kierunku w jakim ma się poruszać. Nadajniki montowane są nad wejściami do budynków użyteczności publicznej, sklepów, restauracji, przystanków autobusowych itp. Te „Mówiące Znaki" (*ang. Talking Sings*) montowane są także wewnątrz budynków: na dworcach kolejowych i lotniskach, w muzeach i urzędach. Najwięcej nadajników zamontowanych jest w San Francisco (ok. 1000), ale nadajniki montowane są również w innych miastach Stanów Zjednoczonych, także w Tokio i niektórych stolicach europejskich. „Mówiące Znaki" ułatwiają osobie niewidomej uzyskanie informacji o miejscu w którym przebywa. System „Mówiących Znaków" może być w przyszłości wykorzystywany przez turystów poruszających się po nieznanym sobie mieście [6]. Przekazywane informacje dotyczące mijanych obiektów, pozwalają na swobodne

i niezależne zwiedzanie miasta. Podobne rozwiązania stosowane są już w niektórych muzeach na świecie. Technologia ta opracowana w Stanach Zjednoczonych w Smith-Kettlewell Eye Research Institute w San Francisco wykorzystywana jest do przekazu informacji o ważnych dla niewidomego miejscach [18].

4. PODSUMOWANIE

Stworzenie przestrzeni przyjaznej wszystkim użytkownikom zależy od wdrażania odpowiednich standardów projektowych opartych na zasadach projektowania dla wszystkich oraz od budzenia świadomości i wiedzy projektantów, architektów i innych decydentów. Realizowane na Wydziale Architektury Politechniki Gdańskiej warsztaty „Miasta bez Barier" służą uwrażliwieniu projektantów i społeczności lokalnych na potrzeby osób z ograniczeniami ruchowymi [9]. Celowe staje się również wypracowanie odpowiednich standardów nauczania, aby projektanci mieli świadomość swojej roli w kreowaniu środowiska przyjaznego wszystkim użytkownikom. Projektowanie z myślą o wszystkich powinno być podstawową powinnością architekta, która ma sprzyjać rozwojowi społeczeństwa obywatelskiego, w którym każdy jest pełnoprawnym użytkownikiem przestrzeni.

LITERATURA

[1] Jansen C.L., Kofoed L.B., 2003. Desing for All. Publikacja w ramach projektu badawczego AAoutils, ANLH Bruksela.
[2] Jaranowska K., 1996. Osoby niepełnosprawne w środowisku miejskim, COBO--Profil sp. z o.o. Warszawa.
[3] Kuryłowicz E., 2005. Projektowanie uniwersalne – udostępnianie otoczenia osobom niepełnosprawnym, wyd. 2. Stowarzyszenie Przyjaciół Integracji Warszawa.
[4] Michniewicz K., Nowak Z., 1996. Problemy kształtowania budynków i mieszkań dla potrzeb osób niepełnosprawnych, Centralny Ośrodek Badawczo-Projektowy Budownictwa Ogólnego Warszawa.
[5] Ujazdowska D., 2000. Opracowanie wykazu elementów ukształtowania miasta mających istotne znaczenie dla samodzielnego poruszania się osób niewidomych, niedowidzących, słabo słyszących, głuchych, niesprawnych ruchowo lub manualnie, Warszawa. Dokumentacja projektu celowego GDASKON.
[6] Ullmann E., 1984. Leonardo da Vinci. Arkady Warszawa.
[7] Wysocki M., 2005. Kształtowanie przestrzeni dostępnej jako element bezpieczeństwa i integracji osób niepełnosprawnych, Konferencja Naukowa Przestrzeń Bezpieczna – urbanistyczne i architektoniczne uwarunkowania kształtowania przestrzeni miejskiej dla zwiększenia bezpieczeństwa mieszkańców, Wyd. Politech. Krakowskiej.
[8] Wysocki M., 2004. Projektowanie wspólnej przestrzeni. Architektura i Biznes 7-8/04. Kraków, s. 26-27.
[9] Wysocki M., 2005. Miasta bez barier. Architektura i Biznes 7-8/05. Kraków, s. 14.
[10] Agenda 22 – Wytyczne dla władz lokalnych w zakresie planowania polityki wobec osób niepełnosprawnych. The Swedish Co-operative Body of Organisations of Disabled People, Sundbyberg. Praca niepublikowana, wg tłumaczenia Urzędu Miasta Gdyni.

