

Niezawodność obiektu budowlanego (w świetle pakietu norm PN-ISO)

Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Starosolski, Politechnika Śląska, Gliwice

W ostatnich latach (2005–2007) do zestawu Polskich Norm został wprowadzony pakiet norm, głównie typu PN-ISO, dotyczących zagadnień związanych z niezawodnością obiektu budowlanego w czasie całego okresu jego eksploatacji (aż po rozbiórkę włącznie). Celem tego artykułu jest przybliżenie Czytelnikowi zagadnień zawartych w tym pakiecie norm, które w najbliższych latach będą wywierały coraz silniejszy wpływ zarówno na cały proces inwestycyjny, jak i eksploatację.

Motorem działań inwestycyjnych jest nie tylko realizacja danego zadania inwestycyjnego, ale jednocześnie uzyskanie **koniecznej niezawodności obiektu budowlanego**, jako odpowiedzi na zapotrzebowanie inwestora/użytkownika. Różnicowanie poziomu koniecznej niezawodności obiektu powinno godzić konsekwencje zniszczenia danego obiektu z wysokością koniecznych nakładów finansowych. Wyróżnia się [1] **trzy klasy konsekwencji zniszczenia** obiektu:

- **niskie** zagrożenie życia ludzkiego lub **małe lub nieznaczne** konsekwencje ekonomiczne, społeczne i środowiskowe (przykładowo – budynki rolnicze, w których ludzie przebywają sporadycznie, szklarnie) – oznaczenia **CC1**;

• **przeciętne** zagrożenie życia ludzkiego lub **znaczne** konsekwencje ekonomiczne, społeczne i środowiskowe (przykładowo – budynki mieszkalne i biurowe, budynki użyteczności publicznej) – oznaczenia **CC2**;

• **wysokie** zagrożenie życia ludzkiego lub **bardzo duże** konsekwencje ekonomiczne, społeczne i środowiskowe (przykładowo – widowiska teatralne, wysokie budynki mieszkalne, budynki użyteczności publicznej znacznych rozmiarów) – oznaczenia **CC3**.

W zależności od typu i rodzaju konstrukcji, w trakcie projektowania mogą być podejmowane świadome decyzje odnośnie poszczególnych elementów konstrukcyjnych, których klasa konsekwencji zniszczenia może być mniejsza lub większa niż całego obiektu.

Niezależnie od podanej kategoryzacji, sugeruje się [2] ustalenie

hierarchii konsekwencji zagrożenia bezpieczeństwa (tabela 1).

W sytuacjach oddziaływań wyjątkowych [3] wprowadzono inne podporządkowanie klas konsekwencji, które podano w tabeli 2.

Ustalono [1] trzy klasy niezawodności **RC1**, **RC2** i **RC3**, które można łączyć z podanymi klasami konsekwencji zniszczenia **CC1**, **CC2** i **CC3**.

Jako jeden ze sposobów praktycznego zróżnicowania klas niezawodności proponuje się [1] uzmiennienie współczynników obciążenia γ_F stosowanych w kombinacjach podstawowych lub stałych przez przemnożenie przez współczynnik K_{F1} . Wartość tego współczynnika jest następująca:

- 0,9 dla klasy RC1,
- 1,0 dla klasy RC2,
- 1,1 dla klasy RC3.

Współczynniki 0,9 i 1,1 powinny być stosowane jedynie w sytuacjach uzasadnionych.

Warto przypomnieć, że zagadnienie jest ujęte w obowiązującej od 1982 roku normie polskiej [4], gdzie „w przypadku budowli, których zniszczenie pociągnęłoby za sobą katastrofalne skutki społeczne i materialne, obciążenie obliczeniowe należy przemnożyć przez współczynnik konsekwencji zniszczenia γ_n ” – norma nie precyzuje jednak wartości tego współczynnika.

Przyjęcie określonej klasy niezawodności skutkuje odpowiednimi wymaganiami, co do nadzoru nad projektowaniem. Sugeruje się [1] trzy poziomy nadzoru nad projektowaniem:

- **nadzór normalny (DSL 1)** – odniesiony do RC1, w którym sprawdza-

Tabela 1. Sugerowana hierarchia konsekwencji zagrożenia bezpieczeństwa [2]

Kategoria	Konsekwencja	Przykład
1	Zagrożenie życia	nagle zawalenie się konstrukcji budynku
2	Ryzyko zranienia	uszkodzenie stopni w biegu schodowym
3	Zagrożenie zdrowia	poważne zawilgocenie budynku
4	Kosztowna naprawa	wymagane duże rusztowania
5	Kosztowna, bo powtarzająca się naprawa	wymiana okucia okiennego
6	Przerwa w użytkowaniu budynku	awaria ogrzewania
7	Obniżenie bezpieczeństwa (użytkowania)	uszkodzony zamek drzwiowy
8	Użytkowanie bez powodowania specjalnych problemów	wymiana osprzętu oświetleniowego

Tabela 2. Przyporządkowanie klas konsekwencji [3]

