



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
FAVQULODDA VAZIYATLAR VAZIRLIGI
ILMIY-INNOVATSION VA SINOV-TADQIQOT
INSTITUTI**

**FAVQULODDA VAZIYATLAR
YONG'IN XAVFSIZLIGI**



**MUAMMO
INNOVATSIYALAR**

ILMIY-TEXNIK ELEKTRON JURNAL

**ISSN:
3060-5016**



2026
1-son (№ 4)



E-mail: niipb@fvv.uz

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
FAVQULODDA VAZIYATLAR VAZIRLIGI**

**ILMIY-INNOVATSION VA SINOV-TADQIQOT
INSTITUTI**

ISSN: 3060-5016



**“FAVQULODDA VAZIYATLAR VA YONG‘IN XAVFSIZLIGI.
MUAMMO VA INNOVATSIYALAR”
ILMIY-TEXNIK ELEKTRON
JURNAL**

**“ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.
ПРОБЛЕМЫ И ИННОВАЦИИ”
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ
ЖУРНАЛ**

**“EMERGENCIES AND FIRE SAFETY.
PROBLEMS AND INNOVATIONS”
SCIENTIFIC AND TECHNICAL ELECTRONIC
JOURNAL**

**“AYRIQSHA JAG‘DAYLAR HAM ORT QAWIPSIZLIGI.
MASHQALA HAM INNOVATSIYALAR”
ILM-TEXNIK ELEKTRON
JURNAL**

TOSHKENT – 2026

FAVQULODDA VAZIYATLAR VA YONG'IN XAVFSIZLIGI. MUAMMO VA INNOVATSIYALAR	Bosh muharrir: A.A.Suleymanov <i>Texnika fanlari doktori (DSc), professor</i> Bosh muharrir o'rinbosari: Sh.E.Kurbanbayev <i>Texnika fanlari doktori(DSc), professor</i> Mas'ul kotib: M.S.Saidov <i>Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), k.i.x.</i> Texnik muharrir: D.S.Soatboyev <i>Ilmiy xodim</i>
ILMIY-TEXNIK JURNAL 2026-yil 1-son (№ 4)	
Bir yilda 2 marta 2024-yildan buyon chop etiladi	
Muassis - O'zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi Ilmiy-innovatsion va sinov-tadqiqot instituti	
Jurnal sahifalarida chop etilgan materiallardan foydalanilganda "Favqulodda vaziyatlar va yong'in xavfsizligi. Muammo va innovatsiyalar" ilmiy-texnik jurnalidan olindi deb ko'rsatalishi shart.	TAHRIRIYAT HAY'ATI A'ZOLARI: S.M. Djurayev – t.f.f.d., professor Ye .V. Shipacheva – t.f.d., professor O.M. Yo'ldosheva – t.f.d., professor B.B. Serkov – t.f.d., professor Sh.S. Fayzibayev – t.f.d., professor Y.V. Pesetskiy – t.f.d., professor N.Y. Mahkamov – t.f.f.d., professor B.B. Xasanov – t.f.d., professor O.O. Zaripov – t.f.d., professor I.I. Siddikov – t.f.d., professor M.B. Aripxodjayeva – t.f.f.d., dotsent I.X. Kuldashev – t.f.f.d, dotsent G.M. Gulomova – t.f.f.d, dotsent O.A. Djurayev – t.f.f.d Z.K. Buvaraimov – t.f.f.d, k.i.x. B.B. Muxitdinov – t.f.f.d, k.i.x. Sh.M. Abdullayev – h.f.f.d A.A. Mardonov – t.f.f.d. B.B. Chorshanbiyev – h.f.f.d N.A. Ahmadjonova – p.f.f.d D.A. Hamrayeva – b.f.f.d.
Maqolada keltirilgan dalillar va ma'lumotlar uchun muallif javobgar.	
O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi OAK Rayosatining 2025-yil 8-avgustdagi № 374/5-son qarori bilan texnika fanlari bo'yicha dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan	
Jurnal ommaviy axborot vositasi sifatida O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligida 2024-yil 26-iyunda № 306589 raqamli guvohnoma bilan ro'yxatga olingan.	Tahririyat manzili: 100017, Toshkent shahri, Yunusobod tumani, Sharof Rashidov ko'chasi, 17-uy Tel: 71 212-68-69. Havola: https://gov.uz/oz/fvv/pages/jurnal E-mail: ilmiytadqiqot11@gmail.com Telegram kanali: https://t.me/ilmiy_texnik_elektron_jurnal

MUNDARIJA

DOLZARB MUAMMOLAR		
“Aviator” savdo majmuasida sodir boʻlgan yongʻin haqida		5
“Lobar baki” MChJga qarashli qurilish mollari bozori hududida sodir boʻlgan yongʻin haqida		6
Mardonov A. Vaxobov D. Primov J.	Oʻzbekiston sharoitida radiatsion razvedkani differensial yondashuv asosida takomillashtirish	7
Миршарипова З.М. Арипходжаева М.Б. Сулейманов А.А. Отабекова Л.А.	Детекция зоны наиболее интенсивного горения мультимодальным анализом аспирационных потоков и физиологических параметров спасателя	15
Yoʻldosheva O. Xamidullayev F.	Yangi issiqbardosh qoʻlqop asosida yongʻin profilaktika choralarini takomillashtirish	32
Xamidullayev F.	Kollagen asosida ishlov berilgan issiqbardosh qoʻlqopning yongʻin-texnik va ergonomik samaradorligi	37
Zokirova N.S. Xojiev A.A. Yoʻldosheva O.M.	Nasos stansiyalarida payvandlash ishlarining yongʻin xavfsizligini taʼminlash	41
Sharopitdinov B.	Jamoat xavfsizligini taʼminlashda dronlarni qoʻllash boʻyicha xalqaro tajribaning tahlili	47
Kuldashev I.X. Bozorov A.A. Isomiddinov S.N.	Obyekt xavfsizligi tizimlarida adaptiv fazoviy-temporal axborot modeli asosida videooqiqlarda shovqinga uchragan piksellarni intellektual aniqlash	52
Писецкий Ю.В. Вотинов К.А. Гафуров А.Ш.	Системы дистанционного мониторинга на основе сенсорных сетей применимых при ЧС	63
Ҳамраева Д.А. Мардонов А.А.	Ўсимликларнинг экологияга таъсири ва уларнинг фавқулодда вазиятларни олдини олишдаги аҳамияти	70
Писецкий Ю.В. Вотинов К.А. Абдурахманова З.Ш.	Алгоритмы маршрутизации в мега-созвездиях ЛЕО-спутников для задач мониторинга чрезвычайных ситуаций	76

Арипходжаева М. Сирождиддинходжаев Б.	Развитие и применение современных авиационных технологий в условиях чрезвычайных ситуаций	86
Алиходжаев З.З. Садиков Р.М.	Ёнғин-қутқарув техникаларининг эксплуатация даврини рақамлаштириш: инновацион ёндашувлар, рақамли паспорт тизими ва прогнозли бошқарув модели	97
Курбанбаев Ш.Э. Соатбоев Д.С.	Фавқулodда вазиятларни бартараф этишда махсус техникалар ва робототехникалар самарадорлигининг қиёсий ва иқтисодий таҳлили	104
Писецкий Ю.В. Мухамедаминов А.О.	Система беспроводного газового мониторинга для предотвращения чрезвычайных ситуаций и соблюдения промышленной безопасности	109
Kuldashev I.X.	Metropolitan platformalarida intellektual xavfsizlik to'rsiqlarini joriy etishning zamonaviy tendensiyalari va muhandislik-texnik yechimlari	119
Achilov F.B. Jalolov A.A.	Ommaviy tartibsizliklar sharoitida toifalangan obyektlarning intellektual texnik himoya tizimlarini adaptiv boshqarish algoritmlarini takomillashtirish	126
To'rayev Z.T.	Qamchiq dovonida favqulodda vaziyatlarning oldini olish va ularni bartaraf etish bo'yicha kompleks amaliy mexanizmni takomillashtirish	132
JURNALGA MAQOLALARNI TAQDIM ETISH TALABLARI		
Jurnalga maqolalarni taqdim etish talablari		150

DOLZARB MUAMMOLAR HAQIDA QISQACHA

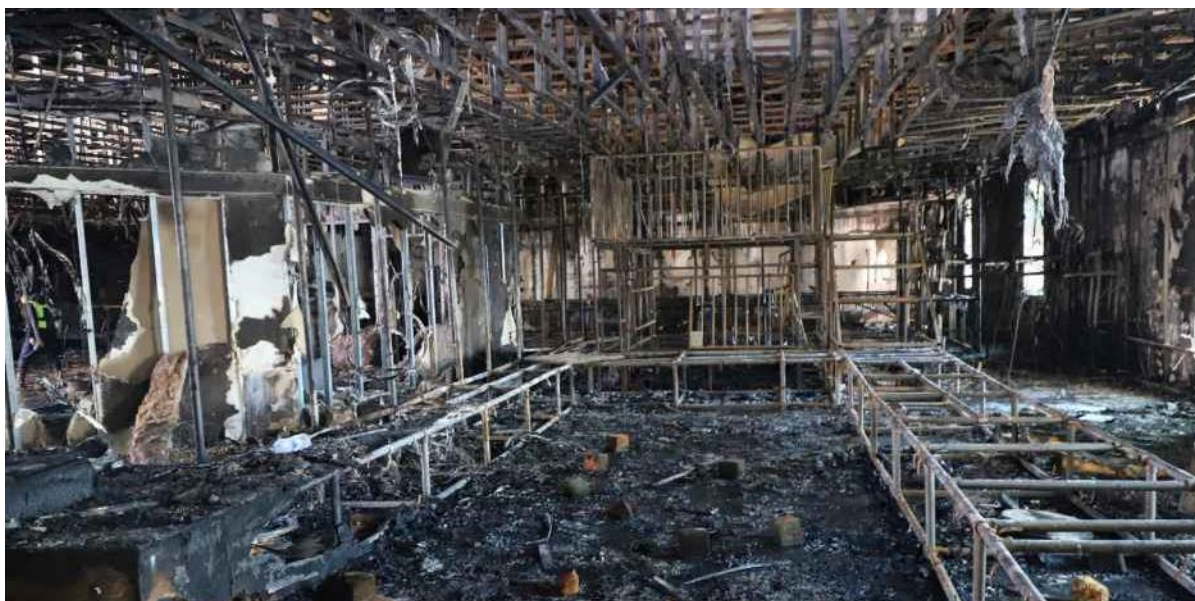
2026-yilning 31-yanvar kunda Toshkent shahar Yashnaobod tumani, Elbek ko'chasi 61-uyda joylashgan "Aviator" savdo majmuasida yong'in sodir bo'lgan. Jangavor bo'linmalar tomonidan ko'rilgan chora va tezkor harakatlar natijasida yong'in to'liq bartaraf etilgan.

Yong'in oqibatida savdo majmuasining 2-qavatida joylashgan bolalar o'yingohining tom qismi qulab tushib, ichki jihozlari to'liq yonib, 1 nafar fuqaro halok bo'lgan.

Ma'lumotlarga ko'ra, "Aviator" savdo majmuasi binosining 2-qavatida joylashgan bolalar o'yingohidagi elektr kabellarida yuzaga kelgan (qisqa tutashuv) avariya holatlar natijasida yong'in kelib chiqqan.

Ushbu holatdagi dolzarb muammolar:

- savdo majmuasi binosidagi kabellari va elektr ta'minoti tizimi doimiy ko'zdan kechirilmaganligi;
- ayrim joylardagi notog'ri yoki ishonchli montaj qilinmaganligi;
- yong'in xavfsizligi qoidalariga qat'iy amal qilinmaganligi va boshqalar.



Holat sodir bo'lgan "Aviator" savdo majmuasi ko'rinishi.

2026-yilning 21-fevral kuni Toshkent shahar, Uchtepa tumani, “Foziltepa” MFY, Izza ko‘chasi 79-uyda joylashgan “Lobar baki” MChJga qarashli qurilish mollari bozori hududida yong‘in sodir bo‘lgan. Jangavor bo‘linmalar tomonidan ko‘rilgan chora va tezkor harakatlar natijasida yong‘in to‘liq bartaraf etilgan.

Yong‘in oqibatida “Lobar baki” MChJga qarashli 17-sonli bostirma ostidagi ijarada bo‘lgan 9 ta tadbirkorlarga tegishli 15 savdo rastalari yong‘indan zararlangan.

Ma‘lumotlarga ko‘ra, savdo rastalaridan o‘tkazilgan elektr tizimidagi yuzaga kelgan avariya (qisqa tutashuv) natijasida, ajralib chiqqan uchqun yonuvchi mahsulotlar (mato, paxta momig‘i)ga tushib yong‘in kelib chiqqan.

Ushbu yong‘indagi dolzarb muammolar:

- Bozor hududidagi savdo rastalari va yo‘laklardagi elektr kabellar tranzit olib o‘tilganligi;
- ayrim joylarda ular yonuvchan plastic va alyumin kompozit panellarning ichdan montaj qilib o‘tkazilganligi;
- yong‘in boshlangan joydagi elektr tarqatish qutilaridagi simlar tartibsiz montaj qilinganligi;
- yong‘in xavfsizligi qoidalariga qat’iy amal qilinmaganligi va boshqalar.



“Lobar baki” MChJga qarashli qurilish mollari bozorining ko‘rinishi

UO‘K: 614.876

Mardonov A. t.f.f.d.(PhD), Vaxobov D., Primov J.

O‘zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi Akademiyasi
huzuridagi Fuqaro muhofazasi instituti**O‘ZBEKISTON SHAROITIDA RADIATION RAZVEDKANI DIFFERENSIAL
YONDASHUV ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH**

Annotatsiya: Mazkur maqolada O‘zbekiston sharoitida favqulodda vaziyatlarda radiatsion razvedkani takomillashtirish masalasi ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotda radiatsion xavf obyektlarining kelib chiqishi, joylashuvi va oqibatlari turlicha bo‘lishi sababli razvedkani yagona andoza asosida tashkil etish yetarli samara bermasligi asoslab berilgan. Shu asosda radiatsion xavf obyektlari guruhlashtirilib, ular uchun ustuvor razvedka vazifalari belgilandi. Shuningdek, razvedka pasportlari, kuzatuv marshrutlari hamda dala o‘lchovlari, dozimetrik nazorat va doza baholashni o‘zaro bog‘laydigan ko‘p bosqichli operatsion model taklif etilgan. Tadqiqot natijalari radiatsion razvedkani obyektga mos samarali boshqaruv vositasi sifatida takomillashtirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: radiatsion razvedka, favqulodda vaziyatlar, differensial yondashuv, radiatsion xavf obyektlari, radiatsiyaviy xavfsizlik, doza baholash, monitoring, boshqaruv qarorlari.

Аннотация: В данной статье рассматривается вопрос совершенствования радиационной разведки при чрезвычайных ситуациях в условиях Узбекистана. В исследовании обосновано, что ввиду различий в происхождении, расположении и возможных последствиях аварий на радиационно-опасных объектах, организация разведки на основе унифицированного подхода является недостаточно эффективной. На этой основе проведена классификация радиационно-опасных объектов и определены приоритетные задачи разведки для каждой из групп. Кроме того, предложена многоэтапная операционная модель, взаимосвязывающая паспорта разведки, маршруты наблюдения, полевые измерения, индивидуальный дозиметрический контроль и оценку доз облучения. Результаты исследования способствуют трансформации радиационной разведки в эффективный инструмент управления, адаптированный к специфике конкретного объекта.

Ключевые слова: радиационная разведка, чрезвычайные ситуации, дифференциальный подход, радиационно-опасные объекты, радиационная безопасность, оценка доз облучения, мониторинг, управленческие решения.

