

EVALUATION OF DEFECTS IN BUILDINGS

A. Janickas

To cite this article: A. Janickas (1998) EVALUATION OF DEFECTS IN BUILDINGS, Statyba, 4:1, 12-19, DOI: [10.1080/13921525.1998.10531374](https://doi.org/10.1080/13921525.1998.10531374)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1998.10531374>



Published online: 26 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 94

PASTATŲ DEFEKTINGUMO VERTINIMAS

A. Janickas

1. Įžanga

Naujos statybos ir esamų gyvenamųjų pastatų eksploataavimo būsimos situacijos vertinimas rodo aiškų dėsningumą - absoliutų ir santykinį remonto išlaidų augimą didėjant gyvenamojo fondo apimčiai. Naujo būsto statybai tenkanti dalis iš bendrosios statybos ir remonto produkcijos vertės ateityje smarkiai mažės, o būsto remontui ir eksploatavimui – didės. Prognozuojama, kad šimtmečio pabaigoje gyvenamojo fondo remonto išlaidos susilygins su kapitalinių įdėjinių apimtimi, o darbo sąnaudos du ir daugiau kartų viršys naujos statybos darbo sąnaudas.

Konkreto pastato bedefektė būklė, atitinkanti stiprio ir deformatyvumo skaičiavimo reikalavimus, nėra pastovi ir eksploataavimo laikotarpiu gali kisti tiek teigiama, tiek neigiama kryptimi. Gyvenamojo namo bedefektės būklės kaip sudėtingos techninės sistemos sąvoka daug platesnė, negu jo elementų ir paprastų sistemų, galinčių būti tik dviejų būsenų: darbinės ir nedarbinės.

Gedimas - tai įvykis, per kurį gaminys visiškai arba iš dalies nebetinka naudoti, kai nors vienas pagrindinis parametras, įvertinantis gaminio kokybę, išeina už nustatytų nukrypimų ribos [1]. Taigi gedimas yra tokios ribinės būsenos susidarymas, kai gaminys visiškai arba iš dalies netenka savo kokybės, efektyvumo. Tai suteikia galimybę bendriausia forma nagrinėti gedimą kaip atsitiktinį iškritimą iš leistinos kokybės erdvės.

2. Gedimų ir pažeidimų atsiradimo priežastys

Konstrukcijų bei inžinerinių sistemų gedimai gali atsirasti dėl tokių veiksnių: 1) konstrukcijų gamybos ir statybos; 2) korozijos; 3) perkrovos; 4) mechaninių ir fizinių poveikių; 5) pagrindų deformacijų; 6) kitų poveikių. Šie veiksniai pasireiškia, o kartu ir konstrukcijų bei inžinerinių sistemų gedimai atsiranda dažniausiai dėl tokių priežasčių: 1) blogos gamybos ir statybos

darbų kokybės; 2) netinkamos pastatų eksploatacijos; 3) projektavimo klaidų; 4) kitų priežasčių.

