ZESZYTY NAUKOWE UNIWERSYTETU SZCZECIŃSKIEGO

NR 639 FINANSE, RYNKI FINANSOWE, UBEZPIECZENIA NR 37 2011

JERZY TYMIŃSKI

CYKL ŻYCIA A WARTOŚĆ RYNKOWA OBIEKTU MIESZKANIOWEGO

Wprowadzenie

Współcześnie specjaliści w problematyce eksploatacji obiektów mieszkaniowych coraz częściej kierują się nie tylko procesami użytkowania (eksploatacji) obiektów technicznych (budynków mieszkaniowych, użyteczności handlowo-usługowych itp.), ale także ich wartością rynkową. Obiekty mieszkaniowe na rynku nieruchomości mają swoją wartość, która w warunkach gospodarki rynkowej ma tendencję rosnącą. Wynika to nie tylko z zapotrzebowania społecznego, wymogów wyższego standardu mieszkaniowego, trwałości i długowieczności tego dobra na rynku, a także tezauryzacji. Jest to trzecie źródło gromadzenia bogactwa po złocie i precjozach z kamieni szlachetnych, dziełach sztuki. W każdym przypadku są one funkcją czasu. W przypadku nieruchomości, a szczególnie obiektów mieszkaniowych, im dłuższy cykl życia, tym wyższy dochód i w konsekwencji wyższa ich wartość.

Ocena długości cyklu życia obiektu mieszkaniowego w kategoriach niezawodności[1]

W kategoriach teorii niezawodności budynek mieszkaniowy jako obiekt techniczny można zdefiniować ogólnie jako uporządkowaną parę B: $\langle E, F\rangle$, składającą się z przeliczalnego i skończonego zbioru elementów $E \in \{A_{sj}, A_{ri}\}$ oraz struktury funkcjonalnej F. A_r – ta grupa i-tych elementów ($i = 1, 2, ..., K$) została włączona równolegle do układu strukturalnego[2], zaś A_s – ta grupa j-tych elementów ($j = 1, 2, \ldots, k$) została włączona szeregowo.

Funkcja niezawodności jest wtedy wyrażona ogólną zależnością:

$$R_{B(t)} = \prod_{j=1}^{K}\left[1 - \prod_{l=1}^{L_K}(1 - R_{j,i(t)})\right]. \tag{1}$$

[1] Pojęcie: niezawodność obiektu mieszkaniowego wiąże się z właściwością sprowadzającą się do jego zdolności spełniania wymogów (*wf*) w wyznaczonych granicach zdolności, w zadanych warunkach (χ) i czasie eksploatacji (t). J. Tymiński, M. Tymiński: *Struktura niezawodnościowa obiektów mieszkaniowych a zagadnienie długości życia. Wartość rynkowa obiektu mieszkalnego*, Zeszyty Naukowe WSGK w Kutnie, IV, s. 103 i dalsze, Kutno 2002.

[2] J. Karpiński, S. Firkowicz: *Zasady profilaktyki obiektów technicznych. Małe monografie*, PWN, Warszawa 1981; F. Reichelt, P. Franken: *Zuverlässigheit und Instandhultung Mathemalische Methoden*, Carl Hauser Verlag München Eien 1980, s. 199.

Uwzględniając fakt, że poprawność działania (pracy) obiektu mieszkaniowego zależy zarówno od uszkodzeń stopniowych (*s*), jak i nagłych (*n*), powyższa zależność (w odniesieniu do obiektu mieszkaniowego) przybiera bardziej złożoną postać:

$$R_{B(t)} = R_{Bs(t)} \cdot R_{Bn(t)}, \tag{2}$$

gdzie:

$$R_{Bs(t)} = \prod_{j=1}^{M}\left[1 - \prod_{i=1}^{N_M}(1 - R_{si,j(t)})\right] \tag{3}$$

i wyraża niezawodność obiektu przy uwzględnieniu uszkodzeń stopniowych.

Z kolei

$$R_{Bn(t)} = \prod_{l=1}^{L}\left[1 - \prod_{u=1}^{U_L}(1 - R_{Kn,Lu(t)})\right] \tag{4}$$

wyraża niezawodność obiektu przy uwzględnieniu uszkodzeń nagłych.

Określenie długości życia (czasookresu eksploatacji) budynku mieszkaniowego (chociaż możliwe z punktu widzenia matematycznego) w praktyce nastręcza istotne trudności. Wynika to przede wszystkim ze złożoności struktury funkcjonalnej budynku, a także z trudności określenia niezawodności poszczególnych jego elementów składowych.

