

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 3, 2026 vol. 3

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



JOURNAL OF TRANSPORT

RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164

VOLUME 3, ISSUE 3

SEPTEMBER, 2026



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 3, ISSUE 3 SEPTEMBER, 2026

EDITOR-IN-CHIEF

SAID S. SHAUMAROV

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Deputy Chief Editor

Miraziz M. Talipov

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

The “**Journal of Transport**” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

Stochastic modelling of post-earthquake evacuation risk in a student dormitory with a failed exit element

D. Bekmirzaev¹, A. Sodikov²

¹Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures named after M.T. Urazbaev, Tashkent, Uzbekistan

²Academy of Fire Safety under the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Abstract: The paper studies the evacuation of a five-storey student dormitory under a post-earthquake fire scenario in which one element of the egress route has failed. The computational scheme couples four blocks in a single Monte Carlo ensemble: the seismic fragility of the exit element, the probability distribution of pre-movement time, the network flow model of the escape routes and the queue dynamics in front of the stair doors. Two cases — all exits serviceable (Case 1) and the second-floor door of the second staircase disabled (Case 2) — were compared over ensembles of 2000 realizations each. The failure of a single door increases the median total evacuation time from 254 s to 283 s (11 %) and its 95 % quantile from 280 s to 296 s (6 %), while the peak queue length in front of the remaining staircase grows from 98 to 133 persons (36 %). Thus the integral time indicator changes moderately, whereas the risk expressed through local crowd accumulation rises sharply. On this basis it is proposed to extend the system of evacuation design criteria with queue-length and local-density criteria, and to prioritise seismic protection of exit doors, a predefined floor-by-floor flow redistribution procedure and night-time evacuation drills.

Keywords: post-earthquake fire, evacuation, student dormitory, exit element failure, queue dynamics, stochastic modelling, Monte Carlo simulation, seismic safety

Zilziladan keyin yuzaga kelishi mumkin bo'lgan evakuatsiya xavfini modellashtirish

Bekmirzayev D.¹, Sodiqov A.²

¹O'rozboyev nomidagi Mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi instituti, Toshkent, O'zbekiston

²O'zbekiston Respublikasi FVV huzuridagi yong'in havfsizligi akademiyasi, Toshkent, O'zbekiston

Annotatsiya: Maqolada zilziladan keyingi yong'in sharoitida evakuatsiya yo'lining bir elementi ishdan chiqqan holat uchun besh qavatli talabalar turar joyi binosini evakuatsiya qilish jarayoni stoxastik modellashtirish usuli bilan tadqiq etilgan. Hisob sxemasi to'rt bo'g'inni — chiqish elementining seysmik zaifligini, harakatgacha bo'lgan vaqtning ehtimoliy taqsimotini, evakuatsiya yo'llarining tarmoq oqimi modelini va eshiklar oldidagi navbat dinamikasini — yagona Monte-Karlo ansamblida bog'laydi. Ikki hisob holati: barcha chiqishlar ishchi holatda (1-holat) va ikkinchi qavatdagi ikkinchi zinapoya eshigi ishdan chiqqan holat (2-holat) har biri 2000 realizatsiyadan iborat ansamblida taqqoslangan. Natijalar shuni ko'rsatkichi, bitta eshikning ishdan chiqishi to'liq evakuatsiya vaqtining medianasini 254 s dan 283 s gacha (11 %), 95 % kvantilini 280 s dan 296 s gacha (6 %) oshiradi, saqlanib qolgan zinapoya oldidagi navbatning eng katta uzunligini esa 98 kishidan 133 kishigacha (36 %) ko'paytiradi. Demak, integral vaqt ko'rsatkichi nisbatan kam o'zgaradi, xavf esa lokal to'planish ko'rsatkichi bo'yicha keskin ortadi. Shu asosda evakuatsiya hisobining mezonlar tizimiga navbat uzunligi va lokal zichlik mezonlarini kiritish, chiqish eshiklarini seysmik himoyalash, qavatlar kesimida oqimni qayta taqsimlash tartibini belgilash va tungi sharoit uchun mashqlar o'tkazish tavsiya etilgan.

Kalit so'zlar: zilziladan keyingi yong'in, evakuatsiya, talabalar turar joyi, chiqish elementining ishdan chiqishi, navbat dinamikasi, stoxastik modellashtirish, Monte-Karlo usuli, seysmik xavfsizlik

1. Kirish

Zilziladan keyin yuzaga keladigan yong'in sharoitida odamlarni evakuatsiya qilish jarayoni oddiy yong'in sharoitidan kamida ikki jihati bilan farqlanadi. Birinchidan, seysmik ta'sir evakuatsiya yo'llarining o'ziga zarar yetkazadi: eshik tavaqalari rom deformatsiyasi natijasida qisilib qolishi, zinapoya marshlari torayishi yoki qulagan

to'siq elementlari bilan to'silib qolishi, yoritish va ovozli xabar berish tizimlari ishdan chiqishi mumkin. Ikkinchidan, evakuatsiyaga bo'lgan talab bir vaqtning o'zida paydo bo'ladi — bino barcha qavatlarining kontingenti amalda bir daqiqa ichida harakatga kirishadi. Bu ikki omilning birgalikdagi ta'siri evakuatsiya jarayonining sifat ko'rinishini o'zgartiradi, chunki an'anaviy hisob sxemalari



barcha evakuatsiya chiqishlarining ishchi holatda bo'lishini nazarda tutadi.