Annotation: This article examines the issue of improving radiation reconnaissance during emergencies in the context of Uzbekistan. The study substantiates that organizing reconnaissance based on a unified template is insufficiently effective due to the diverse origins, locations, and potential consequences of radiation-hazardous facilities. On this basis, radiation-hazardous facilities were classified, and priority reconnaissance tasks were determined for them. Furthermore, a multi-stage operational model is proposed, which interconnects reconnaissance passports, observation routes, and field measurements, dosimetric control, and dose assessment. The research results contribute to improving radiation reconnaissance as an effective management tool tailored to the specific facility.

Keywords: radiation reconnaissance, emergencies, differential approach, radiation-hazardous facilities, radiation safety, dose assessment, monitoring, management decisions.

Zamonaviy favqulodda vaziyatlar tizimida radiatsion xavf bilan bog‘liq hodisalarga tezkor va asosli javob berish muhim ahamiyatga ega. O‘zbekiston Respublikasining “Radiatsiyaviy xavfsizlik to‘g‘risida” gi Qonunida insonlar hayoti, sog‘lig‘i, mol-mulki hamda tabiatni ionlashtiruvchi nurlanishning zararli ta‘siridan himoyalash, radiatsiyaviy xavfsizlikni ta‘minlashning asosiy maqsadi sifatida

belgilangan [1]. Shu bois favqulodda vaziyatlarda radiatsion razvedka vaziyatni aniqlash va to'g'ri baholash, xavfli hudud chegaralarini belgilash hamda himoya choralari ko'rishga doir boshqaruv qarorlarini zaruriy axborot bilan ta'minlashga xizmat qiluvchi muhim amaliy faoliyat turi hisoblanadi [4; 6; 10]. Radiatsion favqulodda vaziyatlarga tayyorgarlik va javob tizimini samarali tashkil etishda xalqaro metodik yondashuvlar xavfni oldindan baholashga tayangan rejalashtirishga alohida ahamiyat qaratgan. Xususan, Xalqaro atom energiyasi agentligining yadro va radiologik favqulodda vaziyatlarga tayyorgarlik hamda javob bo'yicha umumiy xavfsizlik talablarini belgilovchi GSR Part 7 standartida favqulodda vaziyat yuzaga kelishidan oldin vakolatlarni aniq belgilash, xavfni baholash va himoya strategiyasini ishlab chiqish zarurligi ko'rsatib o'tilgan [5]. IAEA ning GSG-2 umumiy xavfsizlik qo'llanmasida esa himoya va javob choralarini tanlashda qo'llanadigan radiatsion doza mezonlari hamda operativ qarorlar uchun asos bo'ladigan ko'rsatkichlar belgilab berilgan [7]. Jahon sog'liqni saqlash tashkilotining O'zbekiston bo'yicha Joint External Evaluation missiya hisobotida mamlakatimizda radiatsion favqulodda vaziyatlarga javob berish bo'yicha muayyan salohiyat mavjudligi qayd etilgan bo'lsa-da, individual dozimetrik nazorat, doza baholash va tegishli texnik imkoniyatlarni yanada takomillashtirish zarurligi ta'kidlangan [8]. Bu holat O'zbekiston sharoitida radiatsion razvedkani faqat dala o'lchovlari emas balki uni doza baholash va tezkor boshqaruv qarorlari bilan uzviy bog'liq amaliy mexanizm sifatida takomillashtirish lozimligini ko'rsatadi.

Yuqoridagi normativ-huquqiy va metodik asoslar radiatsiyaviy xavfsizlikni ta'minlash, monitoringni yo'lga qo'yish hamda favqulodda vaziyatlarga samarali javob berish uchun umumiy tayanch hisoblanadi [1; 3; 5; 7; 8]. Biroq, O'zbekiston sharoitida radiatsion xavf obyektlarining zarar xususiyatlari turlicha ekanligini inobatga olsak, barcha obyektlarda radiatsion razvedkani bir xil tartibda tashkil etish amaliy samaradorlikning pasayishiga olib keladi. Natijada, dala o'lchovlari, individual dozimetrik nazorat, doza baholash hamda tezkor boshqaruv qarorlarini yagona va izchil operatsion tizimga integratsiyalash murakkablashadi. Ayniqsa, sobiq uran merosi hududlari, faol uran qazib olish maydonlari, radioaktiv chiqindilar saqlanadigan obyektlar hamda tarqoq nurlanish manbalari uchun razvedka vazifalarini obyekt xususiyatiga mos ravishda belgilash zarurati yanada ortadi [9; 10]. Shu bois, radiatsion xavf obyektlarini toifalash, ular uchun razvedka pasportlari, standart kuzatuv marshrutlari hamda tezkor qaror qabul qilish mezonlarini ishlab chiqish ilmiy-amaliy jihatdan dolzarb hisoblanadi.

Favqulodda vaziyatlarda radiatsion razvedkani obyekt xususiyatiga mos, differensial yondashuv asosida takomillashtirish uchun, avvalo, radiatsion xavf obyektlari, ularning joylashuvi va ehtimoliy oqibatlariga ko'ra guruhlash zarur. Mazkur guruhlash asosida har bir obyekt toifasi uchun razvedka vazifalari hamda kuzatuv marshrutlari aniqlashtiriladi. Shu bilan birga, dala o'lchovlari, individual dozimetrik nazorat, doza baholash va tezkor boshqaruv qarorlarini o'zaro uzviy bog'laydigan operatsion modelni ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi. Natijada, ushbu yondashuv radiatsion razvedkani umumiy nazorat

tadbiri darajasidan aniq obyekt turiga moslashtirilgan, samarali amaliy boshqaruv vositasi darajasiga olib chiqadi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili: Radiatsion razvedkani takomillashtirish, eng avvalo, mavjud milliy normativ-huquqiy baza bilan bevosita bog'liq holda shakllanadi. Jumladan, O'zbekiston Respublikasining "Radiatsiyaviy xavfsizlik to'g'risida"gi Qonuni ionlashtiruvchi nurlanishning zararli ta'siridan aholi, mol-mulk va atrof-muhitni himoya qilishga qaratilgan huquqiy munosabatlarni tartibga soladi [1]. Shu bilan birga, "Xavfli ishlab chiqarish obyektlarining sanoat xavfsizligi to'g'risida"gi Qonun xavfli obyektlarda xavfsizlikni ta'minlash, avariylar xavfini kamaytirish va tegishli talablarni belgilash orqali umumiy huquqiy asosni mustahkamlaydi [2]. Mazkur yondashuv Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 15-oktabrdagi 869-son qarorida davom ettirilib, unda radiatsiyaviy avariylarni prognoz qilish, ularni barvaqt aniqlash va radiatsiyaviy vaziyat monitoringini tashkil etishga qaratilgan yagona davlat tizimining asosiy vazifalari belgilab berilgan [3]. Bundan tashqari, 2014-yil 9-iyuldagi 184-son qarorda favqulodda vaziyat hududida radiatsion holatni aniqlash hamda uning chegaralarini belgilash qutqaruv ishlarining muhim yo'nalishlaridan biri sifatida e'tirof etiladi [4]. Shunday qilib, ushbu normativ-huquqiy hujjatlar radiatsion xavfsizlikni ta'minlash va radiatsion razvedkani tashkil etishning umumiy huquqiy hamda tashkiliy asoslarini izchil ravishda shakllantiradi. Biroq, ularning mazmunida radiatsion razvedkani turli obyektlarning o'ziga xos xususiyatlariga mos holda differensial tashkil etish mexanizmlari yetarli darajada aniqlashtirilmaganligi kuzatiladi.

Xalqaro metodik adabiyotlarda radiatsion razvedkaga alohida texnik tadbir sifatida emas, balki favqulodda vaziyatni baholash, himoya choralarini tanlash va javob choralarini ko'rishga qaratilgan yaxlit operatsion jarayon sifatida tavsiflanadi. Jumladan, Xalqaro atom energiyasi agentligining yadro va radiologik favqulodda vaziyatlarga tayyorgarlik hamda javob berishga oid umumiy xavfsizlik talablari - "GSR Part 7" hujjatida tayyorgarlik va javob choralarini xavfni oldindan baholash asosida rejalashtirish zarurligi belgilangan [5]. Ushbu yondashuv IAEA ning radiologik favqulodda vaziyatlarda birinchi javob beruvchilar uchun mo'ljallangan amaliy qo'llanmasida ham davom ettirilib, unda favqulodda vaziyatning dastlabki bosqichida bajariladigan harakatlar, joyida baholash, nazorat o'lchovlari va dastlabki himoya choralarining mazmuni batafsil yoritilgan [6]. Shuningdek, IAEA ning himoya va javob choralarini qo'llash mezonlariga bag'ishlangan "GSG-2" umumiy xavfsizlik qo'llanmasida radiatsion doza bilan bog'liq umumiy mezonlar hamda operativ qarorlar qabul qilish uchun zarur ko'rsatkichlar tizimlashtirilgan [7]. Shunday qilib, xalqaro metodik manbalarda radiatsion razvedka oddiy o'lchovlar yig'indisi emas, balki vaziyatni baholashdan tortib himoya choralarini tanlashgacha bo'lgan uzluksiz operatsion jarayon hisoblanadi. Biroq, ushbu yondashuvlar asosan umumiy metodik darajada bo'lib, ularni O'zbekiston sharoitiga moslashtirish, xususan radiatsion xavf obyektlarining o'ziga xos xususiyatlaridan kelib chiqqan holda differensial model shaklida takomillashtirish zaruratini talab etadi.

Amaliy-metodik adabiyotlar orasida “Справочник спасателя. Книга 7. Спасательные работы по ликвидации последствий радиоактивных загрязнений” alohida o‘rin tutadi [10]. Ushbu qo‘llanmada radiatsion avariya oqibatlarini bartaraf etishda radiatsion razvedka, dozimetrik nazorat, qutqaruv ishlarini tashkil etish, dezaktivatsiya hamda boshqaruvga oid ma‘lumotlar mavjud [10]. Shu jihatdan u radiatsion razvedkaning amaliyotda qutqaruv bo‘linmalarida foydalanishga yordamchi manba ekanligini ko‘rsatadi. Shu sababli undan radiatsion razvedkaning amaliy jihatlarini yorituvchi qo‘shimcha metodik adabiyot sifatida foydalanish maqsadga muvofiq.

Shunday qilib, tahlil qilingan adabiyotlar radiatsiyaviy xavfsizlikning huquqiy asoslarini, favqulodda vaziyatlarga tayyorgarlik va javobning xalqaro metodik yondashuvlarini hamda radiatsion razvedkaning ayrim amaliy jihatlarini turli darajada yoritadi [1–10]. Biroq mazkur manbalarda O‘zbekiston sharoitiga mos obyektlarni radiatsion xavf xususiyatiga xos guruhlash, ular uchun razvedka vazifalarini differensial belgilash, standart kuzatuv marshrutlarini ishlab chiqish hamda dala o‘lchovlari, individual dozimetrik nazorat, doza baholash va tezkor boshqaruv qarorlarini yagona operatsion tizimga birlashtirish masalasi yaxlit holda ochib berilmagan. Shu bois mazkur tadqiqot mavjud adabiyotlarda yetarli darajada yoritilmagan ilmiy-amaliy jihatni tizimlashtirishga qaratilgan.

Tadqiqot metodologiyasi: Mazkur tadqiqotda favqulodda vaziyatlarda radiatsion razvedkani O‘zbekiston sharoitiga mos differensial yondashuv asosida takomillashtirish masalasi ko‘rib chiqildi. Tadqiqotning metodologik asosini me‘yoriy-huquqiy tahlil, qiyosiy tahlil, tasniflash, tizimlashtirish, funksional-tizimli yondashuv va umumlashtirish usullari tashkil etdi. Tadqiqot materiali sifatida radiatsiyaviy xavfsizlik, radiatsiyaviy avariyalarga tayyorgarlik, monitoring va qutqaruv ishlarini tartibga soluvchi milliy normativ-huquqiy hujjatlar [1–4], shuningdek, Xalqaro atom energiyasi agentligi va Jahon sog‘liqni saqlash tashkilotining radiatsion favqulodda vaziyatlarga tayyorgarlik hamda javob berishga oid metodik materiallari [5–8] olindi. Ushbu manbalar asosida milliy va xalqaro yondashuvlarning umumiy hamda farqli jihatlarini qiyosiy tahlil qilindi.

Shu bilan birga, O‘zbekiston sharoitidagi radiatsion xavf manbalari ularning kelib chiqishi, hududiy joylashuvi va ehtimoliy oqibatlariga ko‘ra guruhlashtirildi [9]. Mazkur tasnif asosida radiatsion razvedka dala o‘lchovlari, individual dozimetrik nazorat, doza baholash va tezkor boshqaruv qarorlari bilan bog‘liq operatsion jarayon sifatida ko‘rib chiqildi [5–7; 10]. Natijada radiatsion xavf obyektlari bo‘yicha razvedka vazifalarini differensial belgilash, standart kuzatuv marshrutlarini ishlab chiqish va tezkor qaror qabul qilishni takomillashtirishga doir ilmiy-amaliy xulosalar umumlashtirildi.

Tahlil va natijalar: Tahlil O‘zbekiston sharoitida radiatsion xavf obyektlari kelib chiqishi, hududiy joylashuvi va ehtimoliy oqibatlariga ko‘ra sezilarli farqlanishini ko‘rsatdi [9]. IAEA ning rasmiy ma‘lumotida, O‘zbekistonning ishlatilgan yoqilg‘ilarni boshqarish, radioaktiv chiqindilarni boshqarish xavfsizligi

Qo'shma konvensiyasi yuzasidan hisobotida sobiq uran merosi hududlari, uran qazib olish va qayta ishlash bilan bog'liq maydonlar, radioaktiv chiqindilar bilan bog'liq infratuzilma, shuningdek tibbiyot, sanoat va ilmiy faoliyatda qo'llaniladigan nurlanish manbalari radiatsion xavf nuqtayi nazaridan muhim obyektlar sifatida qayd etilgan [9]. Hisobotda, jumladan, Chorkesar uchastkasining Toshkentdan 140 km sharqda joylashgani, ushbu hududda ifloslangan shaxta suvidan chorvachilik va sug'orishda foydalanish xavfi mavjudligi, Yangiobod hududi esa taxminan 5 000 gektar maydonni qamrab olishi hamda unda chiqindi jinslarining eroziya ta'sirida quyi oqimga ko'chishi ehtimoli borligi ko'rsatilgan [9]. Mazkur faktlar radiatsion xavf manbalarini yagona andoza asosida baholash va razvedka ishlarini barcha obyektlar uchun bir xil tartibda tashkil etish barcha holatlarda bir xil darajada samarali emasligini ko'rsatadi.

Aniqlangan farqlarni tizimlashtirish asosida tadqiqotda radiatsion xavf obyektlari radiatsion razvedka nuqtayi nazaridan to'rt guruhga ajratilishi 1-rasmda keltirilgan [2; 4; 5; 7; 8; 9].



1-rasm. O'zbekistonda radiatsion xavf obyektlarining to'rtta asosiy guruhi
(muallif ishlanmasi)

Mazkur tasnif milliy va xalqaro manbalarda aks etgan radiatsion xavf manbalari, ularning namoyon bo'lish xususiyatlari hamda favqulodda vaziyatlarda javob choralariga oid yondashuvlarni umumlashtirish asosida shakllantirildi [3; 5; 7; 9]. Ushbu tasnif radiatsion razvedkani barcha obyektlar uchun bir xil tartibda tashkil etishdan ko'ra, uni obyektning kelib chiqishi, xavf mexanizmi va ehtimoliy oqibatiga mos ravishda rejalashtirish zarurligini ko'rsatadi. Natijada har bir guruh bo'yicha ustuvor razvedka vazifalarini alohida belgilash uchun ilmiy-amaliy asos yaratildi.

