

PROPOZYCJA WYBORU TERMINU REMONTU KAPITALNEGO BUDYNKU

Beata Nowogońska✉

Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra

STRESZCZENIE

Stan techniczny budynku zmienia się w wyniku procesu starzenia. Podstawowym problemem podczas użytkowania budynku jest perspektywiczne planowanie remontów oraz przewidywanie środków potrzebnych do ich realizacji. Często jednak z powodu oszczędności środków decyzje dotyczące prac naprawczych są przesuwane na dalsze lata użytkowania obiektu. Taka oszczędność prowadzi do pogorszenia jego stanu technicznego. W artykule przedstawiona jest metoda określania terminu remontu kapitalnego z uwagi na niekorzystne zmiany stanu technicznego. Graniczne wartości terminu remontu określone są przez funkcje określające proces starzenia budynku opisany metodą PRRD (Prediction to Reliability according to Rayleigh Distribution).

Słowa kluczowe: stan techniczny, właściwości użytkowe, prognoza

WSTĘP

Podstawowym zadaniem podczas utrzymania budynku jest perspektywiczne planowanie remontów oraz przewidywanie środków potrzebnych do ich realizacji (Arendarski, 1978; Kasproicz, 2015; Gzyl, Apollo, Miszewska-Urbańska i Kristowski, 2017). Terminy prac remontowych powinny być planowane zgodnie z zasadami racjonalnego gospodarowania. Terminy te powinny wynikać z zasady najmniejszego nakładu środków na osiągnięcie celu, jakim jest utrzymanie stanu technicznego budynku na odpowiednim poziomie (Runkiewicz, 2010). Wcześniejszy remont ulepszający stan techniczny budynku prowadzi do zmniejszenia zniszczeń, co powoduje zmniejszenie sumarycznych nakładów (Knyziak, 2016; Radziszewska-Zielina i Śladowski, 2017). Często jednak często z powodu oszczędności środków decyzje dotyczące prac naprawczych są przesuwane na dalsze lata użytkowania obiektu. Taka oszczędność prowadzi do pogorszenia jego stanu technicznego.

FUNKCJE OPISUJĄCE PROCES STARZENIA BUDYNKU

Problem zapewnienia odpowiedniego poziomu stanu technicznego budynku występuje w całym okresie jego użytkowania. Zgodnie z zaleceniami normowymi (PN-ISO 15686-1:2005; PN-ISO 15686-2:2005) należy dokonać oceny właściwości użytkowych obiektu, a także należy przewidzieć zmiany tych właściwości w czasie, opracowując metody symulujące przewidywaną degradację wyrobu z upływem czasu. Zespół norm PN-ISO „Planowanie okresu użytkowania” podaje ogólne wytyczne dotyczące zagadnień przewidywania okresu użytkowania obiektu budowlanego. Określenie zmian właściwości użytkowych obiektów wymaga stosowania krzywych zagrożenia PSLDC (*Predicted Service Life of Component*) jako narzędzi wspomagających w planowaniu terminów remontów (Sobotka i Bucoń, 2005; Bucoń i Sobotka, 2006).

✉b.nowogonska@ib.uz.zgora.pl

W rozwiązywaniu zadań związanych z opracowaniem predykcji zmian właściwości użytkowych budynku mieszkalnego proponuje się wykorzystać algorytmy określania zmian niezawodności w urządzeniach technicznych. Prognoza niekorzystnych procesów pozwoli na określenie przedziału czasowego, w którym stan techniczny budynku będzie w przyszłości niezadowalający i tym samym będzie wymagać przeprowadzenia prac remontowych. Miarą niezawodności urządzeń technicznych jest funkcja $R(t)$ nazywana także funkcją przeżycia lub przetrwania (Niziński, 2001):

$$R(t) = (T \geq t) = 1 - F(t) \quad (1)$$

gdzie:

$F(t)$ – dystrybuanta zmiennej losowej czas zdatności obiektów.

