

ZAKRES MODERNIZACJI BUDYNKU – JAKO WYNIK ANALIZY DIAGNOSTYCZNEJ OBIEKTU

Zygmunt ORŁOWSKI, Nina SZKLENNIK*

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok

Streszczenie: W artykule przedstawiono metodologię postępowania podczas projektowania robót modernizacyjnych. Przedstawiono proces zmian wartości użytkowych budynku w trakcie eksploatacji. Zaproponowano metodę oceny właściwości użytkowych obiektu poprzez działania diagnostyczne. Działania diagnostyczne dotyczą tak zwanych wymagań podstawowych – wyszczególnionych w Prawie budowlanym. Właściwie przeprowadzona diagnostyka stanowi podstawę określenia zakresu modernizacji i opracowania metod ich realizacji. W końcowej części artykułu autorzy przedstawili koncepcję algorytmu określania stopnia zużycia budynków, który ułatwi podjęcie decyzji o zakresie modernizacji.

Słowa kluczowe: remont, modernizacja, diagnostyka, budynek referencyjny.

1. Wstęp

Obserwowany w ostatnich latach spadek liczby inwestycji na pierwotnym rynku nieruchomości w krajach zachodnich, także w Polsce, motywuje inwestorów do angażowania się w modernizację starych zasobów mieszkaniowych. Remonty i modernizacje obiektów budowlanych stały się ważnym zadaniem procesu budowlanego. Problemowi temu obecnie na świecie poświęca się ponad 40% potencjału budowlanego,

badawczego i produkcji wyrobów przeznaczonych dla budownictwa (Runkiewicz, 2006).

Niniejszy artykuł dotyczy modernizacji budynku, szczególnie, często bardzo kosztownej formy działań związanych z jego utrzymaniem – rysunek 1. Modernizacja jest procesem polegającym na wprowadzeniu zmian i ulepszeń w istniejącym budynku lub jego części celem doprowadzenia go do stanu możliwego do zaakceptowania (PN-ISO 15686-1:2005).



Rys. 1. Prace modernizacyjne: a) w obiekcie zabytkowym, b) w budynku mieszkalnym objętych ochroną konserwatorską

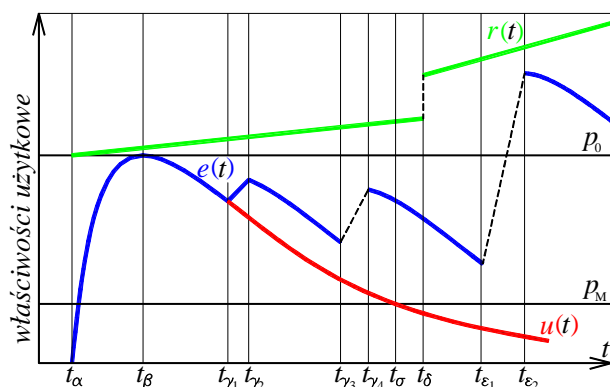
* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: n.szklennik@pb.edu.pl

Poniżej scharakteryzowano proces zmian wartości użytkowych budynku w funkcji czasu. Przyjęto, że stopień zużycia obiektu budowlanego, będzie ustalany na podstawie porównywania cech badanego budynku z cechami obiektu odniesienia, z tak zwanym obiektem referencyjnym. Przystępując do opracowywania projektu modernizacji należy dokonać aktualnej oceny właściwości użytkowych obiektu, to jest badań pod kątem pozostałego okresu, w którym obiekt będzie spełniał swoje funkcje. Parametryczna ocena właściwości użytkowych obiektu budowlanego jest postępowaniem skomplikowanym i trudnym. Autorzy proponują, aby oceny dokonać na podstawie badań diagnostycznych. Wyniki tych badań posłużą jako dane wejściowe do przedstawionego modelu matematycznego umożliwiającego dokonać oceny systemowej zużycia budynku.

2. Zmiana właściwości użytkowych w trakcie eksploatacji budynku

Decydujący wpływ na trwałość i kondycję każdego obiektu budowlanego mają procesy degradacji. Procesy degradacji są to zjawiska naturalne, nierozzerwanie związane z istnieniem, oddziaływaniem środowiska, eksploatacją i starzeniem się każdej budowli, czego następstwem jest obniżenie jej właściwości użytkowych.

Pod pojęciem właściwość użytkowa budynku należy rozumieć poziom jakościowy cech określających spełnienia przez niego żądanych funkcji (PN-ISO 15686-1). Intensywność procesów degradacji z upływem czasu ulega zmianom. Na rysunku 2 przedstawiono zmiany właściwości użytkowych obiektu w funkcji czasu, od jego wykonania przez cały etap użytkowania.