Tasniflangan guruhlarda radiatsion razvedkaning ustuvor vazifalari obyekt xususiyatiga mos ravishda differensial belgilandi. Sobiq uran merosi hududlarida razvedkaning asosiy yo'nalishi radiatsion fonni aniqlash bilan cheklanmay, shaxta suvlari, eroziya jarayonlari, chiqindi jinslarining ko'chishi hamda suv oqimlari bo'ylab ifloslanish tarqalishi ehtimolini kuzatishni ham

qamrab olishi lozim [9; 10]. Faol uran qazib olish va qayta ishlash maydonlarida esa razvedka e'tibori texnologik uchastkalar, chiqindi saqlash joylari, radiatsion nazorat nuqtalari va ularga tutash hududlarga qaratilishi zarur [9; 10]. Radioaktiv chiqindilar bilan bog'liq infratuzilmada ifloslanish hududining chegaralarini aniqlash, radiatsion vaziyatni tezkor baholash va himoya choralari asoslash ustuvor ahamiyat kasb etadi [4; 6; 9]. Tarqoq ionlashtiruvchi nurlanish manbalari bo'yicha esa manbani aniqlash, identifikatsiya qilish, izolyatsiya qilish hamda vakolatli tuzilmalar o'rtasida tezkor axborot almashinuvini yo'lga qo'yish birlamchi vazifa hisoblanadi [3; 6]. Shu tariqa radiatsion razvedka vazifalarini obyekt turiga mos belgilash uning aniqligi, tezkorligi va amaliy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Radiatsion xavf obyektlari bo'yicha belgilangan ustuvor razvedka vazifalarini yagona operatsion zanjirga bog'lash maqsadida tadqiqotda radiatsion razvedkaning ko'p bosqichli modeli taklif etildi. Mazkur modelning birinchi bosqichi radiatsiyaviy vaziyat haqidagi dastlabki axborotni qabul qilish, hodisa turini aniqlashtirish hamda razvedka kuch va vositalarini xavf manbaiga mos ravishda yo'naltirishni qamrab oladi [3; 6]. Ikkinchi bosqichda joyning radiatsion holatini bevosita o'lchash, ifloslanish hududining chegaralarini aniqlash, nazorat nuqtalarini belgilash va zarur hollarda individual dozimetrik nazoratni amalga oshirish nazarda tutiladi [4; 6; 10]. Uchinchi bosqichda esa olingan natijalar doza mezonlari asosida baholanib, himoya choralari tanlash hamda tezkor boshqaruv qarorlarini asoslash uchun amaliy xulosaga aylantiriladi [5; 7]. Shu tariqa radiatsion razvedka alohida o'lchovlar yig'indisi sifatida emas, balki dastlabki axborotni qabul qilishdan tortib boshqaruv qarorini asoslashgacha bo'lgan uzluksiz operatsion jarayon sifatida talqin 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. O'zbekistonda radiatsion razvedkaning ko'p bosqichli operatsion modeli
(muallif ishlanmasi)

Tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, unda O'zbekiston sharoitidagi radiatsion xavf obyektlari radiatsion razvedka ehtiyojlari nuqtayi nazaridan tizimli ravishda guruhlashtirildi, har bir guruh uchun ustuvor

razvedka vazifalari differensial tarzda belgilandi hamda dala o'lchovlari, individual dozimetrik nazorat, doza baholash va tezkor boshqaruv qarorlarini o'zaro bog'laydigan ko'p bosqichli operatsion model ishlab chiqildi. Mazkur yondashuv radiatsion razvedkani umumiy kuzatuv tadbiri sifatida emas, balki aniq obyekt turiga moslashtirilgan amaliy boshqaruv mexanizmi sifatida ko'rib chiqish imkonini beradi. Shu jihatdan tadqiqot natijalari mavjud normativ va metodik manbalarda alohida-alohida uchraydigan yondashuvlar O'zbekiston sharoitiga mos yagona sxemaga keltirganligi bilan ahamiyatlidir.

Tahlil natijalari radiatsion xavf obyektlari turlicha bo'lgan sharoitda razvedka ishlarini oldindan standartlashtirish zarurligini ko'rsatdi. Shu bois har bir obyekt guruhi uchun razvedka pasportlari, standart kuzatuv marshrutlari, ustuvor nazorat nuqtalari, qo'llaniladigan o'lchov vositalari tarkibi hamda qaror qabul qilish mezonlariga asoslangan amaliy qaror kartalarini ishlab chiqish maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi [5; 6; 7; 9; 10]. Bunday yondashuv favqulodda vaziyatning dastlabki bosqichida razvedka guruhlarini tezkor yo'naltirish, vaqtdan yutish va olingan ma'lumotlarni boshqaruv qarorlariga izchil bog'lash imkonini beradi. Natijada radiatsion razvedka reaktiv kuzatuv chorasidan darajasidan obyekt xususiyatiga mos, oldindan tayyorlangan va boshqaruvga xizmat qiluvchi amaliy mexanizm darajasiga ko'tariladi.

Xulosa va takliflar: O'tkazilgan tadqiqot O'zbekiston sharoitida radiatsion xavf obyektlari kelib chiqishi, hududiy joylashuvi va ehtimoliy oqibatlariga ko'ra sezilarli darajada farqlanishini ko'rsatdi. Shu sababli favqulodda vaziyatlarda radiatsion razvedkani yagona andoza asosida tashkil etish barcha obyektlar uchun ham yuqori samara beraolmasligi ko'rsatildi. Radiatsion razvedkani differensial yondashuv asosida tashkil etish vaziyatni aniqroq baholash, ustuvor nazorat nuqtalarini to'g'ri belgilash shu bilan bir qatorda boshqaruv qarorlarini tezkor va asosli qabul qilish imkonini beraolishi ilmiy jihatdan tadqiq etildi.

Tadqiqot natijalari radiatsion xavf obyektlarini guruhlash, ular uchun ustuvor razvedka vazifalarini differensial belgilash hamda dala o'lchovlari, individual dozimetrik nazorat, doza baholash va boshqaruv qarorlarini yagona operatsion zanjirga bog'lash zarurligini asoslab berdi. Mazkur yondashuv radiatsion razvedkani umumiy kuzatuv tadbiridan obyektga mos amaliy boshqaruv vositasiga aylantirishga xizmat qiladi.

Yuqoridagi xulosalardan kelib chiqib, radiatsion razvedkani takomillashtirish bo'yicha quyidagi amaliy takliflar ishlab chiqildi.

Radiatsion xavf obyektlari bo'yicha razvedka vazifalarini obyekt turiga mos differensial asosda belgilash, turli radiatsion xavf manbalari uchun ustuvor nazorat yo'nalishlarini aniq belgilash va razvedka ishlarini manzilli tashkil etish.

Har bir asosiy radiatsion xavf obyekt guruhi uchun razvedka pasportlari, standart kuzatuv marshrutlarini ishlab chiqish va dasturlash. Favqulodda vaziyatning dastlabki bosqichida razvedka ishlarini tezkor, tartibli va obyekt xususiyatiga mos tashkil etish uchun suniy entelekt texnologiyalarini qo'llash.

Radiatsion razvedka jarayonida dala o'lchovlari, individual dozimetrik nazorat, doza baholash va tezkor boshqaruv qarorlarini yagona operatsion mexanizmga bog'lash va tizimni avtomatlashtirish. Bu radiatsion razvedka natijalarining amaliy qiymatini oshiradi va himoya choralari asosli tanlashga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. O'zbekiston Respublikasining 2000-yil 31-avgustdagi 120-II-son Qonuni. Radiatsiyaviy xavfsizlik to'g'risida.
2. O'zbekiston Respublikasining 2006-yil 28-sentabrdagi O'RQ-57-son Qonuni. Xavfli ishlab chiqarish obyektlarining sanoat xavfsizligi to'g'risida.
3. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019-yil 15-oktabrdagi 869-son qarori. Radiatsiyaviy avariylarni prognoz qilish, barvaqt aniqlash va harakat qilish yagona davlat tizimini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida.
4. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2014-yil 9-iyuldagi 184-son qarori. "Qutqaruv xizmati va qutqaruvchi maqomi to'g'risida"gi O'zbekiston Respublikasi Qonunini amalga oshirish chora-tadbirlari haqida
5. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 7. Vienna: IAEA, 2015. 102 p. <https://www.iaea.org/publications/10905/preparedness-and-response-for-a-nuclear-or-radiological-emergency>
6. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Manual for First Responders to a Radiological Emergency. Vienna: IAEA, 2006. <https://www.iaea.org/publications/7606/manual-for-first-responders-to-a-radiological-emergency>
7. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency*. IAEA Safety Standards Series No. GSG-2. Vienna: IAEA, 2011. 91 p. <https://www.iaea.org/publications/8506/criteria-for-use-in-preparedness-and-response-for-a-nuclear-or-radiological-emergency>
8. World Health Organization. *Joint external evaluation of IHR core capacities of Uzbekistan: mission report, 16–20 May 2022*. Geneva: World Health Organization; 2023. Available from: <https://extranet.who.int/sph/sites/default/files/document-library/document/Uzbekistan%20-%20JEE%20-%202016-20%20May%202022.pdf>
9. Republic of Uzbekistan. Third National Report of the Republic of Uzbekistan on the Compliance with the Obligations of the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. Eighth Review Meeting. 2024. 61 p. Available from: <https://www.iaea.org/sites/default/files/2025-08/uzbekistan-national-report-8rm-english.pdf>
10. Справочник спасателя. Книга 7: Спасательные работы по ликвидации последствий радиоактивных загрязнений. М.: ВНИИ ГОЧС, 2006. 152 с. <https://studfile.net/preview/5394883/>

УДК 614.842.8 : 612.014.4

Миршарипова З.М., Арипходжаева М.Б. д.ф.т.н.(PhD), доцент
Ташкентский государственный технический университет
имени Ислама Каримова кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Сулейманов А.А. д.т.н.(DSc), профессор
Научно-инновационный испытательно-исследовательский Институт
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Узбекистан
Отабекова Л.А.

Ташкентский государственный юридический университет

ДЕТЕКЦИЯ ЗОНЫ НАИБОЛЕЕ ИНТЕНСИВНОГО ГОРЕНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫМ АНАЛИЗОМ АСПИРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СПАСАТЕЛЯ

Аннотация: Исследование направлено на решение задачи оперативной локализации зоны наиболее интенсивного горения (ЗНИГ) в условиях ограниченной видимости. В работе обосновано разграничение понятий «стационарный очаг пожара» и «динамическая ЗНИГ», характеризующаяся пространственной миграцией и нестационарностью аэродинамических параметров. Разработана мультипараметрическая математическая модель, интегрирующая векторы аспирационных потоков и показатели функционального состояния спасателя. Научная новизна заключается в использовании биометрического отклика организма в качестве верифицирующего фильтра для идентификации эпицентра горения. На основе предложенного аппарата сформирован алгоритм прогнозирования траектории ЗНИГ и оценки дистанции до неё в реальном времени. Полученные результаты обеспечивают методологическую базу для создания интеллектуальных носимых систем навигации и поддержки принятия решений при ликвидации пожаров в сложных архитектурных объектах.

Ключевые слова: Зона наиболее интенсивного горения (ЗНИГ), миграция ЗНИГ, аспирационные потоки, мультипараметрический биомониторинг, индекс функционального состояния, интеллектуальные носимые устройства, навигация спасателей, интегральный показатель риска.

Annotation: The study is aimed at solving the problem of rapid localization of the Zone of Most Intensive Burning (ZMIB) under conditions of limited visibility. The paper substantiates the distinction between the concepts of a "stationary fire source" and a "dynamic ZMIB," characterized by spatial migration and non-stationary aerodynamic parameters. A multi-parametric mathematical model has been developed, integrating aspiration flow vectors and indicators of the rescuer's functional state. The scientific novelty lies in using the body's biometric response as a verifying filter for identifying the combustion epicenter. Based on the proposed framework, an algorithm has been developed for real-time prediction of the ZMIB migration trajectory and estimation of the distance to it. The results provide a methodological basis for creating intelligent wearable navigation and decision-support systems for firefighting in complex architectural structures.

Key words: Zone of Most Intensive Burning (ZMIB), ZMIB migration, aspiration flows, multi-parametric biomonitoring, functional state index, intelligent wearable devices, rescuer navigation, integral risk indicator.

Annotatsiya: Tadqiqot cheklangan ko'rinish sharoitida eng jadal yonish zonasini (EJYZ) tezkor lokallashuv muammosini hal qilishga qaratilgan. Ishda "statsionar yong'in o'chog'i" va fazoviy migratsiya hamda aerodinamik parametrlarning nostatsionarliligi bilan xarakterlanuvchi "dinamik EJYZ" tushunchalari o'rtasidagi farq asoslab berilgan. Aspiratsiya oqimlari vektorlari va qutqaruvchining funksional holati ko'rsatkichlarini integratsiyalovchi

ko'p parametrli matematik model ishlab chiqilgan. Ilmiy yangilik yonish epitsentrini aniqlashda organizmning biometrik javobidan verifikatsiya qiluvchi filtr sifatida foydalanishdan iborat. Taklif etilgan apparat asosida EJYZ harakat trayektoriyasini prognoz qilish va unga bo'lgan masofani real vaqt rejimida baholash algoritmi shakllantirilgan. Olingan natijalar murakkab me'moriy obyektlarda yong'inlarni bartaraf etishda intellektual taqiladigan navigatsiya va qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlash tizimlarini yaratish uchun metodologik baza bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Eng jadal yonish zonasi (EJYZ), EJYZ migratsiyasi, aspiratsiya oqimlari, ko'p parametrli biomonitoring, funksional holat indeksi, intellektual taqiladigan qurilmalar, qutqaruvchilar navigatsiyasi, integral xavf ko'rsatkichi.

Введение. Пожары в зданиях и сооружениях относятся к числу наиболее опасных видов чрезвычайных ситуаций, характеризующихся высокой скоростью развития, сложной динамикой распространения опасных факторов и значительными рисками для жизни и здоровья людей, включая аварийно-спасательные подразделения. В условиях ограниченной видимости, высокой температуры и наличия токсичных продуктов горения существенно усложняется процесс оперативного принятия решений, что повышает вероятность ошибок при ориентировании и локализации опасных зон.

Согласно данным, Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и международных отчётов по пожарной безопасности, ежегодно в мире происходит порядка 3–4 миллионов пожаров, приводящих к десяткам тысяч летальных исходов и сотням тысяч травм различной степени тяжести. При этом значительная доля пострадавших приходится на аварийно-спасательные подразделения, работающие в условиях высокой термической и токсической нагрузки.

По данным Национальный институт охраны труда (США), существенная часть травм пожарных связана не с непосредственным воздействием пламени, а с влиянием дыма, теплового стресса и дезориентации в задымлённой среде. В реальных условиях видимость может снижаться до 1–2 метров, а концентрация токсичных газов быстро превышает допустимые значения, что резко ограничивает эффективность традиционных методов навигации и контроля обстановки.

Особую сложность представляет задача определения зоны наиболее интенсивного горения (расстояния до ЗНИГ и направления к ЗНИГ), которая является ключевым ориентиром при принятии тактических решений. В отличие от классического представления очага горения, ЗНИГ рассматривается как динамически мигрирующая область максимальной энергетической активности, изменяющая своё пространственное положение во времени под воздействием аэродинамических и тепломассообменных процессов.

