

# Wybrane aspekty właściwości użytkowych budynku w okresie jego eksploatacji

Dr hab. inż. Zygmunt Orłowski, Politechnika Białostocka

## 1. Charakterystyka procesów występujących podczas użytkowania obiektu

### 1.1. Procesy występujące podczas użytkowania obiektu

W trakcie użytkowania obiektów budowlanych mamy do czynienia z dwójakiem rodzaju procesami:

- ze stałym obniżaniem się właściwości użytkowych budynku; proces ten rozpoczyna się od momentu ukończenia realizacji obiektu oraz
- ze stałym wzrostem wymagań użytkowników budynku; ten proces rozpoczyna się już od momentu ukończenia etapu projektowania. Przebieg obu rodzajów procesów przedstawiono na rysunku 1. Funkcja „a” obrazuje wzrost wymagań użytkowników; określa ona właściwości użytkowe budynku referencyjnego  $O_R(t)$  [1]. Funkcja „b” określa rzeczywiste właściwości użytkowe budynku w czasie  $t$ . Różnice pomiędzy wymaganiami użytkownika a rzeczywistymi właściwościami użytkowymi budynkiem z upływem czasu wzrastają.

Przez analogię do normy [2] przyjęto, że proste PDn ( $n=0, 1, 2, 3, 4$ ), równoległe do osi czasu, wyrażają poziomy stopień spełnienia właściwości budynku. Poziom PD 0 przedstawia ocenę właściwości użytkowych w czasie  $t_\alpha$ , tj. w momencie przekazania budynku do eksploatacji. Przyjęto, że budynek został zaprojektowany i wykonany zgodnie z właściwymi normami (Eurokodami) [3,4] przy zachowaniu wymaganych procedur nadzoru i kontroli w całym procesie budowlanym. Prosta PD 3 określa minimalny poziom wymagań użytkowych jaki powinien spełniać budynek. W przypadku, gdy ocena właściwości użytkowych będzie znajdowała się poniżej wartości PD 3 dalsze użytkowanie obiektu jest niedopuszczalne. Poziom PD 4 określa sytuację nieakceptowaną, łącznie z awarią, a nawet zawaleniem się. Poziomy ocen, do których odnosimy właściwości użytkowe budynku mogą się zmieniać w czasie.

### 1.2. Wzrost wymagań użytkowników budynków

Proces wzrostu wymagań użytkowych budynku rozpoczyna się od momentu ukończenia etapu projektowania, tj. od czasu  $t_\alpha$ . Charakter tego zjawiska przedstawiono w sposób graficzny na rysunku 1 – krzywa „a”. Wzrost wymagań użytkownika ma charakter procesu ciągłego i trwa przez cały cykl życia obiektu. Wartość wymagań użytkowych budynku w czasie  $t_i$  jest równoważna wartości użytkowej budynku referencyjnego [5]. Różnica pomiędzy wymaganiami użytkownika w czasie  $t_i$ , a oceną właściwości użytkowych w czasie  $t_\alpha$ , tj. w momencie przekazania budynku do eksploatacji nazywana jest w literaturze [6] zużyciem moralnym. Należy zauważyć, że w obecnej normie PN-ISO 15686 [7] nie używa się takiego określenia; omawiany stan nazywany jest zużyciem funkcjonalnym, technologicznym. Wartość zużycia funkcjonalnego (technologicznego) w czasie obliczamy ze wzoru:

$$\Delta_R(t_i) = O_R(t_i) - z(t_\alpha) \quad (1)$$

gdzie:

$z(t_\alpha)$  – wartość użytkowa budynku w momencie oddania do użytku, w czasie  $t_\alpha$  – odpowiada poziomowi PD 0,

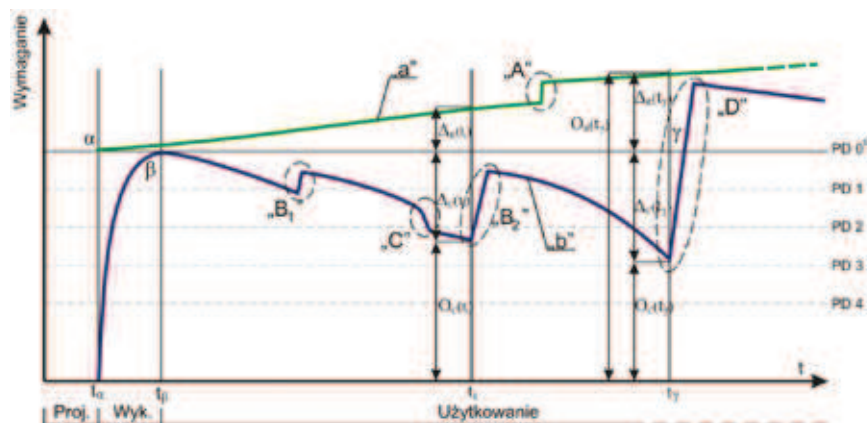
$O_R(t_i)$  – wartość użytkowa budynku referencyjnego w czasie  $t_i$ .

Natomiast różnicę

$$\Delta_C(t_i) = z(t_\alpha) - O_C(t_i) \quad (2)$$

gdzie:

$O_C(t_i)$  – wartość użytkowa analizowanego budynku w czasie  $t_i$ , nazywamy zużyciem rzeczywistym.



Rys. 1. Właściwości użytkowe budynku w funkcji czasu; opis rysunku w tekście

Wzrost wymagań użytkowników obiektu w trakcie jego użytkowania jest powodowany przez tzw. nowe wymagania [2], wśród których wyróżnia się:

- społeczne,
- rynkowe,
- gospodarcze.