Rys. 2. Zmiany właściwości użytkowych budynku w okresie jego istnienia

Prosta p_0 – określa poziom właściwości użytkowych budynku w momencie oddania do użytku. Założono, że projekt został wykonany w sposób zgodny z obowiązującymi normami i wymaganiami technicznymi.

Od momentu ukończenia projektu t_a (rys. 2) właściwości użytkowe budynku referencyjnego (wzorcowego) (Orłowski i Szklennik, 2010) względem poziomu p_0 wzrastają. Wzrost ten jest wynikiem postępu technicznego, gospodarczego i społecznego, jaki następuje w danym regionie, państwie. Jest to proces

ciągły, dotyczy wszystkich obiektów budowlanych. Powyższe zjawisko przedstawia funkcja $r(t)$ (określająca właściwości użytkowe budynku referencyjnego) – rysunek 2. Obserwowany wzrost skokowy funkcji $r(t)$ w punkcie t_δ spowodowany jest zmianą przepisów dotyczących warunków technicznych dla budynków, powodujących wzrost wymagań, na przykład zmianą przepisów przeciwpożarowych w obiektach mieszkalnych (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 listopada 2008 roku), zmianą normy dotyczącej obciążeń śniegu itp. Zauważmy, że

$$r(t) \geq p_0, \text{ dla } t \in [t_\alpha, \infty), \quad (1)$$

czyli w całym przedziale czasu użytkowania obiektu.

Od chwili oddania budynku do użytku jego właściwości użytkowe pogarszają się. Zmiana tych właściwości jest następstwem zużywania się elementów budynku w trakcie eksploatacji, negatywnego oddziaływania środowiska a także procesu starzenia się zastosowanych materiałów. Funkcja $u(t)$ opisująca bieżący stopień spełnienia właściwości użytkowych zmniejsza swoją wartość z upływem czasu t (rys. 2).

Nie cały obiekt i nie wszystkie jego elementy ulegają w równym stopniu degradacji. Poszczególne elementy budynku poddawane są różnorodnym czynnikom środowiska wpływającym na niejednakowe tempo degradacji. Z tego też względu budynek i jego komponenty powinny podlegać okresowym przeglądom, a w ich wyniku elementy, w których zaobserwowano symptomy zużycia powinny być poddawane naprawom i konserwacji. Działania te, według normy PN-ISO 15686-7 – dzielą się na aktywne i wymuszone.

Działania aktywne są planowane, w większości przypadków dotyczą konserwacji elementów budowli, ale również i remontach. Działania wymuszone – jak wynika z ich określenia, są następstwem uszkodzeń lub awarii. Jest to niestety najczęstsza forma działań zapewniająca utrzymanie właściwości użytkowych budynku.

Prosta p_M określa minimalny, dopuszczalny poziom właściwości użytkowych budynku. Funkcja $u(t)$, podobnie jak funkcja $r(t)$ są funkcjami „teoretycznymi”, faktyczną, rzeczywistą funkcją opisującą wartość użytkową obiektu jest funkcja eksploatacji $e(t)$. Dokładniej funkcja $u(t)$ jest „teoretyczna” od chwili $t_{\gamma 1}$, to jest od początkowej chwili pierwszego remontu. Podczas pierwszego remontu $[t_{\gamma 1}, t_{\gamma 2}]$ budynek, najczęściej, nie jest wyłączony z eksploatacji – linia ciągła, później w przedziale $[t_{\gamma 3}, t_{\gamma 4}]$, kiedy zakres remontu ma większy zasięg i budynek jest wyłączony okresowo z eksploatacji – linia kreskowa. Podczas robót związanych z modernizacją (funkcja eksploatacji przekracza p_0) $[t_{\epsilon 1}, t_{\epsilon 2}]$ obiekt jest zazwyczaj również wyłączony z eksploatacji.

Funkcja $u(t)$ opisująca bieżący stopień spełnienia właściwości użytkowych zawarta jest pomiędzy poziomem p_0 – określającym właściwości użytkowe budynku w momencie oddania do użytku i poziomem minimalnym – p_M

$$p_M \leq u(t) \leq p_0 \text{ dla } t \in [t_\alpha, t_\sigma]. \quad (2)$$

Obiekt nie poddawany remontom w stosunkowo krótkim czasie, w zależności od przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych i zastosowanych materiałów, osiągnie stan p_M , stwarzający zagrożenie bezpieczeństwa użytkowników lub konstrukcji obiektu.

W praktyce, opisana wyżej sytuacja występuje wówczas, kiedy nie prowadzi się cyklicznych przeglądów technicznych budynku. Nie wykonuje się także prac zabezpieczających ani konserwacyjnych, opóźniających procesy degradacji.

W przypadku, gdy obiekt jest użytkowany zgodnie z zamierzonym przeznaczeniem i poddawany jest – zgodnie z wymogami prawa budowlanego – cyklicznym przeglądom technicznym oraz prowadzone są w związku z tym działania utrzymaniowe okres użytkowania obiektu można zdecydowanie przedłużyć.