O'zbekiston Respublikasi hududining sezilarli qismi yuqori seysmik faollikdagi zonalarga kiradi, bino va inshootlarning seysmik mustahkamligini baholash esa davlat darajasida tartibga solingan [1, 2]. Talabalar turar joyi binolari bu jihatdan alohida toifani tashkil etadi: ularda kontingent zichligi yuqori, tungi vaqtda insonlarning katta qismi uxlab yotgan holatda bo'ladi, evakuatsiya esa cheklangan sondagi zinapoya orqali amalga oshiriladi. Shu sababli bunday binolarda bitta chiqish elementining ishdan chiqishi butun tizim ko'rsatkichlariga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Amaldagi me'yoriy hujjatlarda evakuatsiya yo'llari va chiqishlariga qo'yiladigan talablar belgilangan [3, 4] bo'lib, xavfsizlik sharti to'liq evakuatsiya vaqtini yong'inning xavfli omillari chegaraviy qiymatga yetish vaqti bilan taqqoslash orqali tekshiriladi. Biroq bu tekshiruv barcha chiqishlar ishchi holatda degan faraz asosida bajariladi va seysmik ta'sirdan keyingi holatni qamrab olmaydi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi — zilzila ta'siri natijasida evakuatsiya chiqishining bitta elementi ishdan chiqqan sharoitda ko'p qavatli talabalar turar joyi binosini evakuatsiya qilish jarayonining ehtimoliy ko'rsatkichlarini aniqlash va shu asosda ustuvor himoya choralari asoslashdan iborat. Maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar hal etilgan: chiqish elementining seysmik zaifligi, harakatgacha bo'lgan vaqt taqsimoti, tarmoq oqimi va navbat dinamikasini bog'lovchi stoxastik hisob sxemasini shakllantirish; sxemani besh qavatli, ikki zinapoyali turar joy binosi uchun amalga oshirish; ikki hisob holatini teng hajmdagi ansambllarda taqqoslash; olingan farqlarni evakuatsiya hisobining mezonlar tizimi nuqtayi nazaridan talqin qilish.

Ishning ilmiy yangiligi shundan iboratki, chiqish elementining ishdan chiqishi tarmoq o'tkazuvchanligining oddiy kamayishi sifatida emas, balki ehtimoliy hodisa sifatida qaraladi, evakuatsiya natijasi esa bitta son bilan emas, taqsimot bilan — mediana, yuqori kvantil, chegaradan oshish ehtimoli va navbatning eng katta uzunligi majmuasi bilan ifodalanadi. Bu yondashuv integral vaqt mezonini bilan lokal to'planish mezonini o'rtasidagi nomutanosiblikni miqdoriy ko'rsatish imkonini beradi.

Adabiyotlar tahlili

Odamlar oqimi nazariyasining klassik asoslari V. M. Predtechenskiy va A. I. Milinskiy ishlarida shakllantirilgan va tezlik-zichlik bog'lanishi ko'rinishida me'yoriy hujjatlarga kiritilgan [5]. Keyinchalik V. V. Xolshchevnikov va D. A. Samoshin tadqiqotlarida bu bog'lanish turli toifadagi binolar va kontingentlar uchun kengaytirilgan hamda odamlarning yong'inidagi xatti-harakati bilan bog'langan [6]. Zamonaviy muhandislik amaliyotida gidravlik (oqim) modellari SFPE qo'llanmasida umumlashtirilgan [7], evakuatsiya hisobining ehtimoliy tuzilmasi esa PD 7974-6 hujjatida bayon etilgan [8].

Harakatgacha bo'lgan vaqt zamonaviy modellarda yagona qiymat sifatida emas, taqsimot sifatida beriladi. E.

Kuligowski yong'in sharoitidagi xatti-harakatni bashorat qilish masalasini tizimlashtirgan [9], R. Lovreglio va hammualliflar harakatgacha bo'lgan qaror qabul qilish jarayonining ehtimoliy modelini taklif etgan [10]. E. Ronchi va D. Nilsson ko'p qavatli binolar bo'yicha tadqiqotlarni umumlashtirib, natijalarning harakatgacha vaqt taqsimotiga yuqori sezgirligini ta'kidlaydi [11]. M. Kobes va hammualliflarining sharhida esa uxlab yotgan kontingent, notanish muhit va ogohlantirish tizimining sifati evakuatsiyaning boshlanish vaqtini belgilovchi asosiy omillar sifatida ko'rsatilgan [12]. Bu natijalar talabalar turar joyi binosi uchun tungi ssenariyning alohida ko'rib chiqilishini taqozo etadi.