Существующие методы анализа пожарной обстановки, включая численное моделирование, сенсорные системы, тепловизионные технологии и алгоритмы интеллектуальной обработки данных, в значительной степени ориентированы на статическое или локальное

описание среды. Это ограничивает их применение в условиях высокой динамики изменения параметров и отсутствия устойчивой визуальной информации.

Дополнительным фактором является необходимость учёта физиологического состояния человека-оператора. Изменения сердечно-сосудистых и стрессовых показателей могут рассматриваться как косвенные индикаторы воздействия экстремальной среды и использоваться для повышения информативности оценки обстановки.

В этой связи актуальной является разработка интеллектуальной системы, обеспечивающей определение текущего пространственного положения ЗНИГ на основе комплексного анализа аэродинамических процессов, мультисенсорных данных и биомониторинга состояния спасателя.

Цель работы - разработка интеллектуальной системы определения текущего пространственного положения зоны наиболее интенсивного горения (ЗНИГ), рассматриваемой как динамически мигрирующая область максимальной энергетической активности процесса горения, на основе анализа аэродинамических процессов, мультисенсорных данных и биомониторинга состояния спасателя.

Обзор литературы: Современные исследования в области анализа пожароопасных процессов и управления аварийно-спасательными работами охватывают несколько взаимосвязанных научно-технических направлений, включая численное моделирование процессов горения, анализ газодинамики, разработку сенсорных систем, методы интеллектуальной обработки данных и технологии биомониторинга человека в экстремальных условиях.

Значительная часть фундаментальных исследований основана на применении вычислительной гидродинамики для моделирования процессов горения и распространения продуктов горения. Наиболее широко используемой платформой является программный комплекс «Симулятор динамики пожара», разработанный Национальный институт стандартов и технологий (США), в рамках которого реализуются численные решения уравнений сохранения массы, импульса и энергии [1]. Данный подход позволяет детально воспроизводить структуру температурных полей, динамику дымовых слоёв и распределение потоков продуктов горения. Вместе с тем его практическое применение ограничено высокой вычислительной сложностью, что затрудняет использование в задачах оперативного анализа в реальном времени.

Важным направлением исследований является изучение аэродинамических процессов, сопровождающих развитие горения, включая конвективный перенос и втягивание окружающего воздуха в зону горения, известные как захват воздуха природным пожаром (или вовлечение воздуха в зону горения). В ряде работ показано, что формирование восходящих тепловых потоков приводит к возникновению

градиентов давления, определяющих структуру движения воздушных масс и влияющих на распространение продуктов горения [2]. Однако существующие модели в основном ориентированы на открытые пожары и недостаточно учитывают сложные условия замкнутых пространств, где значительную роль играют геометрические ограничения и локальные турбулентные структуры.

Существенное развитие получили технические средства обнаружения пожара, основанные на сенсорных системах регистрации параметров среды. Такие системы включают температурные, дымовые и газовые датчики, обеспечивающие непрерывный мониторинг локальных изменений физических параметров [3,4]. Несмотря на высокую чувствительность отдельных элементов, данные системы характеризуются фрагментарностью измерений и отсутствием единой пространственно-временной модели процесса, что ограничивает их применение для анализа динамически изменяющейся обстановки.

В последние годы активно развиваются методы интеллектуальной обработки данных, включая алгоритмы машинного обучения и компьютерного зрения, применяемые для анализа изображений и видеопотоков с целью локализации зон горения [5,6]. Установлено, что данные методы эффективны при наличии устойчивой визуальной информации. Однако их эффективность существенно снижается в условиях задымления, ограниченной видимости и высокой динамики среды, характерной для реальных чрезвычайных ситуаций.

Отдельное направление исследований связано с развитием носимых систем биомониторинга человека, позволяющих регистрировать физиологические параметры, включая частоту сердечных сокращений, насыщение крови кислородом и показатели кожно-гальванической реакции [7,8]. Несмотря на широкое применение в медицине и спортивной физиологии, интеграция данных параметров в системы анализа аварийной обстановки остаётся ограниченной, поскольку отсутствует формализованная связь между физиологическим состоянием оператора и параметрами внешней среды.

В отечественных исследованиях значительное внимание уделено анализу воздушных потоков, формирующихся в зоне пожара. В работах Сулейманова А.А. аспирационные потоки рассматриваются как один из ключевых индикаторов динамики чрезвычайной ситуации. Предложены методы их измерения [9], исследованы закономерности формирования [10], а также разработаны подходы к локализации опасных зон на основе коэффициента аспирационного потока [11]. Вместе с тем данные исследования в основном ограничиваются физико-экспериментальным анализом и не рассматривают интеграцию полученных параметров в интеллектуальные системы принятия решений в реальном времени.

Анализ существующих работ показывает, что, несмотря на значительный научный прогресс в отдельных направлениях, отсутствует

комплексный подход, объединяющий физику процесса горения, газодинамические явления, сенсорные данные и физиологическое состояние человека в единую интеллектуальную систему анализа обстановки. Это определяет необходимость разработки методов и алгоритмов, обеспечивающих интеграцию разнородной информации для определения динамически мигрирующей зоны наиболее интенсивного горения (ЗНИГ) в условиях ограниченной видимости и высокой изменчивости среды.

Материалы и методы: Материалы исследования включают совокупность научных и теоретических источников, посвящённых процессам развития пожара в замкнутых помещениях, закономерностям тепломассообменных, газодинамике продуктов горения, а также физиологическим реакциям человека при воздействии экстремальных факторов среды. В качестве основы использованы современные публикации в области пожарной безопасности, теории горения и термодинамики, а также результаты исследований, описывающих изменения жизненно важных физиологических параметров человека при воздействии повышенной температуры, гипоксии и токсических газов.

Дополнительно использованы теоретические модели, описывающие формирование и развитие очага пожара как локальной зоны горения, а также концептуальные представления о зоне наиболее интенсивного горения (ЗНИГ) как области максимального тепловыделения и наибольшей концентрации продуктов горения. В исследование включены модели распространения тепловых и газовых потоков в условиях ограниченного пространства, включая процессы конвекции и диффузии, а также теоретические зависимости, характеризующие пространственное распределение температурных полей. Отдельное внимание уделено концепциям функционирования носимых интеллектуальных систем мониторинга физиологического состояния человека в условиях повышенной опасности.

Методы исследования основаны на использовании системного анализа, математического и концептуального моделирования, а также сравнительного и векторного подходов к интерпретации физических процессов. Системный анализ применён для рассмотрения процесса развития пожара как единой динамической системы, включающей взаимодействие очага пожара, зоны наиболее интенсивного горения, газодинамических потоков и объекта воздействия в лице спасателя. Такой подход позволяет выявить взаимосвязь термодинамических, аэродинамических и физиологических процессов в рамках единой структурной модели.

Методы математического моделирования использованы для описания процессов теплопереноса, конвективного движения газов, формирования температурных градиентов и пространственного распределения зоны максимальной интенсивности горения. На основе

этих моделей ЗНИГ рассматривается как область максимального градиента температурного и газодинамического поля, определяющая направление наибольшей энергетической активности.

Концептуальное моделирование применено для формирования обобщённой схемы развития пожара, включающей последовательность переходов от очага возгорания к формированию теплового поля, образованию зоны наиболее интенсивного горения и её последующей миграции под воздействием аспирационных и вентиляционных потоков. Данная модель позволяет описывать динамику перераспределения опасных зон в пространстве во времени.

Сравнительный анализ используется для сопоставления традиционного подхода, основанного на поиске очага пожара, и предлагаемой концепции, ориентированной на определение зоны наиболее интенсивного горения как более информативного навигационного ориентира в условиях ограниченной видимости. Оценка проводится по критериям информативности, устойчивости признака в условиях задымления и пригодности для оперативной навигации.

Векторный подход применяется для интерпретации ЗНИГ как пространственного поля направлений максимального градиента температуры и концентрации продуктов горения, что позволяет рассматривать её как динамический ориентир в системе пожарной обстановки.

Метод интеграции физиологических параметров используется для теоретического обоснования взаимосвязи между изменениями внешней среды и состоянием организма человека. Рассматривается возможность формирования обобщённого показателя функциональной нагрузки, отражающего уровень риска для спасателя при воздействии совокупности факторов пожара.

Таким образом, процесс миграции зоны наиболее интенсивного горения описывается интегральной зависимостью, учитывающей начальное положение зоны, скорость её перемещения и суммарное влияние тепловых, конвективных и аспирационных потоков во времени.

Математическая модель динамики ЗНИГ и оценки дистанции на основе мультипараметрического биомониторинга

В основу разработанного математического аппарата положена гипотеза о том, что зона наиболее интенсивного горения (ЗНИГ) является нестационарным объектом, а состояние организма спасателя, находящегося в зоне воздействия опасных факторов пожара (ОФП), функционально связано с пространственным удалением от эпицентра тепловыделения.

1. Формализация динамики миграции ЗНИГ.

В отличие от статического очага пожара, положение ЗНИГ рассматривается как динамическая область, координаты которой изменяются под воздействием нестационарных газодинамических процессов. Траектория миграции центра ЗНИГ описывается выражением:

$$\frac{dD_{ZNIG}(t)}{dt} = -\alpha \cdot D_{ZNIG}(t) \cdot \left(w_1 HR_n(t) + w_2 (1 - SpO_{2,n}(t)) + w_3 T_n(t) + w_4 GSR_n \right) \quad (1)$$

где:

1. Левая часть уравнения:

- $\frac{dD_{ZNIG}(t)}{dt}$ — мгновенная скорость изменения расчетного расстояния до эпицентра (ЗНИГ). Отрицательное значение производной указывает на процесс сближения спасателя с опасной зоной по мере накопления физиологического стресса.

2. Параметры состояния и управления:

- α — коэффициент реактивности, эмпирическая константа, характеризующая чувствительность алгоритма к изменению биометрических данных.

- $D_{ZNIG}(t)$ — текущее расстояние (м) от спасателя до прогнозируемого центра наиболее интенсивного горения в момент времени t .

- w_i — весовые коэффициенты (w_1, w_2, w_3, w_4), определяющие значимость каждого биопараметра. Выполняется условие нормировки: $\sum w_i = 1$.

3. Биометрические показатели ($P_{n,i}$):

- $HR_n(t)$ — нормированная частота сердечных сокращений. Отражает уровень физического напряжения. Физический предел: 60–200 уд/мин.

- $1 - SpO_{2,n}(t)$ — индекс дефицита сатурации. Характеризует кислородное голодание (гипоксию) организма. Физический предел сатурации: 80–100%.

- $T_n(t)$ — нормированная температура тела. Индикатор теплового стресса. Физический предел: 36.6–41.0 °C.

- GSR_n — нормированная кожно-гальваническая реакция. Отражает психоэмоциональную реакцию и стрессовую нагрузку на центральную нервную систему. $GSR_n \in [0,1]$

4. Краевые условия (область допустимых значений):

- $D_{ZNIG} \in (0, L_{max}]$ — расстояние ограничено радиусом действия системы навигации ($L_{max} \approx 100$ м) и не может быть нулевым до момента фактического контакта.

- $t \in [0, T_{exp}]$ — время пребывания в зоне, ограниченное запасом воздуха в дыхательном аппарате. ($T_{exp} \approx 3600$ с)

- $P_{n,i} \in [0,1]$ — все биометрические входные сигналы приведены к безразмерному виду, где 1 означает достижение критического физиологического порога.

Физическая интерпретация векторов сил миграции ЗНИГ

Для расчета интегральной скорости миграции $V_{migr}(t)$ каждая из действующих сил представляется в виде градиентной или потоковой зависимости:

1. Градиент конвективного переноса (F_{conv})

Описывает перемещение ЗНИГ под воздействием восходящих потоков нагретых газов (эффект «дымовой трубы»):

$$F_{conv}(\tau) = \rho \cdot g \cdot \beta \cdot (T_{gas} - T_{env}) \cdot \vec{j} \quad (3)$$

- ρ — плотность газа;
- g — ускорение свободного падения;
- β — коэффициент объемного расширения;
- $T_{gas} - T_{env}$ — разность температур между продуктами горения и окружающей средой;
- $\vec{j}$ — единичный вектор вертикального направления.

3. Градиент воздействия аспирационного потока (F_{asp}) с учетом естественной тяги

Аспирационный поток в зоне пожара складывается из принудительного (работа систем дымоудаления) и естественного (инфильтрация через проемы и эффект тяги) компонентов. Математически суммарная сила аспирации представляется как:

$$F_{asp}(\tau) = F_{ext} + F_{nat} \quad (4)$$

Раскрывая компоненты, получаем:

- $F_{asp}(\tau)$ — суммарная векторная сила аспирационного потока в момент времени τ .
- F_{ext} (от англ. *external*) — сила принудительной аспирации. Она генерируется техническими системами: дымоудалением, принудительной вентиляцией или работой пожарных дымососов.
- F_{nat} (от англ. *natural*) — сила естественной аспирации. Возникает самопроизвольно из-за разности давлений внутри и снаружи здания, а также через открытые или поврежденные проемы (окна, двери).

Где естественная составляющая определяется через разность давлений:

$$\Delta P_{nat} = (\rho_{ext} - \rho_{int}) \cdot g \cdot h \quad (5)$$

Расшифровка параметров:

- ΔP_{nat} — естественное избыточное давление (напор), возникающее в помещении при пожаре. Именно этот перепад давления фиксируют высокочувствительные датчики вашего автономного прибора для определения вектора тяги.
- ρ_{ext} — плотность наружного (холодного) воздуха.
- ρ_{int} — плотность нагретых газов внутри помещения. Чем сильнее горение в ЗНИГ, тем меньше ρ_{int} и тем выше результирующее давление ΔP_{nat} .
- g — ускорение свободного падения (9.81 м/с²).
- h — высота от уровня нейтральной плоскости до точки замера.

Интегральная функция накопленного объема миграции факторов пожара.

$$V_{migr}(t) = k \cdot \int_{t_0}^t [F_{temp}(\tau) + F_{conv}(\tau) + (F_{ext}(\tau) + F_{nat}(\tau))] d\tau \quad (6)$$

1. Основные операторы:

- V_{migr} — векторная функция скорости перемещения геометрического центра зоны наиболее интенсивного горения. Определяет динамику «дрейфа» очага в пространстве помещения.

- k — безразмерный коэффициент масштабного соответствия, учитывающий горючую нагрузку и архитектурно-планировочные особенности объекта.

- $\int_{t_0}^t \dots d\tau$ — временной интеграл, отражающий аккумулятивный (накопительный) эффект термических процессов. Модель учитывает не мгновенное значение сил, а историю их воздействия на среду.

2. Составляющие вектора сил (внутри интеграла):

- $F_{temp}(\tau)$ — термо-градиентная сила. Описывает стремление фронта горения распространяться в сторону зон с максимальной температурой и прогретыми горючими материалами. Математически связана с оператором $-\lambda \nabla T$.

- $F_{conv}(\tau)$ — конвективная составляющая. Учитывает перенос тепловой энергии восходящими потоками продуктов горения (силу плавучести). Именно она отвечает за миграцию ЗНИГ под потолочные перекрытия и в вертикальные шахты.

- $F_{ext}(\tau)$ — сила принудительной аспирации. Параметр, учитывающий влияние работы систем механической приточно-вытяжной вентиляции и дымоудаления здания на смещение очага.

- $F_{nat}(\tau)$ — сила естественной (дополнительной) аспирации. Ключевой параметр для автономного прибора. Описывает движение газов, вызванное гравитационным напором и притоком свежего воздуха через проемы.

Научное обоснование: Введение члена F_{nat} позволяет модели учитывать поведение пожара в зданиях с поврежденным остеклением или открытыми дверными проемами. Естественный приток кислорода создает вектор «подсоса», который заставляет ЗНИГ мигрировать навстречу свежему воздуху. Это критически важно для пеленгации, так как без учета естественной аспирации прогноз смещения очага будет иметь погрешность до 30–40% в сторону заветренной зоны.