Pierwsza grupa – wymagania społeczne – jest następstwem wyższej stopy życiowej, zmiany stylu życia. Przejawiają się one przede wszystkim w dążeniu do polepszenia jakości środowiska wewnętrznego budynków, tj. warunków pracy, warunków mieszkaniowych. Wzrost wymagań ma na celu zwiększenie bezpieczeństwa, komfortu, a dzięki optymalnemu wykorzystaniu energii zredukowanie kosztów utrzymania obiektów budowlanych. Wymagania te są realne do spełnienia dzięki następującym czynnikom:

- a) stałego postępu technicznego w produkcji materiałów, innowacji technologicznych itp.
- b) zwiększenia świadomości użytkowników o zagrożeniach środowiskowych, chęć spędzania życia w bardziej komfortowych i bezpiecznych warunkach,
- c) dążenia (potrzeby) do polepszenia warunków mieszkaniowych, np. zwiększenia powierzchni użytkowej.

W budownictwie, jak i w innych gałęziach gospodarki obserwujemy intensywny, stały postęp techniczny. Przemysł wytwórczy dostarcza materiały o coraz doskonalszych parametrach; o większej trwałości, lepszych cechach wytrzymałościowych, lepszej izolacji, bardziej odporne na agresywne oddziaływanie środowiska itp. Rozwój materiałów budowlanych następuje przede wszystkim na drodze ich modyfikacji. Współczesny beton odznacza się dziesięciokrotnie większą wytrzymałością niż 100 lat temu oraz zdecydowanie większą odpornością na wyższe klasy ekspozycji, na jakie może być narażona konstrukcja w trakcie użytkowania. Modyfikacji, oprócz materiałów,

podlegają komponenty budowlane. Na przykład współczesne okna wyróżniają się stosunkowo małą przewodnością termiczną, dużym współczynnikiem tłumienia hałasu, a także bezpieczeństwem, są antywłamaniowe.

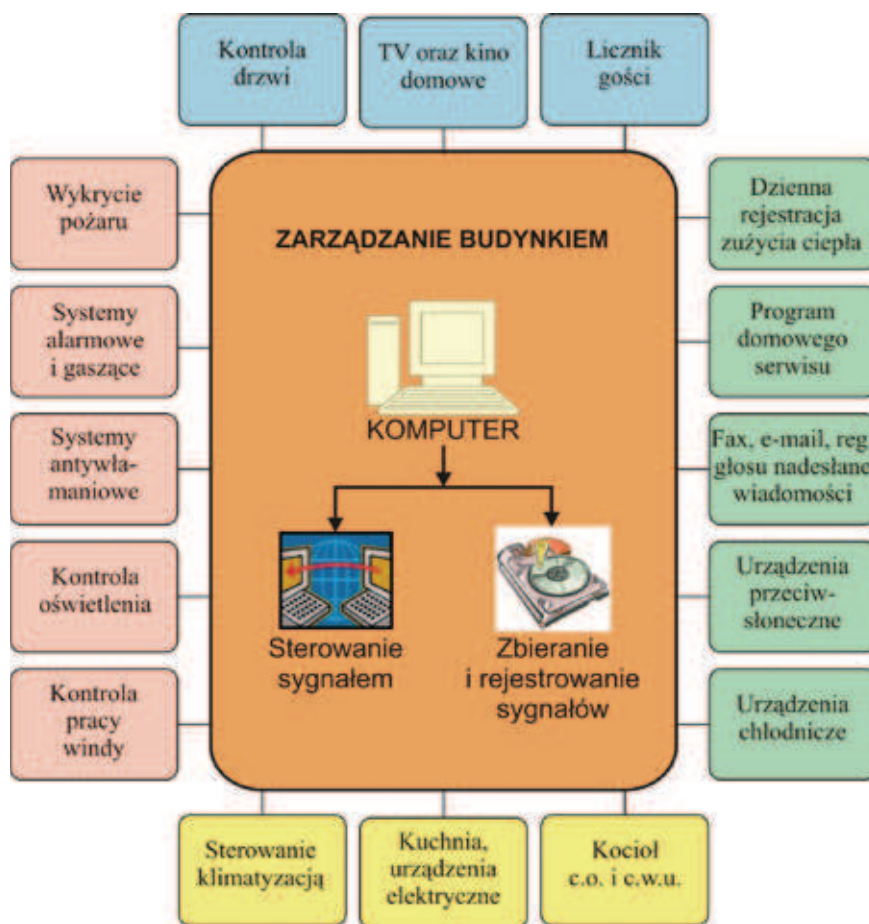
Obecnie stosowane technologie, a także nowoczesne materiały używane przy wznoszeniu budynków umożliwiają eliminację mostków termicznych i akustycznych – usterek bardzo uciążliwych w prawidłowym użytkowaniu budynku. W ostatnich latach obserwujemy stosowanie nanotechnologii<sup>1</sup> w różnych obszarach gospodarki. W budownictwie nanotechnologia oferuje materiały o zupełnie nowych, niespotykanych wcześniej właściwościach – np. niezwykle wytrzymałe, ultralekkie spieki metali, farby o szczególnych właściwościach itp. Nanocząsteczki umożliwiają utworzenie powierzch-

ni szczególnie odpornej na rozrywania i zarysowania – zapewniając trwałą ochronę antykorozyjną i niezwykłą gładkość.

Lider w światowej produkcji szkła – firma Pilkington opracowała oraz wdrożyła do produkcji szkło o modyfikowanej nanotechnologicznie powierzchni [8]. Zewnętrzna powierzchnia szkła samoczynnie oczyszcza się z brudu, pozostając zawsze czystą.