Niesprawność i bezawaryjna praca są zdarzeniami przeciwnymi i wyłączającymi się, czyli:

$$F(t) = 1 - R(t) \quad (2)$$

Funkcja niezawodności opisywana jest także wzorem Wienera (Niziński, 2001):

$$R(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) dt\right) \quad (3)$$

który uściśla zależność pomiędzy niezawodnością a intensywnością uszkodzeń.

Do modelowania sytuacji w analizie przeżycia, gdy prawdopodobieństwo awarii zmienia się w czasie, korzysta się z rozkładu Weibulla jako rozkładu zmiennej losowej czasu zdatności obiektów. Rozkład Weibulla jest szeroko stosowany jako rozkład czasu poprawnej pracy i trwałości badanych wyrobów (Walpde i Myers, 1985; Nowak i Collins, 2000).

Funkcja gęstości rozkładu $f(t)$ Weibulla jest określona zależnością:

$$f(t) = \lambda \beta^\lambda t^{\alpha-1} \exp\left(-(\beta t)^\alpha\right) \text{ dla } t \in (0, T) \quad (4)$$

gdzie:

t – czas użytkowania obiektu,

T – normatywny okres trwałości obiektu lub elementu,

$\alpha > 0$ – parametr skali,

$\beta > 0$ – parametr kształtu.

Zaproponowany w pracy Nowogońskiej (2016a) model zmian właściwości użytkowych PRRD (Prediction of Reliability according to Rayleigh Distribution), jest opisem zmian właściwości użytkowych budynku mieszkalnego w pełnym okresie jego użytkowania. Model PRRD oparty jest na rozkładzie Rayleigh'a, który jest szczególnym przypadkiem rozkładu Weibulla dla parametru skali $\alpha = 2$. Rozkład ten jest rozkładem jednoparametrowym, który stosuje się wtedy, kiedy zużycie obiektu z upływem czasu jest główną przyczyną awaryjności.

Prognoza zmian właściwości użytkowych obiektu $R(t)$ w modelu PRRD dla okresu trwałości T , $\alpha = 2$ i $\beta = 1/T$ jest wyrażona zależnością:

$$R(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{T}\right)^2\right) \quad (5)$$

Intensywność uszkodzeń (według rozkładu Rayleigh'a) będzie określona następująco:

$$\lambda(t) = \frac{2t}{T^2 t^2} \quad (6)$$

W analizie zmian niezawodności urządzeń stopień zużycia $S_z(t)$ został uzależniany od intensywności uszkodzeń $\lambda(t)$ w następujący sposób:

$$S_z(t) = \int_0^t \lambda(t) dt \quad (7)$$

Na podstawie powyższej zależności stopień zużycia w modelu PRRD jest funkcją zależną od czasu:

$$S_z(t) = \frac{t^2}{T^2} \quad (8)$$

PROGNOZA ZMIAN WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH ELEMENTÓW SKŁADOWYCH BUDYNKU

Model PRRD zmian właściwości użytkowych $R_i(t)$ i -tego elementu budynku w czasie t oparty na rozkła-

dzie Rayleigh'a i wykorzystujący okresy trwałości elementu (T_{Ri}) z danych literaturowych (tab. 1) określony jest relacją:

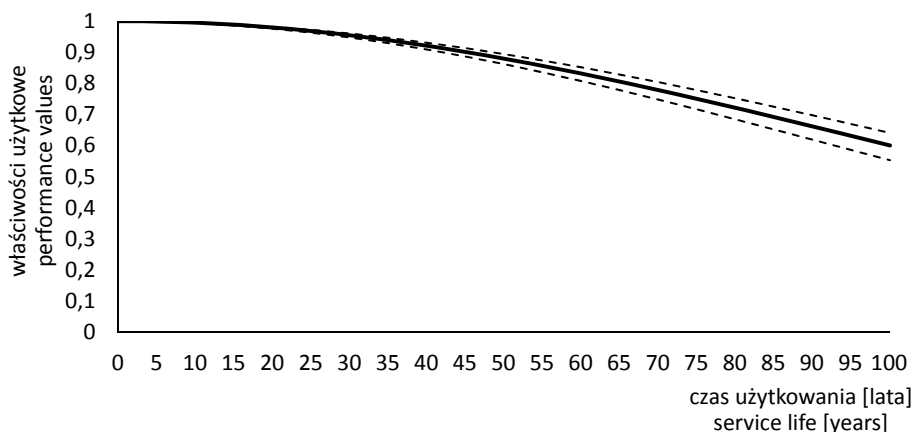
$$R_i(t) = \exp\left(-\left(\frac{t}{T_{Ri}}\right)^2\right) \quad (9)$$