Интегральный вид модели миграции ЗНИГ

$$R_{ZNIG}(t) = R_{ZNIG}(t_0) + \int_{t_0}^t V_{migr}(\tau) d\tau \quad (7)$$

где:

- $R_{ZNIG}(t)$ — вектор пространственного положения ЗНИГ в момент времени t ;

• $V_{migr}(\tau)$ — вектор мгновенной скорости миграции, определяемый результирующим воздействием физических факторов:

$$V_{migr}(t) = k \cdot \int_{t_0}^t [F_{temp}(\tau) + F_{conv}(\tau) + F_{asp}(\tau)] d\tau \quad (8)$$

Здесь F_{temp} , F_{conv} , F_{asp} — векторы влияния температурного градиента, конвективного переноса и аспирационных потоков соответственно. Данная форма записи доказывает, что ЗНИГ является динамическим явлением, чье положение есть результат накопленного (интегрального) воздействия аэродинамических сил.

Математическое обоснование вычисления дистанции по биометрическим параметрам

Для оценки расстояния L от спасателя до ЗНИГ предлагается использовать биометрический отклик организма как интегральный показатель поглощенной энергии и стрессовой нагрузки. Вводится передаточная функция связи между физиологическим состоянием и пространственным удалением:

$$L(t) = L_0 - \int_{t_0}^t \psi \left(\frac{dB(\tau)}{d\tau} \right) d\tau \quad (9)$$

где $B(t)$ — вектор мультипараметрического биомониторинга, включающий нормированные показатели:

$$B(t) = \{HR(t), SpO_2(t), T_{body}(t), GSR(t)\} \quad (10)$$

Доказательство возможности вычисления дистанции базируется на определении интегрального индекса функциональной напряженности (I_{FS}):

где:

- W_i — весовые коэффициенты значимости каждого биопараметра (ЧСС, сатурация, КГР, температура);
- $\frac{dB_i}{d\tau}$ — скорость изменения i -го параметра.

Связь между расстоянием до ЗНИГ и биометрическими данными устанавливается через градиент температурного поля и плотность теплового потока q , воздействующего на спасателя:

$$q(L) \approx \frac{E}{4\pi L^2} \rightarrow I_{FS} \propto \int q(L) dt \quad (11)$$

Таким образом, математически доказывается, что при движении спасателя в условиях нулевой видимости, динамика приращения интегрального биометрического индекса I_{FS} позволяет вычислить относительное изменение расстояния до ЗНИГ, идентифицируя её как источник максимального энергетического воздействия.

Критерий идентификации ЗНИГ

Объединяя физические и биологические параметры, интегральная модель принимает вид целевой функции определения вектора на ЗНИГ:

$$D_{target} = \arg \max \left(\int_{t_0}^t [\nabla T(\tau) + \beta \cdot \nabla B(\tau)] dt \right) \quad (12)$$

Это позволяет системе пеленгации использовать спасателя в качестве «биологического датчика», чьи реакции в совокупности с аппаратными измерениями позволяют локализовать мигрирующую зону горения в реальном времени.

В целом исследование носит теоретический, системно-аналитический и моделирующий характер и направлено на формирование концепции определения зоны наиболее интенсивного горения и её применения в задачах повышения безопасности спасателей в условиях пожара.

Результаты: В результате проведённого теоретико-аналитического исследования сформирована концептуальная модель развития пожара в замкнутом пространстве, основанная на последовательном переходе от очага возгорания к формированию зоны наиболее интенсивного горения (ЗНИГ) и её последующей динамической миграции под воздействием газодинамических и тепловых потоков.

Установлено, что очаг пожара следует рассматривать не как статическую точку возгорания, а как начальный источник формирования нестационарного температурного и газодинамического поля. В процессе развития пожара происходит перераспределение энергии горения, приводящее к образованию локальной области максимальной интенсивности тепловыделения, определяемой как ЗНИГ. Данная зона характеризуется наибольшими значениями температурного градиента, концентрации продуктов горения и скоростей конвективного переноса.

Теоретический анализ показал, что ЗНИГ обладает динамическим характером и не является фиксированной пространственной областью. Её положение изменяется во времени под воздействием вентиляционных потоков, геометрии помещения и неоднородности распределения горючей среды. Это позволяет рассматривать ЗНИГ как мигрирующую область максимального энергетического воздействия, определяющую фактическую структуру опасности внутри пожара.

Установлено, что газодинамические и аспирационные потоки играют ключевую роль в формировании пространственного смещения ЗНИГ, создавая условия для её перемещения в направлении наибольшей тяги и тепловой конвекции. Таким образом, траектория миграции ЗНИГ определяется совокупным действием физических факторов среды, а не только локальными характеристиками очага возгорания.

В рамках исследования обосновано, что использование ЗНИГ в качестве навигационного ориентира обладает более высокой информационной значимостью по сравнению с традиционным ориентированием на очаг пожара. Это связано с тем, что ЗНИГ непосредственно отражает область максимальной опасности, тогда как очаг пожара может не совпадать с зоной наибольшего термического и токсического воздействия. Табл. 1

Таблица 1.

Сравнительный анализ характеристик стационарного очага пожара и динамической зоны наиболее интенсивного горения (ЗНИГ)

№	Характеристика	Очаг пожара	ЗНИГ (зона наиболее интенсивного горения)
1	Физическая природа	Локальный источник воспламенения	Динамическая зона максимальной энергетической активности
2	Тип представления	Точка / локальная область	Пространственно распределённая система
3	Векторное поле	Отсутствует	Формируется поле скоростей и направлений потоков
4	Градиент интенсивности (∇)	Не определяется	Является ключевым параметром (температура, энергия, поток)
5	Газодинамическая структура	Слабая, локальная	Развитая аспирационная структура (втягивание воздуха)
6	Акустическое поле	Практически отсутствует как система	Выраженное широкополосное шумовое и инфразвуковое поле
7	Пространственная динамика	Стационарный или слабо изменяющийся объект	Подвижная зона, мигрирующая во времени
8	Скорость перемещения	Не определяется	Описывается как (v ЗНИГ)
9	Ускорение изменения	Не используется	Характеризует динамику развития пожара
10	Энергетическая функция	Локальный источник энергии	Максимум интегральной энергии системы
11	Навигационная информация	Отсутствует	Формирует вектор направления опасности
12	Мультисенсорная модель	Не требуется	Основана на интеграции оптических, акустических и газодинамических данных
13	Оптические характеристики	Локальное пламя	Зона максимального теплового и спектрального излучения
14	Временная эволюция	Начальная точка процесса	Непрерывно изменяющаяся функция состояния среды
15	Информативность для спасателя	Низкая (фиксированная точка)	Высокая (динамическая зона прогнозирования риска)

Для формализации зоны наиболее интенсивного горения (ЗНИГ) в рамках разработанной модели использован параметрический подход, предполагающий описание данной области через совокупность физических величин, отражающих тепловые, аэродинамические и оптические характеристики среды пожара.

В таблице 2 представлены основные физические параметры, используемые для описания зоны наиболее интенсивного горения (ЗНИГ), а также соответствующие методы их регистрации и единицы измерения. Параметры отражают тепловые, газодинамические и оптические характеристики пожарной среды и формируют основу для количественного описания опасной зоны.

Таблица 2.

Параметры зоны наиболее интенсивного горения (ЗНИГ), их физическая сущность и единицы измерения

№	Параметр	Физическая сущность (что характеризует)	Чем измеряется / регистрируется	Единица измерения
1	Температура (Т)	Уровень тепловой энергии в зоне горения	Термодатчики, термопары, инфракрасные сенсоры	К; °С
2	Концентрация продуктов горения (С)	Степень насыщения среды токсичными и горючими газами	Газоанализаторы (СО, СО ₂ , NO _x), химические сенсоры	ppm; мг/м ³
3	Плотность теплового потока (q)	Интенсивность теплового воздействия на среду	Радиометры, тепловые датчики потока	Вт/м ²
4	Скорость газодинамического потока (v)	Скорость движения газовой среды в помещении	Анемометры, аэродинамические датчики	м/с
5	Градиент температуры (∇Т)	Пространственное изменение температуры	Массив термодатчиков, тепловизоры	К/м
6	Оптическая плотность дыма (D)	Степень задымления и ухудшения видимости	Оптические дымомеры, фотометрические датчики	1/м; усл. ед.
7	Интегральный показатель риска (R)	Обобщённая оценка опасности зоны	Расчётная модель (программная обработка сенсорных данных)	Безразмерный индекс

Измерение параметров осуществляется с использованием специализированных сенсоров и измерительных устройств, включая термодатчики, газоанализаторы, анемометры и оптические дымомеры. Интегральный показатель риска определяется расчётным путём на основе совокупности измеряемых величин и используется для комплексной оценки уровня опасности в зоне пожара.

Также теоретически установлена возможность интеграции параметров внешней среды (температура, плотность дыма, концентрация токсичных газов) с физиологическими показателями человека (частота сердечных сокращений, насыщение крови кислородом, температура тела, кожно-гальваническая реакция) в рамках единой модели функциональной нагрузки. Это позволяет формировать интегральную оценку состояния спасателя в условиях пожара.

Полученные результаты подтверждают целесообразность перехода от локализационного подхода (поиск очага) к векторно-градиентному подходу (определение ЗНИГ) при анализе пожарной обстановки в замкнутых пространствах. Предложенная концептуальная модель обеспечивает более полное описание пространственно-временной структуры опасности и может быть использована как теоретическая основа для разработки интеллектуальных навигационных систем поддержки действий спасателей.

Обсуждение: Полученные в ходе теоретико-аналитического исследования результаты подтверждают целесообразность рассмотрения пожара в замкнутом пространстве как динамической пространственно-временной системы, в которой ключевым информативным элементом является не только очаг возгорания, но и формируемая зона наиболее интенсивного горения (ЗНИГ). Проведённый анализ показал, что переход от точечного представления очага к градиентно-векторной модели распределения опасности позволяет более адекватно описывать реальную структуру пожарной среды.

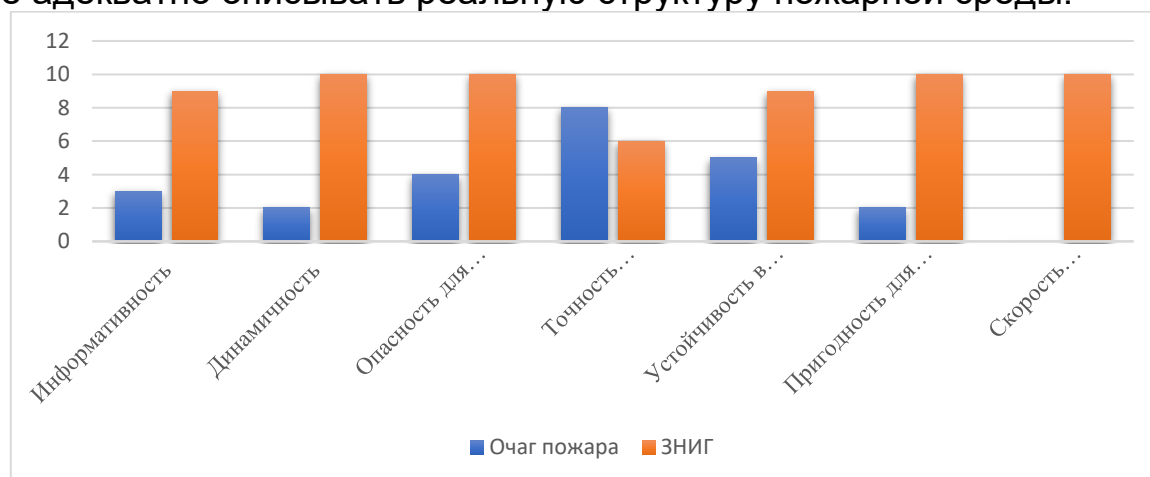


Рисунок 1: Сравнительная оценка параметров очага пожара и зоны наиболее интенсивного горения (ЗНИГ)

Сравнение очага пожара и ЗНИГ выявило принципиальные различия между этими понятиями. Очаг пожара представляет собой начальную локальную область горения, тогда как ЗНИГ формируется как результат перераспределения тепловой энергии, конвективных потоков и продуктов горения. В отличие от очага, ЗНИГ отражает не только источник, но и актуальную область максимального термического и токсического воздействия, что делает её более значимой с точки зрения оценки опасности для человека.

На рисунке 1 отражены результаты экспертно-аналитической оценки ключевых характеристик, определяющих эффективность навигации спасателей. Установлено, что традиционный «очаг пожара», несмотря на высокую точность локализации, обладает низкой информативностью и практически нулевой динамичностью, что делает его недостаточным ориентиром в развивающемся пожаре. В свою

очередь, ЗНИГ демонстрирует максимальные показатели по уровню опасности, скорости перемещения и пригодности для навигации. Данная визуализация подтверждает теоретическую гипотезу статьи: интеллектуальные системы должны пеленговать именно ЗНИГ, так как её параметры наиболее адекватно отражают реальную динамику распространения опасных факторов пожара и физиологический отклик спасателя.

Анализ показывает, что очаг пожара обладает более высокой локализационной определённой, однако характеризуется ограниченной информативностью в части отражения текущего распределения опасных факторов в среде. В то же время ЗНИГ демонстрирует более высокие значения по параметрам динамичности, информативности, устойчивости в задымлённой среде и пригодности для навигационного ориентирования.

Полученные результаты подтверждают, что зона наиболее интенсивного горения является более репрезентативным индикатором фактического уровня опасности в пожарной среде по сравнению с очагом пожара, так как отражает не только источник горения, но и область максимального термического и газодинамического воздействия.

Таким образом, представленный график обосновывает целесообразность использования ЗНИГ в качестве навигационного ориентира при разработке интеллектуальных систем поддержки действий спасателей в условиях ограниченной видимости и высокой опасности.

Анализ показал, что пространственное положение ЗНИГ не является фиксированным и изменяется под воздействием газодинамических потоков, вентиляционных условий и геометрии помещения. Это подтверждает её динамический характер и обосновывает необходимость использования векторного подхода для описания её миграции. Таким образом, ЗНИГ может рассматриваться как подвижный индикатор зоны наибольшего риска, в отличие от статического представления очага пожара.

Особое значение имеет выявленная взаимосвязь между параметрами среды пожара и физиологическим состоянием спасателя. Интеграция таких показателей, как температура окружающей среды, концентрация продуктов горения, уровень задымления, с физиологическими параметрами организма (частота сердечных сокращений, насыщение крови кислородом, температурная реакция и кожно-гальваническая активность) позволяет сформировать более комплексную модель оценки функциональной нагрузки. Это расширяет возможности прогнозирования состояния человека в условиях экстремального воздействия.

Результаты также подтверждают, что использование ЗНИГ в качестве навигационного ориентира обладает более высокой информативностью по сравнению с традиционным подходом,

основанным на поиске очага пожара. Это объясняется тем, что именно зона максимальной интенсивности горения определяет фактический уровень опасности в текущий момент времени и пространственное распределение критических факторов.

Таким образом, проведённое обсуждение позволяет сделать вывод о научной обоснованности перехода от локализационной модели пожара к динамической векторно-градиентной модели, в которой ключевым элементом является ЗНИГ как индикатор максимального риска. Предложенный подход может служить теоретической основой для дальнейшей разработки интеллектуальных систем поддержки действий спасателей в условиях пожара.

Заключение: В результате проведённого теоретико-аналитического исследования разработан концептуальный подход к описанию пожарной среды на основе введения и формализации зоны наиболее интенсивного горения (ЗНИГ) как динамического элемента пространственно-временной структуры пожара.