Dodatki nanosuwrowców do farb powodują wzrost ich odporności na ścieranie, zmniejszają możliwość przywierania brudu. Wytwarza się tak zwana powłoka *easy to clean*. Potrafi ona zabezpieczyć zewnętrzne ściany budynków nawet przed graffiti. Zastosowanie materiałów nanotechnologicznych pozwala w znacznym stopniu ograniczyć szkodliwe działania środowiska.

Przemysł, oprócz nowoczesnych materiałów, oferuje do obsługi



Rys. 2. Zarządzanie i sterowanie systemami w inteligentnym budynku (na podstawie [11])

funkcjonowania budynku urzędnika i instalacje o coraz lepszych parametrach i rozwiązaniach przyjaznych użytkownikom. Na przykład obecnie instalowane szyby windowe, w stosunku do urządzeń z lat dziewięćdziesiątych posiadają lepsze zabezpieczenia w instalację alarmową, są szybsze, bardziej cichobieżne, przy tym przystosowane do obsługi przez osoby niepełnosprawne: poruszające się na wózkach, a także niewidome.

Następną grupą nowoczesnych materiałów przyczyniających do zwiększenia trwałości oraz ułatwiających sposób użytkowania obiektu są tzw. materiały samoczynnie naprawiające się. Materiały samonaprawiające się to takie, których przypadkowe lub celowe uszkodzenie mechaniczne można w sposób prosty i szybki usunąć z wykorzystaniem samoczynnie przebiegających procesów naprawczych. Czynnikiem stymulującym naprawę – zwykle żywica utwardzalna – może być zawarty wewnątrz materiału, np. w mieszance betonowej. Firma C.M. Dry zaproponowała umieszczenie środka naprawczego w kruchych włóknach, które dodaje się do mieszanki betonowej jako składnik zbrojenia rozproszonego [9].

Zasady gospodarki rynkowej stwarzają możliwość zaspokajania coraz wyższych wymagań użytkowników, wynikających z potrzeb społecznych i gospodarczych przy stosunkowo niewielkim wzroście kosztów użytkowania. Nowe technologie zaopatrywania obiektów w energię przyczyniają się do zmniejszenia konsumpcji środków naturalnych wykorzystując coraz częściej energię odnawialną. Obserwujemy stały wzrost metod i rodzajów „urządzeń” do pozyskiwania energii odnawialnej: domowych turbin wiatrowych, naziemnych pomp ciepła, słonecznych pomp ciepła [10].

Innym przykładem innowacyjnych rozwiązań czyniących pobyt i życie w budynkach bezpieczniejszym i bardziej komfortowym są



**Rys. 3.** Widok robót związanych z adaptacją i przebudową strychu w istniejącym budynku

tzw. budynki inteligentne. Nazwą tą określamy wysoko zaawansowane technicznie i technologicznie budynki. Budynek inteligentny tworzy system, który potrafi postrzegać, analizować i blokować różnego rodzaju zakłócenia, nie dopuszczając do zachwiania pożądanej homeostazy (rys. 2). Obiekt taki posiada system czujników i detektorów oraz jeden, zintegrowany system zarządzania wszystkimi znajdującymi się w budynku instalacjami. Dzięki informacjom pochodzącym z różnych elementów systemu budynek może reagować na zmiany środowiska wewnątrz i na zewnątrz, co prowadzi do:

- zwiększenia komfortu,
- zwiększenia bezpieczeństwa,
- zmniejszenia kosztów utrzymania,
- zmiany budynku na bardziej przyjazny dla środowiska.

System ten można w każdym czasie dopasować do zmieniających się wymagań.

Do grupy czynników tzw. społecznych, powodujących wzrost wymagań użytkowych budynku należy także chęć (potrzeba) polepszenia warunków mieszkaniowych, np. poprzez zwiększenie powierzchni użytkowej. Element poprawy warunków mieszkani-

wych należy rozumieć nie tylko z punktu potrzeby pojedynczego lokatora, ale także właściciela obiektu, który chciałby zwiększyć powierzchnię użytkową całego budynku. Przykładami takich rozwiązań są między innymi nadbudowa piętra, adaptacja strychu czy przebudowa wnętrza obiektu (rys. 3).

Druga grupa czynników wzrostu wymagań użytkowników – według ww. podziału – to wymagania rynkowe. Są one, między innymi, wynikiem pojawiania się, w miarę upływu czasu, nowego typu zagrożeń w środowisku zewnętrznym i wewnętrznym. Zagrożenia te stwarzają konieczność poszukiwania środków technicznych w celu przeciwdziałania nim. Pogarszający się stan środowiska zewnętrznego, np.: w postaci wzrostu zapylenia, pojawienia się tzw. hałasu środowiskowego o coraz to większej intensywności i uciążliwości dla człowieka, stwarzają potrzebę stałego poszukiwania nowych rozwiązań materiałowych, a także urbanistycznych, które by niwelowały to zagrożenie. Wraz ze wzrostem ilości samochodów, istnieje konieczność przebudowy wewnętrznego układu komunikacyjnego osiedli, rozdzielania ruchu



pieszego od kołowego, budowy parkingów osiedlowych itp.

Nieco inny przykład przyczyn wzrostu wymagań użytkowników budynków wysokich stanowi tragedia World Trade Center z 11 września 2001 r., a także wcześniejsze katastrofy spowodowane wybuchem gazu [2]. Wydarzenia te uświadomiły konieczność wprowadzenia nowej kategorii: „*robustness*”, określanej także jako „*surviveability*” – zdolność przetrwania [12]. Stwierdzono, że obok niezawodności odnoszącej „trwałość obiektu” do czasu użytkowania, istnieje potrzeba dodatkowej kategorii dotyczącej zagrożeń ekstremalnych, takich jak: pożar, wybuch, uderzenie, atak terrorystyczny. Pojęcie *robustness* i związane z nim określenie *redundacja* wywodzą się z matematyki.