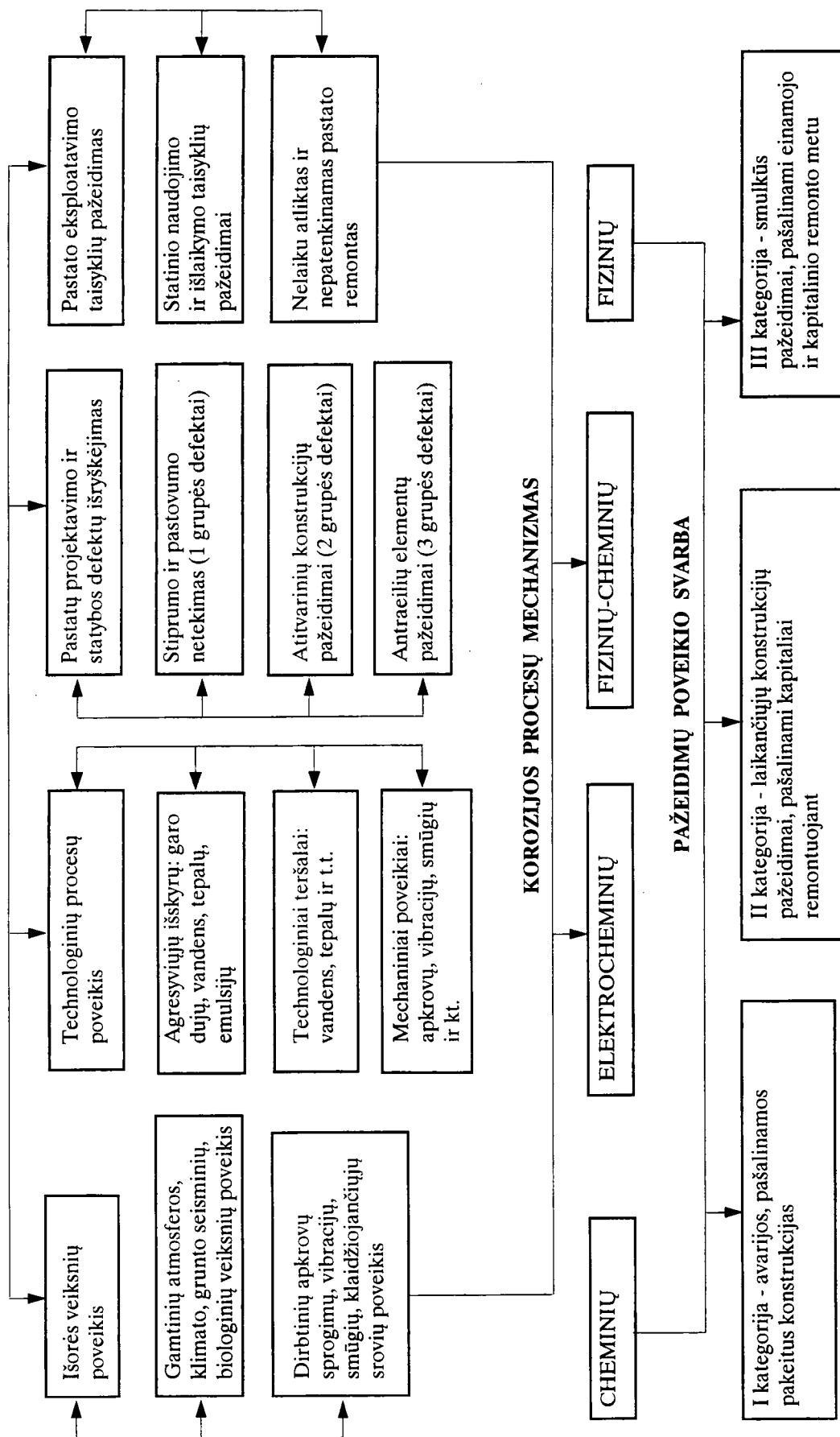
Ribinė būsena - objekto būsena, kai jo tolesnis eksploatavimas turi būti nutrauktas dėl nepašalinamo darbo saugos reikalavimų pažeidimo arba nepašalinamo nustatytų parametrų nukrypimų už nustatytų ribų, arba nepašalinamo eksploatacijos efektyvumo sumažėjimo žemiau leidžiamų reikšmių, arba būtinumo atlikti kapitalinį remontą [2].

Remontuojamų objektų ribinės būsenos susidarymas nustatomas momentu, kai tolesnis eksploatavimas negalimas arba netikslingas esant vienai ar kelioms priežastims:

- negalima užtikrinti saugos, be gedimų arba efektyvios eksploatacijos minimaliai leistinu lygiu;
- dėl susidėvėjimo ir (arba) senėjimo objektas tapo tokios būsenos, kai remontui reikalingos neleistinai didelės išlaidos arba neužtikrinamas būtinas atkuriamo darbingumo ir tinkamumo lygis.

Pastato normalios būklės pažeidimus suprantame, viena vertus, kaip pažeidimus, neliečiančius pagrindinės konstrukcinės schemos (didesnė drėgmė, medžiagų savybių pakitimai, apdailos pažeidimai ir kt.), o kita vertus, - kaip pagrindinės konstrukcinės schemos pažeidimus (elementų skerspjūvio susilpnėjimas, laikančiųjų konstrukcijų deformacijos ir t.t.). Dabartiniu metu pripažinta, kad ne tik įvairios apkrovos ir poveikiai, bet ir pastatų bei statinių sistemų fizinės ir geometrinės charakteristikos laikomos atsitiktiniais dydžiais [2]. Suirimų ir gedimų atsiradimų laikas ir vieta, darbo be gedimų trukmė, gyvavimo trukmė gyvavimo trukmė iki pirmo einamojo arba kapitalinio remonto, tolesnis gedimų ir atstatymo srautas, bendras sistemos (elemento) ir gyvenamųjų namų naudojimo laikas apskritai, patikimumo didinimo ekonominis efektas ir t.t. taip pat laikomi atsitiktiniais dydžiais, t.y. tokiais, kuriems turint praktinį patyrimą parenkamos vienokios ar kitokios reikšmės, tačiau iš anksto nežinoma kokios.

PAŽEIDIMŲ ATSIKIDIMO PRIEŽASTYS



1 pav. Pažeidimų atsiradimo priežastys
Fig 1. The causes of damages

Didelė pastatų ir statinių gedimų dalis yra mechaninės prigimties - stiprio, standumo, pastovumo netekimas, plyšių atsivėrimas už leistinų ribų ir kt. Pagal parametrų kitimo pobūdį skiriami staigūs (katastrofiniai) gedimai, atsirandantys parametrų šuoliškais pokyčiais (trapus suirimas, sluoksnio atplyšimo suirimas, sulūžimas ir t.t.) ir laipsniškais (parametriniais) gedimais, lėtai kintant vienam ar keliems parametrams (elementų ir visos sistemos senėjimas ir (arba) susidėvėjimas veikiant apkrovoms ir poveikiams) [2].