Ten wariant zarządzania użytkowaniem budynku przedstawia funkcja $e(t)$ – (rys. 2); po pewnym okresie eksploatacji t_M , kiedy poziom właściwości użytkowych obniżył się, budynek został poddany remontowi. W wyniku tych prac procesy degradacji zostały zatrzymane, a wartość użytkowa budynku uzyskała wyższy poziom. Jednakże po dostatecznie długim okresie użytkowania t_{el} (rys. 2) następuje tak znaczny przyrost wymagań $\Delta re(t_{el})$, wynikających z żądań właściciela jak i przepisów techniczno-budowlanych, że remont (odtworzenie stanu pierwotnego) jest nie satysfakcjonujący – obiekt nie spełnia żądanych funkcji.

$$\Delta re(t_{el}) = r(t_{el}) - e(t_{el}) \quad (3)$$

W powstałej sytuacji, w celu utrzymania wymaganych właściwości użytkowych obiektu, a tym samym, aby przedłużyć okres jego użytkowania, budynek powinien być poddany modernizacji. Ponadto w obiektach o długim okresie użytkowania na etapie projektu wykonawczego opracowywane są plany użytkowania elementów oraz zarządzania obiektem (PN-ISO 15686-3). Dla elementów i komponentów, które ulegają szybkiemu zużyciu, przewiduje się taki sposób ich demontażu i ponownego montażu aby nie powodować uszkodzeń pozostałych elementów.

W przypadku, gdy budynek jest w tak złej kondycji, że doprowadzenie go do stanu możliwego do zaakceptowania jest nieosiągalne w danych warunkach, budynek przechodzi w stan tak zwanych wyłączenie (wychodzenie) z użytkowania (PN-ISO 15686-1, PN-ISO 15686-3).

Modernizacja jest podstawowym działaniem zapobiegającym wyłączeniu obiektu z użytkowania.

3. Ocena właściwości użytkowych budynku

3.1. Analiza wybranych metod określenia stopnia zużycia budynków

Metody określające stopień zużycia technicznego budynku można podzielić na następujące grupy: czasowe,

wizualne, porównań okresowych oraz analiz diagnostycznych.

Metody czasowe – służą do szybkiego, wstępnego, zdiagnozowania stopnia zużycia technicznego budynku (Misztal, 2005; Niezabitowska i in., 2003). Opierają się one na wykorzystaniu tylko dwóch parametrów, to jest na przewidywanym okresie trwałości budynku T oraz dotychczasowym wieku budynku t . Porównanie istniejącego budynku do przeciętnej trwałości budynków (T), podobnych pod względem funkcjonalnym, bliżej nie określonych pod względem rozwiązań konstrukcyjnych, jest dużym uproszczeniem.

Metody wizualne – rzeczoznawca podczas wizji lokalnej określa, w postaci procentowych wskaźników, zużycie poszczególnych elementów na podstawie ich wyglądu oraz stanu utrzymania (Marcinkowska i Urbański, 1998; Niezabitowska i in., 2003). Metody wizualne oceny stanu technicznego budynku są podstawą znanego systemu wspomaganie decyzji EPIQR (Misztal, 2005), który pozwala m.in. ustalić diagnozę stanu technicznego i funkcjonalnego obiektu oraz określić zakres i koszt prac renowacyjnych.

Metody porównań okresowych – polegają na ocenie stanu technicznego obiektu na podstawie porównania aktualnych defektów jakościowych i ilościowych w elementach badanego obiektu, przykładowo: odkształceń z defektami stwierdzonymi podczas poprzednich badań. Metody porównań okresowych z powodzeniem stosowane są od kilkudziesięciu lat w Kanadzie (Foo i Akhras, 1995) do oceny stanu technicznego obiektów drewnianych o dużej rozpiętości: hangary, magazyny wojskowe, itp. Obecnie metoda ta z powodzeniem adaptowana jest do oceny stanu technicznego konstrukcji żelbetowych oraz nawierzchni drogowych.

Należy wskazać na udane próby zastosowania sieci neuronowych do określania stopnia zużycia technicznego wybranej grupy budynków mieszkalnych (Marcinkowska i Urbański, 1998; Urbański, 2001).

Wymienione metody ustalania stopnia zużycia technicznego budynku wykorzystywane są przede wszystkim do projektowania zakresu robót remontowych, przywracających pierwotny stan techniczny i użytkowy obiektu.