Klasa konsekwencji	Przykład przyporządkowania rodzaju budynku i sposobu użytkowania
1	Domy prywatne nieprzekraczające 4 kondygnacji. Budynki rolnicze. Budynki, w których ludzie przebywają rzadko, pod warunkiem, że żadna część budynku nie jest bliżej innego budynku lub obszaru, gdzie ludzie faktycznie przebywają, niż w odległości równej 1,5-krotności wysokości budynku.
2a Grupa Niższego Ryzyka	5-kondygnacyjne domy prywatne. Hotele nie przekraczające 4 kondygnacji. Mieszkania, apartamenty i inne budynki mieszkalne nieprzekraczające 4 kondygnacji. Biura nieprzekraczające 4 kondygnacji. Budynki przemysłowe nieprzekraczające 3 kondygnacji. Siedziby sprzedaży detalicznej nieprzekraczające 3 kondygnacji o powierzchni podłogi mniejszej niż 1000 m ² na każdej kondygnacji. Jednokondygnacyjne budynki oświatowe. Wszystkie budynki z dostępem publicznym, nie przekraczające dwóch kondygnacji, które mają powierzchnię podłogi nie przekraczającą 2000 m ² na każdej kondygnacji.
2b Grupa Wyższego Ryzyka	Hotele, mieszkania, apartamenty i inne budynki mieszkalne wyższe niż 4 kondygnacje, ale nieprzekraczające 15 kondygnacji. Budynki oświatowe wyższe niż jednokondygnacyjne, ale nieprzekraczające 15 kondygnacji. Siedziby sprzedaży detalicznej wyższe niż 3 kondygnacje, ale nieprzekraczające 15 kondygnacji. Szpitale nie przekraczające 3 kondygnacji Biura wyższe niż 4 kondygnacje, ale nieprzekraczające 15 kondygnacji. Wszystkie budynki z dostępem publicznym, które mają powierzchnię podłogi przekraczającą 2000 m ² , ale nie większą niż 5000 m ² na każdej kondygnacji. Parkingi samochodowe nieprzekraczające 6 kondygnacji.
3	Wszystkie budynki zdefiniowane wyżej jako klasy konsekwencji zniszczenia 2 Niższej i Wyższej, które przekraczają ograniczenia powierzchni i liczby kondygnacji. Wszystkie budynki, do których ma dostęp znaczna liczba osób. Stadiony mieszczące więcej niż 5000 widzów. Budynki, w których przechowuje się niebezpieczne substancje lub prowadzi niebezpieczne procesy.

nie projektu dokonywane jest przez autora projektu;

- **nadzór normalny (DSL 2)** – odniesiony do RC2, w którym sprawdzanie projektu dokonywane jest w ramach jednostki projektowej zgodnie z jej procedurami, ale nie przez autora projektu;

- **nadzór zaostrożony (DSL 3)** – odniesiony do RC3, w którym sprawdzanie projektu dokonywane jest przez stronę trzecią – inną jednostkę projektową.

Dopuszcza się też inne szczegółowe procedury.

Z przyjętymi klasami niezawodności obiektu korespondują wymagania [1], co do poziomu inspekcji w trakcie wykonywania obiektu. Proponuje się trzy poziomy inspekcji w trakcie wykonania:

- **inspekcja normalna (IL1)** – odniesiona do RC1, wykonywana jako autoinspekcja – w domyśle przez kierownika budowy;

- **inspekcja normalna (IL2)** – odniesiona do RC2, wykonywana zgod-

nie z wewnętrznymi procedurami jednostki wykonawczej – w domyśle nie przez kierownika budowy;

- **Inspekcja zaostrożona (IL3)** – odniesiona do RC3, wykonywana przez stronę trzecią.

Oprócz zagadnienia zapewnienia odpowiedniej niezawodności obiektu, co ma zapewnić odpowiedni nadzór nad projektowaniem, wykonaniem i eksploatacją, istotne jest **planowanie okresu użytkowania obiektu** i jego poszczególnych elementów. Chodzi bowiem o to, aby przez stosowanie elementów o trwałości większej niż konieczna nie podnosić kosztów obiektu. Także źródłem zbędnych kosztów może być zastosowanie elementów o zbyt małej trwałości, co może wymusić, czasami bardzo utrudnioną, wymianę tych elementów w okresie przewidzianej eksploatacji.

Zagadnienie jest niebagatelne, gdyż jak podano w [2], „w gospodarkach rozwiniętych ekonomicznie około 50% wydatków na budownictwo

przeznaczonych jest na ich utrzymanie (łącznie z modernizacją). Roczne koszty utrzymania mogą stanowić 3% początkowych nakładów kapitałowych budynku”. Według tego samego źródła, obecne wydatki na utrzymanie budynków w Anglii i USA stanowią ponad 5% produktu krajowego (brutto).

Prognozy odnośnie okresu użytkowania nie są oczywiście żadnym nakazem, a jedynie wskazówką, która może być przydatna przy wariantowaniu rozwiązań i analizie kosztów, w tym kosztów utrzymania. Prognozy okresów użytkowania są konieczne, jeżeli chcemy podjąć właściwą decyzję stosując inżynierię wartości.