W związku z tym ilościowa ocena niezawodności budynku mieszkaniowego powinna być rozpatrywana w sposób probabilistyczny i sekwencyjny, tj. w odniesieniu do poszczególnych wyodrębnionych zespołów budowlanych, stanowiących jednorodne (w sensie niezawodnościowym) układy strukturalne.

Elementy składowe budynku, ze względu na odmienność zużycia fizycznego i społecznego, można podzielić na kilka grup niezawodnościowych. Istotną grupą niezawodnościową, określającą długość cyklu życia, jest pierwsza grupa niezawodnościowa.

I grupa niezawodnościowa – to układ konstrukcyjny budynku. Obejmuje takie elementy, jak: ściany nośne, podciągi i ramy szkieletu oraz płyty stropowe, mury, fundamenty i inne. Zużycie ich jest przede wszystkim wynikiem procesów starzenia materiałów, deformacji konstrukcji (zmiany geometrii budynku itp.)[3]. Utrata własności użytkowych budynku następuje pod wpływem stopniowych uszkodzeń, głównie w ostatnim (granicznym) okresie eksploatacji. Dominują wówczas wymuszenia uszkadzające, spowodowane bodźcami skokowymi w warunkach kumulacji zużyć[4].

Niezawodność konstrukcji budynku można wyrazić zależnością:

$$R_{K(t)} = R_{Ks(t)} R_{Kn(t)}, \tag{5}$$

[3] J. Arendarski: *Trwałość i niezawodność budynków mieszkalnych*, Arkady, Warszawa, 1978, s. 48.

[4] *Podstawy organizacji remontów*, red. Z. Zbichorski, Warszawa 1983, s. 52; J. Tymiński, M. Tymiński: *Struktura niezawodnościowa obiektów...*

gdzie:

$R_{Ks(t)}$ – niezawodność konstrukcji o uszkodzeniach stopniowych,

$R_{Kn(t)}$ – niezawodność konstrukcji o uszkodzeniach nagłych.

Jeżeli jest to układ funkcjonalny o strukturze szeregowo-równoległej (najczęściej spotykany). Przy założeniu, że tylko część elementów ulega uszkodzeniom, to powyższa zależność przyjmie postać (por. wzór (3) i (4)):

$$R_{K(t)} = \prod_{j=1}^{M}\left[1-\prod_{i=1}^{N_M}(1-R_{Ksj,i(t)})\right]\cdot\prod_{l=1}^{L}\left[1-\prod_{u=1}^{U_L}(1-R_{Kn,Lu(t)})\right] \tag{6}$$

$$\begin{pmatrix} j=1,2,...,M \\ i=1,2,...,N \\ l=1,2,...,L \\ u=1,2,...,U \end{pmatrix} \begin{pmatrix} j\neq l \\ i\neq u \end{pmatrix},$$

gdzie:

$R_{Ksj,\, i(t)}$ – oznacza funkcję niezawodności i-tego elementu o uszkodzeniach stopniowych w j-tym podsystemie i = 1, 2, ..., N, j = 1, 2, ..., M,

$R_{Kn,\, lu(t)}$ – oznacza funkcję niezawodności u-tego elementu o uszkodzeniach nagłych w l-tym podsystemie l = 1,2,..., L, u = 1,2,...,U.

Intensywność uszkodzeń $\lambda_{n(t)}$ nagłych w zasadzie nie zależy od zużycia potencjału eksploatacyjnego (tj. od wartości użytkowej obiektu), a zatem jest praktycznie stała w czasie $\lambda_{(t)} = \lambda$.

Dla tego rodzaju uszkodzeń czas użytkowania budynku do kolejnego uszkodzenia opisany jest rozkładem wykładniczym. Niezawodność typu wykładniczego ma stałą intensywność uszkodzeń, stąd też:

$$R_{Kn,lu(t)} = \exp(-\lambda_{l,u(t)}). \tag{7}$$

Z kolei $R_{Ksj,\, i(t)}$ objaśnione jest:

- rozkładem gamma lub Weibulla w pierwszym etapie eksploatacji, tj. w okresie adaptacji,
- rozkładem wykładniczym w drugim etapie, w którym przeważają uszkodzenia nagłe,
- rozkładem potęgowym lub beta w ostatnim etapie eksploatacji, w którym stopień intensywności uszkodzeń wzrasta.