Zakres robót budowlanych związanych z modernizacją budynku jest znacznie większy niż podczas remontu lub rekonstrukcji (rys. 2). Przejawia się to w zakresie robót, organizacji prac oraz w kosztach. Najczęściej są one związane z polepszeniem następujących parametrów:

- nośnych, (wymiana stropów o większych parametrach wytrzymałościowych, wzmocnienie fundamentów);
- ochronnych (przed wilgocią, ochrona przeciwpożarowa, ochrona przed hałasem i drganiami, polepszenie izolacji cieplnej);
- funkcjonalnych – dostosowanie funkcji budynku do aktualnych potrzeb, przepisów;
- ekonomicznych – zyski z tytułu polepszenia wartości użytkowych budynku będą wyższe od nakładów ponoszonych na utrzymanie;
- wrażeń estetycznych.

Determinantami powodzenia robót modernizacyjnych jest wykonanie, w ramach działań diagnostycznych, opracowania dokumentacji technicznej mającej na celu dokonanie oceny właściwości użytkowych obiektu budowlanego, a następnie zakresu tych robót. Diagnozowanie istniejącego budynku jest zadaniem trudnym i zazwyczaj procesem znacznie bardziej złożonym niż projektowanie nowych.

„Diagnostyka (Cempel, 2008) – jako dziedzina wiedzy wywodzi się od diagnozy i diagnozowania, co oznacza rozeznanie stanu obiektu czy procesu jego tendencji rozwojowych (ewolucji), na podstawie dostępnych symptomów¹ i znajomości ogólnych prawidłowości, co jest niezbędne do dalszego prawidłowego działania”.

Ocenę właściwości użytkowych, proponuje się wykonać przede wszystkim pod kątem wymagań podstawowym, jakie powinien spełniać obiekt budowlany – określonych w prawie budowlanym, a dotyczących:

- a) bezpieczeństwa konstrukcji,
- b) bezpieczeństwa pożarowego,
- c) bezpieczeństwa użytkowania,
- d) odpowiednich warunków higienicznych i zdrowotnych oraz ochrony środowiska,
- e) ochrony przed hałasem i drganiami,
- f) oszczędności energii i odpowiedniej izolacyjności cieplnej przegród.

3.2. Diagnostyka obiektów

3.2.1. Diagnostyka dotycząca bezpieczeństwa konstrukcji

Zapewnienie bezpieczeństwa konstrukcji obiektu budowlanego polega na zapewnieniu nie przekroczenia stanów granicznych nośności i stanów granicznych użyteczności w całym obiekcie budowlanym i w każdym z jego elementów. Algorytm diagnozowania istniejących konstrukcji przedstawiono w wielu pracach (Gładkowska, 2008; Brunarski i Runkiewicz, 2010; Czarnecki, 2008). Postępowanie diagnostyczne kończy się podsumowującymi wnioskami dotyczącymi bezpieczeństwa danej konstrukcji, a także, w razie potrzeby, koncepcjami napraw lub wzmocnień.

3.3.2. Diagnostyka dotycząca bezpieczeństwa pożarowego

Bezpieczeństwo pożarowe obiektu budowlanego polega na zapewnieniu w razie pożaru (Korzeniewski, 2009):

- nośności konstrukcji przez określony czas,
- ograniczenia rozprzestrzeniania się ognia i dymu w budynku,
- ograniczenia rozprzestrzeniania się pożaru na sąsiednie budynki,
- możliwości ewakuacji ludzi i zapewnienie bezpieczeństwa ekip ratowniczych.

Zakres badań diagnostycznych dotyczących bezpieczeństwa pożarowego budynku lub jego części wynika z jego przeznaczenia i sposobu użytkowania,

wysokości lub liczby kondygnacji, a także położenia w stosunku do poziomu terenu oraz innych obiektów budowlanych.

Diagnostyka pożarowa rozpatrywana jest w następujących aspektach:

- odporności pożarowej budynku,
- wymagań dotyczących dróg ewakuacyjnych,
- wymagań przeciwpożarowych dla palenisk i instalacji,
- warunków wyposażenia budynków w instalacje sygnalizacyjno-alarmowe i stałe urządzenia gaśnicze.

3.2.3. Diagnostyka dotycząca bezpieczeństwa użytkowania

Wymagania dotyczące bezpieczeństwa użytkowania odnoszą się przede wszystkim do zapewnienia w czasie eksploatacji obiektów budowlanych bezpiecznego użytkowania przez osoby korzystające z danego obiektu i inne osoby, które mogą znajdować się w obiekcie lub w jego otoczeniu. Działania diagnostyczne polegają na inwentaryzacji i ocenie czy budynek i urządzenia z nim związane są zaprojektowane i wykonane w sposób nieistwarzający niemożliwego do zaakceptowania ryzyka w trakcie użytkowania. Działania diagnostyczne dotyczą między innymi (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 listopada 2008r.):

- daszków nad wejściem do budynku;
- elementów architektonicznych typu: tablic informacyjnych, reklam, urządzeń dekoracyjnych wystaw sklepowych, gablot reklamowych, urządzeń oświetleniowych itp.;
- balkonów, loggi i portfenetr;
- włączników i ław kominarskich;
- konstrukcji schodów i pochylni, balustrad przy schodach i pochylniach;
- wykończenia nawierzchni i posadzek.