*Redundacja* oznacza nadmiar pozwalający na zwiększenie niezawodności systemu, a *robustness* – w statystyce – to trwałość w warunkach odstępstwa od założeń. Oznacza to, że rozmiar skutków zdarzeń nieoczekiwanych nie powinien pozostawać w dysproporcji z przyczyną ich powstania [4]. Należy przypuszczać, że w niedalekiej przyszłości „zdolność przetrwania” budynków (dotyczyć to będzie obiektów wysokich, ale nie tylko) będzie należeć do grupy tzw. podstawowych wymagań, jakie powinien spełnić oceniany budynek.

Na krzywej „a” – „przyrostu wymagań użytkownika”, która z reguły jest linią ciągłą o pewnym kącie nachylenia, obserwujemy, co pewien okres pionowy wzrost wymagań (szczegół „A” – rys. 1). Te nagłe, „skokowe” zwiększenie wymagań wynika z regulacji prawnych. Do niektórych działań właściciel obiektu zobligowany jest prawnie. Dotyczy to np. granicznych emisji zanieczyszczeń przy produkcji tzw. ciepła scentralizowanego. Są one następstwem zmiany przepisów, rozporządzeń, które wprowadzają konieczność zmiany parametrów niektórych kom-

ponentów budynku. Przykładem „skokowego” wzrostu wymagań jest wprowadzenie przepisu od 1 stycznia 2009 r. w sprawie wymagań termicznych dotyczących ścian wewnętrznych pomiędzy pomieszczeniami ogrzewanymi a nieogrzewanymi, klatkami schodowymi i korytarzami w budownictwie wielorodzinnym [13]. Innym przykładem jest rozporządzenie ministra spraw wewnętrznych i administracji z 16 lipca 2009 r. zmieniające wymagania dotyczące przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę i dróg pożarowych.

Krzywa „a” (rys. 1) wyrażająca wzrost wymagań użytkownika w cyklu życia obiektu, może mieć różne wartości kąta nachylenia. W okresie prosperity gospodarczej, kiedy to realizowane są programy badawcze, projekty innowacyjne; przemysł korzysta z osiągnięć naukowych, a społeczeństwu żyje się lepiej, wymagania użytkowników obiektów budowlanych w sposób wyraźny wzrastają, krzywa ta zwiększa kąt nachylenia. W okresie kryzysu gospodarczego obserwujemy zjawisko przeciwne, wzrost wymagań funkcjonalnych i technologicznych jest niewielki.

### 1.3. Obniżenie właściwości użytkowych w okresie jego eksploatacji

Komponenty budynków (tj. wyroby wykonane jako odrębne całości spełniające określone funkcje [7]) i ich zestawy, ze względu na zakładany okres użytkowania, dzielimy na stałe – niewymienialne oraz na wymienialne. Do komponentów stałych inaczej nazywanych niewymienialnymi, zaliczamy: fundamenty budynków, ściany nośne itp., natomiast do komponentów wymienialnych, o krótszym okresie użytkowania należą: okna, pokrycia, tynki, ścianki działowe, instalacje itp.

Nieekonomiczne i niecelowe funkcjonalnie jest żądanie, aby wszystkie komponenty zachowały bez konserwacji akceptowalne właściwości użytkowe w budyn-

ku mieszkalnym przez jednakowo długi okres. Najczęściej przyjmuje się, że okres użytkowania budynku ograniczony jest przez degradację stałych elementów i komponentów, których wymiana nie jest możliwa. Degradacja tych elementów niekoniecznie wymusza wymianę elementu, chyba że objawia się nieakceptowanymi właściwościami użytkowymi, a naprawy nie są ekonomicznie uzasadnione. W praktyce zdarza się także, że okres użytkowania budynku może być limitowany również przez degradację wymienialnych albo nadających się, z technicznego punktu widzenia, do konserwacji komponentów. W przypadku, gdy utrzymanie lub wymiana tych komponentów powodują duże koszty, utratę lub obniżenie bezpieczeństwa, a także jest przyczyną znacznych przerw w użytkowaniu, właściciel może podjąć decyzję o rozbiórce budynku.

Od czasu oddania budynku do użytkowania, zaznaczonym na rysunku 1 symbolem  $t_p$ , następuje stałe obniżenie właściwości użytkowych budynku. Przebieg tego procesu w funkcji czasu przedstawia krzywa „b”.

Spadek właściwości użytkowych budynku –  $\Delta_c(t_i)$  – w czasie  $t_i$  obliczamy ze wzoru:

$$\Delta_c(t_i) = z(t_i) - O_c(t_i) \quad (2)$$

gdzie:

$z(t_i)$  – według oznaczeń we wzorze (1),

$O_c(t_i)$  – wartość użytkowa analizowanego budynku w czasie  $t_i$ ,

Właściwości użytkowe obiektu pogarszają się w wyniku zużycia lub z uwagi na proces starzenia, o ile nie były wykonane stosowne prace konserwacyjne. Z tego powodu, konstrukcja i jej komponenty są poddawane różnym naprawom lub konserwacji w celu utrzymania wymaganych właściwości użytkowych. Działania te mogą być aktywne, wykonywane zgodnie z zaleceniami zawartymi w projekcie technicznym dotyczącymi utrzymania obiektu,



**Rys. 4.** Widok zniszczonego naroża budynku

lub wymuszane usterkami, co jest powszechne w praktyce. Niekiedy stwierdza się przypadki bardziej drastyczne, gdy mimo stwierdzonych usterek i symptomów uszkodzeń komponenty nie są naprawiane. Wówczas następuje rażące obniżenie właściwości użytkowych. Sytuację wyżej opisaną na rysunku 1 oznaczono symbolem „C”. Przykład uszkodzeń naroża budynku niepoddanego naprawie po stwierdzeniu pierwszych symptomów uszkodzeń rury spustowej przedstawiano na rysunku 4.