Tabela 1. Okresy trwałości elementów budynku dla przyjętych rozwiązań materiałowo-konstrukcyjnych
Table 1. Periods of durability of building elements for accepted material and structural solutions

Lp No	Nazwa elementu i i – element name	T_{Ri}		
		$T_{Ri \text{ min}}$	$T_{Ri \text{ max}}$	$T_{Ri \text{ śr}}$
1	fundamenty ceglane	70	150	110
2	ściany murowane z cegły pełnej	130	150	140
3	ścianki działowe murowane z cegły	70	130	100
4	stropy drewniane belkowe	60	80	70
5	schody drewniane	20	50	35
6	więźba dachowa	60	100	80
7	pokrycie dachówką ceramiczną	40	100	70
8	rynny i rury spustowe z blachy stalowej ocynkowanej	10	25	17,5
9	tynki wewnętrzne	50	60	55
10	tynki zewnętrzne	30	60	45
11	stolarka okienna	20	80	50
12	stolarka drzwiowa	80	100	90
13	oszklenie	20	60	40
14	podłogi drewniane (tarcica iglasta)	40	60	50
15	powłoki malarskie ścian i sufitów	3	5	4
16	powłoki malarskie olejne stolarki	3	7	5
17	trzony kuchenne ceramiczne	20	50	35
18	piece kaflowe	40	50	45
19	przewody c.o. (stal)	20	50	35
20	kotły i grzejniki c.o.	20	80	50
21	przewody wod.-kan. (stal ocynkowana)	15	60	37,5
22	armatura wod.-kan.	20	40	30
23	przewody gazowe (stal ocynkowana)	15	60	37,5
24	przewody instalacji elektrycznych (podtynkowe)	40	80	60

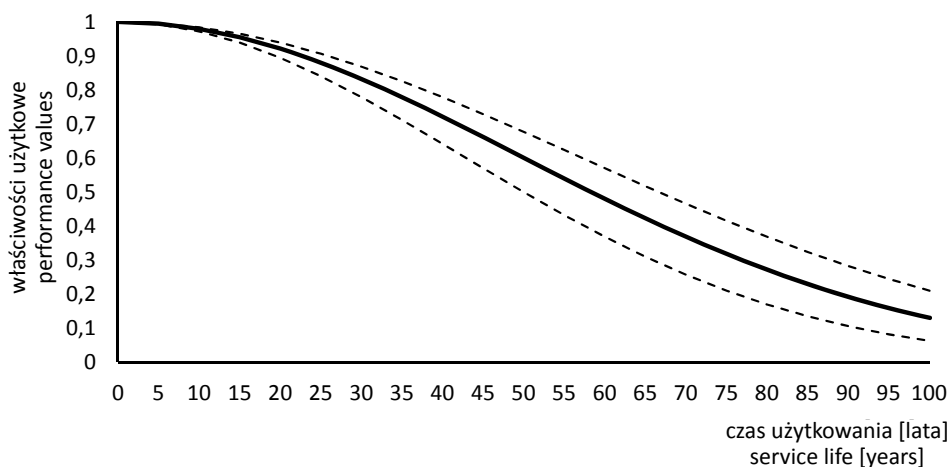
Prognozy właściwości użytkowych wybranych elementów budynku przedstawione są na rysunkach 1 i 2.