Evakuatsiya modellarining ishonchligi ISO 16730-1 [13] va ISO 20414 [14] hujjatlarida belgilangan verifikatsiya va validatsiya tartiblari orqali baholanadi; NIST uslubiy ishida bu tartiblarning amaliy qo'llanilishi bayon etilgan [15].

Zilziladan keyingi yong'in muammosi C. Scawthorn va hammualliflar monografiyasida tizimli ravishda qaralgan [16]: seysmik ta'sirdan keyin yong'inga qarshi himoya tizimlari va evakuatsiya yo'llarining bir vaqtda shikastlanishi asosiy xavf omili sifatida ko'rsatiladi. Element darajasidagi shikastlanish ehtimolini baholashda zaiflik (fragility) funksiyalari qo'llaniladi; ularni tuzish va parametrlarini baholash usullari K. Porter va hammualliflar [17] hamda J. W. Baker [18] ishlarida bayon etilgan. Milliy sharoitda aholini zilzilaga tayyorlash va shu maqsadga mo'ljallangan ta'lim platformalari masalalari D. A. Bekmirzayev va hammualliflar tomonidan o'rganilgan [19, 20].

Tahlil shuni ko'rsatadiki, evakuatsiya modellari va seysmik zaiflik modellari asosan bir-biridan mustaqil ravishda rivojlangan. Chiqish elementining ishdan chiqishi ko'pincha tarmoq o'tkazuvchanligining kamayishi sifatida qaraladi va natija o'rtacha vaqt orqali baholanadi. Amaliy faoliyat uchun esa savolning aniq shakli muhim: bitta chiqish eshigi ishdan chiqsa, evakuatsiya ko'rsatkichlarining qaysi biri va qanchaga o'zgaradi hamda shu asosda qaysi himoya chorasi ustuvor hisoblanadi. Mazkur ish ana shu bo'shliqni to'ldirishga qaratilgan.

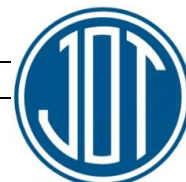
2. Tadqiqot metodologiyasi

2.1. Hisob obyekti va kirish parametrlari

Tadqiqot obyekti sifatida Samarqand davlat arxitektura va qurilish universitetining 1-son talabalar turar joyi binosi olingan. Universitetning tasdiqlangan tezkor yong'in o'chirish rejasida hudud maydoni 62 762 m², umumiy kontingent 4011 talaba va turar joy binolarining mavjudligi qayd etilgan. Turar joy binosining qavatlar soni, chiqish va zinapoya o'lchamlari hamda hisob sxemasining geometrik parametrlari tipik loyiha ko'rsatkichlari asosida qabul qilingan (1-jadval). Mazkur qiymatlar modelning kirish shartlari sifatida xizmat qiladi.

1-jadval

Hisob sxemasining kirish parametrlari	
Parametr	Qabul qilingan qiymat
Qavatlar soni	5



Parametr	Qabul qilingan qiymat
Zinapoyalar soni	2
Har qavatdagi kontingent	90 kishi
Umumiy kontingent	450 kishi
Zinapoya eshigining eni b_j	1,2 m
Eshikning o'tkazuvchanligi μ_j	1,2 kishi $\cdot s^{-1}$
Realizatsiyalar soni N_r	2000

2.2. Stoxastik hisob sxemasining tuzilishi

Hisob sxemasi to'rt bo'g'indan tashkil topadi; bo'g'inlar yagona Monte-Karlo ansamblida bog'lanadi.

Chiqish elementining zaifligi. j -chiqish elementining seysmik ta'sir intensivligi IM da ishdan chiqish ehtimoli logarifmik-normal zaiflik funksiyasi orqali ifodalanadi:

$$P_j(IM) = \Phi[\ln(IM/\theta_j) / \beta_j] \quad (1)$$

bu yerda $\Phi(\cdot)$ — standart normal taqsimotning integral funksiyasi; θ_j — elementning median sig'imi, ya'ni ishdan chiqish ehtimoli 0,5 ga teng bo'lgan intensivlik qiymati; β_j — logarifmik standart chetlanish. Har bir k -realizatsiyada element holati Bernulli sinovi sifatida aniqlanadi:

$$X_j^{(k)} = 1, \text{ agar } u_j^{(k)} > P_j(IM); \text{ aks holda } 0 \quad (2)$$

bu yerda $X_j = 1$ element ishchi holatda ekanini, $X_j = 0$ esa ishdan chiqqanini bildiradi; u_j — $[0; 1]$ oralig'ida tekis taqsimlangan tasodifiy son.