W normie [PN-ISO 15686-7:2010] zawarte są zalecenia, aby podczas oceny budynku lub komponentu była wykonywana rejestracja właściwości użytkowej i była wyrażona tzw. stopniem spełnienia właściwości użytkowej PD (*performance degree*). Zaleca się, aby symptom<sup>2</sup>, na podstawie których ocenia się poziom właściwości użytkowej, wskazywały właściwość użytkową w relacji do poziomu wzorcowego. W ww. normie jest zalecenie stosowania pięciu stopni spełnienia właściwości użytkowych z następującymi oznaczeniami podstawowymi:

- Stopień spełnienia właściwości użytkowej poziomu 0: Bez symptomów
- Stopień spełnienia właściwości użytkowej poziomu 1: Symptomy niewielkie
- Stopień spełnienia właściwości użytkowej poziomu 2: Symptomy średnie
- Stopień spełnienia właściwości użytkowej poziomu 3: Symptomy silne
- Stopień spełnienia właściwości użytkowej poziomu 4: Całkowicie nieakceptowany, łącznie z zawaleniem się i awarią.

Wydaje się, że stosowanie pięciostopniowej skali oceny właściwości użytkowych dla wszystkich rodzajów konstrukcji budowlanych jest zbyt dużym uogólnieniem. Z praktyki wiadomo, że wskaźniki utraty właściwości użytkowej przez elementy betonowe sprężone (kablobetonowe i strunobetonowe) są odmienne od np. wskaźników występujących w konstrukcjach drewnianych.

Oznaczenie i określenie stopnia spełnienia właściwości użytkowej budynku może być oparte na opisach symptomów. Zaleca się, aby podstawą do określania ww. stopnia był obiekt wzorcowy, np. budynek referencyjny [5, 14]. Stosowanie ilościowego opisu symptomów przyczynia się do wzrostu obiektywności wyrażania właściwości użytkowej. Intensywność zużycia obiektu zależy od [15]:

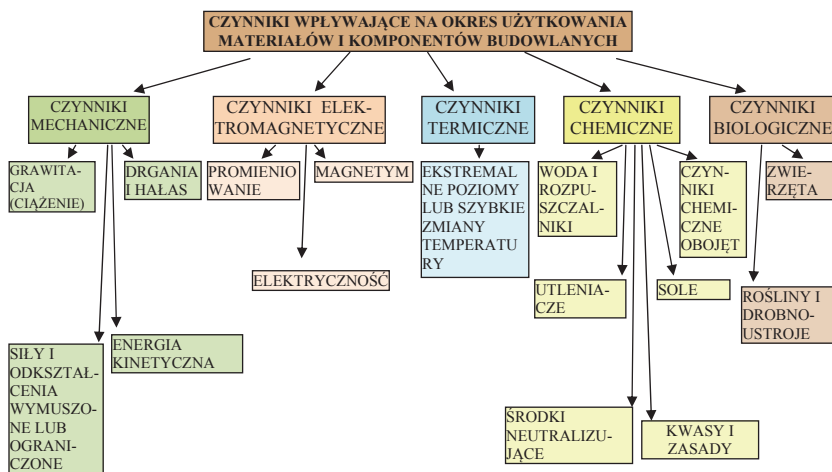
- czynników, które powodują degradację (degradacja – zmiany zachodzące w czasie w składzie, w mikrostrukturze i właściwościach komponentu lub materiału, które obniżają jego właściwości użytkowe) – rys. 5;
- intensywności dawki czynnika powodującego degradację;
- działania kombinacji czynników;
- warunków użytkowania i utrzymania;
- jakości użytych materiałów – stałości ich cech w czasie.

Podczas wieloletniego użytkowania budynków mieszkalnych może tak

się zdarzyć, że czynniki wpływające niekorzystnie na właściwości użytkowe budynku oddziałują jednocześnie po kilka naraz. Oczywiście skutki wpływu takiej kombinacji czynników są bardziej dotkliwe dla stanu technicznego elementów budynku, niż w przypadku, gdyby oddziaływały one pojedynczo, w różnych okresach. Przykładem kombinacji czynników powodujących intensywną degradację komponentów budynku jest obniżenie poziomu wentylacji w pomieszczeniach, przy jednoczesnym podwyższeniu stopnia wilgotności. Wymiana tradycyjnych – drewnianych, często spaczonych okien (a przez to umożliwiających wentylację), w pomieszczeniach o podwyższonej wilgotności, jak: kuchnie, łazienki, na współczesne okna szczelne, przy braku lub istnieniu niedrożnej wentylacji stwarza dogodne warunki dla rozwoju grzybów i tzw. grzybów – pleśni na ścianach tych pomieszczeń, które oprócz degradacji tynków, murów mogą być przyczyną chorób mieszkańców.

Innym przykładem kombinacji czynników degradacji są skutki sił naprężeń wywołane zamarzaniem – odmarzaniem – rys. 6; jest to wynik cyklicznych zmian temperatury i obecności wody.