Punktem wyjścia do projektowania powinny być założenia do projektu, sformułowane w przepisach norm: [2, 5] jako **karta przedsięwzięcia**. Jest to [5] „dokument roboczy wyszczególniający występujące potrzeby i cele, środki zamawiającego i użytkownika, uwarunko-

wania powstania przedsięwzięcia i inne odpowiednie wymagania projektowe”, tworzony na zupełnie wstępnym etapie przedsięwzięcia (czasem jeszcze przed ostateczną lokalizacją) o charakterze dynamicznym, to jest uwzględniającym zmiany w czasie. W normie [5] podano, w formie uporządkowanej i w dostosowaniu do sytuacji projektowej, wykazy zagadnień podlegających sprawdzeniu, poparte przykładami. Wykazy te umożliwiają okresowe dokonywanie przeglądu karty wyjściowej „jej modyfikacje w zależności od przyjętych rozwiązań lub nowych priorytetów, które powstaną w czasie projektowania” [5], co pozwala uniknąć sytuacji konfliktowych. Zdaniem autora, norma [5] stanowi wymienny przewodnik zarówno dla inwestorów, jak i projektantów oraz wykonawców. Powinna być ona jak najszerzej stosowana, tym bardziej, że w zbiorze norm polskich znajduje się od 2003 roku.

Warto zwrócić uwagę na pakiet norm dotyczących właściwości użytkowych i wymagań w budownictwie. Oprócz norm charakteru ogólnego [6, 7], dysponujemy już normami dotyczącymi wyrażania wymagań użytkownika odnośnie czystości powietrza [8] i zagadnień termicznych [9].

Podstawowe decyzje odnośnie przewidywanego okresu użytkowania, powinny być podejmowane na jak najwcześniejszym etapie projektowania inwestycji. Należy ustalić, z możliwie dużym prawdopodobieństwem, okres użytkowania nie krótszy niż okres przewidziany projektem. W stosunku do wielu obiektów, dotychczasowe doświadczenia pozwalają na ekstrapolacyjne określenie przewidywanego okresu użytkowania. W stosunku do innych jest to trudne lub wręcz praktycznie niemożliwe.

Ustalając cele, jakie ma realizować analizowany obiekt, należy wziąć pod uwagę [2] zarówno zamierzony okres użytkowania obiektu, jak i właściwości funkcjonalne komponentów budowlanych w tym czasie, w tym także powstające z czasem

właściwości nieakceptowane, prowadzące do wymiany tych elementów. Ująć należy także komponenty budowlane, które w przewidywanym okresie użytkowania będą musiały być remontowane, względnie wymieniane. Przez komponent budowlany rozumiemy wyrób wykonany jako odrębna całość, spełniająca określone funkcje.

Opisywane wytyczne norm PN-ISO 15686 [2, 10, 11, 12] dzielą projekt tradycyjnie na dwie części: koncepcje i projekt wstępny oraz projekt wykonawczy. W ramach projektu wykonawczego dokonuje się ostatecznego doboru materiałów, prowadzi obliczenia, wykonuje rysunki, opracowuje wszelkiego rodzaju wytyczne zarówno dla realizacji budowy, jak i późniejszej eksploatacji, aż po rozbiórkę obiektu łącznie. Jest to postępowanie właściwsze niż stosowany w Polsce obecnie podział na projekt budowlany (potrzebny dla uzyskania pozwolenia na budowę), ewentualnie materiały przetargowe i dokumentację wykonawczą. Stosowany obecnie podział projektu, zdaniem autora rozmywa odpowiedzialność za obiekt i na pewno nie służy obniżeniu kosztu społecznego ponoszonego w całym okresie jego istnienia. Przy obecnym sposobie projektowania, projektowanie na zamierzony okres użytkowania może być realizowane jedynie w bardzo okrojonej skali. Należy liczyć jednak, że może z czasem uda się powrócić do prawidłowych sekwencji projektowania, co już zaczyna mieć miejsce u doświadczonych inwestorów, zlecających jednocześnie projekt budowlany i wykonawczy.

Chcąc dopasować projektowany obiekt i jego elementy do przewidywanego projektem okresu eksploatacji, należy uwzględnić, że właściwości użytkowe materiałów i komponentów będą się pogarszały z czasem, w zależności od [2]:

- środowiska, w tym reakcji na wzajemne oddziaływanie materiałów i/lub komponentów;
- projektu budynku, komponentu i szczegółów dotyczących montażu;

- materiałów;
- jakości wykonanych robót;
- utrzymania,
- użytkowania.