Harakatgacha bo'lgan vaqt. i -shaxsning harakatni boshlash vaqti aniqlash, ogohlantirish va harakatgacha bo'lgan vaqtlar yig'indisi sifatida qabul qilinadi:

$$t_{start,i} = t_{det} + t_a + t_{pre,i}, \quad t_{pre,i} \sim LN(\mu_p, \sigma_p) \quad (3)$$

bu yerda t_{det} — yong'in (yoki seysmik ta'sir) aniqlanish vaqti; t_a — ogohlantirish tizimining ishga tushish vaqti; $t_{pre,i}$ — harakatgacha bo'lgan individual vaqt, logarifmik-normal qonun bo'yicha taqsimlangan. Tungi va kunduzgi sharoitlar uchun (μ_p, σ_p) parametrlari alohida qabul qilinadi, chunki uxlab yotgan kontingentda bu vaqt sezilarli uzayadi [12].

Tarmoq oqimi. Bino yo'naltirilgan graf $G(V, E)$ ko'rinishida ifodalanadi; qirralar qavat yo'laklari, zinapoya marshlari va eshiklarga mos keladi. Harakat tezligi zichlikka bog'liq ravishda klassik bog'lanish asosida hisoblanadi [5, 6]:

$$v(D) = v_0[1 - a \cdot \ln(D/D_0)], \quad D > D_0 \quad (4)$$

bu yerda v_0 — erkin harakat tezligi; D — oqim zichligi; D_0 — tezlik kamayishi boshlanadigan chegaraviy zichlik; a — empirik koeffitsient. Eshikning o'tkazuvchanligi uning eni bilan aniqlanadi:

$$\mu_j = q_{max} \cdot b_j \quad (5)$$

$b_j = 1,2$ m va tegishli solishtirma oqim qiymatida $\mu_j = 1,2$ kishi $\cdot s^{-1}$ ni tashkil etadi (1-jadval).

Navbat dinamikasi. j -eshik oldidagi navbat uzunligi diskret vaqt qadamida balans tenglamasi bilan hisoblanadi:

$$L_j(t+\Delta t) = L_j(t) + [\lambda_j(t) - X_j \mu_j \cdot 1(L_j(t) > 0)] \Delta t \quad (6)$$

bu yerda $\lambda_j(t)$ — eshikka kelib qo'shiluvchi oqim intensivligi; $1(\cdot)$ — indikator funksiya. $X_j = 0$ bo'lganda tegishli qavat oqimi to'liq qo'shni chiqishga qayta yo'naltiriladi, ya'ni λ qiymatlari qayta taqsimlanadi.

Ansambl ko'rsatkichlari. Har bir realizatsiyada to'liq evakuatsiya vaqti quyidagicha aniqlanadi:

$$T^{(k)} = \min\{t : N_{ev}(t) = N\} \quad (7)$$

bu yerda $N_{ev}(t)$ — t vaqtga qadar binoni tark etgan insonlar soni; N — umumiy kontingent. Ansambl bo'yicha mediana T_{50} , 95 % kvantil T_{95} , navbatning eng katta uzunligi $L_{max} = \max_j \Sigma_j L_j(t)$ hamda berilgan vaqt chegarasidan oshish ehtimoli hisoblanadi:

$$P(T > \tau) = (1/N_r) \cdot \Sigma 1(T^{(k)} > \tau) \quad (8)$$

bu yerda N_r — realizatsiyalar soni; τ — ruxsat etilgan vaqt chegarasi.

2.3. Hisob holatlari

Hisob ikki holat uchun bajarilgan. 1-holat (bazaviy) — binoning barcha evakuatsiya chiqish eshiklari ishchi holatda. 2-holat — ikkinchi qavatdagi ikkinchi zinapoya eshigi ishdan chiqqan; shu qavat oqimi to'liq birinchi zinapoyaga yo'naltirilgan. Ikkinchi qavat tanlanishining sababi shundaki, bu kesimda yuqoridagi uchta qavatdan tushayotgan tranzit oqim o'sha qavatning o'z oqimi bilan qo'shiladi va navbat shakllanishi uchun eng noqulay shart yuzaga keladi. Qolgan barcha parametrlar ikkala holatda ham bir xil saqlangan, shu sababli ko'rsatkichlar farqi faqat element holatining o'zgarishiga bog'liq bo'ladi.

2.4. Dasturiy amalga oshirish

Hisob «Matematik qalqon» dasturiy tizimida uch bosqichda bajariladi. Birinchi bosqichda obyekt ma'lumotlari kiritiladi: tezkor reja matnining tegishli bo'limlari kiritish maydoniga joylashtiriladi va tizim qavatlar soni, chiqishlar va zinapoyalar soni hamda kontingent qiymatlarini matndan ajratib oladi. Ajratish va hisoblash amallari bir-biridan ajratilgan bo'lib, dastlabki bosqichda faqat ma'lumot o'qiladi, hisob boshlanmaydi. Ikkinchi bosqichda ajratilgan har bir qiymat manba jumlasini va ishonchlik darajasi bilan operator tasdig'iga taqdim etiladi; tasdiqlanmagan maydon bilan hisob bajarilmaydi. Uchinchi bosqichda hisob holati tanlanadi va natija shakllantiriladi (1-rasm). Bunday tuzilma kirish ma'lumotlarining kuzatuvchanligini ta'minlaydi va matndan avtomatik ajratishda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan xatolarning hisobga o'tishini oldini oladi.