Dla elementów, których charakter uszkodzeń jest stopniowy, a moment wystąpienia uszkodzenia zależy od zużycia potencjału (tj. spadku wartości użytkowej w wyniku zachodzących procesów starzenia), funkcja niezawodności *i*-tego elementu może być wyrażona formułą:

$$R_{Ksj,i(t)} = \exp\left(-\int_0^t \lambda_{j,i(t)} dt\right). \tag{8}$$

Jeżeli przyjmiemy, że w badanym odcinku czasu (w najdłuższym okresie tzw. normalnego zużycia, tj. drugim etapie życia obiektu) procesy starzenia są pomijane, to $R_{Ksj,\ i(t)} \approx 1$. To oznacza, że niezawodność tego etapu przyjmie postać:

$$R_{K(t)} = R_{Kn(t)}. \tag{9}$$

Fakt, iż jeden człon ogólnego wskaźnika niezawodności, mianowicie: $R_{Knl,\ u(t)}$ jest wyrażony stałą wartością λ w całym czasie eksploatacji, upraszcza znacznie te zależności i umożliwia względnie nieskomplikowane obliczenia czasu życia całego budynku, o którym ostatecznie decyduje czas życia jego układu konstrukcyjnego[5]. Jeżeli zatem dla uszkodzeń nagłych przyjmiemy funkcje intensywności uszkodzeń stałe w czasie, to czas eksploatacji budynku w drugim okresie jego życia wynika z wartości oczekiwanej (przeciętnej) czasu poprawnej pracy obiektu technicznego $E(T)$, ponieważ[6]:

$$E(T) = T_0 = \int_0^\infty tf(t)dt = \int_0^\infty R_{(t)}dt, \tag{10}$$

gdyż: $\int_0^\infty tf(t)dt = \int_0^\infty t[-R'_{(t)}]dt = \int_0^\infty \exp(-\lambda t)dt$,

gdzie:

$f(t) = -R'_{(t)}$ zaś $[R_{(t)} = \exp(-\lambda t)]$

T_0 – oznacza średni czas poprawnej pracy,

wykonując całkowanie przez części (dla całego budynku):

$$\begin{aligned} &\int_0^\infty \exp(-\lambda t)dt = \left[\frac{\exp(-\lambda t)}{-\lambda}\right]_0^\infty = -\frac{1}{\lambda}\left[\exp(-\lambda t)\right]_0^\infty = \\ &= -\frac{1}{l}\left\{\left(\lim_{t\to\infty}\left(\exp(-lt)\right) - \exp(-l.0)\right)\right\} = -\frac{1}{l}(0-1) = \frac{1}{l}. \end{aligned} \tag{11}$$

[5] K. Krassowski: *Elementy techniczne gospodarki miejskiej (technika komunalna)*, cz. II, Uniwersytet Łódzki, Łódź 1984, s. 30, 90–91.

[6] J. Tymiński: *Elementy teorii niezawodności obiektów mieszkalnych*, Biuletyn Informacyjny „Użytkowanie – Konserwacja – Remonty" 1986, 5(86), s. 39.

Nawet wtedy, kiedy mamy do czynienia z rozkładem wykładniczym każdego elementu konstrukcji obiektu $\lambda_i = \lambda$, niezawodność całego systemu nie podlega prawu wykładniczemu. Bowiem zachodzi równość $F(t) = [1 - e^{-\lambda t}]^n$ oraz $R(t) = 1 - [1 - e^{-\lambda t}]^n$.

Rozpatrując budynek jako system składający się z n-tych elementów o zbliżonej niezawodności (np. w układzie równoległym podłużnym konstrukcji – zewnętrzne, podłużne ściany budynku), średni czas życia konstrukcji w drugim okresie (etapie) eksploatacji można wyrazić następującą formułą:

$$T_0 = \int_0^{\infty} R_{Kn(t)} dt = \int_0^{\infty} [1 - (1 - e^{-\lambda t})^n] dt . \tag{12}$$

W trzecim członie wzoru n oznacza liczbę elementów, stąd $i = 1, 2, ..., n$.