[11] Społeczeństwo Równych Szans pod red. D. Gorajewskiej, 2005. Stowarzyszenie Przyjaciół Integracji Warszawa.
[12] Karta Praw Osób Niepełnosprawnych z dnia 1 sierpnia 1997 r. (M.P. z 13.08.1997 r. Nr 50, poz. 475).
[13] Prawo budowlane. Ustawa z dn. 7 lipca 1994 r. z późn. zm., Dz. U. z dnia 25 sierpnia 1994 r., Nr 89, poz. 415.
[14] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r., Dz. U. z dnia 15 czerwca 2002 r. Nr 75, poz. 690.
[15] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 7 kwietnia 2004 r., Dz. U. Nr 106, poz. 1155.
[16] Stan dostosowania infrastruktury do potrzeb osób niepełnosprawnych w województwie mazowieckim. Raport z badania przeprowadzonego w powiatach województwa mazowieckiego, 2003. Mazowieckie Centrum Polityki Społecznej Warszawa.
[17] Ludność. Stan i struktura demograficzno-społeczna. Dane Narodowego Spisu Powszechnego z 2002 r., GUS, http://www.stat.gov.pl/
[18] Crandall B., Gerrey B., Brabyn J.: Remote infrared signage, The Smith-Kettlewell Eye Research Institute, San Francisco,: http://www.ski.org/Rehab/WCrandall/introts.html
[19] Standardowe Zasady Wyrównywania Szans Osób Niepełnosprawnych, ONZ, 1993: http://www.eurosprawni.sprint.pl
[20] Tactile Directional Guidance Systems, Blind Signs Inc.: http://blindsigns.com/

STANDARDY PROJEKTOWE W ZAKRESIE DOSTOSOWANIA OBIEKTÓW DO POTRZEB OSÓB NIEPEŁNOSPRAWNYCH I STARSZYCH

Streszczenie

Projektowanie przestrzeni przyjaznej osobom niepełnosprawnym powinno być oparte na wdrażaniu standardów dostępności. Stosowanie odpowiednich rozwiązań, które powinny cechować się uniwersalnością, pozwalającą osobom o różnych dysfunkcjach ruchowych i postrzegania przestrzeni, samodzielnie funkcjonować w życiu społecznym. w tym celu należy wprowadzać zasady projektowania dla wszystkich, które służyć mają tworzeniu społeczeństwa obywatelskiego, opartego na równości wszystkich obywateli, bez względu na to jakie mają ograniczenia w poruszaniu się. W artykule przedstawiono podstawowe standardy, którymi powinni kierować się projektanci w tworzeniu przestrzeni przyjaznej.

DESIGNING STANDARDS CONCERNING ADJUSTMENT OF OBJECTS TO SATISFY THE DISABLED NEEDS

Abstract

Designing the disabled-friendly space should be based on introducing standards of availability. Using appropriate solutions, which ought to be universal, will let such people move around on their own and feel equal in their everyday social life. In order to make it happen, certain rules concerning designing must be introduced. This is the only way to build civic society, equal for everybody, no matter mobile or not. The article presents some basic standards, which architects should take into consideration while designing friendly space.