pomocniczych mogą powodować zmiany parametrów elementów podstawowych. W wyznaczaniu zmian właściwości użytkowych całego budynku – $R_B(t)$,



Rys. 1. Zmiany właściwości użytkowych ścian murowanych z cegły pełnej

Fig. 1. Changes in the performance values of building components – masonry walls



Rys. 2. Zmiany właściwości użytkowych stropów drewnianych

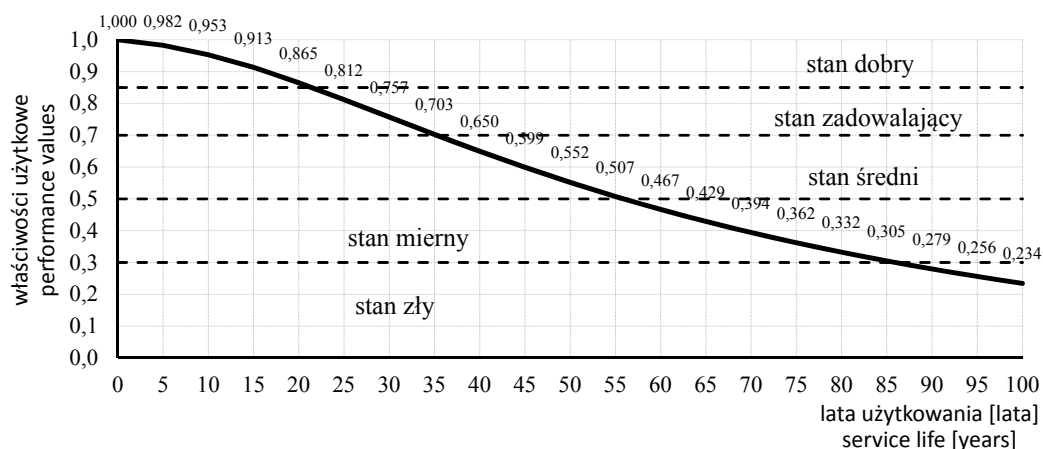
Fig. 2. Changes in the performance values of building components – wooden floors

PROGNOZA ZMIAN WŁAŚCIWOŚCI UŻYTKOWYCH CAŁEGO BUDYNKU

Każdy element w budynku ma swoje zadanie. Najbardziej istotny wpływ mają elementy pełniące podstawowe funkcje w czasie użytkowania. Inne elementy pomocnicze wpływają w mniejszym stopniu na ewolucję stanu technicznego obiektu, a ich wpływ wynika przede wszystkim z tego, że uszkodzenia elementów

uwzględnione zostały intensywności wpływu elementów składowych w postaci skali wag elementów A_i wg Arendarskiego (1978), a okresy trwałości elementów wg tabeli 1. W określeniu ewolucji stanu technicznego budynku wykorzystane zostały predykcje elementów składowych – $R_i(t)$. Uzyskane wyniki przedstawione są na rysunku 3.

Zmiany właściwości użytkowych budynku $R_B(t)$ w czasie t określone są zależnością:



Rys. 3. Prognoza zmian właściwości użytkowych całego budynku

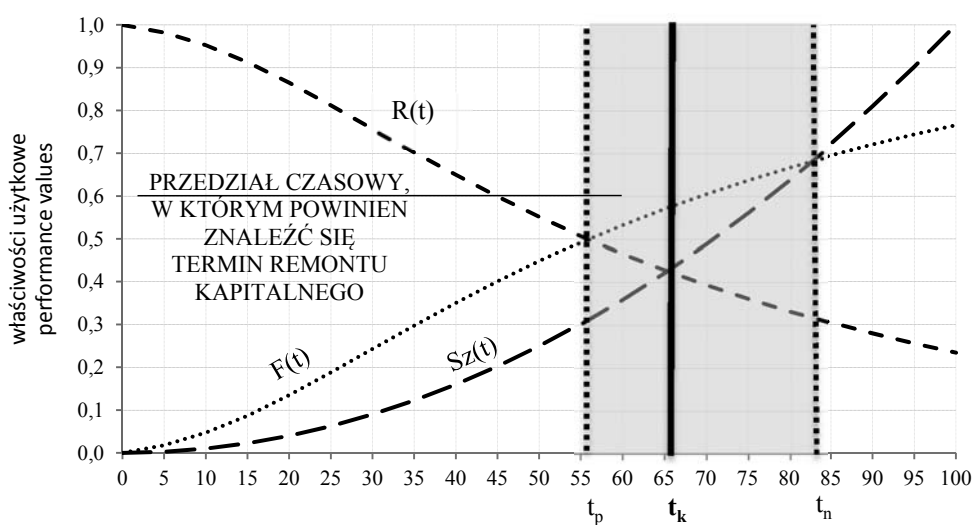
Fig. 3. Changes in the performance values of building