Dla rozwiązania tej całki dokonujemy zamiany zmiennych:

$$1 - e^{-\lambda t} = x,$$

następnie różniczkując x względem t, otrzymujemy:

$$\frac{dx}{dt} = \lambda e^{-\lambda t}.$$

Stąd

$$dt = \frac{dx}{\lambda e^{-\lambda t}}.$$

Zatem zmieniając granice całkowania:

$$T_0 = \int_0^1 \left[1 - x^n\right] \frac{dx}{\lambda e^{-\lambda t}} = \int_0^1 \frac{1 - x^n}{\lambda e^{-\lambda t}} dx = \frac{1}{\lambda} \int_0^1 \frac{1 - x^n}{1 - x} dx . \tag{13}$$

Następnie, wykorzystując wzór na sumę postępu geometrycznego, uzyskamy:

$$\begin{aligned} &\frac{1}{\lambda} \int_0^1 \frac{1 - x^n}{1 - x} dx = \frac{1}{\lambda} \int_0^1 \left(x^{n-1} + x^{n-2} + ... + x^2 + x^{+1}\right) dx = \\ &= \frac{1}{\lambda} \left[\frac{x^n}{n} + \frac{x^{n-1}}{n-1} + ... + \frac{x^2}{2} + x \right]_0^1 = \frac{1}{\lambda} \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{n-1} + ... + \frac{1}{x} + 1 \right). \end{aligned} \tag{14}$$

Ostatecznie (porządkując wyrazy od największego do najmniejszego):

$$T_0 = \frac{1}{\lambda} \left(1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + ... + \frac{1}{n} \right) = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{i} . \tag{15}$$

Oznacza to, że przeciętny czas życia systemu (konstrukcji całego budynku) jest $\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{i}$ razy większy od przeciętnego czasu życia jednego elementu. Tworzy to konieczność realizacji optymalnej strategii remontowej (odnowy szybko zużywalnych elementów obiektu).

Nie zawsze jednakże w obliczeniu T_0 można pominąć w badanym okresie eksploatacji obiektu mieszkaniowego procesy starzenia. Można to przyjąć jedynie w odniesieniu do drugiej fazy życia obiektu (tzw. okresu normalnego zużycia). W pozostałych przypadkach należy korzystać ze wzoru (por. wzór 5):

$$T_0 = \int_0^{\infty} R_{B(t)} dt, \tag{16}$$

gdzie: $R_{B(t)} = R_{Bn(t)} \cdot R_{Bs(t)}$.

Uwzględnienie w cyklu życia obiektu mieszkaniowego wyodrębnionych niezawodnościowo mieszkań

Przyjmujemy, że budynek mieszkaniowy, w sensie niezawodności, jest obiektem technicznym składającym się ze składników (mieszkań) połączonych równolegle, tj. wszystkie jednakowe zadania, uwzględniając *k*-te elementy składowe *i*-tego mieszkania dla całego budynku mieszkaniowego, otrzymamy strukturę równoległo-szeregową, łączącą równolegle *n*-te podsystemy (gdzie i = 1, 2, ..., *n*), z których każdy *i*-ty podsystem ma szeregową strukturę niezawodnościową:

$$R_{b(t)} = 1 - \prod_{i=1}^{n} \left[1 - \prod_{k=1}^{m_i} R_{i,k(t)} \right], \tag{17}$$

gdzie: $R_{b(t)}$ jest funkcją niezawodności budynku mieszkaniowego.

Uwzględniając następnie uszkodzenia nagłe i stopniowe *n*-tych podsystemów, możemy ostatecznie zapisać:

$$\begin{aligned} R_{b(t)} &= 1 - \prod_{i=1}^{n} \left[1 - \prod_{k=1}^{m_i} R_{ni,k(t)} \cdot R_{si,k(t)} \right] = \\ &= 1 - \prod_{i=1}^{n} \left[1 - \prod_{k=1}^{m_i} \exp(-\lambda_{ni,k} t) \cdot \exp(-\int_{t}^{t_g} \lambda_{si,k(t)} dt) \right]. \end{aligned} \tag{18}$$

Średni czas życia (T_0) systemu (tj. granicznego czasu eksploatacji budynku, przy uwzględnieniu granicznych stanów eksploatacji mieszkań) będzie równy:

$$T_0 = \int_0^{\infty} \left\{ 1 - \prod_{i=1}^{n} \left[1 - \prod_{k=1}^{m_i} (\exp(-\lambda_{ni,k} t)) \cdot \exp(-\int_{t_0}^{t_g} \lambda_{si,k(t)} dt \right] \right\} dt, \tag{19}$$

gdzie: $\lambda_{ni,\,k}$ oznacza parametr (stały) wykładniczej funkcji intensywności uszkodzeń nagłych *i*-tego mieszkania, *k*-tego elementu; $\lambda_{si,\,k(t)}$ oznacza funkcję intensywności uszkodzeń stopniowych *i*-tego mieszkania *k*-tego elementu.

Rozwiązanie tej całki daje odpowiedź na pytanie, jaki długi będzie czasokres eksploatacji budynku przy uwzględnieniu zmieniających się stanów zdatności poszczególnych jego wyodrębnionych składników (mieszkań).