3. Eksploatavimo sąlygų įtaka konstrukcijų ir sistemų gedimams

Literatūros šaltinių duomenimis [2], pastatų konstrukcijų bei inžinerinių sistemų gedimai labai susiję su remonto ir išlaikymo išlaidomis. Tai pavaizduota 2 pav. grafike.

Paprastai, konstrukcijoms senėjant palaipsniui blogėja jų kokybė, ir bedefekčio darbo $P(t)$ tikimybė yra mažėjanti laiko t funkcija.

Eksploatavimo pradžioje (įdirbio periodu) gedimai atsiranda dažniau nei darbo periodu. Šiuo laikotarpiu intensyviai atsiranda staigūs gedimai, kaip paslėpti ir aiškūs statybinų gaminių ir įrengimų defektai, skirtingų medžiagų ir pačių statybos bei montavimo darbų žema kokybė ir kt. Jau pirmaisiais pastatų ir statinių funkcionavimo metais reikalingos papildomos lėšos neplaniniam remontui ir net atskirų elementų keitimui.

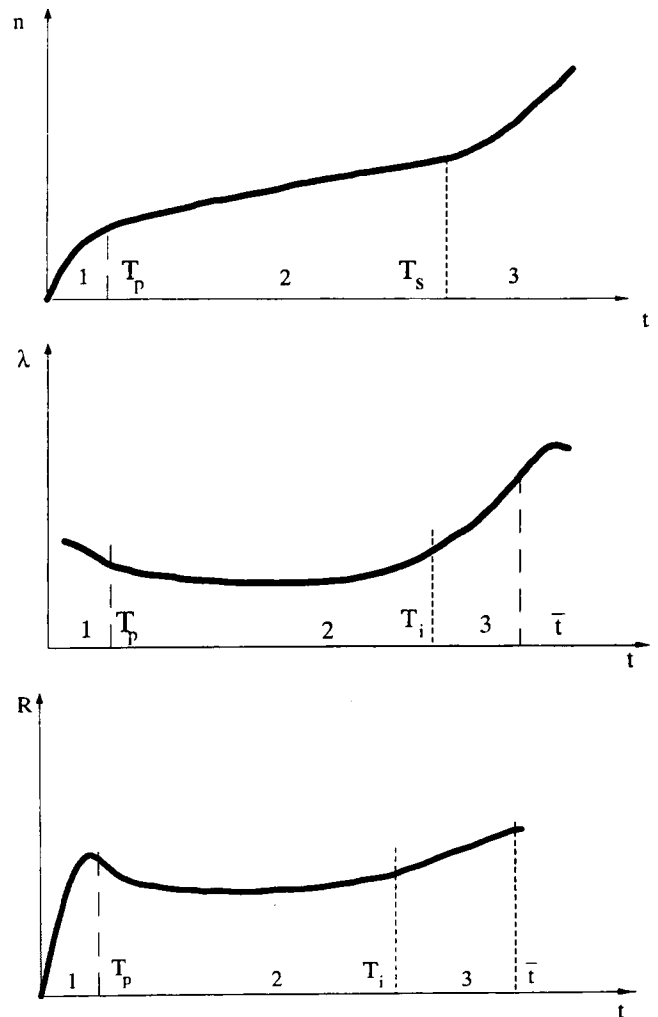
Antrasis periodas, vadinamas normalios eksploatacijos periodu, yra pagrindinis, jis gali tęstis keletą dešimtmečių. Šiuo laikotarpiu staigūs (netikėti) gedimai lygiais laiko tarpais pasireiškia palyginti vienodai [2, 3]. Gedimų srautas kažkuriuo laiko tarpu pasiskirsto eksponentiniu dėsnio su parametru, lygiu gedimų srauto parametru

$$P(t) = e^{-\frac{t}{\bar{t}}} = e^{-n\lambda t} \quad (1)$$

Čia $P(t)$ - darbo be gedimų tikimybė laikotarpiu t ; t - darbo trukmė, skaičiuojama nuo stebėjimų pradžios, metais, mėnesiais ir kt.; \bar{t} - maksimalus darbo laikas iki gedimo; $e=2,718$ - natūraliųjų logaritmų pagrindai; n - elementų skaičius; λ - pasiskirstymo parametras; $t = \frac{1}{n \cdot \lambda}$ - vidutinis elemento bedefekčio darbo laikas (darbo laikas iki gedimo).

Netikėti gedimai, būdingi gaminio normalaus eksploataavimo periodu, yra tokių atsitiktinės prigim-

ties skirtingų priežasčių sąveikos rezultatas: perkrovos, aiškių gaminių pažeidimų, gamybinės ir statybinės gamybos paslėptų defektų ir kt. Netikėtų gedimų prognozuoti negalima, todėl numatyti planines priemones netikėtiems gedimams likviduoti nėra prasmės [2].