3.2.4. Diagnostyka dotycząca odpowiednich warunków higienicznych i zdrowotnych oraz ochrony środowiska

Wymagania w tym zakresie zostały podane w ustawie Prawo budowlane a także w przepisach technicznych (Korzeniewski, 2009). Budynek powinien być zaprojektowany i wykonany z takich wyrobów budowlanych oraz w taki sposób, aby nie stanowił zagrożenia dla higieny i zdrowia użytkowników lub sąsiadów, w szczególności w wyniku:

- wydzielania się gazów toksycznych,
- obecności szkodliwych pyłów lub gazów w powietrzu,
- niebezpiecznego promieniowania,
- zanieczyszczenia lub zatrucia wody lub gleby,
- nieprawidłowego usuwania dymu i spalin oraz nieczystości i odpadów w postaci stałej lub ciekłej,
- występowania wilgoci w elementach budowlanych lub na ich powierzchniach,
- niekontrolowanej infiltracji powietrza zewnętrznego,
- przedostawania się gryzoni do wnętrza,

¹ Wskaźnik utraty właściwości użytkowej przez element

- ograniczenia nasłonecznienia o oświetlenia naturalnego.

Diagnostyka badawcza dotycząca warunków higienicznych i zdrowotnych jest złożona i skomplikowana: obejmuje oględziny, obserwacje oraz w zależności od potrzeb badania specjalistyczne, które często mogą wykonywać wyłącznie wyspecjalizowane jednostki badawcze.

3.2.5. Diagnostyka dotycząca ochrony 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 umożliwił im pracę, odpoczynek i sen w zadawalających warunkach.

Wymagania akustyczne w stosunku do obiektu budowlanego traktuje się jako bezpośrednie kryterium pod względem akustycznym obiektu (ewentualnie jego części), lub jako podstawę do ustalenia kryteriów oceny akustycznej wyrobów i rozwiązań konstrukcyjnych, z których te obiekty są wykonane (Szudrowicz, 1995).

Wymagania akustyczne w stosunku do obiektu budowlanego obejmują ochronę:

- a) budynku przed hałasem;
 - zewnętrznym powietrznym (pochodzącym od wszystkich źródeł znajdujących się na zewnątrz budynku);
 - wewnętrznym powietrznym (spowodowanym użytkowaniem budynku zgodnie z jego funkcją) przenikającymi pomiędzy pomieszczeniami;
 - wewnętrznym uderzeniowym (spowodowanym chodzeniem po podłodze, zabawą dzieci, przesuwaniem mebli itp.);
 - instalacyjnym pochodzącym od wyposażenia technicznego budynku;
 - spowodowanym nadmiernym pogłosem pomieszczenia.
- b) środowiska przed hałasem wytwarzanym przez źródła usytuowane wewnątrz obiektów budowlanych lub towarzyszące tym obiektom (w tym hałasem emitowanym przez obiekty komunikacyjne, zakłady przemysłowe, obiekty sportowe itp.);
- c) budynku i środowiska przed drganiami.

Poziom hałasu oraz drgań przenikających do pomieszczeń w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej nie może przekraczać wartości dopuszczalnych, określonych w Polskich Normach dotyczących ochrony przed hałasem pomieszczeń w budynkach (PN-B-02151-02:1987) oraz oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach (PN-B-02171:1988).

Program niezbędnych badań musi z jednej strony uwzględniać stosunkowo ograniczone możliwości interpretacji wyników pomiarów akustycznych, z drugiej strony powinien być minimalizowany ze względów organizacyjnych i ekonomicznych.

3.2.6. Diagnostyka dotycząca oszczędności energii i odpowiedniej izolacyjności cieplnej przegród

Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku) mówi o racjonalnym zużyciu energii cieplnej; budynek a jego instalacje ogrzewcze, wentylacyjne i klimatyzacyjne, ciepłej wody użytkowej, a w przypadku budynku użyteczności publicznej również oświetlenia wbudowanego, powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby ilość ciepła, chłodu i energii elektrycznej, potrzebnych do użytkowania budynku zgodnie z jego przeznaczeniem, można było utrzymać na racjonalnie niskim poziomie. Wymagania określone wyżej uznaje się za spełnione dla budynku mieszkalnego, jeżeli:

- wartość wskaźnika E, określającego obliczeniowe zapotrzebowanie na energię końcową (ciepło) do ogrzewania budynku w sezonie grzewczym, wyrażone ilością energii przypadającej w ciągu roku na 1 m³ kubatury grzewczej części budynku, jest mniejsza od wartości granicznych E₀;
- przegrody zewnętrzne budynku oraz technika instalacyjna odpowiadają wymaganiom izolacyjności cieplnej oraz innym wymaganiom określonym w załączniku w.w. rozporządzenia.