Jest to na pewno skomplikowany wzór. Przyjmijmy funkcję uszkodzeń typu wykładniczego, charakteryzującą uszkodzenia nagłe (typowe dla okresu normalnego stałego zużycia budynku, najdłuższego w życiu obiektu mieszkaniowego). Charakteryzuje się ona dość złożonymi rozkładami uszkodzeń, często normalnym, ale także rozkładem gamma, Weibulla oraz wykładniczym o zmiennym w czasie parametrze uszkodzeń ($\lambda(t) \neq$ constans) i innymi.

Przyjęcie jednakże założenia, że wszystkie mieszkania (tj. i-te podsystemy) mają jednakową niezawodność, ułatwia rachunki. Nie jest to dużym uproszczeniem, gdyż składają się w zasadzie z takich samych elementów składowych. Poprzedni wzór przyjmie wtedy postać mniej skomplikowaną:

$$T_0 = \int_0^\infty \left\{ 1 - \left[1 - \prod_{k=1}^{m} (\exp(-\lambda_{n,k} t)) \cdot \exp(-\int_0^t \lambda_{si,k(t)} dt \right]^n \right\} dt. \tag{20}$$

Można jeszcze przyjąć, że:

$$\exp(-\lambda_n t) = c \text{ (constans).} \tag{21}$$

Wzór (21) bardziej upraszcza T_0. Dokładność obliczeń czasokresu życia budynku tym samym sprowadzała się do możliwie precyzyjnej kwantyfikacji funkcji uszkodzeń (λk) dla k-tych elementów. Precyzyjniejszej niż w obliczeniach T_0.

Długość cyklu życia (eksploatacji) obiektu mieszkaniowego, przy uwzględnieniu optymalizacji strategii remontowej

Znając optymalną strategię remontową obiektu mieszkaniowego, można określić średni czas bezawaryjnej pracy obiektu, jego życia (czas użytkowania T_u). Należy tutaj uwzględnić zależność $T_{u1} > T_{u2} > ... > T_{u\,\mathrm{tg}}$ (gdzie $T_{u\,\mathrm{tg}}$– czas graniczny eksploatacji, określający ostatni graniczny moment użytkowania obiektu mieszkaniowego, por. rys. A1, będzie to konkretnie t_g).

Ze względu na niejednakowe okresy międzyremontowe, momenty remontów (T_{Rt_i}), gdzie $t_i = t_1, t_2, ..., t_g$ – nie mają jednorodnego cyklu (por. Aneks 1). Tym bardziej że $T_{0(opt)}$ (poza λ(t), która musi być określona dla całego okresu eksploatacji obiektu mieszkaniowego) zależy także od kosztów remontów. Stąd dla precyzyjnego określenia $T_{0(opt)}$ powinny być dokładnie wyprognozowane (dla $t = 1, 2, \ldots, t_g$) koszty remontów, np. za pomocą modelowania ekonometrycznego. Stąd cały cykl życia obiektu mieszkaniowego dzielony jest na trzy fazy (okresy) dla których T_0 jest szacowany odrębnie. Podział ten jest określony optymalną strategią remontową TR_{opt}. Dla okresu III życia (eksploatacji) obiektu mieszkaniowego $T_{0(opt)}$ można zapisać (por. Aneks 2):

$$T_{0(opt)}^{III} = \int_{TR_{t1(opt)}}^{TR_{t3(opt)}} R(t)dt \quad \text{(granica całkowania: } TR_{tII\,(opt)}, TR_{t3\,(opt)}\text{)}, \tag{22}$$

przy czym $R(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t)dt\right)$ (dla $\lambda(t) \neq \lambda$).

W II okresie eksploatacji obiektu mieszkaniowego optymalizacja $T_{0(opt)}^{II}$ nie występuje w takim zakresie, jak w III okresie. Strategia przedłużenia życia obiektu dotyczy racjonalnego prowadzenia zabiegów konserwacyjno-prewencyjnych, o znacznie mniejszym udziale kosztów jednostkowych. Dla tego okresu T_0 wyraża się formułą:

$$T_{0\ opt}^{II} = \int_{T_{rk}}^{TR_{t(opt)}} R_{Bn(t)}dt \quad \text{(tutaj } R_{Bn} = \exp(-\lambda),\ \lambda = \text{constans)}, \tag{23}$$

gdzie T_{rk} – koniec okresu rękojmi za wady (ukryte) dla danej technologii realizacji obiektu mieszkaniowego (przeciętnie 5–6 lat).

