

Wpływ czynników determinujących starzenie na stan techniczny budynku nieremontowanego

Dr hab. inż. Beata Nowogońska, prof. uczelni, Uniwersytet Zielonogórski

1. Wprowadzenie

W zapewnieniu odpowiedniego stanu technicznego budynku w czasie jego użytkowania przydatna jest znajomość procesu starzenia budynku. Podejmowane są próby opisu degradacji budynku mieszkalnego wykorzystujące np. sieci neuronowe, zbiory rozmyte, procesy stochastyczne [1–4]. Równocześnie z procesem starzenia w czasie użytkowania budynku stale rosną potrzeby cywilizacyjne mieszkańców [5–7]. Prognoza procesu starzenia budynku jest przydatna przy podejmowaniu decyzji przedsięwzięć remontowych podczas utrzymania budynków [8–9]. Zgodnie z normą [10] przewidywanie degradacji budynku powinno polegać na prognozowaniu zmian właściwości użytkowych. Należy opracować zależność właściwości użytkowe – czas, jako nieliniową funkcję czasu.

2. Zmiany właściwości użytkowych w funkcji czasu według modelu PRRD

Podczas użytkowania budynków mieszkalnych w miarę upływu czasu obniżają się właściwości użytkowe budynku i poszczególnych jego elementów składowych. Zgodnie z wymogami normowymi [10–12] należy opracować program ekspozycji starzenia uwzględniający najbardziej istotne mechanizmy degradacji. Matematycznym modelem rozkładu czasu poprawnej pracy obiektów technicznych oraz trwałości wyrobów stosowany jest rozkład Weibulla. Zgodnie z założeniami tego rozkładu funkcja $R(t)$ opisująca przebieg procesu zmian właściwości użytkowych [13] w czasie t jest w ogólnej postaci:

$$R(t) = \exp(-(\beta t)^\alpha) \quad (1)$$

Do opisu zmian niezawodności urządzeń technicznych [13–14] jest stosowana funkcja oparta na rozkładzie wykładniczym, który jest jednym z przypadków rozkładu Weibulla. Przyjmuje się jednak spore przybliżenie, zakłada się pomijalny wpływ procesów zużycia. Innym szczególnym przypadkiem rozkładu Weibulla jest rozkład Rayleigha. Rozkład ten występuje wtedy, kiedy zużycie obiektu z upływem czasu jest główną przyczyną awaryjności. Wybór rozkładu Rayleigha do modelowania procesu starzenia obiektów budowlanych

wyduje się najbardziej trafnym. Budynki ulegają zużyciu podczas eksploatacji, a rozkład Rayleigha stosuje się wtedy, gdy zużycie obiektu rośnie wraz z upływem czasu użytkowania. Funkcja opisująca przebieg zmian właściwości użytkowych w czasie t oparta na rozkładzie Weibulla jest wyrażona zależnością (2). Zaproponowany model PRRD (*Prediction of Reliability according to Rayleigh Distribution*) – zmian właściwości użytkowych i -tego elementu budynku opartym na rozkładzie Rayleigha [4, 7, 9] jest opisem procesu starzenia elementu i budynku:

$$R_i(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{T_i}\right)^2\right) \quad (2)$$

$R_i(t)$ – funkcja zmian właściwości użytkowych elementu i ,
 t – czas użytkowania,
 T_i – okres trwałości elementu i .

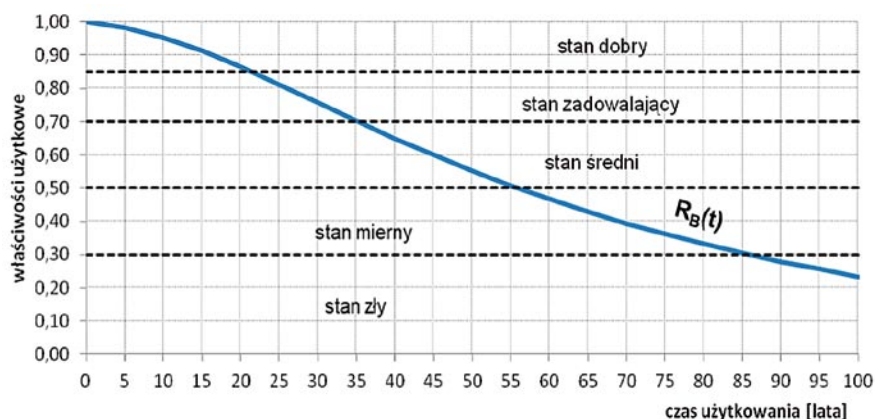
Budynek składa się z wzajemnie związanych ze sobą wielu elementów składowych. Każdy element w budynku ma swoje zadanie. Najbardziej istotny wpływ na czas użytkowania mają elementy pełniące funkcje konstrukcyjne. Inne elementy pomocnicze wpływają w mniejszym stopniu na właściwości użytkowe obiektu, a ich wpływ wynika przede wszystkim z faktu, że uszkodzenia elementów pomocniczych mogą powodować zmiany parametrów elementów podstawowych. W wyznaczaniu właściwości użytkowych całego budynku, który jest zbiorem m elementów składowych, uwzględnione zostały intensywności wpływu właściwości użytkowych elementów składowych w postaci wag A_i poszczególnych elementów. Zmiany właściwości użytkowych budynku $R_b(t)$ w czasie t określone są zależnością:

$$R_b(t) = \sum_{i=1}^m [A_i R_i(t)] \quad (3)$$

$R_i(t)$ – zmiany właściwości użytkowych elementu i w czasie t wg modelu PRRD,
 A_i – waga i -tego elementu, i – numer elementu budynku,
 m – liczba wszystkich elementów.

Prognozowany proces starzenia w postaci predykcji zmian właściwości użytkowych budynku mieszkalnego wykonanego w technologii tradycyjnej jest przedstawiony na rysunku 1. W budynku tym ściany nośne i ścianki działowe są murowane z cegły pełnej na zaprawie cementowo-wapiennej, więźba dachowa, stropy i schody, stolarka, podłogi są

Rys. 1. Zmiany właściwości użytkowych całego budynku $R_B(t)$ wg modelu PRRD



drewniane z drewna sosnowego, pokrycie dachu dachówką ceramiczną, instalacje gazowe, przewody wod.-kan. ze stali ocynkowanej. Dodatkowo na rysunku 1 zaznaczone zostały granice poszczególnych stanów technicznych, określone przez obszar stanów technicznych – dobry, zadowalający, średni, mierny, zły. Wartości graniczne stanów technicznych zostały przyjęte zgodnie z wartościami odpowiadającymi stopniom zużycia technicznego. Wykres zmian właściwości użytkowych budynku pozwala na określenie terminów osiągnięcia stanów technicznych przez budynek podczas jego użytkowania. Przy założeniu zaniechania przedsięwzięć remontowych budynek stan techniczny dobry zmienia się na zadowalający w 22. roku użytkowania, na średni w 35. roku, na mierny w 55. roku, na zły w 85. roku.

3. Czynniki wpływające na proces starzenia budynków mieszkalnych

W procesie starzenia budynku występują czynniki wpływające na degradację. Czynniki mogą występować o różnych zmieniających się intensywnościach. Według [12] czynniki wpływające na właściwości użytkowe budynku i ich części składowych pogrupowane są na czynniki działające spoza budynku z atmosfery lub podłoża pochodzenia naturalnego albo spowodowane działaniem człowieka oraz czynniki działające wewnątrz budynku – wywołane użytkowaniem lub będące konsekwencją projektu budowlanego.

W prognozowaniu zmian właściwości użytkowych budynku należy uwzględnić trzy problemy:

- czynniki, które powodują degradację,
- skutki zmian w intensywności czynników,
- skutki działania kombinacji tych czynników.

Czynniki wpływające na degradację budynku to niszczące działania mechaniczne, elektromagnetyczne, termiczne, chemiczne i biologiczne. Znajomość przewidywanej intensywności działania czynnika, określenia jego wartości minimalnej i maksymalnej pomoże w ustaleniu prognozy uszkodzenia. Podczas użytkowania budynków mieszkalnych czynniki wpływające na proces starzenia bardzo rzadko w występują pojedynczo, najczęściej działają łącznie, niekiedy w układach zależnych. Prognozowany okres użytkowania powinien uwzględniać sytuację najbardziej niekorzystną, czyli jednoczesne działanie wszystkich czynników. Trudnym zadaniem jest jednak określenie prognozy zmian intensywności działania tych czynników, kombinacji intensywności oraz skutków ich działania. Zgodnie z normą [12] można uwzględnić tylko najbardziej istotne czynniki w prognozowaniu procesu

starzenia. Należy dokonać oceny skutków działania istotnych czynników w sposób pojedynczy oraz w kombinacji z innymi czynnikami. Uwzględniając degradację wywołaną przez różne czynniki istotne, w budynkach mieszkalnych skutkiem działania czynników jest naturalne zużycie w trakcie eksploatacji.