B. Teksir reja matnidan

Rejaring «O'zbekiston sektor talab xususiyatlarini», «Evakuatsiya yo'llari» va «odamlar soni» bo'limlaridan matnini kiritib-qirg'ing. Toim qavslar, maydon, balandlik, odamlar soni, eshiklar va zinalar sonini o'z ichiga oladi.

Reja matni

Binoda 4 ta asosiy hamda 2 tasi zaxira kirish chiqish eshiklari joylashgan. Binoda 4 ta ichki yopiq tutun qoplanmaydigan evakuatsiya zinapoyalari mavjud. Bino 7 ballik zilzilaviy hududda joylashgan, yong'inga chidamlilik darajasi II.

Kabir berish tizimi: Binoda avtomatik yong'in xabar berish va ovozli xabar berish tizimi o'rnatilgan.

IZOH: Bu matn dastur imkoniyatlarini ko'rsatish uchun tayyorlangan NAMA. Hozirgi obyekt hisabi uchun o'ziga xosliklarini to'g'ri ko'rsatish kerak.

Obyekt haqida (matn bo'yicha)

1) O'QISH (hisob boshlanmaydi)

2) Skenariy berish

3) Skenariy holdi

Skenariy o'ynatish yuklash

3) HISOBLOSH

a)

Asosiy chiqishlar	4	yuqori	chiqish eshiklari joylashgan.	
Zaxira chiqishlar	2	yuqori	shundan 4 ta asosiy hamda 2 tasi zaxira kirish chiqish eshiklari joylashgan.	✓
Zinalar soni	4	yuqori	Binoda 4 ta ichki yopiq tutun qoplanmaydigan evakuatsiya zinapoyalari mavjud.	✓
Zilzila balli	7	yuqori	Bino 7 ballik zilzilaviy hududda joylashgan, yong'inga	✓

b)



v)

1-rasm. Hisob jarayonining bosqichlari: a) ma'lumotni kiritish va o'qish; b) ajratilgan qiymatlarni tasdiqlash; v) natijaning shakllanishi

2.5. Ansambl hajmi va verifikatsiya

Har bir holat uchun $N_r = 2000$ realizatsiyadan iborat ansambl bajarilgan. Ansambl hajmi mediana va 95 % kvantil qiymatlarining barqarorlashuvi shartidan kelib chiqib qabul qilingan. Modelning verifikatsiyasi va validatsiyasi ISO 16730-1 [13] va ISO 20414 [14] hujjatlarida belgilangan tartib doirasida amalga oshiriladi: tarkibiy tekshiruv (komponentlarning alohida sinovi), analitik tekshiruv (elementar hisob holatlarining nazariy yechim bilan taqqoslanishi) va tashqi validatsiya (to'liq masshtabli mashq

ma'lumotlari bilan taqqoslash) bosqichlaridan birinchi ikkitasi ushbu ishda bajarilgan, uchinchi keyingi tadqiqot bosqichiga rejalashtirilgan.

3. Natija va muhokamalar

Ikki hisob holati bo'yicha olingan asosiy ko'rsatkichlar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

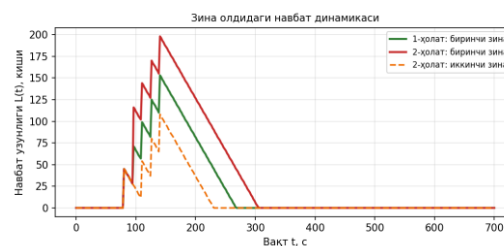
Ikki hisob holati ko'rsatkichlarining taqqoslovi			
Ko'rsatkich	1-holat (barcha evakuatsiya chiqish eshiklari ishchi holatda)	2-holat (ikkinchi qavatdagi ikkinchi zinapoya eshigi ishdan chiqqan)	O'zgarish
To'liq evakuatsiya vaqti, mediana, s	254	283	+29 s (11 %)
To'liq evakuatsiya vaqti, 95 % kvantil, s	280	296	+16 s (6 %)
Navbatning eng katta uzunligi, kishi	98	133	+35 kishi (36 %)

To'liq evakuatsiya vaqtining empirik taqsimoti 2-rasmda tasvirlangan. Ikkala holatda ham taqsimot bir cho'qqili va o'ngga cho'zilgan ko'rinishga ega; bu ko'rinish harakatgacha bo'lgan vaqtning logarifmik-normal taqsimoti bilan izohlanadi.