Konieczne jest sprecyzowanie w projekcie czynników środowiskowych, rozumianych bardzo ogólnie, wpływających na degradację zastosowanych materiałów i komponentów. Jako podstawowe czynniki wpływające na degradację materiału można wymienić [2]:

- czynniki mechaniczne, w tym:
 - obciążenie (śnieg, wody opadowe),
 - siły i odkształcenia wymuszone (oblodzenie, pęcznienie, skurcz, pękanie, osunięcie się ziemi);
 - działanie energii kinetycznej (uderzenia, uderzenie hydrauliczne, działanie fal morskich),
 - drgania i hałas (drgania wywołane ruchem ulicznym, maszynami, robotami budowlanymi, przelotem samolotów);
- czynniki elektromagnetyczne, w tym:
 - promieniowania (promieniowanie słoneczne UV, radioaktywne),
 - elektryczność (reakcje elektrolietyczne, pioruny),
 - magnetyzm (pole magnetyczne);
- czynniki termiczne (ciepło, zimno – mróz, szok termiczny, ogień).

Wymienione czynniki zostały szczegółowo kwalifikowane w normie [13]. Podano w niej też szczegółowe wymagania użytkowe, jakie powinny spełniać budynki.

Ocena czynników środowiskowych powodujących degradację materiałów powinna być dokonana jednocześnie dla danego przedsięwzięcia. W wielu przypadkach na obszarze jednego przedsięwzięcia mogą lokalnie występować różnego rodzaju zagrożenia, które powinny być wyspecyfikowane. Norma [2] zwraca uwagę na takie sytuacje, jak np.:

„a) określone lokalizacje – wyeksponowana obudowa budynku będzie bardziej narażona niż częściowo osłonięte miejsca wewnętrzne; mikroklimat wokół budynku będzie zmienny, a dla bardzo wyso-

kich budynków mogą występować także zmiany lokalne (np. zwiększona ekspozycja na deszcz i zanieczyszczenia);

b) komponenty stykające się z gruntem, wodą gruntową lub czynnikami związanymi z gruntem;

c) obszary komunalne wewnętrzne, miejsca gromadzenia odpadów; lokalizacje poddane intensywnej eksploatacji;

d) miejsca poddane działaniu czynników nietypowych, takich jak: krew, ropa, fenole, chlorki, mleko, kwasy, inne czynniki miejscowe; mogą być one wywołane lokalnymi procesami przemysłowymi (np. czynniki degradujące pochodzące z reakcji, w wyniku których powstają tlenki azotu i dwutlenki siarki);

e) miejsca, w których występuje kondensacja wilgoci, takie jak pustki podłogowe, ościeże okienne, pustki dachowe;

f) miejsca narażone na wilgoć a także kuchnie, łazienki, baseny (np. przez deszcz, czyszczenie, kondensację pary wodnej, ochładzanie);

g) miejsca poddane agresywnemu utrzymaniu: usuwanie lodu, wybielanie, usuwanie graffiti;

h) miejsca poddane różnicowanemu warunkom użytkowania, takie jak: teatry, sale szpitalne, korytarze;

i) miejsca, których utrzymanie w należytym stanie będzie trudne, takie jak: miejsca wysoko położone, powierzchnie niedostępne.”

Norma [N3] wskazuje na konieczność podania przez projektanta zamawiającemu (właścicielowi, użytkownikowi) szacowanego okresu użytkowania oraz informacji o przyszłych działaniach związanych z utrzymaniem obiektu i ewentualną wymianą niektórych komponentów. Pozwala to, już na etapie projektu, opracowanie harmonogramu wymiany komponentów i drugorzędnych detali (np. okucia okienne i drzwiowe, uszczelki, szklenie).

Powinno się też zwrócić zamawiającemu uwagę na czynniki nieuwzględniane w projektowaniu, jak np. środki czyszczące.

Przy projektowaniu obiektu, plano-

waniu okresu użytkowania i prognozowaniu kosztów utrzymania powinny być brane pod uwagę m.in. takie zagadnienia, jak [2]:

- zmiana wykończenia wewnętrznego i to zarówno dekoracyjnego, jak i glazury w kuchniach i łazienkach, a także wymiana lekkich podłóg na ciężkie, w tym płyty kamienne (autor spotkał się z taką sytuacją);

- usunięcie, względnie zmiana położenia ścianek działowych, co często ma miejsce w pomieszczeniach biurowych i handlowych;

- wymiana pokrycia dachowego, zależna od typu pokrycia i warunków eksploatacji;

- wymiana różnego typu instalacji elektrycznych, sanitarnych i innych zachodząca praktycznie we wszystkich typach budynków;

- wymiana i częściowe usunięcie elementów konstrukcyjnych, co ma zwykle miejsce przy przebudowach i nadbudowach obiektów.

Przy projektowaniu okresu użytkowania należy rozróżnić elementy niepodlegające w całym okresie wymianie i takie, co do których taką wymianę się przewiduje. Trudno przewidywać wymianę takich elementów, jak słupy konstrukcyjne, fundamenty. Jednocześnie dla obiektów o długim projektowanym okresie użytkowania należy się spodziewać konieczności nawet kilkakrotnej w tym okresie wymiany i naprawy komponentów (okna, drzwi, instalacje itp.) oraz elementów wyposażenia, wystroju. W tym przypadku należy przewidzieć łatwe sposoby demontażu tych elementów bez powodowania uszkodzeń. Dotyczy to w szczególności instalacji, elementów komunikacji pionowej (windy).