2 pav. Gedimų ir išlaidų jiems šalinti pasiskirstymo pobūdis, atsižvelgiant į eksploataavimo trukmę:

- a - gedimo didėjimo pobūdis,
- b - gedimų srauto kitimas;
- c - gedimų pašalinimui reikalingos išlaidos;
- n - gedimų skaičius;
- λ - gedimų srauto parametras;
- R - išlaidos;
- t - vidutinė gyvavimo trukmė

Fig 2. Distribution of damages and expenses for removing them according to the service duration

- a) character of damage development;
- b) change of stream of damages;
- c) expenses for removing damages;
- n - number of damages;
- λ - parameter of stream of damages;
- R - expenses;
- t - average service time

Trečiuoju periodu pastato naudojimo trukmė pasiekia T_s (susidėvėjimo periodas), prasideda susidėvėjimas. Nuo šio momento masiškai pasireiškia senėjimo ir susidėvėjimo procesas, gedimų, ypač palaipsnių, srautas pradeda augti, atitinkamai didėja ir remonto bei išlaikymo išlaidos (žr. 2 pav.).

Šiuo periodu poveiksmis pasireiškia skirtingai [3]. Pirmiausia padidėja gedimų intensyvumas. Antra, sugedus vienam elementui beveik vienu metu yra gedimų tikimybė jų priklausomuose elementuose. Trečia, vieno iš elementų gedimas gali daryti įtaką kitų sistemos elementų darbo režimo pokyčiams, tai padidina jų gedimo tikimybę ateityje. Ketvirta, sugedusių elementų pakeitimas naujais nulemia, kad kito gedimo greičiausiai galima laukti elementuose, kurie buvo pakeisti anksčiau, bet ne ką tik pakeistame.

Gyvenamųjų pastatų patikimumui užtikrinti, remonto metodams ir profilaktikos sistemai rengti būtina konstrukcijų, elementų, mazgų ir sujungimų techninės būklės objektyvi informacija. Konkretūs jos uždaviniai susiję su ankstyvu konstrukcijų ir defektų bei pažeidimų suradimu, techninės apžiūros ir remonto procesų optimizavimu, pažeidimų priežasčių ir remonto darbų apimties nustatymu.

Gaunami statistikos duomenys turi būti sukorreguoti atsižvelgiant į eksploataavimo sąlygas, kurios skaičiuojant įvertinamos eksploataavimo sąlygų koeficientu. Daugumos eksploatacinių veiksnių neįmanoma gauti laboratorijos sąlygomis, juos galima tyrinėti tik eksploatuojamuose statiniuose, todėl eksploataavimo sąlygų koeficientams nustatyti naudojami statistiniai metodai. Keleto veiksnių įtakos konstrukcijų būklei nustatyti reikalingus atitinkamus koeficientus galima gauti varijuojant vieno veiksnio reikšmes nuo maksimumo iki minimumo, paliekant visų kitų veiksnių vidutines reikšmes. K_i reikšmę galima nustatyti kiekvienam veiksniai, turint konstrukcijos būklės pagal tris veiksnius lygtį

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3. \quad (2)$$

Čia y - rodiklis, apibūdinantis konstrukcijos būklę; x_1, x_2, x_3 - veiksniai, turintys įtakos konstrukcijos būklei.

Komplekso veiksnių įtakos konstrukcijų būklės įvertinimui vienu metu veikiant keletui veiksnių, tikslinga naudoti daugelio veiksnių regresinę analizę, kuri leidžia gauti priklausomybę ir nustatyti kiekvieno veiksnio svarbą.

Aktualiausias gyvenamojo fondo eksploataavimo klausimas yra atskirų konstrukcijų ir elementų nepati-

kimumo išaiškinimas, kada jų vidutinis faktinis (statistinis) įdirbis iki remonto t_f mažesnis už normuojamojo tarpremontinio resurso t reikšmę, t.y. $t_f < t$.

Dydį t_f galima apskaičiuoti taip:

$$t_f = t \cdot K_r(t). \quad (3)$$

Čia t - tarpremontinio resurso, nustatyto tam tikrai konstrukcijai arba jos elementams, dydis; K_r - tam tikrų konstrukcijų detalių nustatyto resurso t panaudojimo statistinis koeficientas.

Koeficiento $K_r(t)$ reikšmės apskaičiuojamos pastatų konstrukcijų ir detalių eksploataavimo statistikos duomenų pagrindu.

$$K_r(t) = \frac{[N_0 - n(t)t] \sum_{i=1}^{i=t} t_i}{N_0 t}. \quad (4)$$

Čia N_0 - pradinis pastato detalių ir konstrukcijų skaičius, imamas eksploatacinėms patikimumo charakteristikoms apskaičiuoti; $n(t)$ - suminis konstrukcijų, pirma laiko sugedusių nustatyto resurso laikotarpiu t , skaičius; t_i - įdirbis iki sugedimo i -osios sugedusios konstrukcijos, dirbant nustatyto resurso t laikotarpiu.

4. Ryšys tarp konstrukcijų susidėvėjimo ir patikimumo

Fizinio susidėvėjimo laipsnis - tai kiekybinis techninės būklės įvertinimas, rodantis nuostolių dalį, juos lyginant su konstrukcijų techninių ir eksploatacinių savybių pirmine būkle, eksploataavimo periodu. Šie nuostoliai gali būti išreikšti taip pat visos konstrukcijos arba pastato pradinės vertės sumažėjimu. Taip vertinant konstrukcijų techninę būklę galimas jų palyginimas, nežiūrint jų skirtingų savybių ir ypatybių.