I okres eksploatacji obiektu mieszkaniowego można także zmierzyć czasem rękojmi za wady. W zasadzie obejmuje on cały czas adaptacji, który skądinąd charakteryzuje się także dużymi nakładami kosztów na usuwanie wad technologicznych, objętych obszarem rękojmi, skutków brakoróbstwa itp. Nakłady te pokrywane są w zasadzie przez wykonawcę. Stąd procesy optymalizacji strategii remontowych nie występują u właścicieli nieruchomości (dotyczą wykonawcy budowy).

Zatem (niewiele upraszczając) można przyjąć:

$$T_0^I = T_{rk}.$$

Łącznie więc cały cykl życia (eksploatacji do okresu t_g) można określić sumą:

$$T_c = T_0^I + T_{0(opt)}^{II} + T_{0(opt)}^{III}. \tag{24}$$

Dla obiektu mieszkaniowego, będącego np. przedmiotem transakcji na rynku kapitałowym, stanowi to górną granicę czasu eksploatacji obiektu mieszkaniowego, która powinna być uwzględniona w procesie wyceny[7] wartości aktywów:

$$D = \sum_{t=1}^{T_c} \frac{CF_t}{(1+k)^t} + \mathrm{Rev}\frac{1}{(1+k)^{T_c}},$$

gdzie: D – wartość dochodowa; CF – strumienie przepływu środków pieniężnych (np. dochodów z czynszu); k – stopa dyskontowa; Rev – wartość rezydualna, może być równa wartości likwidacyjnej.

[7] J. Tymiński, M. Tymiński: *Struktura niezawodnościowa obiektów…*

Podsumowanie

1. Budynek mieszkaniowy jest systemem (obiektem) technicznym złożonym. Nie ułatwia to prowadzenia badań niezawodnościowych, które umożliwiałyby określenie poszczególnych okresów eksploatacji w życiu obiektu oraz strategii remontowych. Strategie remontowe tworzą optymalne warunki eksploatacji zarówno całego obiektu, jak i jego elementów składowych (np. mieszkań), warunkujących długość cyklu życia obiektu.
2. Zaproponowana koncepcja badań niezawodnościowych obiektów mieszkaniowych (dezagregacja budynku na części składowe w różnych przekrojach), mimo bezsprzecznej złożoności obliczeń, jest w praktyce możliwa do przyjęcia. Nie tylko w uproszczonych przypadkach umożliwia jej zastosowanie w ustalaniu czasokresu międzyremontowego eksploatacji obiektu[8]. Przy pewnych odrębnych założeniach (np. w zakresie czasokresu eksploatacji) może być także przydatna w decyzjach remontowych poprzez ułatwienie określenia optymalnych momentów remontów.
3. Znajomość aparatu matematycznego, jakim posługuje się teoria niezawodności oraz struktury niezawodnościowej obiektów mieszkaniowych, pozwala na dogłębną analizę zachowania się ich w eksploatacji (poprawnej pracy, zdatności), określania długości ich przeżycia w stwarzanych warunkach eksploatacji, a tym samym – racjonalnych zasad użytkowania i obsługi budynków mieszkaniowych i ich części składowych. W tym sensie zaproponowana metoda badań obiektów mieszkaniowych może być jeszcze jednym sposobem (poza innymi, powszechnie znanymi) analizy stanu technicznego zasobów mieszkaniowych i dalej określenia wartości aktywów firmy (np. deweloperskiej).
4. W rozwiniętej gospodarce rynkowej, w której mieszkanie jest towarem, jego wartość rynkowa jest określona również czasem życia obiektu mieszkaniowego. Wyznaczenie tego czasu dla właścicieli obiektu mieszkaniowego ma istotne znaczenie na rynku kapitałowym.

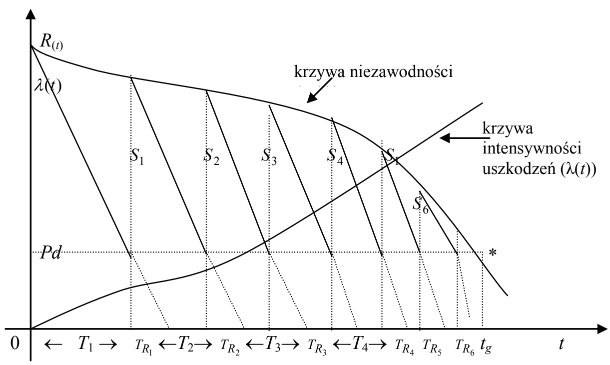
[8] Cz. Malec: *Próba ustalenia potrzeb remontowych pokryć dachowych obiektów mieszkalnych SM „Ogniwo" przy wykorzystaniu teorii niezawodności*, Biuletyn Informacyjny „Użytkowanie-Konserwacja-Remonty" 1986, s. 29; J. Arendarski: *Trwałość i niezawodność budynków mieszkalnych*, s. 47.