Dla budynków tymczasowych należy uznać za właściwe, aby okres użytkowania komponentów odpowiadał okresowi użytkowania obiektu. W tym przypadku istotna jest łatwość demontażu obiektu i przetworzenia jego elementów na surowce wtórne.

W tabeli 3 podano [2] sugestie co do minimalnego okresu projektowego poszczególnych typów

komponentów w zależności od ich dostępności dla konserwacji i wymiany.

Planowany okres użytkowania obiektu jest, w sposób naturalny, ograniczony przez degradację komponentów, których wymiana nie jest możliwa, a naprawy są ekonomicznie nieuzasadnione. Okres planowanej eksploatacji może być także ograniczony przez degradację komponentów nadających się do wymiany, lub konserwacji, gdy działania te prowadzą do nieakceptowanych kosztów, zagrażają bezpieczeństwu lub powodują przerwy w użytkowaniu.

Projektując planowany okres użytkowania, konieczne jest ustalenie krytycznych właściwości najważniejszych komponentów (np. dopuszczalna zmiana koloru elewacji), gdy komponent przestaje spełniać zaakceptowany poziom i konieczna jest jego wymiana lub konieczne są ekonomicznie uzasadnione zabiegi utrzymujące właściwości.

Prognozowanie okresów użytkowania komponentów jest zadaniem bardzo trudnym i obciążonym dużą niepewnością. Procedury związane z przewidywaniem okresu użytkowania opisane są szczegółowo w [10]. Opisano tam metodologię postępowania, zasady prowadzenia badań (wstępne, krótko- i długotrwałe różnych typów), sposoby wnioskowania, a nawet sposoby formułowania sprawozdań.

Niższy stopień pewności określenia okresu użytkowania może być dopuszczony dla komponentów i elementów, które z racji dostępności mogą być poddawane zabiegom konserwatorskim lub łatwej wymianie (przykładowo – na poziomie ufności 80%). W stosunku do elementów, których konserwacja jest niemożliwa lub są niedostępne, należy wymagać wyższego stopnia pewności. W tym przypadku, gdy konserwacja elementu lub wymiana jest praktycznie niemożliwa, prognozy i oszacowania okresów użytkowania komponentów **powinny wykazywać okresy dłuższe niż prognozowany okres użytkowania** obiektu.

Tabela 3. Zalecane minimalne projektowe okresy użytkowania komponentów w latach (DLC)[2]

Projektowany okres użytkowania budynku	Komponenty niedostępne lub konstrukcyjne	Komponenty, których wymiana jest kosztowna lub trudna (w tym drenaż)	Komponenty główne, nadające się do wymiany	Elementy wyposażenia budynku
nieograniczony	nieograniczony	100	40	25
150	150	100	40	25
100	100	100	40	25
60	60	60	40	25
25	25	25	25	25
15	15	15	15	15
10	10	10	10	10

Uwaga 1: komponenty łatwe do wymiany mogą mieć projektowy okres użytkowania od 3 do 6 lat;

Uwaga 2: zaleca się, aby nieograniczony okres użytkowania był stosowany bardzo rzadko, ponieważ znacznie ogranicza rozwiązania projektowe.

Chodzi o stworzenie marginesu pozwalającego na zniwelowanie ewentualnych błędów oszacowania.

Zdaniem autora, przy projektowaniu należy – w porozumieniu i za zgodą inwestora – zwiększyć ponad wymagania normatywne obciążenia stałe w budynkach o:

- 1,0–1,5 kN/m² w budynkach mieszkalnych, hotelach, szpitalach;
- 0,5–1,0 kN/m² w budynkach biurowych i handlowych;
- 0,5 kN/m² w parkingach i garażach.

Uzyskana w ten sposób rezerwa pozwoli w przyszłości na bezproblemową zmianę zagospodarowania przestrzeni wewnętrznej oraz zmianę wykończenia i wyposażenia obiektów. W przypadku parkingów i garaży, proponowana rezerwa pozwala na renowację posadzki przez ułożenie dodatkowej warstwy, bez konieczności ścinania warstw poprzednich.

Proponowana ponadnormatywna nadwyżka obciążeń stałych praktycznie nie będzie zauważalna w ostatecznym koszcie obiektu, a w znacznym stopniu ułatwi późniejsze jego użytkowanie.

Istnieje zrozumiała tendencja do stosowania znanych i wypraktykowanych rozwiązań i materiałów, których właściwości użytkowe i okres przydatności są znane. Nowe rozwiązania budynków, komponentów i materiałów mogą często oferować lepsze właściwości użytkowe i pozwalać na uniknięcie powtarza-

jących się problemów (izolacje przeciwwodne), stwarzają jednak często problemy z określeniem okresu użytkowania. Jednak i w tych przypadkach powinno być możliwe określenie minimalnego okresu przydatności do użytkowania przy przyjętych założeniach co do przyszłych zdarzeń. Ze względu na ograniczone na ogół doświadczenie, stosuje się często ekstrapolacje znanych wyników na sytuacje nieco różne, co obarcza te wyniki dodatkową niepewnością. Pomocne w tym oszacowaniu mogą być podawane przez producentów okresy gwarancyjne. W każdym razie, oszacowanie okresu przydatności budynku, komponentu, materiału podawane powinno być w latach od zakończenia budowy. Nie powinno się opisywać trwałości stwierdzając „bardzo trwały”.