Susidėvėjimo prognozavimas - sudėtingas daugelio faktorių uždavinys. Kadangi statiniuose yra didžiulis kiekis įvairaus stiprumo konstrukcijų ir medžiagų su skirtinga gyvavimo trukme, nerealu prognozuoti visą jo gyvavimo trukmę kaip visų pastato elementų gyvavimo trukmių derinį.

Statybos medžiagas ir konstrukcijas galima skirstyti į keturias ilgaamžiškumo grupes: trumpo (apdailos medžiagos), vidutinio (apdailos medžiagos, inžinerinės sistemos, aplinkos sutvarkymas), didelio (inžinerinės sistemos, stalių darbai), labai didelio (laikančiosios konstrukcijos, sienos, pamatai, perdangos).

Tos pačios medžiagos, panaudotos skirtingose konstrukcijose, įvairiomis eksploataavimo sąlygomis gyvavimo trukmė nevienoda, todėl medžiagų ilgaam-

žiškumo vertinimas taikomas konstrukcijoms ir technologiniams režimams.

Kadangi statybinių elementų (sistemų) darbas be gedimų negali būti neigiamas, tai egzistavimo bendras trukmės pasiskirstymas bus normalus su tankiu $f(t)$, apskaičiuojamu iš formulės [2]

$$f(t) = \frac{C}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}} \quad (5)$$

Čia t_i - i-ojo elemento (sistemos) bendra eksploataavimo trukmė (amžius) metais (mėnesiais); \bar{t} - vidutinė pasirinktinė reikšmė arba matematinė elemento (sistemos) gyvavimo trukmės tikimybė metais (mėnesiais); σ - atsitiktinio laiko t_i vidutinė kvadratinė paklaida nuo vidutinės gyvavimo trukmės \bar{t} ; C - kuris nors pastovusis dydis, nustatomas iš statistinių lentelių.

Pagrindiniai parametrai, kuriuos būtina kontroliuoti, kad būtų palaikoma pastato normali būklė, yra: konstrukcijų bendrasis ir vietinis stipris; pastatų erdvinis standumas; bendrosios ir vietinės deformacijos; atitvarinių konstrukcijų elementų įsotinimas drėgme; metalinių sujungimų tarp surenkamųjų konstrukcinių elementų ir inžinerinių sistemų, taip pat laikančiųjų metalinių konstrukcijų korozija; atitvarinių konstrukcijų elementų sujungimų oro ir drėgmės skvarbumas (stambiaplokščiuose ir stambiablokiuose statiniuose); oro drėgmės skvarbumas tarp langų staktų ir sienų plokščių; atraminių dalių būklė ir jų aptaisymas; stogo dangos, karnizų, balkonų, latakų ir nuotakų būklė, pastatų fasadų, pamatų apdaila, sienų, taip pat medinių konstrukcijų hidroizoliacija, deformacijos siūlių būklė ir darbas, sanitarijos įrenginių, elektrotechninės ir kitos inžinerinės įrangos būklė bei montavimo tikslumas, šiluminis režimas, patalpų uždujinimas, ventiliacijos būklė, apšviestumo lygis.

Skirtingai nei pramonės gaminiams, kuriems daugelio patikimumo rodiklių lygis gali būti nustatytas trumpalaikiais bandymais gamykloje, gyvenamųjų pastatų patikimumo rodikliai gali būti nustatyti tik juos masiškai eksploatuojant.

Informacija apie pastatų patikimumą - daugiausia, bet jos pagrindinis turinys turi jungti duomenis apie pažeidimų ir gedimų pobūdį: jų atsiradimo sąlygas, priežastis ir atsiradimo laiką. Ekonominiam įvertinimui būtina žinoti, kokius padarinius sukelia konstrukcijų ir elementų netinkamumas. Taigi informacija apie pastatų patikimumą yra kompleksinė techninė-ekonominė charakteristika.

Būtina įvertinti tinkamumo, gedimų ir ribinių būsenų kriterijus. Šiam tikslui sudaromas parametru sąrašas, nurodant jų leidžiamų ribų pokyčius, laikantis normų reikalavimų: išskirti techninius parametrus, nustatančius bendrąjį pastato darbingumą ir tolerancijas, kurių viršijimas atitinka gedimą ir ribinę būseną; išskirti higieninių parametru aibę, apibūdinančią patalpų aplinką, mikroklimatą. Stebėjimų atranka turi laiduoti patikimus rezultatus. Bendruoju atveju objektų kiekis skaičiuojamas iš formulės

$$n = \frac{t^2 \cdot v^2}{\varepsilon^2} \quad (6)$$

Čia t - tikimybės rodiklis; ε - tikslumo rodiklis; v - variacijos koeficientas, lygus $\pm 100\sigma/\mu$; σ - vidutinė kvadratinė duomenų paklaida nuo vidutinės aritmetinės reikšmės; μ - vidutinė aritmetinė visų duomenų rodiklių reikšmė.