2-rasm. To'liq evakuatsiya vaqtining empirik taqsimoti

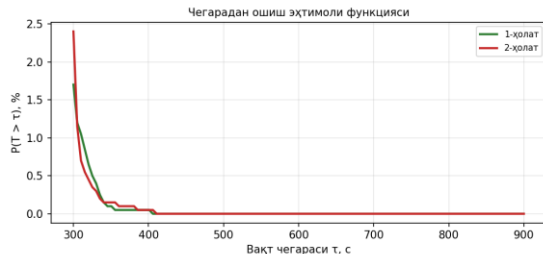
2-holatda taqsimot o'ngga siljigan, ammo uning shakli saqlanib qolgan. Bu chiqish elementining ishdan chiqishi jarayonning tuzilishini emas, balki uning darajasini o'zgartirishini ko'rsatadi.



3-rasm. Zinapoya oldidagi navbat uzunligining vaqt bo'yicha o'zgarishi



Zinapoya oldidagi navbat uzunligining vaqt bo'yicha o'zgarishi 3-rasmda keltirilgan. Ikkala holatda ham navbat harakat boshlangandan taxminan 80 s keyin shakllanadi va 140 s atrofida eng katta qiymatga yetadi; grafikdagi pog'onali ko'tarilishlar qavatlar oqimining ketma-ket qo'shilishini aks ettiradi. 2-holatda birinchi zinapoya oldidagi navbat cho'qqisi 1-holatdagiga nisbatan sezilarli yuqori, ikkinchi zinapoya oqimi esa erta tugaydi — bu ikkinchi qavat oqimining to'liq birinchi zinapoyaga o'tishi natijasidir. Navbatning tarqalish bosqichi 2-holatda 300 s



4-rasm. Berilgan vaqt chegarasidan oshish ehtimoli

Navbatning eng katta uzunligi bo'yicha taqqoslash 5-rasmda keltirilgan: ko'rsatkich 98 kishidan 133 kishigacha, ya'ni 36 % ga ortadi. Bu o'zgarish vaqt ko'rsatkichlarining o'zgarishidan uch baravardan ko'proq katta. Baholash uchun ikkinchi qavat zinapoya maydonchasi va unga tutash yo'lak sathi shartli ravishda 25–30 m² deb qabul qilinsa, 133 kishilik navbat 4,4–5,3 kishi/m² o'rtacha zichlikka mos keladi. Bu qiymat oqim harakatining keskin sekinlashuvi kuzatiladigan diapazonga to'g'ri keladi va odamlar oqimi nazariyasida xavfli deb baholanadigan zichlik chegarasiga yaqinlashadi [5–7]. Shu bilan birga ta'kidlash lozimki, bu baho maydonchani qabul qilingan sathiga sezgir bo'lib, aniq qiymat obyektning haqiqiy geometriyasi bo'yicha aniqlashtirilishi kerak.

Natijalarning tahlili uch xulosaga olib keladi. Birinchidan, to'liq evakuatsiya vaqtining o'zgarishi nisbatan kichik: mediana bo'yicha 11 %, yuqori kvantil bo'yicha 6 %. Bu tizimning qolgan chiqishlarida mavjud zaxira hisobiga qisman kompensatsiya yuz berishini ko'rsatadi. Ikkinchidan, yuqori kvantilning medianaga qaraganda kamroq o'sishi taqsimotning o'ng dumi asosan harakatgacha bo'lgan vaqtning tarqoqligi bilan belgilanishi, chiqish elementining holati esa unga nisbatan ikkilamchi omil ekanligi bilan izohlanadi. Uchinchidan, navbatning eng katta uzunligi 36 % ga ortadi; bu ko'rsatkich odamlar zichligining ortishi bilan bevosita bog'liq bo'lib, tor chiqish oldida xavfli zichlikning yuzaga kelish ehtimolini oshiradi.

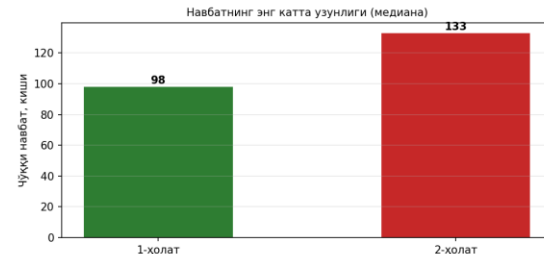
Shunday qilib, bitta chiqish elementining ishdan chiqishi evakuatsion xavfni integral vaqt ko'rsatkichi bo'yicha nisbatan kam, lokal to'planish ko'rsatkichi bo'yicha esa sezilarli darajada oshiradi.