Diagnostyka dotycząca izolacyjności cieplnej przegród nie może mieć charakteru jakościowego i uznaniowego; musi to być ocena ilościowa, oparta na wynikach badań. Diagnostyka ta wymaga specjalistycznych analiz, do wykonania których niezbędne jest przeprowadzenie badań przy użyciu specjalistycznej aparatury i wykonania obliczeń przy użyciu programów komputerowych.

Proponowane wyżej działania diagnostyczne oprócz określenia bieżącego stanu obiektu (elementów budynku), ustalenia przyczyn zaistnienia obecnego stanu mają także na celu podanie oceny pozostałego okresu użytkowania budynku. Tak więc, diagnoza właściwości użytkowej prowadzi do podjęcia stosownych decyzji co do dalszego losu obiektu.

4. Metoda określania stopnia zużycia budynków

4.1. Założenia metody

Proponowana metoda, mająca na celu ustalić stopień zużycia budynku, polega na zestawieniu cech ocenianego obiektu z cechami obiektu odniesienia, tak zwanym budynkiem referencyjnym. Budynek referencyjny stanowi hipotetyczny budynek zaprojektowany zgodnie z obowiązującymi normami i powszechną praktyką posiadający takie same parametry technologiczne, konstrukcyjne i użytkowe jak budynek oceniany. Budynek referencyjny służy jako baza wszelkich możliwych analiz teoretycznych. Utożsamiany jest ze zbiorem danych określających rozważany obiekt. Więcej informacji o budynku referencyjnym zawarto w pracy (Owczarek

i in., 2006a i b).

Obiekt budowlany jest traktowany jako złożony, dynamiczny system składający się ze zbioru elementów pozostających we wzajemnym oddziaływaniu między sobą oraz z otoczeniem. W modelu uwzględnione są tylko podstawowe, zdaniem autorów najważniejsze elementy opisujące dany system (obiekt).

Założono, że elementami rozpatrywanego systemu będą tak zwane wymagania podstawowe, jakie powinien spełniać obiekt budowlany, wymienione w 3.1. Rozpatrywane wymagania podstawowe są konsekwencją transponowanej do prawa polskiego dyrektywy Rady Wspólnoty Europejskiej nr 89/106/EWG z 21 grudnia 1988 roku.

W zależności od specyfiki badanego obiektu, i przyjętych kryteriów liczba wymagań podstawowych (elementów systemu) może być powiększona.

Na funkcjonowanie, stan techniczny obiektu ma wpływ stan poszczególnych elementów systemu, ich wzajemne relacje, moc tych relacji, a także oddziaływania otoczenia.

Opis funkcjonowania systemu, a zarazem ocena wartości użytkowej obiektu jest zadaniem nadzwyczaj trudnym. Oddziaływania pomiędzy poszczególnymi elementami są zmienne w czasie, zależne są od wielu czynników a przede wszystkim od wieku obiektu i ekspozycji otoczenia.

W celu formalnego opisanego stanu tak złożonego systemu wprowadzono następujący wektor ocen:

$$o = [o_1, o_2, \dots, o_m], \quad (4)$$

który spełnia określone warunki:

$$g_i(o) \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m), \quad (5)$$

oraz określa wektor funkcyjny, którego elementy reprezentują funkcję wartości użytkowych:

$$f(o) = (f_1(o), f_2(o), \dots, f_m(o)). \quad (6)$$

gdzie: o_i – wartość (ocena) charakteryzująca i -te wymaganie podstawowe, $g_i(o)$ – funkcja opisująca stan i -tego wymagania podstawowego, $f_i(o)$ – funkcja określająca wartości użytkowe i -tego wymagania podstawowego,

W modelu ograniczono się do rozpatrywania tylko tych czynników, które mają istotny, dominujący wpływ na właściwości danego wymagania podstawowego. Każdy z i -tych elementów systemu (wymagań podstawowych) ma własną strukturę wewnętrzną opisywaną przez j -te czynniki (subkryteria). Wartości tych czynników określone są na podstawie wiedzy ekspertów a także specjalnych programów informatycznych.

Oznaczmy przez o_{ij} ocenę j -tego czynnika w i -tym wymaganiu podstawowym, $i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$.

Do oceny stopnia zużycia rozpatrywanego czynnika, w zależności od stwierdzonego stanu istniejącego, przyjmuje się porządkową, dyskretną skalę, złożoną z 1- K poziomów. W pracy przyjęto skalę o $K = 4$, z poziomami o następującym znaczeniu:

- 4 – stan dobry,
- 3 – stan dostateczny,

2 – stan zły,

1 – stan bardzo zły.