4. Planowanie okresu użytkowania SLP

Planowanie okresu użytkowania SLP (*Service Life Planning*) budynku jest ściśle związane z problemem prognozowania okresu użytkowania jego elementów składowych. Norma [12] podaje metodę współczynnikową służącą do przewidywania okresu użytkowania SLP. Metoda ta polega na określeniu szacowanego okresu użytkowania ESL w oparciu o modyfikację wzorcowego okresu użytkowania RSL przez uwzględnienie różnic pomiędzy warunkami przyjętymi w projekcie i wzorcowymi warunkami użytkowania.

$$ESL = RSL \cdot A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E \cdot F \cdot G \quad (4)$$

gdzie:

A, B, C, D, E, F, G – współczynniki opisujące różnice pomiędzy warunkami.

Współczynnik A opisuje jakość elementów składowych budynku, współczynnik B – poziom projektowania, współczynnik C – poziom wykonania robót budowlanych, współczynnik D – środowisko wewnętrzne, współczynnik E – środowisko zewnętrzne, współczynnik F – warunki rzeczywiste, współczynnik G – poziom utrzymania. Współczynniki o wartości mniejszej niż 1,0 redukują szacowany okres użytkowania, a współczynniki o wartości większej niż 1,0 powodują jego wzrost. Właściwy wybór wartości współczynników modyfikujących $A-G$ zależy od różnic pomiędzy przyjętymi warunkami wzorcowymi w projekcie i wzorcowymi warunkami użytkowania. Wpływ cech jakości budynku na okres użytkowania uwzględniany jest są przez współczynniki A, B i C (poziom jakości, projektowanie i wykonawstwo), wpływ środowiska – współczynniki D i E (wewnętrzne np. wentylacja i zewnętrzne – np. zanieczyszczenia, warunki atmosferyczne) oraz wpływ warunków użytkowania przez współczynniki F i G

Rys. 2. Zmiany właściwości użytkowych budynku w modelu PRRD z uwzględnieniem intensywności czynników determinujących starzenie

(warunki w okresie użytkowania, czyli kategorie użytkowania oraz rodzaj utrzymania np. częstotliwość remontów). Aktualnie brak jest analiz dotyczących przewidywania RSL obiektów budowlanych i dopiero prowadzone są badania zmian właściwości użytkowych obiektów budowlanych. Zgodnie z normą należy określić czynniki degradacji; mechanizmy degradacji, w wyniku których czynniki degradacji mogą wywołać zmiany właściwości użytkowych budynków, a także mierzalne skutki degradacji oraz należy opracować metody weryfikacji tych opracowań.

5. Prognozowanie procesu starzenia metodą PRRD

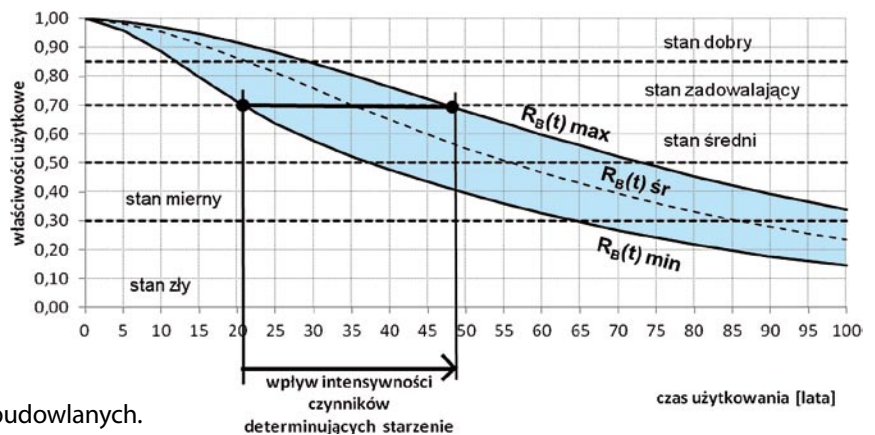
Jedną z propozycji prognozowania procesu starzenia jest metoda PRRD. W zaproponowanej metodzie uwzględnione zostały wyniki oceny trwałości elementów składowych budynku dostępne w literaturze technicznej. Trwałości elementów budynku podawane są w przedziałach okresów, które to wynikają z różniących się warunków lokalizacji, utrzymania, zmienności cech materiałów, poziomu wykonawstwa, poziomu projektowania. Uwzględniając przedziały czasowe okresów trwałości elementów budynku w prognozowaniu zmian właściwości użytkowych elementów, zostaje określony szacowany okres użytkowania, a współczynniki $A-G$ już zostały uwzględnione w postaci okresach trwałości elementów budynku. W zaproponowanym modelu PRRD policzone zostały zmiany właściwości użytkowych dla minimalnych okresów trwałości każdego elementu składowego budynku według wzoru (2), następnie zgodnie ze wzorem (3) określona została funkcja zmian właściwości użytkowych całego budynku dla minimalnych okresów trwałości poszczególnych elementów budynku.