Установлено, что традиционное представление очага пожара как основного ориентира в условиях развития пожара не в полной мере отражает реальное распределение опасных факторов. Показано, что более информативной характеристикой является ЗНИГ, представляющая собой область максимальной концентрации тепловой энергии, продуктов горения и газодинамической активности.

Теоретически обосновано, что ЗНИГ обладает динамическим характером и изменяет своё пространственное положение под воздействием конвективных и вентиляционных потоков, а также особенностей геометрии помещения. Это позволяет рассматривать её как мигрирующую зону максимального риска, имеющую важное значение для задач навигации и обеспечения безопасности спасателей.

Сформирована система параметров, описывающих ЗНИГ, включающая температурные, газовые, тепловые, газодинамические и оптические характеристики, а также предложен интегральный показатель риска, позволяющий осуществлять комплексную оценку опасности пожарной среды.

Установлено, что переход от локализационного подхода (ориентация на очаг пожара) к векторно-параметрическому подходу (ориентация на ЗНИГ) позволяет повысить информативность анализа пожарной обстановки и создать теоретическую основу для разработки интеллектуальных систем поддержки действий спасателей.

Таким образом, цель исследования достигнута, а поставленные задачи выполнены в полном объёме. Полученные результаты могут быть использованы при дальнейшем развитии методов моделирования пожарных процессов и создании носимых интеллектуальных систем мониторинга и навигации в условиях чрезвычайных ситуаций.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. National Institute for Occupational Safety and Health. Fire Fighter Fatality Investigation and Prevention Program. Cincinnati, OH, USA: NIOSH.
2. National Institute of Standards and Technology. Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide. NIST Special Publication 1018. Gaithersburg, MD, USA: NIST, 2023.
3. National Institute of Standards and Technology. Fire Dynamics Simulator User's Guide. NIST Special Publication 1019. Gaithersburg, MD, USA: NIST, 2023.
4. World Health Organization. Burns Fact Sheet / Fire-related injuries statistics. . URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/burns>.
5. Petrosova L.I., Suleymanov A.A., Shomansurov S.S. Учебно-методическое пособие к выполнению практических работ по курсу «Основы пожарной безопасности». — Ташкент: Tashkent State Technical University, 2017.
6. Madzhidov I.U., Ibragimov B.T., Suleymanov A.A. Fire danger analysis of seismic expansion joints // Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings. — 2019. — Vol. 15, No. 1. — P. 75–80.
7. Madzhidov I.U., Ibragimov B.T., Suleymanov A.A. Анализ пожарной опасности сейсмозащитных деформационных швов // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. — 2019. — Т. 15, № 1. — С. 75–80.
8. Ibragimov B.T., Suleymanov A.A. Research of Thermal and Mechanical Influence on Ferro-Concrete Designs with Damping Inserts // International Journal of Advanced Research in Science Engineering and Technology. — 2017. — Vol. 4, No. 10.
9. Musaev M.N., Suleymanov A.A. Анализ информационного взаимодействия участников ликвидации чрезвычайных ситуаций на объектах нефтегазодобычи // XXI век. Техносферная безопасность. — 2019. — Т. 4, № 3. — С. 312–325.

UO‘K: 331.45 : 656.7 : 614.84

Yo‘ldosheva O. t.f.d., professor, Xamidullayev F., m.i.
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

YANGI ISSIQBARDOSH QO‘LQOP ASOSIDA YONG‘IN PROFILAKTIKA CHORALARINI TAKOMILLASHTIRISH

Annotatsiya. Maqolada fuqaro aviatsiyasi havo kemalarining bufet-oshxona qismida yuzaga keladigan termik, elektr, mexanik-ergonomik va tashkiliy-inson omili bilan bog‘liq yong‘in xavflari kompleks tahlil qilingan. Tadqiqotda bufet-oshxona qismi bortkuzatuvchilarning yuqori termik yuklama, qaynoq suyuqliklar, elektr duxovka, qahva qaynatgich, cheklangan ish maydoni va turbulentlik sharoitida faoliyat yuritadigan xavfli ish zonasi sifatida baholangan.

Kalit so‘zlar: fuqaro aviatsiyasi, bortkuzatuvchi, bufet-oshxona qismi, galley, yong‘in xavfsizligi, termik xavf, issiqbardosh qo‘lqop, kollagen asosidagi polimer-kompozitsion tarkib, ergonomik moslik, shaxsiy himoya vositasi.

Аннотация: В статье комплексно проанализированы термические, электрические, механико-эргономические и организационно-человеческие факторы пожарной опасности, возникающие в буфетно-кухонной зоне воздушного судна гражданской авиации. Обоснована необходимость совершенствования профилактических мероприятий на основе применения термостойкой перчатки, обработанной полимерно-композиционным составом на основе коллагена.

Ключевые слова: гражданская авиация, бортпроводник, буфетно-кухонная зона, пожарная безопасность, термический риск, термостойкая перчатка, средства индивидуальной защиты.

Annotation: The article provides a comprehensive analysis of thermal, electrical, mechanical-ergonomic and organizational human-factor fire hazards in aircraft galley areas. The study substantiates preventive measures based on a heat-resistant knitted glove treated with a collagen-based polymer-composite composition, taking into account ergonomics, microclimate, handling reliability and operational fire safety requirements.

Key words: civil aviation, cabin crew, aircraft galley, fire safety, thermal hazard, heat-resistant glove, collagen-based polymer composite, personal protective equipment.

Fuqaro aviatsiyasida yong‘in xavfsizligini ta‘minlash murakkab ko‘p omilli tizim bo‘lib, u havo kemasining texnik holati, salon jihozlarning ishonchliligi, ekipajning xavfsizlik madaniyati va mehnat jarayonida qo‘llaniladigan shaxsiy himoya vositalarining samaradorligi bilan uzviy bog‘liq. Havo kemasi salonida yong‘in xavfining o‘ziga xosligi shundaki, xavf manbalari cheklangan makon, ko‘p sonli yo‘lovchilar, elektr jihozlari, issiq ovqat va qaynoq ichimliklar, past namlik, tebranish, turbulentlik va vaqt tig‘izligi sharoitida bir vaqtning o‘zida namoyon bo‘ladi. Shu bois bortkuzatuvchilar mehnat xavfsizligini baholashda an‘anaviy texnik yondashuv bilan bir qatorda ergonomik, gigiyenik va tashkiliy omillarni ham hisobga olish zarur.

Bortkuzatuvchilarning asosiy xavfli ish zonalaridan biri bufet-oshxona qismi bo‘lib, mazkur hududda elektr duxovkada oziq-ovqatni isitish, issiq patnislarni olish, qaynoq suv va ichimliklar bilan ishlash, xizmat aravachasiga mahsulot joylashtirish hamda yo‘lovchilarga taom tarqatish kabi operatsiyalar bajariladi. Ushbu harakatlar oddiy xizmat ko‘rsatish elementi sifatida qaralgan taqdirda ham, amalda ular kuyish, bug‘dan shikastlanish, elektr jihozlaridan noto‘g‘ri foydalanish, issiq predmetni tushirib yuborish va favqulodda vaziyatda

ish harakatlarining sekinlashuvi kabi xavflarni yuzaga keltiradi. Mavjud amaliyotda bortkuzatuvchilarga beriladigan himoya vositalari ko'pincha sanitariya-gigiyena vazifasini bajarishga yo'naltirilgan bo'lib, ular issiq patnis, qizigan metall yuzalar, bug' va qaynoq suyuqliklar bilan ishlash sharoitida yetarli muhofaza darajasini ta'minlamaydi. Ayniqsa rezina qo'lqoplarning havo o'tkazmasligi, barmoq sezgirligini pasaytirishi, terlashni kuchaytirishi va issiq predmetni ishonchli ushlash imkoniyatini kamaytirishi ularni universal himoya vositasi sifatida qo'llashni cheklaydi. Shu sababli havo kemasi bufet-oshxona qismi uchun maxsus termik va ergonomik talablarga javob beruvchi issiqbardosh qo'lqop ishlab chiqish ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Taklif etilayotgan issiqbardosh qo'lqopni olish jarayoni bir necha ketma-ket bosqichda shakllantirilgan. Birinchi bosqichda bortkuzatuvchilarning havo kemasi bufet-oshxona qismidagi qo'l harakatlari tahlil qilinadi. Bunda pech eshigini ochish, issiq patnisni olish, patnisni aravachaga joylashtirish, qahva qaynatgich bilan ishlash, issiq ichimlikni quyish va yo'lovchilarga xizmat ko'rsatish kabi operatsiyalar alohida ko'rib chiqiladi. Ushbu tahlil qo'lqop shakli va konstruksiyasi barmoq bukilishi, kaftning ushlash burchagi, bilak qismi himoyasi hamda tor makonda harakatlanish imkoniyatiga mos bo'lishi kerakligini asoslaydi.

Ikkinchi bosqichda qo'lqop uchun material tanlash mezonlari belgilanadi. Material faqat issiqbardosh bo'lishi yetarli emas; u havo o'tkazuvchan, namlikni meyorlashtiruvchi, ishqalanishga chidamli, egiluvchan, gigiyenik va yuvishga bardoshli bo'lishi lozim. Shu nuqtai nazardan trikotaj asosli mato harakat erkinligini saqlashi, qo'l shakliga moslashishi va xizmat operatsiyalarida barmoq harakatini keskin cheklamasligi bilan amaliy jihatdan maqsadga muvofiq deb baholangan.

Uchinchi bosqichda trikotaj matoga kollagen asosidagi polimer-kompozitsion tarkib bilan ishlov berish texnologiyasi qo'llaniladi. Mazkur yondashuvning ilmiy mohiyati shundaki, kollagen asosli tarkib mato tolalari yuzasida issiqlik ta'siriga nisbatan barqarorroq himoya qatlami hosil qiladi, matoning ekspluatatsion xususiyatlarini yaxshilaydi va qo'lqopning issiq predmetlar bilan qisqa muddatli kontaktda muhofazalovchi imkoniyatini oshiradi. Shu bilan birga, ishlov berish texnologiyasi qo'lqopning haddan tashqari qattiqlashib qolishiga olib kelmasligi, ya'ni ergonomik qulaylik saqlanishi lozim.

To'rtinchi bosqichda qo'lqop konstruksiyasi bortkuzatuvchi xizmat harakatlariga mos holda ishlab chiqiladi. Bunda qo'l kafti, barmoqlar, bosh barmoq, bilak qismi va ushlash yuzasining joylashuvi alohida ahamiyatga ega. Issiq patnisni ushlash vaqtida asosiy yuk kaft va barmoqlar orasida taqsimlanadi. Demak, qo'lqopning ushlash yuzasi sirpanishga qarshi xususiyatga ega bo'lishi, bilak qismi esa bug' va qisqa muddatli issiq havo oqimidan qo'shimcha himoya qilishi kerak. Shu tarzda qo'lqop konstruksiyasi oddiy tikuv buyumi sifatida emas, balki xavfli ish operatsiyasining ergonomik-himoya modeli sifatida qaraladi.

Beshinchi bosqich laboratoriya va amaliy sinovlarni o'z ichiga oladi. Bunda qo'lqop namunalarining issiqbardoshligi, alangaga chidamliligi, massa yo'qotilishi, ishqalanishga chidamliligi, qo'l kafti harorati, qo'lqop ichidagi nisbiy namlik, ushlash qulayligi va xodim tomonidan qabul qilinishi baholanadi. Dissertatsiyada keltirilgan tajriba natijalariga ko'ra, ishlab chiqilgan namunalar orasida termik barqarorligi, yonish holati kuzatilmaganligi va ishqalanishga chidamliligi bilan ajralib turuvchi variant yuqori muhofaza talab qilinadigan xizmat operatsiyalari uchun istiqbolli deb baholangan.

Oltinchi bosqich ishlab chiqilgan qo'lqopni amaliyotga joriy etish bilan bog'liq. Tadqiqot natijalarida kollagen asosidagi polimer-kompozitsion aralashmani ishlab chiqarish sharoitida qo'llash, qo'lqopni tikish va uni Uzbekistan Airways AJ havo kemasi salonida oziq-ovqatni elektr duxovkada isitish hamda issiq holda yo'lovchilarga tarqatish jarayonida sinovdan o'tkazish bosqichlari qayd etilgan. Ushbu bosqich qo'lqopni faqat laboratoriya namunasi sifatida emas, balki real xizmat jarayonida qo'llanishi mumkin bo'lgan shaxsiy himoya vositasi sifatida baholash imkonini beradi.

1-jadval.

Issiqbardosh qo'lqopni olish va joriy etish bosqichlari

Bosqich	Mazmuni	Ilmiy-amaliy ahamiyati
1. Mehnat operatsiyalarini o'rganish	Pechdan patnis olish, issiq ichimlik quyish, aravachaga joylashtirish va xizmat ko'rsatish harakatlari tahlil qilinadi	Qo'lqop shakli real qo'l harakatlari va xavfli kontakt nuqtalariga moslashtiriladi
2. Material tanlash	Trikotaj asosli, egiluvchan, havo o'tkazuvchan va issiqqa nisbatan barqaror mato tanlanadi	Himoya va ergonomik qulaylik o'rtasidagi muvozanat ta'minlanadi
3. Kollagen asosli ishlov berish	Mato polimer-kompozitsion tarkib bilan ishlanadi	Issiqlik ta'siriga chidamlilik va ekspluatatsion barqarorlik oshiriladi
4. Konstruksiyanı ishlab chiqish	Kaft, barmoq, bosh barmoq va bilak qismi xizmat harakatiga mos loyihalanadi	Ushlash ishonchliligi, barmoq erkinligi va bilak himoyasi yaxshilanadi
5. Tajriba-sinov baholash	Issiqbardoshlik, ishqalanish, namlik, harorat, qulaylik va qabul qilinish baholanadi	Qo'lqopning amaliy samaradorligi obyektiv va subyektiv ko'rsatkichlar bilan aniqlanadi
6. Joriy etish	Ishlab chiqarish, tikish va havo kemasi salonida sinovdan o'tkazish amalga oshiriladi	Himoya vositasi real xizmat jarayoniga mosligi tekshiriladi

Issiqbardosh qo'lqopni baholash mezonlari va yong'in xavfsizligi bilan bog'liqligi

Issiqbardosh qo'lqopni baholashda muhofazalovchi xususiyat birlamchi mezon bo'lsa-da, uni yagona mezon sifatida qabul qilish ilmiy jihatdan yetarli emas. Chunki havo kemasi bufet-oshxona qismida qo'lqopdan foydalanish

tezkor xizmat, estetik talablar, sanitariya-gigiyena qoidalari va tor makonda harakatlanish bilan bevosita bog'liq. Shu sababli qo'lqopning baholash tizimiga besh mezon kiritilishi maqsadga muvofiq: muhofazalovchi xususiyat, ergonomik moslik, gigiyenik qulaylik, psixologik qabul qilinish va ekspluatatsion barqarorlik.

Muhofazalovchi xususiyat qo'lqopning issiq patnis, qizigan idish va oshxona jihozlari bilan ishlashda qo'lni termik ta'sirdan himoya qilish qobiliyatini ifodalaydi. Bu mezon issiqbardoshlik, alangaga chidamlilik, massa yo'qotilishi va ishqalanishga chidamlilik kabi ko'rsatkichlar orqali aniqlanadi. Yong'in xavfsizligi nuqtai nazaridan ushbu mezon issiq predmetni tushirib yuborish, kuyish tufayli vahimali harakat qilish yoki qizigan jihoz bilan noto'g'ri kontaktdan kelib chiqadigan ikkilamchi xavflarni kamaytiradi.