Współczesne materiały i technologie budowlane oparte na nowoczesnych osiągnięciach chemii i technologii mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia człowieka i równowagi środowiska. Zgodnie z polskim prawem, powinny one posiadać aprobaty techniczne, tj. pozytywną ocenę techniczną przydatności wyrobu budowlanego do zamierzonego stosowania, uzależnioną do spełnienia wymagań podstawowych przez obiekty budowlane, w których wyrób budowlany jest stosowany [6]. Zdarza się, że materiały, które zostały dopuszczone do użytkowania w okresie wznoszenia analizowanego obiektu, po kilku latach eksploatacji są wycofywane z handlu ze względu na ich zagrożenie dla higieny lub zdrowia mieszkańców, a także oto-



**Rys. 5.** Klasyfikacja czynników degradacji wpływających na okres użytkowania komponentów budowlanych

czenia. Przykładem takiego zdarzenia było dopuszczenie, w latach osiemdziesiątych, do konserwacji elementów drewnianych pewnej grupy impregnatów, które następnie po kilku latach zostały wycofane z handlu.

Przyczyn tego zjawiska jest kilka:

- wydzielanie się szkodliwych składników po pewnym okresie użytkowania – w wyniku procesu starzenia,
- uaktywnianie reakcji, w wyniku której następuje emisja szkodliwych gazów w określonych, niezakładanych na etapie projektu, warunkach środowiskowych,
- nieprzewidywalna niestalość cech użytych materiałów,
- doskonalsza aparatura pomiarowa – poziom szkodliwych substancji w poprzedniej (akceptowalnej w okresie użycia substancji) aparaturze nie był rejestrowany itp.

Należy zauważyć, że w tak ogromnej ilości rodzajów materiałów, jakie używane są przy realizacji obiektów, przyspieszone zjawisko degradacji elementów można przypisać także tzw. błędom ludzkim, które są popełniane z braku wiedzy o niektórych materiałach lub o zestawieniach niekompatybilnych materiałów.

Innego rodzaju czynnikiem, często decydującym o wartości użytkowej budynku jest sposób użytkowania obiektu.

Działania związane z użytkowaniem powinny być prowadzone zgodnie z projektem wykonawczym oraz instrukcjami dostarczonymi podczas przekazywania obiektu do użytkowania i administrowania. W praktyce nie zawsze tak się dzieje. Przykładami niezgodności są:

- nieskuteczne wdrażanie (wprowadzanie do praktyki) wytycznych użytkownika lub utrzymania, np. nieprzestrzeganie określonych przerw pomiędzy procesami czyszczenia i konserwacji oraz stosowa-

nia właściwych preparatów i metod do tych czynności;

- niezachowanie dostatecznych warunków utrzymania (są one niewystarczające, a często niewłaściwe), np. zbyt długie okresy pomiędzy remontami, niezrealizowanie zaleceń powstałych w wyniku przeglądów okresowych,
- brak dowodów potwierdzających spełnianie nadzoru nad obiektem przez użytkownika, np. brakujące lub niepełne sprawozdania z okresowych kontroli itp.

W niektórych przypadkach pierwotne wymagania utrzymania, zdefiniowane na etapie projektu wykonawczego, potwierdzone (podtrzymane) podczas odbioru technicznego mogą wymagać wprowadzenia poprawek w celu uwzględnienia zmian sposobu lub intensywności eksploatacji. Potrzeba wprowadzenia takich poprawek może wynikać m.in. z oceny pokontrolnej analizy stanu obiektu, w wyniku której ustalono, że rzeczywiste cechy degradacji elementów w zmienionych warunkach użytkowania są większe od zakładanych. Przykładem symptomu obniżenia stopnia spełnienia właściwości użytkowej jest szybsze tempo postępowania kar-



**Rys. 6.** Skutki jednoczesnego oddziaływania czynników degradacji: obecności wody i cyklicznych zmian temperatury



bonizacji strefy otulinowej belek żelbetowych, czy większe strzałki ugięcia w dźwigarach niż to zakładano w projekcie. Zalecenia mogą polegać w zmianie użytkowania i sposobie utrzymania obiektu; może to być konieczność zmniejszenia okresu między remontami, potrzeba zastąpienia pewnych komponentów lub zestawów takimi, które są bardziej odpowiednie do rzeczywistych warunków użytkowania. Innym przykładem poprawek w instrukcji utrzymania jest obowiązek kontroli wielkości opadów śniegu na powierzchni dachu i w zależności od jego wielkości – konieczność usuwania.

Nie wszystkie usterki i uszkodzenia wynikające z wadliwego utrzymania budynku są wyłącznie z winy zarządzającego obiektem. Projektanci (z braku odpowiedniej praktyki wykonawczej) często nie przewidują w dokumentacji technicznej dostępu do elementów konstrukcji, niezbędnego do umożliwienia ich kontroli i właściwego utrzymania. Zdarza się, że przyczyną awarii jest niewłaściwy dobór materiałów, bądź niezapewnienie właściwej współpracy materiałów w przyjętym systemie konstrukcyjnym lub naprawczym.

Autor pomija, w niniejszej analizie, cały szereg uszkodzeń wynikających z błędnego wyboru miejsca lokalizacji. Niektóre miejsca są bardziej narażone na ryzyko wystąpienia zagrożeń dla obiektów niż inne. Przykładami złych rozwiązań są usytuowania obiektów na terenach zalewowych, osuwiskowych oraz innych o niekorzystnych warunkach geotechnicznych.

## 2. Utrzymanie obiektu

Podmiotem zobowiązanym do właściwego utrzymania obiektu budowlanego jest zarządzający danym obiektem (spółdzielnia mieszkaniowa, zarządca lub właściciel). Do niego właśnie są adresowane szczegółowe przepisy ustawy „Prawo Budowlane” [17], a w szczególności Rozdział 6: *Utrzymanie obiektów*.