Należy zwrócić uwagę, że nie jest wystarczająca znajomość przydatności do użytkowania poszczególnych materiałów, ale także wpływ na tę przydatność połączeń między różnymi materiałami. Właśnie połączenia bywają bezpośrednim źródłem degradacji stykających się materiałów (np. utrata plastyczności wyrobów z tworzyw sztucznych w efekcie kontaktu z materiałami bitumicznymi). Przydatność do użytkowania danego materiału określać powinno się na podstawie badania (monitorowania) w warunkach długotrwałej ekspozycji w znanych warunkach środowiskowych (sterowanych), bądź w warunkach natu-

ralnych, bądź w specjalnych obiektach doświadczalnych. Stosunkowo rzadko wystarczające są badania w warunkach ekspozycji krótkotrwałej. Takie badanie (monitorowanie) pozwala określić, kiedy poziom krytyczny pożądanych właściwości użytkowych zostaje przekroczony. Stosowane są [2] dwie metody przewidywania okresu użytkowania:

- na podstawie ekspozycji i właściwości użytkowych;
- metoda współczynnikowa.

W rzadkich sytuacjach, gdy dla projektowanego obiektu zestaw warunków ekspozycji dla okresu użytkowania jest znany i kompletny, to przewidywany okres użytkowania uzyskany z metody ekspozycji można uznać za miarodajny. Jeżeli jest to niemożliwe, uzyskane dane będą musiały ulec modyfikacji, którą można przeprowadzić metodą współczynnikową lub zastosować inną zaawansowaną metodę oceny. Natomiast metoda ekspozycji może dostarczyć wzorcowych danych dla metody współczynnikowej.

Ogólnie, w metodzie oceny przewidywanego okresu użytkowania na podstawie ekspozycji stosuje się następujące etapy działania:

- dla danego komponentu/materiału należy określić jednoznacznie jego budowę i skład chemiczny, funkcje i stawiane mu wymagania, środowisko w jakim będzie się znajdować oraz kryteria przydatności;
- przewiduje się czynniki i mechanizmy prowadzące do degradacji oraz metody i sposoby oceny

skutków degradacji, w nawiązaniu do przyjętych kryteriów;

- przeprowadza się badania wstępne, mające na celu sprawdzenie i udoskonalenie proponowanych procedur badawczych;
- właściwe badania w przewidywanych warunkach użytkowania, przy czym mogą być to badania długotrwałe albo – najczęściej – badania przyspieszone;
- ocena i interpretacja wyników.

Metody badań długotrwałych i przyspieszonych często stosowane są wspólnie. W niektórych przypadkach, gdy zmiany właściwości prowadzące do degradacji mogą być wykryte na wczesnym etapie użytkowania, można prowadzić badania krótkotrwałe, w których stosuje się przewidywaną lub wyższą intensywność czynników prowadzących do degradacji. Badania przyspieszone dotyczą działania na analizowane komponenty/materiały czynnikami prowadzącymi do degradacji ze zwiększoną intensywnością lub/ i zwiększoną częstotliwością w stosunku do sytuacji zachodzących w naturze. Stosunkowo szybko badania takie dostarczają informacji co do oceny zmian właściwości użytkowych w czasie. Należy zwrócić jednak uwagę, że może wystąpić zwiększenie prawdopodobieństwa degradacji przez wystąpienia sytuacji, niemających miejsca w rzeczywistości.

Metoda współczynnikowa pozwala na ocenę okresu użytkowania określonego komponentu lub zestawu komponentów w danych konkretnych warunkach. Polega ona ogólnie na modyfikowaniu wzorcowego okresu użytkowania (określonego dla wzorcowych szczególnych warunków użytkowania) za pomocą współczynników modyfikujących (wagowych), dostosowujących warunki wzorcowe do sytuacji rzeczywistej. W metodzie tej stosuje się współczynniki dotyczące: jakości komponentów, poziomu projektowania, poziomu wykonania robót budowlanych, środowiska wewnętrznego i zewnętrznego,

warunków użytkowania i poziomu utrzymania.

Opisane prognozowanie okresów użytkowania nie obejmuje sytuacji nieprawidłowego sposobu użytkowania. Zakłada się, że użytkowanie obiektu będzie zgodne ze sposobem jego użytkowania przewidywanym w projekcie.

Czynnikiem skłaniającym do planowania okresu użytkowania obiektu i jego komponentów jest racjonalne planowanie kosztów. Pozwala ono przez oszacowanie bieżących i przyszłych kosztów utrzymania obiektu na ograniczenie ryzyka finansowego związanego z zakupem, wyposażeniem i użytkowaniem obiektu, pomagając w jego zarządzaniu.