3.1. Metodik va amaliy talqin

Olingan natijalar evakuatsiya hisobining mezonlar tizimiga taalluqli muhim metodik xulosani beradi. Amaldagi hisob amaliyotida xavfsizlik sharti to'liq evakuatsiya vaqtini xavfli omillarning chegaraviy qiymatga yetish vaqti bilan taqqoslash orqali tekshiriladi. Mazkur tadqiqot shuni ko'rsatadiki, chiqish elementi ishdan chiqqan sharoitda ushbu shart bajarilayotgan bo'lsa ham, lokal zichlik ko'rsatkichi bo'yicha xavfli holat yuzaga kelishi mumkin. Demak, seysmik ta'sir ko'zda tutilgan hisoblarda vaqt

atrofigacha cho'ziladi, ya'ni tizim ortiqcha yuklamani vaqt bo'yicha «yoyish» hisobiga qisman kompensatsiya qiladi.

Berilgan vaqt chegarasidan oshish ehtimoli 4-rasmda ko'rsatilgan. $\tau = 300$ s bo'lganda bu ehtimol 1-holatda 1,7 % ni, 2-holatda 2,4 % ni tashkil etadi; $\tau = 350$ s dan boshlab ikkala holatda ham u 0,2 % dan past qiymatga tushadi. Demak, ruxsat etilgan vaqt chegarasi qanchalik qat'iy tanlansa, chiqish elementining ishdan chiqishi natijaga shunchalik sezilarli ta'sir ko'rsatadi; chegara kengaytirilganda esa ikki holat orasidagi farq amalda yo'qoladi.



5-rasm. Navbatning eng katta uzunligi

mezoni bilan bir qatorda navbat uzunligi va zichlik mezonlari ham tekshirilishi lozim.

Amaliy jihatdan olingan natijalar uchta ustuvor chorani asoslaydi. Birinchisi — evakuatsiya chiqishlarining seysmik himoyasi: eshik romlarining deformatsiyaga chidamli bajarilishi va ularning bino karkasi bilan biriktirilishi, chunki aynan shu element ishdan chiqishi butun qavat oqimini qayta taqsimlanishiga olib keladi. Ikkinchisi — qavatlar kesimida insonlar oqimini qayta taqsimlash tartibining oldindan belgilanishi va evakuatsiya rejalarida qayd etilishi. Uchinchisi — mashqlarning tungi sharoit uchun ham o'tkazilishi, chunki harakatgacha bo'lgan vaqt aynan bu sharoitda eng katta tarqoqlikka ega bo'ladi [12].

Tadqiqotning cheklavlari quyidagilardan iborat: ko'rib chiqilgan ssenariy bitta elementning ishdan chiqishi bilan chegaralangan; zaiflik funksiyasining parametrlari (θ , β) obyekt bo'yicha to'g'ridan-to'g'ri sinov ma'lumotlariga emas, adabiyot va ekspert baholariga tayanadi; yong'inning xavfli omillari tarqalishi alohida modellashirilmagan; qutqaruv xizmati xodimlarining qarama-qarshi harakati hisobga olinmagan. Shu sababli keyingi bosqichda to'liq masshtabli mashq ma'lumotlari bo'yicha validatsiya, ko'p elementli ishdan chiqish ssenariylari va tungi/kunduzgi taqsimotlar bo'yicha sezgirlik tahlili o'tkazilishi rejalashtirilgan.

4. Xulosa

1. Chiqish elementining seysmik zaifligini, harakatgacha bo'lgan vaqt taqsimotini, tarmoq oqimini va navbat dinamikasini yagona Monte-Karlo ansamblida bog'lovchi stoxastik hisob sxemasi shakllantirildi va besh qavatli, ikki zinapoyali talabalar turar joyi binosi uchun amalga oshirildi.

2. Bir zinapoya eshigining ishdan chiqishi to'liq evakuatsiya vaqtining medianasini 254 s dan 283 s gacha (11 %), 95 % kvantilini 280 s dan 296 s gacha (6 %) oshiradi. Integral vaqt ko'rsatkichi bo'yicha tizim qisman kompensatsiya qobiliyatiga ega.

3. Saqlanib qolgan chiqish oldidagi navbatning eng katta uzunligi 98 kishidan 133 kishigacha, ya'ni 36 % ga ortadi. Xavfning o'sishi asosan lokal to'planish ko'rsatkichi

bo'yicha namoyon bo'ladi va binodagi insonlar salomatligi hamda hayoti uchun jiddiy xavf tug'dirishi mumkin.

4. Seysmik ta'sir ko'zda tutilgan evakuatsiya hisoblarida xavfsizlik shartini faqat vaqt mezonini bo'yicha tekshirish yetarli emas; mezonlar tizimiga navbat uzunligi va lokal zichlik ko'rsatkichlarini kiritish taklif etiladi.