Przyjęta skala pozwala uwzględnić wpływ czynników trudno mierzalnych.

Ocena zużycia budynku stanowi sumę ocen wymagań, jakie są według ekspertów spełnione w rozpatrywanym obiekcie. Każde z rozpatrywanych i -tych wymagań stanowi pewnego rodzaju kryterium oceny. W analizach wielokryterialnych, a z takimi mamy do czynienia, istotnym problemem jest niejednakowa ważność przyjmowanych kryteriów i uwzględnienie tego w algorytmie oceny. W tym celu wprowadza się tak zwane wagi – λ (współczynniki hierarchiczne) korygujące wartości odpowiednio do wyrażonych przez eksperta preferencji:

$$\lambda_{ij} \in [0,1] \text{ oraz } \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} = 1 \text{ dla } i=1,2, \dots, m. \quad (7)$$

W modelu przyjęto skalę wag: od 0,1 do 1,0 (0,1 – mało ważne, ..., 1,0 – bardzo ważne).

4.2. Algorytm ustalania stopnia zużycia obiektu

Zaproponowana analiza oceny zużycia obiektu jest trzyletowa:

- w pierwszym etapie ocenia się wartość użytkową badanego obiektu;
- w drugim etapie ocenia się wartość użytkową obiektu referencyjnego;
- w trzecim etapie ustala się stopień zużycia badanego obiektu. Na tej podstawie podejmuje się decyzję o poddaniu obiektu procesowi modernizacji i jego zakresie.

Etap I rozpoczynamy od ustalenia oceny wymagań podstawowych O_i obiektu. Macierz oceny stanu zużycia j -tych czynników w i -tych wymaganiach podstawowych rozpatrywanego obiektu budowlanego ma następującą postać:

$$A = [o_{ij}], \quad (8)$$

gdzie: o_{ij} – ocena stopnia zużycia rozpatrywanego j -tego czynnika (rozpatrywanej cechy) w i -tym wymaganiu podstawowym, $i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,n$.

Macierz współczynników korygujących „ważność” j -tych cech w i -tych wymaganiach podstawowych ma następującą postać:

$$A = [\lambda_{ij}], \quad (9)$$

gdzie λ_{ij} to waga j -tego czynnika w rozpatrywanym i -tym wymaganiu podstawowym.

Ocenę poszczególnych wymagań podstawowych O_i systemu otrzymujemy mnożąc skalarnie wektor ocen przez wektor wag:

$$O_i = \sum_{j=1}^n o_{ij} \lambda_{ij} = o_{i1} \lambda_{i1} + o_{i2} \lambda_{i2} + \dots + o_{in} \lambda_{in}. \quad (10)$$

Druga część etapu I dotyczy oceny wartości użytkowej badanego obiektu.

W celu scalenia ocen wszystkich wymagań podstawowych przyporządkujemy systemowi wektor wag wszystkich wymagań podstawowych w postaci:

$$W = [W_i], \quad (11)$$

gdzie W_i – waga i -tego wymagania podstawowego w całym systemie ($i = 1, 2, \dots, m$).

Ogólna ocenę systemu (rozpatrywanego obiektu) otrzymujemy poprzez mnożenie skalarne wektora ocen O_i , otrzymanego w pierwszej części, przez wektor wag wymagań podstawowych:

$$O = \sum_{i=1}^m O_i W_i = O_1 W_1 + O_2 W_2 + \dots + O_m W_m. \quad (12)$$

Etap drugi algorytmu polega na ustaleniu wartości użytkowej budynku referencyjnego. Jak już wspomniano wyżej budynek referencyjny zaprojektowany jest zgodnie z obowiązującymi (aktualnie) normami i powszechną, dobrą praktyką wykonania.

Oceny poszczególnych j -tych czynników i -tych wymagań podstawowych ustalane są w danych kategoriach budynków przez ekspertów. *Oceny ekspertów nie muszą mieć wartości najwyższych. Stosunek poszczególnych ekspertów do stosowanych materiałów, metod realizacji budynków, a także norm nie jest jednakowy.*

Wagi, współczynniki korygujące „ważność” j -tych cech w i -tych wymaganiach podstawowych ustalamy postępując w podobny sposób.

Po ustaleniu wartości użytkowej budynku referencyjnego O_R przystępujemy do trzeciego etapu, w którym ustalamy stopień zużycia badanego obiektu.

$$S_U = \frac{\Delta_U}{O_R} = \frac{O_R - O_B}{O_R}, \quad (13)$$

gdzie Δ_U stanowi różnicę pomiędzy wartością użytkową budynku referencyjnego i wartością użytkową badanego budynku, dopuszczalną wartość S_U dla danego typu budynków (na przykład OWT-67) należy ustalać oddzielnie na podstawie wiedzy eksperckiej.