Aneks 1

Wyrazem **procesów zużycia** są **uszkodzenia** obiektu nieruchomości i jego elementów składowych, w wyniku których traci on swoją zdatność (wartość użytkową) i wymaga zabiegów remontowych, jeżeli są one technicznie możliwe i ekonomicznie uzasadnione. Wraz z czasem eksploatacji obiekt traci coraz częściej stan zdolności, gdyż ulega częstym uszkodzeniom (procesy starzenia). Dla uproszczenia rozważań pomijamy wyróżnianie stanu sprawności i niesprawności.

Następny jednak stan zdatności, po remoncie, reprezentuje już poziom zdolności użytkowania niższy aniżeli poprzedni. Proces ten ilustruje rysunek A1.

Ważnym zagadnieniem w strategii remontowej jest określenie podstawowych uwarunkowań poziomu niezawodności w użytkowaniu obiektów mieszkaniowych. Podstawą zaś dla zagadnienia poziomu niezawodności jest wyznaczenie funkcji intensywności uszkodzeń, która sama jest także ważnym zagadnieniem oceny decyzji remontowych obiektu mieszkaniowego.



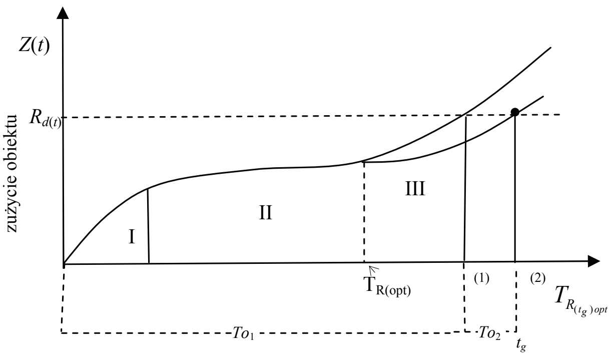
Objaśnienia: $R(t)$– realizacja funkcji niezawodności w czasie t (przebieg krzywej na rys. 1); S – zmiana wartości (zdolności) użytkowej obiektu mieszkaniowego; T_R – moment remontu; tg – czas graniczny (dla zużycia obiektu lub elementu składowego obiektu); t – czas eksploatacji; T_i – czas poprawnej pracy obiektu (i = 1, 2, ..., t_g); Pd – poziom dopuszczalny niezawodności obiektu, poniżej którego obiekt nie powinien być użytkowany (jest to moment remontu, wymiany lub likwidacji obiektu). Wynika to z faktu, iż ze względu na obniżenie wartości istotnych wielkości (parametrów) eksploatacyjnych obiekt nie może być dalej użytkowany z powodu zagrożenia bezpieczeństwa użytkowania, np. wymiany lin nośnych w urządzeniach dźwigowych, pękniętych belek stropowych, ścian nośnych itd.; * – graniczny punkt (poziom) niezawodności obiektu; $\lambda(t)$ – funkcja intensywności uszkodzeń.

Rys. A1. Spadek zdolności użytkowania po remoncie wobec stanu zdatności przed jego przeprowadzeniem.

Aneks 2

$$T_0 = \int_0^{t_g} \left\{ 1 - \left[1 - \prod_{k=1}^{m} (\exp(-\lambda_{n,k} t)) \cdot \exp(-\int_0^t \lambda_{si,k(t)} dt \right]^n \right\} dt \,,$$

gdzie: T_0 – średni czas życia systemu (tj. granicznego czasu eksploatacji obiektu technicznego przy uwzględnieniu granicznych standardów eksploatacji nieruchomości); k – elementy składowe i-tych podsystemów (nieruchomości) (i = 1, 2, ..., n), (k = 1, 2,..., m); exp $(-\lambda_{n,\ k(t)} = R_{n,\ k(t)}$ – funkcja niezawodności (wykładnicza) k-tego elementu i-tej nieruchomości ulegającej uszkodzeniom nagłym. Przy czym: $\lambda_{n,\ k(t)}$ – stały parametr wykładniczej funkcji intensywności uszkodzeń nagłych; $\exp(-\int_0^t \lambda_{si,k(t)} dt = R_{s,k(t)}$ – funkcja niezawodności określająca w całym i-tym okresie prawdopodobieństwo czasu poprawnej pracy k-tego elementu i-tego mieszkania ulegającego uszkodzeniom stopniowym; t_g – graniczny czas eksploatacji; $R_{d(t)}$ – dopuszczalny czas eksploatacji.