WYKAZ AUTORÓW I WSPÓŁAUTORÓW

Autor (współautor)	Tytuł naukowy	Adres
BERKOWSKI Piotr	Dr inż.	Politechnika Wrocławska, Instytut Budownictwa, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław *piotr.berkowski@pwr.wroc.pl*
DĘBOWSKI Jacek	Mgr inż.	Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków *jdebowski@imikb.wil.pk.edu.pl*
DMOCHOWSKI Grzegorz	Dr inż.	Politechnika Wrocławska, Instytut Budownictwa, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław *grzegorz.dmochowski@pwr.wroc.pl*
DULAK Leszek	Dr inż.	Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa, Zakład Budownictwa Ekologicznego, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice *leszek.dulak@polsl.pl*
DYLLA Andrzej	Dr hab. inż., prof. UTP	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli, Al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz *kboifb@utp.edu.pl*
EZERSKIY Valeriy	Prof. dr hab. inż.	Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Podstaw Budownictwa i Fizyki Budowli, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok *wizer@pb.bialystok.pl*
FURTAK Marcin	Mgr inż. arch.	Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków *furtakmarcin@wp.pl*
GERYŁO Robert	Dr inż.	Instytut Techniki Budowlanej, ul. Ksawerów 21, 02-656 Warszawa *r.gerylo@itb.pl*
JAWORSKA-MICHAŁOWSKA Maria	Mgr inż. arch.	Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków *mjmichalowska@op.pl*
KACZMAREK Anna	Mgr inż.	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli, Al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz *kboifb@utp.edu.pl*

KALINOWSKA Henryka	Dr inż.	Politechnika Łódzka, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Al. Politechniki 6, 93-590 Łódź
KALINOWSKI Piotr	Mgr inż.	Biuro Projektów Budowlanych i Wycen Nieruchomości „PeDePe”, ul. Pokładowa 58, 93-492 Łódź *p.kalinowski@pedepe.com.pl*
KISILEWICZ Bernadetta	Mgr inż.	Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków
KRAJEWSKA Małgorzata	Dr inż.	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Ekonomiki Zasobów i Informacji Przestrzennej, Al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz
KRAM Dorota	Mgr inż.	Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków *dkram@imikb.wil.pk.edu.pl*
LACHIEWICZ-ZŁOTOWSKA Agata	Dr inż.	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Konstrukcji Budowlanych, Al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-789Bydgoszcz *agatazlo@utp.edu.pl*
LORKOWSKI Jan	Dr inż.	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Konstrukcji Budowlanych, Al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz *janlork@utp.edu.pl*
MARCINKOWSKA Ewa	Dr hab. inż. prof. PWr.	Politechnika Wrocławska, Instytut Budownictwa, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
MATKOWSKI Zygmunt	Dr inż.	Politechnika Wrocławska, Instytut Budownictwa, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław *zygmunt.matkowski@pwr.wroc.pl*
MONASTYREW Paweł	Dr hab.inż.	Tambowski Państwowy Uniwersytet Techniczny, Wydział Architektury i Budownictwa
RADOŃ Marcin	Dr inż.	Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków
RUDCZYK-MALIJEWSKA Elżbieta	Dr inż.	Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Podstaw Budownictwa i Fizyki Budowli, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok *elarm@o2.pl*

SAROSIEK Wiesław	Dr inż.	Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Podstaw Budownictwa i Fizyki Budowli, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok *nape_bialystok@poczta.onet.pl*
SADOWSKA Beata	Mgr inż.	Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Podstaw Budownictwa i Fizyki Budowli, ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok *bola@pb.bialystok.pl*
SCHABOWICZ Krzysztof	Dr inż.	Politechnika Wrocławska, Instytut Budownictwa, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław *krzysztof.schabowicz@pwr.wroc.pl*
SOKOŁOWSKA Barbara	Dr inż.	Politechnika Koszalińska, Katedra Budownictwa i Materiałów Budowlanych, ul. Śniadeckich 2, 75-453 Wrocław *sokolowska@wbiis.tu.koszalin.pl*
STACHNIEWICZ Robert	Dr inż.	Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Instytut Inżynierii Budowlanej, ul. Wiejska 45e, 15-351 Białystok *roberts@pb.edu.pl*
SZAFRANKO Elżbieta	Dr inż.	Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych, Zakład Inżynierii Procesów Budowlanych, ul. Heweliusza 10, 10-724 Olsztyn *elasz@uwm.edu.pl*
WERNEROWSKA-FRĄCKIEICZ Zofia	Mgr inż. arch.	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli, Al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz *zofia.frackiewicz.op.pl*
WESOŁOWSKA Maria	Dr inż.	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Budownictwa Ogólnego i Fizyki Budowli, Al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz *marysia@utp.edu.pl*
WYSOCKI Marek	Dr inż. arch.	Politechnika Gdańska, Wydział Architektury, ul. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk *marek.wysocki@gdy.pl*