Ergonomik moslik qo'lqopning barmoq harakatlarini cheklamasligi, ushlash aniqligini saqlashi va xizmat operatsiyalariga mos bo'lishini anglatadi. Agar qo'lqop qo'l harakatini cheklasa, xodim xavfsizlik talabi mavjud bo'lsa ham undan foydalanmasligi yoki issiq predmetni noto'g'ri ushlashi mumkin. Shuning uchun ergonomik moslik yong'in profilaktikasining bevosita elementi hisoblanadi, chunki u xavfsiz harakatning aniqligini ta'minlaydi.

Gigiyenik qulaylik qo'lqop ichida harorat va namlikning ortib ketishini kamaytirishga qaratilgan. Qo'lqop ichida ortiqcha namlik hosil bo'lsa, qo'l sirpanadi, ushlash barqarorligi pasayadi va xodim qo'lqopni yechib ishlashga moyil bo'ladi. Shuning uchun havo o'tkazuvchanlik va namlikni meyorlashtirish qo'lqopdan doimiy foydalanishni ta'minlaydigan omil hisoblanadi.

Psixologik qabul qilinish va ekspluatatsion barqarorlik ham muhim ahamiyatga ega. Qulay, xizmat formasiga mos, kiyish va yechish oson bo'lgan qo'lqopdan foydalanish ehtimoli yuqori bo'ladi. Ekspluatatsion barqarorlik esa qo'lqopning yuvishga, saqlashga, takroriy foydalanishga va almashtirish davriyligiga mosligini ko'rsatadi. Bu mezonlar ish beruvchi tomonidan SHHV ta'minoti, saqlash va nazorat tizimini ilmiy asoslash imkonini beradi.

2-jadval.

Issiqbardosh qo'lqopni tanlash va baholash mezonlarining takomillashtirilgan tizimi

Baholash mezon	Mazmuni	Asosiy ko'rsatkich	Kutiladigan natija
Muhofazalovchi xususiyat	Issiq patnis, idish va oshxona jihozlari bilan ishlashda qo'lni termik ta'sirdan himoya qilish	Issiqbardoshlik, alangaga chidamlilik, ishqalanishga chidamlilik	Kuyish va termik shikastlanish xavfi kamayadi
Ergonomik moslik	Qo'l, kaft va barmoqlar harakatini cheklamasdan ushlash aniqligini saqlash	Barmoq harakati erkinligi, xizmat operatsiyasiga moslik	Xizmat harakati tezligi va aniqligi saqlanadi
Gigiyenik qulaylik	Qo'lqop ichida harorat va namlikning ortib ketishini oldini olish	Qo'l kafti harorati, nisbiy namlik, havo o'tkazuvchanlik	Terlash, sirpanish va gigiyenik noqulaylik kamayadi

Psixologik qabul qilinish	Xodimning qo'lqopdan foydalanishga ijobiy munosabati	Qulaylik, dizayn, rang, kiyish va yechish osonligi	SHHVdan muntazam foydalanish darajasi oshadi
Ekspluatatsion barqarorlik	Qo'lqopning xizmat muddati, saqlash, yuvish va almashtirishga yaroqliligi	Eskirish darajasi, yuvishga chidamlilik, almashtirish davriyligi	Xarid, saqlash va almashtirish rejasi ilmiy asoslanadi

Xulosa: 1. Havo kemasi bufet-oshxona qismi bortkuzatuvchilar uchun termik, elektr, mexanik-ergonomik va tashkiliy-inson omili bilan bog'liq xavflar jamlangan ish zonasi hisoblanadi. Ushbu zonada yong'in xavfsizligini ta'minlashda texnik jihozlar sozligi bilan bir qatorda xodimning harakat aniqligi, SHHVning mosligi va operatsion intizom hal qiluvchi ahamiyatga ega.

2. Bufet-oshxona qismidagi termik xavflar issiq patnis, qizigan metall yuzalar, bug', qaynoq suv va ichimliklar bilan ishlash jarayonida namoyon bo'ladi. Bunday xavflarning oldini olish uchun himoya vositasi issiqbardosh, ergonomik, gigiyenik va ekspluatatsion jihatdan barqaror bo'lishi zarur.

3. Kollagen asosidagi polimer-kompozitsion tarkib bilan ishlov berilgan trikotaj issiqbardosh qo'lqop bortkuzatuvchilarning real xizmat harakatlariga moslashtirilgan profilaktik vosita sifatida baholandi. Uning ilmiy afzalligi issiqlikdan himoya qilish xususiyatini barmoq harakati erkinligi, havo o'tkazuvchanlik va ushlash ishonchliligi bilan uyg'unlashtirishidadir.

4. Issiqbardosh qo'lqopni olish jarayoni mehnat operatsiyalarini o'rganish, material tanlash, kollagen asosli ishlov berish, konstruksiyani ishlab chiqish, tajriba-sinov baholash va amaliy joriy etish bosqichlaridan iborat bo'lishi maqsadga muvofiq. Bunday ketma-ketlik SHHVni ish joyi xavflariga moslashtirish imkonini beradi.

5. Havo kemasi bufet-oshxona qismida yong'in xavfsizligini takomillashtirish uchun qisqa chek-listlar, majburiy qo'lqopdan foydalanish operatsiyalari, amaliy treninglar, qo'lqopni saqlash-yuvish-quritish tartibi va muntazam monitoringni o'z ichiga olgan kompleks profilaktika modeli joriy etilishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. O'zbekiston Respublikasining Mehnat kodeksi. – Toshkent, 2023.
2. O'zbekiston Respublikasining "Mehnatni muhofaza qilish to'g'risida"gi Qonuni. – Toshkent, 2016.
3. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-sentyabrdagi PF–158-son "O'zbekiston – 2030" strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni.
4. O'zbekiston Respublikasi VM ning 2025-yil 21-iyuldagi 454-son qarori.
5. International Labour Organization. Safety and health at the heart of the future of work. – Geneva: ILO, 2019.
6. International Civil Aviation Organization. Cabin safety requirements and operational safety guidance. – Montreal: ICAO, 2020.
7. Bignon Ch., Badri A. Occupational safety and personal protective equipment in service processes // Safety Science. - 2020. - Vol. 128. - P. 1-12.
8. Makeeva T.I., Zibarev Ye.V. Ergonomicheskaya otsenka usloviy truda v transportnoy sfere. – Moskva, 2018.

UO‘K: 331.45 : 614.841 : 677.017

Xamidullayev F. m.i.

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

KOLLAGEN ASOSIDA ISHLOV BERILGAN ISSIQBARDOSH QO‘LQOPNING YONG‘IN-TEKNIK VA ERGONOMIK SAMARADORLIGI

Annotatsiya: Maqolada fuqaro aviatsiyasi bortkuzatuvchilari uchun ishlab chiqilgan kollagen asosidagi polimer-kompozitsion ishlov berilgan issiqbardosh qo‘lqopning yong‘in-texnik, fizik-mexanik va ergonomik samaradorligi tahlil qilingan. Tadqiqotda qo‘lqop namunalarining havo o‘tkazuvchanligi, ishqalanishga chidamliligi, qalinligi, issiqlik ta‘siridagi barqarorligi, qo‘l kafti harorati va namligi kabi ko‘rsatkichlar asosiy baholash mezonlari sifatida olindi.

Kalit so‘zlar: issiqbardosh qo‘lqop, kollagen, polimer-kompozitsion ishlov, yong‘in-texnik xususiyat, ishqalanishga chidamlilik, ergonomika, shaxsiy himoya vositasi.

Annotation: The article evaluates the fire-technical, physical-mechanical and ergonomic effectiveness of collagen-based polymer-composite treated heat-resistant gloves designed for civil aviation cabin crew. The proposed PPE improves abrasion resistance, thermal comfort and occupational safety during aircraft galley operations.

Key words: heat-resistant gloves, collagen, polymer-composite treatment, fire-technical properties, abrasion resistance, ergonomics, personal protective equipment.

Kirish: Shaxsiy himoya vositalarining samaradorligi ularning faqat me‘yoriy hujjatlarda belgilanganligi bilan emas, balki real ish jarayoniga mosligi, xavf manbalarini kamaytirish darajasi va xodim tomonidan muntazam qo‘llanishi bilan belgilanadi. Fuqaro aviatsiyasida bortkuzatuvchilar havo kemasi bufet-oshxona qismida issiq taom, elektr duxovka, qaynoq ichimlik va metall patnislar bilan ishlaydi. Bu jarayonda qo‘l kafti, bilak va barmoqlarga termik hamda mexanik yuklama tushadi.

Amaliyotda foydalaniladigan ayrim qo‘lqoplar sanitariya-gigiyena vazifalarini bajarishi mumkin, biroq ular issiq patnisni ushlash, duxovka eshigini ochish, tor ish maydonida tezkor harakat qilish va yo‘lovchilarga xizmat ko‘rsatish kabi operatsiyalar uchun yetarli darajada mos bo‘lmasligi mumkin. Bunday holatda qo‘lqop harakat erkinligini cheklashi, kaftda namlik yig‘ilishiga sabab bo‘lishi yoki ushlash aniqligini pasaytirishi mumkin. Natijada shaxsiy himoya vositasining mavjudligi xavfsizlikni to‘liq kafolatlamaydi.

Ushbu maqolaning maqsadi bortkuzatuvchilar uchun kollagen asosidagi polimer-kompozitsion ishlov berilgan issiqbardosh qo‘lqopning yong‘in-texnik va ergonomik samaradorligini ilmiy-amaliy jihatdan asoslashdan iborat. Maqola mazmuni yong‘in xavfsizligi jurnalining yo‘nalishiga mos ravishda termik xavf, alanga ta‘siri, material barqarorligi, qo‘lqopdan foydalanish madaniyati va iqtisodiy maqsadga muvofiqlik masalalarini qamrab oladi.

Material va tadqiqot usullari: Tadqiqotda issiqbardosh qo‘lqop uchun trikotaj asosidagi mato tanlanib, unga kollagen asosidagi polimer-kompozitsion aralashma bilan ishlov berish texnologiyasi qo‘llanildi. Kompozitsiyaning mato tolalariga bir tekis singishi uchun avvaldan tikilgan qo‘lqoplar eritmaga botirilib, maxsus setka ustida ushlab turildi. So‘ngra namunalar laboratoriya sharoitida quritish shkafiga joylashtirildi. Kuzatishlar asosida to‘liq qurish uchun maqbul vaqt 25 daqiqa deb belgilandi.

Baholashda nazorat namunasi, Qo'lqop-1 va Qo'lqop-2 namunalari solishtirildi. Asosiy fizik-mexanik ko'rsatkichlar sifatida yuza zichligi, havo o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, ishqalanishga chidamlilik va qalinlik qabul qilindi. Yong'in-texnik jihatdan esa materialning issiqlik va alanga ta'siridagi holati, yonish yoki cho'g'lanish xususiyati, termik shikastlanish xavfini kamaytirish imkoniyati tahlil qilindi.

Ergonomik baholashda qo'l kafti harorati, ish holatidagi nisbiy namlik, ish boshlanmagan holatdagi namlik, barmoq harakati erkinligi va xodimlarning qo'lqopni qabul qilishi muhim mezon sifatida olindi. Bunday kompleks yondashuv qo'lqopni faqat material sifatida emas, balki real ish jarayonida qo'llanadigan shaxsiy himoya vositasi sifatida baholash imkonini beradi.

1-jadval.

Qo'lqop uchun tanlangan matolarning fizik-mexanik xossalari

Mato turi	Yuza zichligi, g/m ²	Havo o'tkazuvchanlik, sm ³ /sm ² ·s	Ishqalanishga chidamlilik, davr	Qalinligi, mm
Nazorat namunasi	270,8	9,93	325	0,7
Qo'lqop-1	397,7	8,19	430	0,9
Qo'lqop-2	220,1	8,14	400	0,8

Natijalar: 1-jadval ma'lumotlari kollagen asosidagi ishlov berish materialning ekspluatatsion barqarorligini pasaytirmasligini, aksincha ayrim ko'rsatkichlar bo'yicha yaxshilashini ko'rsatadi. Nazorat namunasida ishqalanishga chidamlilik 325 davrni tashkil etgan bo'lsa, Qo'lqop-1 namunasida bu ko'rsatkich 430 davrga, Qo'lqop-2 namunasida esa 400 davrga yetgan. Bu mos ravishda 32,3 foiz va 23,1 foizga o'sishni anglatadi.

Havo o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti nazorat namunasida 9,93 sm³/sm²·s bo'lgan holda, Qo'lqop-1 va Qo'lqop-2 namunalarda mos ravishda 8,19 va 8,14 sm³/sm²·s ni tashkil etdi. Ko'rsatkichning ma'lum darajada pasayishi kompozitsion aralashmaning mato strukturasiga singishi bilan izohlanadi. Biroq pasayish keskin emasligi sababli qo'lqopda havo almashinuvi saqlanadi, bu esa kaftda ortiqcha qizish va namlik yig'ilishining oldini olishda muhim ahamiyatga ega.

Yong'in-texnik kuzatishlarda kollagen aralashmasi bilan ishlov berilgan selluloza tolali mato yondirib ko'rilganda yonmasdan cho'g'langanligi qayd etilgan. Bu holat qo'lqopni issiq patnilar, qizigan metall yuzalar va qisqa muddatli alanga ta'siri kuzatilishi mumkin bo'lgan xizmat operatsiyalarida qo'llash istiqbolini oshiradi. Ayniqsa Qo'lqop-1 namunasida yonish holatining kuzatilmagani va ishqalanishga chidamlilikning yuqoriligi uni yuqori muhofaza talab qilinadigan operatsiyalar uchun istiqbolli variant sifatida baholash imkonini beradi.

Taklif etilgan qo'lqopning ijtimoiy-ergonomik samaradorlik ko'rsatkichlari

Ko'rsatkich	Amaldagi qo'lqop	1-namuna	2-namuna	Natija
Ish holatida qo'l kafti harorati	36,8 °C	34,9 °C	34,7 °C	2,1 °C ga kamaydi
Ish holatida qo'l kafti nisbiy namligi	87,5 %	55,2 %	55,5 %	32 foiz punktga kamaydi
Ish boshlanmagan holatda nisbiy namlik	94 %	78 %	60 %	34 foiz punktga kamaydi
Anketa-so'rov natijasi	—	—	80 %	Ijobiy baholash yuqori

2-jadvaldan ko'rinadiki, yangi qo'lqop namunalarida qo'l kafti sohasidagi termik va gigiyenik noqulaylik sezilarli darajada kamayadi. Amaldagi qo'lqopdan foydalanilganda ish holatida qo'l kafti harorati 36,8 °C ni tashkil etgan bo'lsa, Qo'lqop-2 namunasida bu ko'rsatkich 34,7 °C ga tushgan. Bu 2,1 °C ga pasayish bo'lib, uzoq muddat xizmat jarayonida charchash va termik noqulaylikni kamaytiradi.

Nisbiy namlik bo'yicha natijalar yanada muhimdir. Amaldagi qo'lqopda ish holatida qo'l kafti nisbiy namligi 87,5 foizni tashkil etgan bo'lsa, Qo'lqop-2 namunasida 55,5 foizga tushgan. Ya'ni namlik 32 foiz punktga kamaygan. Kaftda namlikning kamayishi issiq patnis yoki idishni ushlashda sirpanish ehtimolini pasaytiradi, qo'l harakati aniqligini saqlaydi va xizmat jarayonidagi ishonchlilikni oshiradi.