Opisując koszty obiektu należy wskazać na bardzo przydatne przy ocenie przedsięwzięcia i rozwiązań alternatywnych **określenie kosztów obiektu przez całe jego trwanie (LCC)**. Jest to technika określania kosztów pozwalająca na dokonanie porównawczego określenia kosztów dla wskazanego przedziału czasu, uwzględniająca zarówno początkowe nakłady kapitałowe, jak i przyszłe koszty eksploatacyjne. Zagadnienie opisano szeroko w [14].

Planując okres użytkowania należy w miarę możliwości oszacować także wymianę elementów i komponentów niespowodowaną utratą właściwości użytkowych, a jedynie brakiem możliwości zaspokojenia zmieniających się z czasem potrzeb. Mówimy w tym przypadku **o wychodzeniu z użytkowania**.

Wyjście z użytkowania elementów i komponentów prowadzi nieuchronnie do zwiększenia sumarycznego kosztu, z uwagi na to, że wymianie podlegają elementy i komponenty funkcjonujące prawidłowo. Może mieć ono przyczyny funkcjonalne, techniczne lub ekonomiczne (związane z wynajmem pomieszczeń), a także może być spowodowane zmianą gustów. Projektując obiekt można przewidzieć elementy, co do których istnieje uzasadnione podejrzenie o możliwości z czasem wyjścia

z użytkowania i ułatwić wymianę tych elementów przez odpowiednie rozwiązania konstrukcyjne.

Pierwszy zamawiający obiekt może mieć ograniczone możliwości przewidywania sposobów jego użytkowania. Należy się bowiem liczyć ze zmianami właściciela i w ślad za tym różnymi modernizacjami. Uwzględnienie tego faktu już na etapie projektowania podnosi atrakcyjność handlową obiektu. Przykładem mogą być konstrukcje szkieletowe, wyposażone w stałe urządzenia komunikacyjne, sanitarne i inne, przy mobilnym traktowaniu pozostałej powierzchni.

Już na etapie projektu obiektu powinna być wzięta pod uwagę możliwość jego rozbiórki po to, aby ją ułatwić, zmniejszyć ilość materiałów odpadowych, ewentualnie umożliwić ponowne użycie materiałów rozbiórkowych. Zagadnienie jest szczególnie istotne dla obiektów o krótkim okresie użytkowania i dla obiektów tymczasowych.

Także na etapie projektowania powinno się uwzględnić wpływy środowiska, w tym wzajemne oddziaływanie środowiska i wznoszonego obiektu. Zagadnienia te porządkuje norma [11] w całym cyklu od założeń początkowych poprzez projekt, wykonanie, użytkowanie aż po rozbiórkę i utylizację materiałów.

W celu zagwarantowania uzyskania pożądanego poziomu właściwości użytkowych przez cały przewidziany okres istnienia obiektu, konieczne jest wdrażanie odpowiednich systematycznych działań kontrolnych. Konieczne działania kontrolne powinny dotyczyć zarówno programowania obiektu, jego projektowania, wznoszenia, jak i eksploatacji, modernizacji oraz rozbiórki. Zgodnie z nomenklaturą normy [12], takie działania kontrolne nazywają się **audytem**. Audyt właściwości w okresie użytkowania powinien być prowadzony przez stronę niezależną (osobą fizyczną, organizację), „która nie jest bezpośrednio odpowiedzialna za podlegającą audytowi działalność związaną z audytowanym przedsięwzięciem”. Bazę dla

późniejszych audytów o charakterze kontrolnym stanowi audyt na etapie założeń wstępnych przedsięwzięcia, projektu wstępnego i wykonawczego. Wszelkie audyty powinny być prowadzone przez wykwalifikowanych audytorów, niezależnych od przedsięwzięcia, które poddane jest audytowi i w sposób umożliwiający kontrolę pracy audytorów.

Przed rozpoczęciem audytu należy w sposób jednoznaczny określić jego cel i zakres oraz program. Wszelkie dokumenty wykorzystane w audycie powinny być przechowywane, aby możliwe było sięgnięcie do nich w okresie późniejszym.

Wyróżnia się następujące typy audytów właściwości użytkowych:

- **Audyt wstępnego przeglądu uwarunkowań przedsięwzięcia** traktowany jest jako podstawowy element audytu właściwości użytkowych. Celem tego audytu jest dokonanie zapisu i sprawdzenie podejmowanych decyzji, gdy przedsięwzięcie jest dopiero w fazie pomysłu. Chodzi o usunięcie sprzeczności i zagwarantowanie, że wytyczone cele będą mogły być osiągnięte.

- **Audyt przeglądu uwarunkowań przedsięwzięcia** powinien być sporządzony przed projektem wstępnym. Jego zadaniem jest sprawdzenie, czy karta przedsięwzięcia, czyli szczegółowe założenia dotyczące przedsięwzięcia, dostarczają pełnych podstaw do planowania okresu użytkowania na etapie projektu wstępnego i wykonawczego.