Tikslumo rodiklis - vidutinė klaida, išreikšta procentais nuo vidutinės aritmetinės reikšmės

$$\varepsilon = \frac{\pm 100}{(\mu\sqrt{n})} \quad (7)$$

Tikimybės rodiklis t priklauso nuo gaunamo rezultato numatytos tikimybės patikimumo ir imamas 1,96, kai $P=0,95$ (bendrai išankstinei reikšmei); 2,56, kai $P=0,99$ (pakankamas statinio konstrukcijų ir elementų patikimumo kriterijus); 3,29, kai $P=0,999$ (maksimalusis griežtumo kriterijus).

Iš tikimybių teorijos aišku, kad kai bet kuris teiginys apie vidutinę reikšmę ir kurią nors atsitiktinio dydžio dispersiją sutampa su reikalavimais, tai ji paklūsta normaliam pasiskirstymui. Pakankamas statistikos duomenų kiekis apie keliolikos elementų gyvavimo trukmę patvirtina šią būklę. Vidutinė pasirinktinė gyvavimo trukmė \bar{t} apskaičiuojama iš formulės

$$\bar{t} = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^n t_i \quad (8)$$

Čia $t_1, t_2 \dots t_n$ - vienatipių n elementų kiekio, eksploatuojamų panašiomis sąlygomis gyvavimo trukmės aibė.

Pasirinktinė vidutinė kvadratinė paklaida skaičiuojama iš formulės

$$\alpha = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} \quad (9)$$

Iš (9) formulės matyti, kad normalus pasiskirstymas nustatomas dviem parametrais \bar{t} ir σ . Nesunku apskaičiuoti normalinį dydžių pasiskirstymą intervale, lygiame σ .

5. Pastatų ir konstrukcijų susidėvėjimo rodiklių įvertinimas

Irimo procesų daugdara, pastatų konstrukcinis sudėtingumas ir grynai techniniai sunkumai matuojant kai kuriuos pastato techninės būklės bendrojo įvertinimo parametrus yra apytikriai ($\pm 15-20\%$) [1]. Tuo pat metu skirtingiems konstrukciniams elementams vykstančių suirimo procesų aibę (neatsižvelgiant į jų prigimtį) galima apibūdinti vienu atsitiktiniu dydžiu, kuris šiuo atveju išsamiai aprašo techninę būklę. Jeigu ξ yra atsitiktinis dydis, apibūdinantis susidėvėjimą kažkuriuo periodu, turintis vidutinę reikšmę a ir dispersiją σ^2 , tai tikimybė, kad nustatytas dydis mažesnis už kažkurį skaičių x , gali būti išreikšta tokia forma:

$$P\{\xi < x\} = F\left(\frac{x-a}{\sigma}\right). \quad (10)$$

Čia F - nežinoma pasiskirstymo funkcija, kurios charakteristikas reikia surasti.

Imama, kad susidėvėjimas ξ prasideda nuo statinio atidavimo naudoti momento, jeigu susidėvėjimas viršys kažkurią ribą θ . Šiuo atveju gedimo tikimybė lygi

$$P_{ged} = P\{\xi > \theta\} = 1 - F\left(\frac{\theta - \alpha}{\sigma}\right). \quad (11)$$

Galima tai perrašyti

$$P_{ged} = 1 - F\left(\frac{\theta/\alpha - 1}{\sigma/\alpha}\right) = 1 - F\left(\frac{\alpha - 1}{\beta}\right), \quad (12)$$

ir matome, kad praktiškai P_{ged} nepriklauso nuo absoliučiąjų α ir β reikšmių, o tik nuo jų santykio, kuris yra bedimensis ir gali būti apskaičiuotas bedimense tikimybe P_{ged} . Iš tikrųjų skirtumas $\theta - \alpha$ neturi fizinės prasmės, kadangi nei θ , nei α nėra žinomos fizinių dydžių reikšmės. Jeigu dydį θ imsime kaip 100% susidėvėjimą, tai $\alpha/\theta \cdot 100\%$ apibūdina vidutinį susidėvėjimo procentą nagrinėjamoju periodu. Kuo mažesnis šis procentas, tuo didesnis skirtumas $\theta/\alpha - 1$ ir kartu mažesnė gedimo tikimybė tuo periodu.

Imame, kad ξ_1 - susidėvėjimas pirmaisiais eksploataavimo metais, ξ_2 - antraisiais ir t.t., ξ_n - n_n -aisiais metais. Tada susidėvėjimas per n metų su-

darys $\sum_{i=1}^n$. Manysime, kad dydžiai $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$

nepriklausomi ir vienodai pasiskirstę (fiziškai tai reiškia, kad susidėvėjimas eksploataavimo metu vyksta statistiškai tolygiai), vidutinis susidėvėjimas per metus sudaro α ir jo dispersija σ^2 . Šiuo atveju vidutinis susidėvėjimas per n metų yra $n \cdot \alpha$, jo dispersija $n \cdot \sigma^2$, o suminio susidėvėjimo pasiskirstymas per n metų išreiškiamas taip:

$$P\left\{\sum_{i=1}^n \xi_i < x\right\} = F_n\left(\frac{x - n \cdot \alpha}{\sigma \sqrt{n}}\right). \quad (13)$$

Čia F_n - nepriklausomų, vienodai pasiskirstančių dydžių sumos pasiskirstymo funkcija.