$$R_B(t) = \sum_{i=1}^n A_i R_i(t) \quad (10)$$

Zaproponowany model zmian właściwości użytkowych został poddany walidacji. Prognozowane zmiany wartości użytkowej ścian z cegły ceramicznej w budynkach mieszkalnych potwierdziły wyniki okresowych kontroli tych budynków (Nowogońska, 2016b).

METODA WYBORU TERMINU REMONTU KAPITALNEGO

Zmiany właściwości użytkowych budynku $R(t)$, zmiany zawrotności budynku $F(t)$ oraz stopnia zużycia budynku $S_z(t)$ podczas kolejnych lat jego użytkowania (rys. 4) są obrazem zmian stanu technicznego budynku w ciągu kolejnych lat użytkowania.



Rys. 4. Funkcje opisujące proces starzenia budynku

Fig. 4. Functions describing the aging process of a building

Właściwości użytkowe budynku oraz zawodność budynku w czasie jego użytkowania mogą przyjmować wartości od 0 do 1. Stopień zużycia budynku, podawany w procentach, rośnie w miarę upływu czasu od 0 do wartości maksymalnej.

Właściwości użytkowe budynku, w którym remonty nie były przeprowadzane, zmniejszają się podczas kolejnych lat eksploatacji, natomiast zawodność budynku stale rośnie. Przyjmuje się, że momentem poważnym jest termin t_p , kiedy to właściwości użytkowe są tak małe, że są równe zawodności budynku. Od terminu t_p należy wykonać remont kapitalny budynku z uwagi na jego zły stan techniczny.

Bardziej krytycznym terminem jest moment t_k . Funkcja zmian właściwości użytkowych maleje i osiąga niższe wartości niż stale rosnąca funkcja zawodności. Termin t_k jest przyjęty jako termin krytyczny, kiedy to funkcja właściwości użytkowych jest równa funkcji stopnia zużycia. Zakłada się, że termin t_k jest terminem wymagającym bezwzględnego wykonania remontu kapitalnego budynku.

Termin t_n natomiast wskazuje na granicę nieopłacalności wykonywania jakichkolwiek prac remontowych. Jest to termin, kiedy stopień zużycia zaczyna być większy niż zawodność budynku.

W literaturze z zakresu remontów oraz wyceny nieruchomości (Winniczek, 1993; Lenkiewicz, 1998) przedstawiana jest metoda kwalifikowania obiektów do rozbiórki, polegająca na określeniu stopnia zużycia budynku. W metodzie tej podawana jest wartość stopnia zużycia budynku równa 70%, jako granica wykonywania remontu. Z uwagi na wysokie koszty napraw zaleca się rozbiórkę budynku, jeśli stopień jego zużycia jest większy niż 70%. Przeprowadzona analiza nie uwzględnia kosztów remontów, dotyczy tylko stanu technicznego budynku. Dzięki wyznaczonym zmianom w czasie funkcji starzenia można stwierdzić, że budynki mieszkalne, których stopień zużycia jest większy niż około 70%, należy przeznaczyć do rozbiórki z powodu ich złego stanu technicznego. Z przeprowadzonych analiz wynika, że procentowe wartości zużycia przypadające na ostateczny termin remontu kapitalnego są równe wartości około 68%. Stanowi to potwierdzenie przyjmowanej w literaturze wartości 70%.