Utrzymanie [7] stanowi łączenie działań technicznych i związanych z nimi działań administracyjnych podejmowanych w okresie użytkowania w celu zachowania budynku lub jego części w stanie, w którym mogą one spełniać żądane funkcje. Bardziej precyzyjnie termin *utrzymanie* definiowany jest w normie [18] – są to działania, które pomagają w osiągnięciu projektowanego okresu użytkowania, wliczając czyszczenie, konserwację, obsługę, naprawy, modernizacje, zabezpieczenia, administrowanie, kontrolę użytkowania i unikanie zaniedbań.

W celu właściwego użytkowania budynku należy przeprowadzać kontrole okresowe [Rop]. Protokoły sporządzone w wyniku kontroli okresowych powinny zawierać przede wszystkim określenie:

- stanu technicznego elementów budynku,
- rozmiarów zużycia lub uszkodzenia elementów,
- zakresu robót remontowych i kolejność ich wykonywania.

W zależności od zakresu robót budowlanych, mogą one mieć charakter:

- robót konserwacyjnych<sup>3</sup>,
- napraw bieżących<sup>4</sup>,
- napraw głównych<sup>5</sup>.

Należy zauważyć, że awarie i katastrofy, a także pożary budynków są bardzo często wynikiem niewłaściwie wykonanych kontroli technicznych.

W miarę upływu czasu, stopnie wyrażające spełnienie właściwości użytkowych budynku osiągają coraz niższe poziomy. Zależność tę na rysunku 1 przedstawia krzywa „b”. W zależności od stanu technicznego budynku, prace związanych z przywróceniem stanu użytkowalności mogą przybierać różne formy. Najczęściej są to naprawy główne – remont obiektu. Naprawa główna ma na celu doprowadzenie budynku do pierwotnego lub prawie pierwotnego stanu technicznego i sprawności użytkowej. Norma [7] definiuje remont nieco ogólniej – „stanowi przywrócenie

budynkowi lub jego części stanu możliwego do zaakceptowania poprzez odnowienie, wymianę lub naprawę elementów zużytych, lub które uległy degradacji”. W wyniku prac remontowych właściwość użytkowa budynku wzrasta, zbliża się do poziomu „0”. Omawiane zdarzenie związane z remontem budynku oznaczono na rysunku 1 symbolem „B”.

Wraz z upływem czasu użytkowania budynku, intensywność zużycia obiektu wzrasta szybciej niż to obserwuje się w początkowym okresie eksploatacji. Proces starzenia materiałów i degradacji komponentów ulega przyspieszeniu. Kąt nachylenia prostej „b” opisującej właściwości użytkowe budynku w czasie  $t$  zwiększa się i po kilkudziesięciu latach eksploatacji może osiągnąć poziom „PD 3”. Jednocześnie przyrost wymagań użytkownika  $\Delta_R(t)$  (przyrost wartości użytkowej budynku referencyjnego [5, 14]) w czasie –  $t_y$  wzrósł na tyle, że przeprowadzenie remontu nie satysfakcjonuje użytkownika, jest procesem niewystarczającym.

Różnica  $\Delta_{RC}(t_y)$  pomiędzy wartością użytkową budynku referencyjnego a wartością użytkową (rzeczywistą) budynku w badanym czasie –  $t_y$  wynosi:

$$\Delta_{RC}(t_y) = O_R(t_y) - O_C(t_y), \quad (3)$$

gdzie:

$O_R(t_y)$  – wartość użytkowa budynku referencyjnego w czasie  $t_y$ ,

$O_C(t_y)$  – wartość użytkowa analizowanego budynku w czasie  $t_y$ .

Wartość  $\Delta_{RC}(t_y)$  można opisać także następującym wzorem:

$$\Delta_{RC}(t_y) = \Delta_C(t_y) + \Delta_R(t_y) \quad (4)$$

gdzie:

$\Delta_C(t_y)$  – utrata (ubytek) wartości użytkowej analizowanego budynku w czasie  $t_y$ ,

$\Delta_R(t_y)$  – przyrost wartości użytkowej budynku referencyjnego w czasie  $t_y$ .

W sytuacji, kiedy przyrost wymagań użytkownika wzrósł o taką wartość, że remont (odtworzenie stanu pier-

wotnego) jest nie satysfakcjonujący budynek należy poddać modernizacji. Omawiany przypadek zaznaczony symbolem „D” na rysunku 1. Modernizacja polega na wprowadzeniu zmian i ulepszeń w istniejącym budynku lub jego części celem doprowadzenia go do stanu możliwego do zaakceptowania [8]. Modernizacja obiektu następuje w następujących okolicznościach:

a) Jeśli różnica  $\Delta_{RC}(t)$  pomiędzy oceną budynku referencyjnego a oceną rzeczywistą budynku przekroczyła pewną wartość graniczną  $\Delta_M(t)$ , kiedy remont nie spełni oczekiwań zarządzającego danym obiektem:

$$\Delta_{RC}(t) \geq \Delta_M(t) \quad (5)$$

Obiekt, aby przedłużyć jego okres użytkowania, powinien być poddany modernizacji. W przeciwnym wypadku budynek przechodzi w stan tzw. wychodzenia z użytkowania [7, 9].

b) Kiedy różnica pomiędzy oceną budynku referencyjnego a oceną rzeczywistą budynku nie osiągnęła wartości granicznej  $\Delta_{RC}(t) < \Delta_M(t)$ , natomiast użytkownik posiada odpowiednie środki i chce poprzez modernizację podnieść aktualne właściwości użytkowe obiektu, co często równoznaczne jest ze wzrostem jego wartości.