- Audyt projektu wstępnego traktowany jest jako audyt dodatkowy. Jego celem jest ocena wpływu koncepcji projektowych na okres użytkowania. Przy wariantowaniu projektu wstępnego umożliwia porównanie okresów użytkowania dla różnych rozwiązań.

- **Audyt projektu wykonawczego** jest podstawowym audytem określenia właściwości użytkowych. Celem tego audytu jest sprawdzenie czy założenia dotyczące właściwości użytkowych i czasu użytkowania zostały zagwarantowane. Jest istotne, że norma [12] zaleca, aby audyt,

o ile jest to możliwe, nie podawał działań naprawczych wynikających z audytu. Chodzi w tym przypadku o unikanie nieumyślnego przepływu zobowiązań z audytowanego na audytora.

- **Audyt budowy** jest prowadzony w celu zapewnienia, że przyjęte w karcie projektu właściwości użytkowe, istotne dla czasu użytkowania, nie są zagrożone w czasie robót budowlanych oraz że dostarczone na budowę materiały i komponenty spełniają założone wymagania.

- **Audyt odbioru technicznego i przekazania do użytkowania** może być przeprowadzony po zakończeniu budowy, aby zagwarantować spełnienie właściwości użytkowych w zrealizowanym obiekcie. W trakcie tego audytu sprawdza się, czy wymagane właściwości użytkowe nie są zagrożone przez działania związane z odbiorem technicznym oraz czy opracowano i dostarczono właściwe instrukcje użytkownika.

- **Audyt użytkowania i utrzymania** jest audytem dodatkowym, pomagającym ochronie właściwości użytkowych i sprawdzającym, czy instrukcje utrzymania obiektu są wykonywane. Audyt ten nie obejmuje wcześniejszych uszkodzeń spowodowanych błędami projektu, produkcji, wykonawstwa czy montażu.

- **Audyt modernizacji/adaptacji/przebudowy/zmiany użytkowania** prowadzony jest jako audyt dodatkowy w trakcie trwania budowy. Prowadzony jest on w celu zagwarantowania, że działania te nie są szkodliwe dla właściwości użytkowych materiałów, komponentów i ich zestawów oraz obiektów jako całości.

- **Audyt likwidacji/wyłączenia z użytkowania/rozbiórki/odzyskania/przywrócenia** terenu do stanu pierwotnego. Audyt dotyczy projektu tych działań i powinien potwierdzić prawidłowość w sposobie odzyskiwania materiałów oraz przywracania terenu do stanu pierwotnego.

Szczegółowe instrukcje dla tych wszystkich działań można znaleźć w normie [12].

Wdrożenie opisanych działań do praktyki codziennej wymaga długiego czasu, przy czym zakres tego wdrożenia będzie zawsze funkcją rozmiarów przedsięwzięcia. W dużej mierze wpływ na to będzie miał status prawny. Ze zrozumiałych względów, wdrożenia takie następować będą łatwiej u inwestorów instytucjonalnych, prowadzących inwestycje państwowe czy komunalne niż u inwestorów komercyjnych.

Tym niemniej, powinna narastać w środowisku projektanckim świadomość konieczności projektowania ze względu na właściwości użytkowe i przewidywany czas użytkowania.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 1990:2004/Ap1:2004 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji
- [2] PN-ISO 15686-1:2005 Budynki i budowle - Planowanie okresu użytkowania - Część 1: Zasady ogólne
- [3] PN-EN 1991-1-7:2006 Eurokod 1, Oddziaływania na konstrukcje, Część 1-7, Oddziaływania ogólne - Oddziaływania wyjątkowe
- [4] PN-82/B-02000 - Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości
- [5] PN-ISO 9699:2003 Właściwości użytkowe w budownictwie. Wykaz zagadnień do przeglądu uwarunkowań przedsięwzięcia. Zawartość karty przedsięwzięcia przygotowywanej do projektu budowlanego
- [6] PN-ISO 6240:1998 Właściwości użytkowe w budownictwie. Zawartość i układ norm
- [7] PN-ISO 7162:1999 Wymagania użytkowe w budownictwie. Treść i układ norm dotyczących oceny właściwości użytkowych
- [8] PN-ISO 6242-2:1999 Budownictwo, Wyrażanie wymagań użytkownika, Wymagania dotyczące czystości powietrza
- [9] PN-ISO 6242-1:1999 Budownictwo, Wyrażanie wymagań użytkownika, Wymagania termiczne
- [10] PN-ISO 15686-2:2005 Budynki i budowle - Planowanie okresu użytkowania - Część 2: Procedury związane z przewidywanym okresem użytkowania
- [11] PN-ISO 15686-6:2006 Budynki i budowle - Planowanie okresu użytkowania - Część 6: Procedury związane z uwzględnianiem wpływów środowiskowych
- [12] PN-ISO 15686-3:2005 Budynki i budowle - Planowanie okresu użytkowania - Część 3: Audyty i przeglądy właściwości użytkowych
- [13] PN-ISO 6241:1994 Normy właściwości użytkowych w budownictwie. Zasady ich opracowania i czynniki, które powinny być uwzględniane
- [14] ISO 15686-5 Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 5: Life cycle costing