Rys. A2. Cykl życia obiektu technicznego (mieszkaniowego)

Źródło: J. Tymiński: *Elementy teorii niezawodności obiektów mieszkalnych*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Gospodarki Krajowej w Kutnie, Kutno 2001.

Literatura

Arendarski J.: *Trwałość i niezawodność budynków mieszkalnych*, Arkady, Warszawa 1978.

Reichelt F., Franken P.: *Zuverlässigheit und Instandhultung Mathemalische Methoden*, Carl Hanser Verlag, München Wien 1980.

Karpiński J., Firkowicz S.: *Zasady profilaktyki obiektów technicznych*, PWN, Warszawa, 1981.

Krassowski K.: *Elementy techniczne gospodarki miejskiej (technika komunalna)*, cz. II, Uniwersytet Łódzki, Łódź 1984.

Kucharska-Stasiak E.: *Funkcjonowanie w praktyce Uchwały 104 Centralnego Związku Budownictwa Mieszkaniowego*, Acta Universitatis Lodziensis. Folia Oeconomica, Łódź 1984.

Malec Cz.: *Próba ustalenia potrzeb remontowych pokryć dachowych obiektów mieszkalnych SM „Ogniwo" przy wykorzystaniu teorii niezawodności*, Biuletyn Informacyjny „Użytkowanie – Konserwacja – Remonty" 1986, 5.

Okólski A., Rudolf W.: *Konstrukcje budowlane*, Arkady, Warszawa 1988.

Tymiński J.: *Elementy teorii niezawodności obiektów mieszkalnych*, Biuletyn Informacyjny „Użytkowanie – Konserwacja – Remonty" 1986, z. 5.

Tymiński J., Tymiński M.: *Struktura niezawodnościowa obiektów mieszkaniowych a zagadnienie długości życia. Wartość rynkowa obiektu mieszkalnego*, Zeszyty Naukowe WSGK w Kutnie, Kutno 2002, z. IV.

Podstawy organizacji remontów, red. Z. Zbichorski, PWN, Warszawa 1983.

Jerzy Tymiński, prof. WSGK
Wyższa Szkoła Gospodarki Krajowej w Kutnie

Streszczenie

Nowoczesne ujęcie procesów techniczno-eksploatacyjnych i ekonomicznych obiektów mieszkaniowych, w ocenie ich wartości rynkowej, coraz częściej wykorzystuje elementy teorii niezawodności. Miary niezawodności wyrażone przez formułę Weibulla oraz funkcje intensyfikacji uszkodzeń obiektu[9] umożliwiają, poprzez analizę struktur niezawodnościowych, w miarę precyzyjne określenie czasu poprawnej pracy (cyklu życia) obiektu. Jest to niezbędne w rezultacie do ustalenia wartości aktywów (tj. budynku mieszkaniowego, mieszkania). Artykuł ujmuje w szerszym zakresie procesy analityczne charakteryzujące zużycie obiektów mieszkaniowych w całym obszarze ich cyklu życia, z uwzględnieniem struktur niezawodnościowych, wyprowadzając, w końcowym etapie analizy, model dochodowy wyceny aktywów. Rozważania analityczne są również zilustrowane rysunkami w aneksach 1 i 2.

THE LIFE CYCLE AND THE MARKET VALUE OF A HOUSING UNIT

Summary

In a growing number of cases the modern approach to technical, exploitation and economic processes involving housing units takes advantage of some elements of reliability theory. Reliability measures offered by the Weibull formula and the functions of housing unit damage intensity[10] enable a relatively precise determination of the period of the unit's correct functioning (i.e. service life) based on the analysis of the reliability structures. This knowledge is necessary to estimate assets' values (e.g. a residential building, a flat). The article presents more broadly the analytical processes revealing the residential structures' wear and tear throughout their service life, taking into account reliability structures. At the last stage of the analysis the income-based model of asset valuation is derived. The analytical discussion is illustrated with graphs in annexes 1 and 2.

---

[9] $R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)dr}$, gdzie $\lambda(t)$ jest funkcją intensywności uszkodzeń.

[10] *Ibidem*.