### 3. Wnioski

Postępująca różnica pomiędzy rzeczywistymi stopniami spełnienia właściwości użytkowej (PD) budynku a wymaganiami użytkowników w trakcie eksploatacji obiektu jest procesem trwałym i naturalnym. Z wieloletnich doświadczeń autora, polegających między innymi na analizach awarii i katastrof obiektów budowlanych wynika, że bardzo rzadko zdarza się, aby przyczyną tych tragicznych często w skutkach zdarzeń, był pojedynczy czynnik. Na ogół przez długi czas gromadzi się wiele różnych, niezauważanych czynników prowadzących do awarii. Jest to tzw.

okres inkubacji niepowodzenia, w którym można wykryć i rozpoznać symptomy zagrożenia oraz – na tej podstawie – podjąć działania zapobiegające niepowodzeniom. Przeprowadzona analiza wskazuje jak złożony jest proces określania właściwości użytkowych budynku. Brak modeli pozwalających na rzeczywiste określenie wartości użytkowej, oraz na prognozę zachowania się obiektu w przyszłości sprawia, że stan budynków oceniany jest przede wszystkim na podstawie doznań wizualnych, a także wniosków z okresowych przeglądów technicznych. Na skutek braku pogłębionej analizy wartości użytkowej budynku, często są usuwane zaledwie skutki uszkodzeń, a nie przyczyny ich powstawania.

Duży wpływ na jakość okresowych przeglądów technicznych obiektów budowlanych mają kwalifikacje osób dokonujących przeglądu oraz administracyjne agendy nadzoru technicznego.

Optymizmem napawa wzrost zainteresowania tą problematyką środowiska praktyków budowlanych, a także środowiska naukowców, o czym świadczą liczne publikacje, a także seminaria i konferencje poświęcone tym zagadnieniom oraz próby normalizacyjne.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Orłowski Z., Szklennik N., Analiza wartości użytkowej budynku w funkcji czasu. *Czasopismo Techniczne z 3-A/2010*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. str. 303–312
- [2] PN-ISO 15686-3. 2005. Budynki i budowle. Planowanie okresu użytkowania. Część 7: Ocena właściwości użytkowych na podstawie danych z praktyki dotyczących okresu użytkowania
- [3] Biegus A., Podstawy projektowania według PN-EN 1990:2004. *Builder* Nr 1, styczeń, 2009, str. 88–91
- [4] PN-EN 1990. Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji
- [5] Owczarek S., Orłowski Z., Szklennik N., „Budynek referencyjny – podstawa oceny stanu budynku” *Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej* 87. *Studia i Materiały* 18. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej – Wrocław 2006. str. 333–340
- [6] Śleszyńska E., Przegląd, konserwacja i roboty budowlane w zarządzaniu

budynkiem. *Prawo, praktyka, orzecznictwo*. Minigo. 2009

- [7] PN-ISO 15686-1. 2005. Budynki i budowle. Planowanie okresu użytkowania. Część 1: Zasady ogólne
- [8] Langer J., Langer K., Nanotechnologiczny trend. *Bilder* Nr. 4. 2010. str. 42–45
- [9] Czarnecki L., *Notechnologia w budownictwie*. Materiały 56 konferencji naukowej Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Naukowego PZITB, Kielce–Krynica, 19–24 września 2010, Wyd. Politechnika Świętokrzyska, Kielce 2010. str. 99–122
- [10] Williams R., Projekt SUSPUPOL w South Hampshire: „Mieszkać w mieście” – plany rozwoju zrównoważonego. *Czasopismo Techniczne z 3-A/2007*. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej
- [11] Mizeliński B., Tendencje rozwojowe w klimatyzacji. *Inżynier Budownictwa*, 7/8 2009
- [12] Czarnecki L., Wyzwania inżynierii materiałów budowlanych. *Inżynieria i Budownictwo*, 7/2008 str. 404–408
- [13] Rozporządzenie ministra infrastruktury Owczarek dnia 26 listopada 2008 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki Owczarek ich usytuowanie
- [14] Owczarek S., Orłowski Z., Szklennik N., „Konceptja systemowej oceny zużycia budynków.” *Prace Naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej* 87. *Studia i Materiały* 18. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej – Wrocław 2006. str. 341–346
- [15] PN-ISO 15686-2. 2005. Budynki i budowle. Planowanie okresu użytkowania. Część 2: Procedury związane z przewidywaniem okresu użytkowania
- [16] Ustawa „O wyrobach budowlanych” z 16 kwietnia 2004 r. *Dz. U. Nr 92/2004*
- [17] Ustawa z 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (z późn. zmianami)
- [18] PN-ISO 15686-3. 2005. Budynki i budowle. Planowanie okresu użytkowania. Część 3: Audyty i przeglądy właściwości użytkowych

#### PRZYPISY

- <sup>1</sup> nanotechnologia – dziedzina nauki i inżynierii materiałowej zajmująca się kontrolowanym wytwarzaniem nanostruktur i nanomateriałów oraz metodami służącymi do ich badania i modelowania
- <sup>2</sup> symptom – wskaźnik utraty właściwości użytkowej przez element
- <sup>3</sup> konserwacja – wykonanie robót mających na celu utrzymanie sprawności technicznej elementów budynku
- <sup>4</sup> naprawa bieżąca – okresowy remont elementów budynku, który ma na celu zapobieganie skutkom zużycia tych elementów i utrzymanie budynku we właściwym stanie technicznym
- <sup>5</sup> naprawa główna – remont polegający na wymianie co najmniej jednego elementu budynku