5. Zilziladan keyin yuzaga kelishi mumkin bo'lgan favqulodda vaziyatlarda insonlar xavfsizligi va salomatligini himoya qilish maqsadida binolarning seysmik holatini o'z vaqtida monitoring qilib borish, evakuatsiya chiqish joylarining seysmik mustahkamligini ta'minlash, evakuatsiya vaqtida insonlar oqimini zinapoya va boshqa evakuatsiya chiqish qismlariga to'g'ri yo'naltirish tartibini belgilash hamda binolarda turli ssenariylar, jumladan tungi ssenariy asosida evakuatsiya mashqlarini muntazam o'tkazib borish taklif etiladi.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] O'zbekiston Respublikasining «Yong'in xavfsizligi to'g'risida»gi Qonuni. – Toshkent.
- [2] O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021-yil 30-iyundagi 405-son qarori «Bino va inshootlarning seysmik mustahkamligini baholash bo'yicha elektron texnik pasportlarni shakllantirish tartibi to'g'risidagi nizomni tasdiqlash haqida».
- [3] QMQ 2.01.03-19. Seysmik hududlarda qurilish. – Toshkent, 2019.
- [4] ShNQ 2.07.02-24. Bino va inshootlarda odamlarni evakuatsiya qilish talablari. – Toshkent, 2024.
- [5] Predtechenskii V.M., Milinskii A.I. Planning for Foot Traffic Flow in Buildings. New Delhi: Amerind Publishing, 1978. 366 p.
- [6] Xolshchevnikov V.V., Samoshin D.A. Evakuatsiya i povedeniye lyudey pri pozharakh. Moskva: Akademiya GPS MChS Rossii, 2009. 212 s.
- [7] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 5th ed. New York: Springer, 2016.
- [8] PD 7974-6:2019. The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part 6: Human factors: Life safety strategies. London: BSI, 2019.
- [9] Kuligowski E.D. Predicting Human Behavior During Fires. Fire Technology. 2013;49(1):101–120. <https://doi.org/10.1007/s10694-011-0245-6>
- [10] Lovreglio R., Ronchi E., Nilsson D. A model of the decision-making process during pre-evacuation. Fire Safety Journal. 2015;78:168–179. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2015.07.001>
- [11] Ronchi E., Nilsson D. Fire evacuation in high-rise buildings: a review of human behaviour and modelling research. Fire Science Reviews. 2013;2:7. <https://doi.org/10.1186/2193-0414-2-7>

[12] Kobes M., Helsloot I., de Vries B., Post J.G. Building safety and human behaviour in fire: A literature review. Fire Safety Journal. 2010;45(1):1–11. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.08.005>

[13] ISO 16730-1:2015. Fire safety engineering – Procedures and requirements for verification and validation of calculation methods – Part 1: General. Geneva: ISO, 2015.

[14] ISO 20414:2020. Fire safety engineering – Verification and validation protocol for building fire evacuation models. Geneva: ISO, 2020.

[15] Ronchi E., Kuligowski E.D., Reneke P.A., Peacock R.D., Nilsson D. The Process of Verification and Validation of Building Fire Evacuation Models. NIST Technical Note 1822. Gaithersburg: NIST, 2013. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/technicalnotes/NIST.TN.1822.pdf>

[16] Scawthorn C., Eidinger J.M., Schiff A.J. (eds.). Fire Following Earthquake. TCLEE Monograph No. 26. Reston: ASCE, 2005.

[17] Porter K., Kennedy R., Bachman R. Creating Fragility Functions for Performance-Based Earthquake Engineering. Earthquake Spectra. 2007;23(2):471–489. <https://doi.org/10.1193/1.2720892>

[18] Baker J.W. Efficient Analytical Fragility Function Fitting Using Dynamic Structural Analysis. Earthquake Spectra. 2015;31(1):579–599. <https://doi.org/10.1193/021113EQS025M>

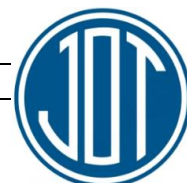
[19] Bekmirzayev D.A., Qosimov E.A., Ismoilov A.M. Aholini zilzilaga tayyorlash jarayonlarini o'rgatishga mo'ljallangan milliy ta'lim platformasining o'rni. Qurilish va ta'lim ilmiy jurnali. 2024;3(3(9)):22–24.

[20] Bekmirzayev D.A., Qosimov E.A., Ismoilov A.M. Xorijiy tajribalar asosida aholini zilzilaga tayyorlash metodlari. Qurilish va ta'lim ilmiy jurnali. 2024;3(3(9)):17–21.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Bekmirzayev Diyorbek / Bekmirzaev O'zRFA M.T. O'rozboyev nomidagi Mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi instituti
E-mail: diyorbek_84@mail.ru

Sodiqov Abdulaziz / Abdulaziz Sodikov O'zbekiston Respublikasi FVV huzuridagi yong'in xavfsizligi akademiyasi, mustaqil tadqiqotchi
E-mail: alijonsodiqovish@gmail.com



A. Martazaev, S. Razzakov

Distribution of glass fibers in the concrete matrix.....177

D. Bekmirzaev, A. Sodikov

Stochastic modelling of post-earthquake evacuation risk in a student dormitory with a failed exit element.....182