Gedimų tikimybė per n metus išreiškiamą

$$P_{ged} = 1 - F_n\left(\frac{\theta - n \cdot \alpha}{\sigma \sqrt{n}}\right), \quad (14)$$

o n -aisiais metais nuo eksploataavimo pradžios gedimų tikimybė

$$P_n = F_{n-1}\left(\frac{\theta - (n-1)\alpha}{\sigma \sqrt{n-1}}\right) - F_n\left(\frac{\theta - n \cdot \alpha}{\sigma \sqrt{n}}\right). \quad (15)$$

Pakeitę lygties dydžius santykiniais dydžiais, gausime:

$$P_n = F_{n-1}\left(\frac{\alpha - (n-1)}{\beta \sqrt{n-1}}\right) - F_n\left(\frac{\alpha - n}{\beta \sqrt{n}}\right). \quad (16)$$

Čia $1/\alpha \cdot 100\% = \alpha/\theta \cdot 100\%$ imamas kaip vidutinis kasmetinis susidėvėjimo procentas; $\beta = \sigma/\alpha$ kasmečio susidėvėjimo variacijos koeficientas.

Kadangi $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$ reikšmės turi vienodą pasiskirstymą, tai per jo momentus galima išreikšti ir jų sumos F_n^* pasiskirstymo funkciją. Dydžiai α ir β apibūdina pirmąjį ir antrąjį kasmečio susidėvėjimo pasiskirstymo momentus. Pridėjus jiems asimetriją γ ir ekscesą δ , galima bet kurioms keturių dydžių reikšmėms $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ apskaičiuoti tikimybę P_n .

Šios teorinės tikimybės $P_n(\alpha, \beta, \gamma, \delta)$ yra metinio susidėvėjimo keturių parametrų funkcijos. Surinkus gedimų statistiką, galima apskaičiuoti kasmečių gedimų dažnumą arba empirinę gedimų tikimybę \tilde{P}_n . Parinkus parametrų reikšmes ir palyginus P_n ir \tilde{P}_n , galima patikrinti hipotezę apie tai, kad nagrinėjamas modelis adekvatus procesui, vykstančiam tikrovėje. Labiausiai tinkamas tokiam tikrinimui yra χ^2 kriteri-

jus. Parametrai parenkami taip, kad būtų galima minimizuoti dydį χ

$$\chi^2 = \sum \frac{[P_n(\alpha, \beta, \gamma, \delta) - \tilde{P}_n]^2}{P_n(\alpha, \beta, \gamma, \delta)}. \quad (17)$$

Gauta χ^2_{min} reikšmė lyginama su $\chi^2_{krit.}$, ir jeigu $\chi^2_{min} \geq \chi^2_{krit.}$, tai hipotezė atmetama. Priešingu atveju modelį galima naudoti.

Kai mūsų atveju atsitiktinio dydžio gaminio gyvavimo trukmei galimas normalus pasiskirstymas telpa intervale $\bar{t} - 3\sigma \leq t_i \leq \bar{t} + 3\sigma$, tai normatyviniai duomenys apie konstrukcijų arba sistemų vidutinę darbo trukmę turi būti papildyti vidutiniu kvadratinu atsitiktinio laiko t_i nuokrypiu nuo vidutinės gyvavimo trukmės \bar{t} . Labai svarbu turėti gyvenamųjų pastatų elementų ir sistemų normatyvinę gyvavimo trukmę, kadangi tokių pagrindimų šiuo metu nėra [1].

Normalaus eksploatavimo periodu konstrukcijos (sistemos) turi atsigaminti (net pakeičiant) atsiradus gedimui, ir būtinas konstrukcijos pakeitimas arba atstatymas laiku, net jeigu ji ir nesugedo, normalios eksploatacijos periodo pabaigoje. Normalios eksploatacijos periodui pasibaigus yra intensyvus susidėvėjimo ir senėjimo, taip pat inžinerinių sistemų reguliavimo pradžios bei palaipsnių gedimų srauto, atitinkančio laiko momentą $t_i = \bar{t} - 3\sigma$, augimas.

Šie susidėvėjimo nulemiami gedimai konstrukcijose ir inžinerinėse sistemose yra negrįžtamų palaipsnių pažeidimų kaupimosi rezultatas veikiant apkrovoms ir poveikiams, t.y. daugeliui atsitiktinės prigimties veiksnių. Žinoma, kad palaipsnius gedimus galima prognozuoti bei pašalinti, todėl juos galima valdyti sudarant planinių remontų sistemą. Palaipsniai gedimai, aprašyti normaliu pasiskirstymu, neįeina į paprasto srauto sąlygas, kadangi čia visų pirma nėra stacionarumo, nes laikui bėgant konstrukcijų (sistemų) parametrai progresuojančiai kinta.