5. Zakończenie

Prawidłowa diagnostyka oraz dokonana na jej podstawie ocena właściwości użytkowych budynku ma istotne znaczenie w podejmowaniu decyzji o dalszym funkcjonowaniu obiektu, o potrzebie i wielkości jego remontu. Przybliżone, uproszczone metody oceny mogą doprowadzić do nieracjonalnego wydatkowania środków finansowych na remonty budynków.

Złożony system jaki tworzy obiekt budowlany, składający się ze zbioru elementów pozostających we wzajemnym oddziaływaniu sprawia, że istnieje potrzeba szukania formuły matematycznej umożliwiającej

sprzedaż oceny cząstkowe (poszczególnych elementów budynku) do oceny syntetycznej.

Zaproponowany model matematyczny ustalania stopnia zużycia budynku, polega na zestawieniu cech ocenianego obiektu z cechami obiektu odniesienia, tak zwanym budynkiem referencyjnym. Tak uzyskana wiedza pozwoli na podjęcie decyzji o modernizacji badanego budynku i jego zakresie

Literatura

- Brunarski L., Runkiewicz L. (2010). Diagnostyka obiektów budowlanych. W: *Materiały 56 Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz KN PZITB, Kielce-Krynica 2010, Wyd. Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2010.*
- Cempel C. (2008). Teoria i inżynieria systemów. Wydanie II, *Wyd. ITE, Radom.*
- Czarnecki L. (2008). Wyzwania inżynierii materiałów budowlanych. *Inżynieria i Budownictwo*, 7/2008, 404-408.
- Foo H. C., Akhras G. (1995). Prototype Knowledge-Base System for Corrective Maintenance of Pavements. *Journal of Transportation Engineering*, 10/11, 1995, 517-523.
- Gładkowska W. (2008). Ocena trwałości niektórych konstrukcji żelbetowych. *Inżynieria i Budownictwo*, 6/2008, 295-298.
- Korzeniewski Wł. (2009). Warunki techniczne dla budynków i ich usytuowanie. *Polcen, Warszawa.*
- Marcinkowska E., Urbański P. (1998). Ocena stopnia technicznego zużycia budynków mieszkalnych przy zastosowaniu sztucznych sieci neuronowych. W: *Materiały Konferencji Naukowej „Ekologia w inżynierii procesów budowlanych”, Lublin-Kazimierz Dolny 1998.*
- Misztal G. (2005). Skuteczność diagnozowania stanu technicznego obiektów budowlanych w aspekcie inwestycji renowacyjnych. *Renowacja budynków i modernizacja obszarów zabudowanych. Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra.*
- Niezabitowska E., Kucharczyk-Brus B., Masły D. (2003). Wartość użytkowa budynku. *Verlag Dashofer, Warszawa.*
- Orłowski Z., Szklennik N. (2010). Analiza wartości użytkowej budynku w funkcji czasu. *Czasopismo Techniczne*, z. 3-A/2010. *Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej*, 303-312.
- Owczarek S., Orłowski Z., Szklennik N. (2006a). Budynek referencyjny – podstawa oceny stanu budynku. *Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej 87. Studia i Materiały 18. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 333-340.*
- Owczarek S., Orłowski Z., Szklennik N. (2006b). Koncepcja systemowej oceny zużycia budynków. *Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej 87. Studia i Materiały 18. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 341-346.*
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 26 listopada 2008r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- Runkiewicz L. (2006). Metodologia postępowania przy naprawach, wzmocnieniach i rozbiórkach konstrukcji budowlanych. *Przegląd Budowlany*, 6/2006.
- Szudrowicz B. (1995). Metody oceny i wymagania akustyczne stawiane wyrobom i rozwiązaniom konstrukcyjno-budowlanym. W: *Materiały Konferencji Naukowo-*

Technicznej „Wyroby budowlane. Wymagania u progu XXI wieku”, Warszawa 1995.

Urbański P. (2001). Ocena stopnia zużycia technicznego wybranej grupy budynków mieszkalnych za pomocą sztucznych sieci neuronowych. Rozprawa doktorska, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra.

SCOPE OF BUILDING MODERNIZATION – AS A RESULT OF DIAGNOSTIC ANALYSIS OF FACILITY

Abstract: The paper presents the design methodology of modernization works. Process of changes in performance characteristics of building during its operation is presented. The method of performance characteristics evaluation of an object by diagnostic measures is proposed. The diagnostic measures relate to the so-called basic requirements which are specified in the building law. The properly conducted diagnosis is the basis for determining the scope of modernization works and for developing methods for their implementation. In the final part of the paper the authors present the concept of an algorithm for determining the degree of building operational wear which helps to determine the scope of modernization works.

Pracę wykonano w ramach realizacji badań statutowych S/WBiS/4/2010