Kolejnym etapem było wyznaczenie funkcji zmian właściwości użytkowych dla maksymalnych okresów trwałości poszczególnych elementów składowych budynku oraz całego budynku.

Funkcje zmian właściwości użytkowych całego budynku z uwzględnieniem maksymalnych i minimalnych okresów trwałości elementów składowych są przedstawione na rysunku 2. Do analizy przyjęte zostały rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne budynku takiego jak na rysunku 1.

6. Podsumowanie

Prognozowanie procesu starzenia jest niezbędne podczas utrzymania budynku mieszkalnego. Zgodnie z zaleceniami



normowymi należy opracować krzywe degradacji budynku i przedstawić zmiany w SLP planowanym czasie użytkowania. Jednak problem jest w wielu aspektach nierozpoznany. Brak danych wskazuje na potrzebę badań i analiz związanych z tą tematyką. Prognozowane zmiany właściwości użytkowych budynków mieszkalnych mogą być pomocne w podejmowaniu prawidłowych decyzji w planowaniu prac budowlanych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Knyziak P, Estimating the Technical Deterioration of Large-Panel Residential Buildings Using Artificial Neural Networks, *Procedia Engineering*, Procedia Engineering, 91/2014, str. 394–99
- [2] Radziszewska-Zielina E., Śladowski G., Supporting the Selection of a Variant of the Adaptation of a Historical Building with the Use of Fuzzy Modelling and Structural Analysis, *Journal of Cultural Heritage*, tom 26, 2017, str. 53–63
- [3] Bucóń R., Sobotka A., Decision-making model for choosing residential building repair variants, *Journal of Civil Engineering and Management* 21(7)2015, str. 893-901
- [4] Nowogońska B., Diagnostyka w procesie starzenia budynków mieszkalnych wykonanych w technologii tradycyjnej, Wydawnictwo Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, Warszawa, 2017
- [5] Ostańska A., Evolution of spaces between buildings in polish mass housing estates in the eyes of the inhabitants, *World Multidisciplinary Civil Engineering – Architecture – Urban Planning Symposium – WMCAUS 2017*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 245, 052044 Prague, Czechy, 2017
- [6] Runkiewicz L., Diagnostyka konstrukcyjna obiektów budowlanych, *Przegląd Budowlany* 3/2006, str. 16–18
- [7] Korentz J., Nowogońska B., Assessment of the life cycle of masonry walls in residential buildings. *Proceedings of the Environmental Challenges in Civil Engineering ECCE Opole, Polska, 2018*, MATEC Web of Conferences, tom 174, 01025, Opole, 2018
- [8] Nowogońska B., Proposal for determining the scale of renovation needs of residential buildings, *Civil and Environmental Engineering Reports* 22/2016, str. 137–144
- [9] Nowogońska B., Prognoza zmian stanu technicznego budynku mieszkalnego, *Materiały Budowlane* 11/2016, str. 58–59
- [10] PN-ISO 15686-1: 2005 Budynki i budowle. Planowanie okresu użytkowania. Część 1: Zasady ogólne
- [11] PN-ISO 15686-2: 2005 Budynki i budowle. Planowanie okresu użytkowania. Część 2. Procedury związane z przewidywanym okresem użytkowania
- [12] PN-ISO 15686-7 Budynki i budowle. Planowanie okresu użytkowania. Część 7: Ocena właściwości użytkowych na podstawie danych z praktyki dotyczących okresu użytkowania
- [13] Cordeiro G., Ortega M., Lemonte A., The Exponential-Weibull Lifetime Distribution, *Journal of Statistical Computation and Simulation* 84(12)2013, str. 1–15
- [14] Walpole R. E., Myers H., *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*, Macmillan Publishing Company, London, 1985