Tokiam sraute pasireiškia poveiksmis, kadangi parametro, užfiksuoto tam tikru laiko momentu, reikšmė priklauso nuo to, kiek daug šis parametras jau pakito nuo nominalios reikšmės, fiksuotos prieš tai. Poveiksmio buvimo faktas ir leidžia tiksliai prognozuoti palaipsnius gedimus.

Srauto stacionarumas reiškia, kad tam tikro skaičiaus įvykių atsiradimo laiko intervalas ilgiu t_i nepriklauso nuo to, kur yra laiko ašyje t šis intervalas, bet priklauso tik nuo intervalo ilgio. Aišku, kad didesnę intervalą atitinka vidutiniškai didesnis įvykių skaičius. Stacionarumo sąlyga gedimų srautui pa-

prastai nepastebima nei įdirbio, nei konstrukcijų (sistemos) "masinio senėjimo" periodais.

Poveiksmio nebuvimas reiškia, kad įvykių srauto vyksmo pobūdis po bet kurio laiko momento T nepriklauso nuo to, kaip srautas "tekėjo" iki to momento. Matematiškai išreiškiami, kad sąlyginė k įvykių (gedimų) atsiradimo tikimybė laiko intervalu $(T, T+t_3)$ apskaičiuota laisvai spėjant apie įvykių atsiradimą iki šio intervalo lygi įvykių atsiradimo besąlygiškai tikimybei šiuo intervalu, t.y.

$$P_K\left(\frac{t_i}{T}\right) = P_K(t_i). \quad (18)$$

Čia t_i - laiko intervalas.

Įvykių srauto vienkartiškumas reiškia, kad per labai trumpą laikotarpį Δt maža tikimybė atsirasti dviems ar daugiau įvykių. Tai galima užrašyti:

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{>1}(\Delta t)}{\Delta t} = 0. \quad (19)$$

Čia $P_{>1}(\Delta t)$ - daugiau kaip vieno įvykio (gedimo) atsiradimo tikimybė laikotarpiu $(t, t + \Delta t)$.

Aukščiau nurodytos savybės: srauto stacionarumas, poveiksmio nebuvimas ir vienkartiškumas labiausiai tinka nagrinėjant vadinamąjį paprastą įvykių (gedimų, atstatymo ir t.t.) srautą.

6. Išvados

Pastatų konstrukcijų ir inžinerinių sistemų trijų egzistavimo periodų nagrinėjimas leidžia padaryti išvadą, kad konstrukcijų ir sistemų patikimumo didinimo bendrojo inžinerinio uždavinio sprendimui turi įtakos: 1) įdirbio periodo gedimų sutrumpinimas; 2) palaipsnių (nusidėvėjimo) gedimų pasireiškimo laiko atitolinimas atliekant techninį aptarnavimą ir taikant einamojo remonto priemones; 3) normalaus pastatų eksploatavimo periodo pailginimas; 4) staigių (atsitiktinių) gedimų atsiradimo galimybių mažinimas iki minimumo normaliuose, pilnaverčiuose elementuose.

Literatūra

1. А.Г. Ройтман. Деформации и повреждения зданий. М.: Стройиздат, 1987. 158 с.
2. Б.М. Колотилкин. Эксплуатация крупнопанельных жилых зданий и их качество. М.: Стройиздат, 1976. 85 с.
3. Б.М. Колотилкин. Надежность функционирования жилых зданий. М.: Стройиздат, 1989. 372 с.
4. Pastatų būklės įvertinimas ABC. Vilnius, 1992. 61 p.

Įteikta 1998 02 16

EVALUATION OF DEFECTS IN BUILDINGS

A. Janickas

Summary

The article deals with the peculiarities of non-defective work of residential buildings, their structures and engineering systems. The concepts of the failure and limit state are defined. The causes and influences upon the failure are determined. Possible classification of damages is presented. The author defines that failure is a casual occurrence taking place in the material of the structure the points out that there are object and indirect indications of failure.

The author explains that damages of structures are the result of gradual accumulation of defects under certain loading and factors due to poor quality of production, improper maintenance and design mistakes. The analytical

investigations show a close interdependence of damages and expenses for removing them and the influence on the dynamics of redistribution of damages in the period of maintenance. The expressions are suggested for evaluating the possibilities of wear and failure increase. The author motivates the necessity of gathering data pertaining to the failure of buildings, structures and engineering system buildings. The forecast of non-defective work is impossible without the above-mentioned data.

Antanas JANICKAS. Doctor, Associate Professor. Kaunas University of Technology. Dept of Structural Engineering. Studentų 48, 3028 Kaunas, Lithuania.

A graduate of Kaunas University of Technology (formerly Kaunas Polytechnic Institute), 1958. Since 1964 at Kaunas University of Technology. Doctor, 1972. Research interests: industrial buildings and structures, composite structures, structural defects.