PODSUMOWANIE

Zaproponowana metoda określania terminów remontów kapitalnych powinna być traktowana jako ostrzeżenie. Terminy remontów wg tej metody wynikają ze złego stanu technicznego budynku. Uwzględnione dodatkowo koszty eksploatacji wynikające z braku remontów z pewnością spowodują przesunięcie terminów na wcześniejsze.

PIŚMIENNICTWO

- Arendarski, J. (1978). *Trwałość i niezawodność budynków mieszkalnych*. Warszawa: Arkady.
- Bucoń, R., Sobotka, A. (2006). Niezawodność eksploatacyjna obiektów budowlanych. *Prace naukowe Instytutu Budownictwa Politechniki Wrocławskiej* 87, 265–272. Wrocław: Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej.
- Gzyl, B., Apollo, M., Miszewska-Urbańska, E., Kristowski, A. (2017). *Management of exploitation in terms of life cycle costs of built structures*. *Acta Sci. Pol. Architectura*, 16 (2), 85–89.
- Kasproicz, T. (2015). *Inżynieria przedsięwzięć budowlanych. Rekomendowane metody i techniki*. Warszawa: Wydawnictwo PAN KILiW.
- Knyziak, P. (2016). The Quality and Reliability in the Structural Design, Production, Execution and Maintenance of the Precast Residential Buildings in Poland in the Past and Now. *Key Engineering Materials* (691), 420–431.
- Lenkiewicz, W. (1998). *Naprawy i modernizacja obiektów budowlanych*. Warszawa: Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej.
- Nowak, A. S., Collins, K. R. (2000). *Reliability of Structures*. New York: Mc Graw-Hill.
- Nowogońska, B. (2016a). The study of the technical evolution of the building. *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture*, 33, 63 (1/1/16), 35–42.
- Nowogońska, B. (2016b). The Life Cycle of a Building as a Technical Object. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 60 (3), 331–336.
- Niziński, S. (2001). *Elementy diagnostyki obiektów technicznych*. Olsztyn: Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego.
- PN-ISO 15686-1: 2005. Budynki i budowle. Planowanie okresu użytkowania. Część 1: Zasady ogólne.
- PN-ISO 15686-2: 2005. Budynki i budowle. Planowanie okresu użytkowania. Część 2. Procedury związane z przewidywanym okresem użytkowania.

- Radziszewska-Zielina, E., Śladowski, G. (2017). Proposal of the Use of a Fuzzy Stochastic Network for the Preliminary Evaluation of the Feasibility of the Process of the Adaptation of a Historical Building to a Particular Form of Use. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 245 (7), 072029.
- Runkiewicz, L. (2010). Realizacja obiektów budowlanych zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju. *Przeгляд Budowlany 2*.
- Sobotka, A., Bucoń, R. (2005). Kierunki rozwoju metod przewidywania okresu użytkowania obiektów budowlanych. *Problemy Rozwoju Miast 4*, 58–67.
- Walpde, R. E., Myers, R. H. (1985). *Probability and Statistics for Engineers and Scientists*. London: Macmillan.
- Winniczek, W. (1993). *Wycena budynków i budowli podejściem odtworzeniowym*. Wrocław: CUTOB-PZITB.

PROPOSAL TO ASSESS THE DATE OF THE COMPLETE RENOVATION OF A BUILDING

ABSTRACT

The technical condition of a building changes as a result of the aging process. A basic problem over the course of building use is the prospective planning of renovation works as well as anticipating the funds necessary to carry them out. Oftentimes, however, due to the savings of resources, decisions pertaining to repair works are moved back to later years of the service life. Such savings lead to the worsening of the technical state. The article presents a method of determining the date for the complete renovation of a building due to unfavorable changes in its technical state. The limit values of the renovation date are determined by functions determining the aging process of a building described using the PRRD method.

Key words: technical conditions, operational properties, prognosis