Anketa-so'rovda taklif etilgan qo'lqop va tavsiyalar 80 foiz ijobiy baholangani uning amaliy joriy etilishida xodimlar qarshiligi yuqori bo'lmashligini ko'rsatadi. Bu ko'rsatkich shaxsiy himoya vositasining psixologik qabul qilinishi ham yong'in xavfsizligi va mehnat muhofazasi tizimida muhim omil ekanini tasdiqlaydi. Noqulay qo'lqopdan xodim kam foydalanadi, qulay qo'lqop esa xavfsizlik madaniyatining barqaror elementiga aylanishi mumkin.

Muhokama: Olingan natijalar issiqbardosh qo'lqopni baholashda faqat issiqlikka chidamlilik bilan cheklanib qolmaslik zarurligini ko'rsatadi. Havo kemasi bufet-oshxona qismida qo'lqop bir vaqtning o'zida termik himoya, mexanik barqarorlik, ergonomik qulaylik va gigiyenik maqbullikni ta'minlashi kerak. Shu sababli qo'lqopni tanlash mezonlari ko'p omilli bo'lishi lozim.

Qo'lqop-1 namunasining yuza zichligi va qalinligi nisbatan yuqori bo'lib, uning mexanik barqarorligi va issiqlikdan himoya imkoniyati yaxshi baholanadi. Qo'lqop-2 esa yengilroq va harakat erkinligiga ko'proq mos. Amaliyotda bu ikki yondashuvni xizmat operatsiyasi xususiyatiga qarab qo'llash mumkin: yuqori termik xavfli operatsiyalarda kuchliroq himoya, tezkor xizmat harakatlarida esa yengil va ergonomik variant afzal bo'lishi mumkin.

Tadqiqotning iqtisodiy jihatida ham muhimdir. Dissertatsiya natijalarida bir juft qo'lqop hisobida 85 750 so'm tejam, nisbiy iqtisodiy samaradorlik 58,83 foiz va 1000 juft qo'lqop joriy etilganda 85 750 000 so'm yillik samara kutilishi

ko'rsatilgan. Demak, taklif etilayotgan qo'lqop nafaqat xavfsizlik darajasini oshiradi, balki xarid va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirish imkonini ham beradi.

Yong'in xavfsizligi nuqtai nazaridan bunday qo'lqopning ahamiyati shundaki, u issiq jihozlar va alanga ta'siri ehtimoli mavjud bo'lgan operatsiyalarda birlamchi profilaktika vositasi sifatida xizmat qiladi.

3-jadval.

Issiqbardosh qo'lqopni baholash mezonlarining takomillashtirilgan tizimi

Mezon	Baholash ko'rsatkichi	Amaliy ahamiyati
Muhofazalovchi xususiyat	Issiqbardoshlik, alangaga chidamlilik, ishqalanishga chidamlilik	Kuyish va termik shikastlanish xavfi kamayadi
Ergonomik moslik	Barmoq harakati, ushlash qulayligi, xizmat operatsiyasiga moslik	Xizmat tezligi va aniqligi saqlanadi
Gigiyenik qulaylik	Qo'l kafti harorati, nisbiy namlik, havo o'tkazuvchanlik	Terlash va sirpanish xavfi kamayadi
Psixologik qabul qilinish	Dizayn, kiyish-yechish qulayligi, xodim bahosi	SHHVdan muntazam foydalanish ortadi
Ekspluatatsion barqarorlik	Eskirish, yuvishga chidamlilik, almashtirish davriyligi	Xarid va ta'minot rejasi asoslanadi

Xulosa: Kollagen asosidagi polimer-kompozitsion ishlov berilgan issiqbardosh qo'lqop bortkuzatuvchilar mehnat faoliyatida uchraydigan termik va mexanik xavflarni kamaytirishga qaratilgan samarali shaxsiy himoya vositasi sifatida baholanishi mumkin.

Tajriba natijalariga ko'ra, ishlov berilgan namunalarda ishqalanishga chidamlilik 325 davrdan 400–430 davrgacha oshgan. Havo o'tkazuvchanlik ko'rsatkichining keskin pasaymaganligi qo'lqopning gigiyenik qulayligini saqlash imkonini beradi.

Ergonomik baholashda qo'l kafti harorati 2,1 °C ga, ish holatidagi nisbiy namlik 32 foiz punktga kamaygani aniqlangan. Bu ko'rsatkichlar qo'lqopdan foydalanish paytida termik noqulaylik, sirpanish va charchash xavfi pasayishini ko'rsatadi.

Taklif etilgan qo'lqopni havo kemasi bufet-oshxona qismida bosqichma-bosqich joriy etish, undan foydalanish bo'yicha qisqa amaliy yo'riqnoma ishlab chiqish va natijalarni texnik, ijtimoiy hamda iqtisodiy mezonlar asosida monitoring qilish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. O'zbekiston Respublikasi Mehnat kodeksi. – Toshkent, 2023.
2. O'zbekiston Respublikasining "Mehnatni muhofaza qilish to'g'risida"gi Qonuni. – Toshkent, 2016.
3. ISO 11612:2015. Protective clothing – Clothing to protect against heat and flame. – Geneva: ISO, 2015.
4. ISO 21420:2020. Protective gloves – General requirements and test methods. – Geneva: ISO, 2020.

UO‘K: 614.841 : 621.791 : 331.45

Zokirova N.S. t.f.f.d. (PhD), dotsent, Xojiev A.A.
 “Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash
 muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti,
 Yo‘ldosheva O.M. t.f.d.(DSc), professor
 O‘zbekiston Respublikasi Kambag‘allikni qisqartirish va bandlik vazirligi
 Xodimlarning malakasini oshirish markazi

NASOS STANSIYALARIDA PAYVANDLASH ISHLARINING YONG‘IN XAVFSIZLIGINI TA‘MINLASH

Annotatsiya: Maqolada nasos stansiyalarida payvandlash, metall konstruksiyalarni yig‘ish va ta‘mirlash jarayonlarida yuzaga keladigan yong‘in hamda termik xavflar mehnat muhofazasi va yong‘in xavfsizligi nuqtai nazaridan tahlil qilindi. Tadqiqotda ishlab chiqarish muhiti, payvandlash yoyi, eritilgan metall tomchilari, uchqunlar, infraqizil va ultrabinafsha nurlanish, tutun, yonuvchi materiallar hamda shaxsiy himoya vositalaridan foydalanish holati kompleks baholandi.

Kalit so‘zlar: yong‘in xavfsizligi, nasos stansiyasi, payvandlash, termik xavf, olovbardosh kiyim, shaxsiy himoya vositalari, issiqlik nurlanishi, termik yuklama indeksi.

Аннотация: В статье проанализированы пожарные и термические риски, возникающие при сварочных, монтажных и ремонтных работах на насосных станциях. На основе анкетирования, наблюдений и измерения температуры тела работников обоснована необходимость применения огнестойких средств индивидуальной защиты, соответствующих реальным условиям труда.

Ключевые слова: пожарная безопасность, насосная станция, сварка, термический риск, огнестойкая спецодежда, средства индивидуальной защиты, тепловое излучение.

Annotation: The article analyzes fire and thermal hazards arising during welding, assembly and maintenance operations at pumping stations. Based on surveys, workplace observations and body surface temperature measurements, the need to introduce flame-resistant personal protective equipment adapted to real working conditions is substantiated.

Key words: fire safety, pumping station, welding, thermal hazard, flame-resistant clothing, personal protective equipment, heat radiation, welding sparks, thermal load index.

Sanoat korxonalarida, xususan nasos stansiyalarida payvandlash, metall kesish, montaj va ta‘mirlash ishlari yong‘in xavfsizligi nuqtai nazaridan eng yuqori xavfli texnologik operatsiyalar qatoriga kiradi. Bunday jarayonlarda ochiq alanga, elektr yoyi, eritilgan metall tomchilari, uchqunlar, qizigan yuzalar, kabel va elektr jihozlarining nosozligi, yonuvchan materiallarning mavjudligi hamda yopiq yoki yetarli shamollatilmaydigan ish zonalarida yong‘in va portlash xavfini kuchaytiradi. Shu bois payvandlash ishlari olib boriladigan hududlarda faqat umumiy mehnat muhofazasi choralarini qo‘llash yetarli emas; yong‘in xavfini aniqlash, baholash, nazorat qilish va xodimning individual himoyasini ta‘minlash yagona profilaktik tizim sifatida qaralishi lozim.

Nasos stansiyalarida texnologik uskunalar, elektr dvigatellar, nasos agregatlari, quvurlar, metall konstruksiyalar va yordamchi jihozlar zich joylashgani sababli payvandlash ishlarida yuzaga keladigan uchqun yoki

qizigan metall zarrachasi yong'in manbaiga aylanishi mumkin. Ayniqsa, ish joyida moyli ifloslanishlar, polimer qoplamalar, yog'och qoliplar, kabel izolyatsiyasi, qog'oz va mato chiqindilari, bo'yoq qoldiqlari yoki yonuvchan suyuqliklar mavjud bo'lsa, yong'inning boshlanish ehtimoli sezilarli ortadi. Shu sababli bunday obyektlarda payvandlash ishlarining xavfsizligini ta'minlash faqat yong'in o'chirish vositalarini joylashtirish bilan emas, balki ishchining tanasi va kiyimiga tushadigan termik yuklamani kamaytirish, olovbardosh shaxsiy himoya vositalarini tanlash hamda ish jarayonini ergonomik jihatdan to'g'ri tashkil etish bilan bog'liq.

Termik xavfni baholash uchun payvandchining ish jarayonidagi tana qismlarida harorat o'lchovlari amalga oshirildi. Olingan qiymatlar fiziologik me'yor, termik stressning boshlanish chegarasi va mavjud kiyimning konstruktiv himoya imkoniyati bilan taqqoslandi. Shu asosda ishchi tanasida issiqlikning notekis taqsimlanishi, xavfli anatomik hududlar va olovbardosh kiyimni takomillashtirish zarur bo'lgan konstruktiv zonalar aniqlashtirildi.

Nasos stansiyalarida payvandlash ishlari ko'p omilli yong'in xavfi bilan tavsiflanadi. Birinchidan, elektr yoyi va uchqunlar bevosita yondirish manbai bo'lib xizmat qiladi. Ikkinchidan, payvandlash hududida qizigan metall yuzalar va eritilgan metall tomchilari qisqa muddatda kiyim tolalari, yog' qoldiqlari yoki yonuvchan changni alangalanish chegarasiga olib kelishi mumkin. Uchinchidan, yopiq yoki yomon shamollatiladigan ish zonalarida tutun, gaz va yonuvchan aerezollar to'planishi yong'in-portlash xavfini kuchaytiradi. To'rtinchidan, SHHVning noqulayligi sababli xodim uni yechib qo'yishi yoki talabga javob bermaydigan moslamadan foydalanishi mumkin; bu esa inson omili bilan bog'liq xavfni oshiradi.

Tahlil qilingan materiallarda sex ichida ishlatilgan asbob-uskunalar, metall qismlar va tutun miqdorining yuqoriligi sababli shovqin, chang va gazlardan himoyalovchi vositalar, jumladan quloqchin, respirator hamda ventilyatsiya tizimlari yetarli emasligi qayd etilgan. Bu holat nafaqat kasbiy kasalliklar xavfini, balki yong'in xavfsizligi darajasini ham pasaytiradi. Chunki ventilyatsiya tizimining nosozligi payvandlash tutunining to'planishiga, ko'rish maydonining yomonlashishiga, xodim diqqatining susayishiga hamda xavfli vaziyatni kech aniqlashga olib keladi.

Payvandlash jarayonida karbon monoksid, ozon, azot oksidlari va og'ir metall birikmalarining havoga ajralishi ham qayd etilgan. Ushbu moddalarning asosiy xavfi nafas yo'llari va asab tizimiga zarar yetkazishi bilan birga, ishchining tezkor reaksiya qilish qobiliyatini pasaytirishidadir. Yong'in xavfsizligi amaliyotida inson omili muhim o'rin tutadi: diqqatning susayishi, charchoq, ko'rishning pasayishi va ruhiy zo'riqish payvandlash uchqunlarining tarqalish zonasini nazorat qilish, yong'in o'chirish vositasidan o'z vaqtida foydalanish yoki xavfli materiallarni ish joyidan olib tashlash kabi profilaktik harakatlarning kechikishiga sabab bo'ladi.

Payvandlash jarayonida asosiy yong'in va termik xavf omillari

Xavf omili	Manbasi	Ehtimoliy oqibat	Profilaktik chora
Ochiq alanga va elektr yoyi	Payvandlash apparati, metall kesish ishlari	Kiyimning alangalanishi, mahalliy yong'in o'chog'i	Ish joyini yonuvchan materiallardan tozalash, olovbardosh kiyim qo'llash
Uchqun va eritilgan metall tomchilari	Payvandlash vannasi, elektrod, metall yuzalar	Ko'z, yuz va qo'l kuyishi, yonuvchi chiqindilar alangalanishi	Yuz qalqoni, charm qo'lqop, fartuk va uchqun tutuvchi ekranlardan foydalanish
Issiqlik nurlanishi	Qizigan metall, elektr yoyi, ochiq alanga	Termik stress, teri kuyishi, charchoq	Issiqlikni qaytaruvchi qatlamli kiyim, tanaffus va mikroiklim nazorati
Tutun va gazlar	Payvandlash aerezollari, ozon, azot oksidlari	Nafas yo'llari zararlanishi, diqqat pasayishi	Mahalliy so'rish ventilyatsiyasi, respirator, gaz monitoringi
Elektr nosozliklari	Kabel, ulagich, apparat izolyatsiyasi	Qisqa tutashuv, yong'in, elektr jarohati	Elektr jihozlarini ko'rikdan o'tkazish, yerga ulash, ruxsatnoma tartibi

So'rovnoma natijalari ham SHHV bilan bog'liq muammolar yong'in xavfsizligi tizimining zaif bo'g'ini ekanini ko'rsatadi. 12 ta nasos stansiyasida 106 nafar payvandlovchi o'rtasida o'tkazilgan kuzatuv va suhbatlarga ko'ra, 55 foiz xodim SHHVning to'liq to'plamidan foydalanishini bildirgan, 45 foiz xodim esa to'liq emas yoki noqulaylik sababli foydalanmasligini ta'kidlagan. Ish kiyimi haqida fikr bildirganlarning 39 foizi yeng qismi torligi yoki harakatga to'sqinlik qilishini, 26 foizi esa kurak va bel-orqa qismlari bukilish, egilish va cho'zilish paytida jiddiy noqulaylik tug'dirishini bildirgan.

Mazkur raqamlar yong'in xavfsizligi nuqtai nazaridan muhim xulosaga olib keladi: agar himoya vositasi ergonomik jihatdan noqulay bo'lsa, xodim uni to'liq va doimiy qo'llamaydi. Natijada olovbardosh kiyimning mavjudligi hujjatlarda qayd etilgan bo'lsa-da, real ish jarayonida uning himoya samaradorligi pasayadi. Shuning uchun yong'in xavfsizligi talablarida SHHVning faqat olovga chidamliligi emas, balki ergonomik mosligi, harakat erkinligi, tana qismlarini yopish darajasi, issiqlikni chiqarish xususiyati va uzoq vaqt kiyilganda psixofiziologik qulayligi ham baholanishi zarur.

SHHVdan foydalanish bo'yicha asosiy so'rovnoma natijalari

Ko'rsatkich	Aniqlangan qiymat	Yong'in xavfsizligi bo'yicha talqin
SHHVning to'liq to'plamidan foydalanishini bildirgan xodimlar	55 %	Himoya vositalarining mavjudligi nisbatan ta'minlangan, biroq universal xavfsizlik kafolatlanmaydi
SHHVdan to'liq foydalanmaslik yoki noqulaylik sababli voz kechish	45 %	Yong'in va termik shikastlanish xavfi yuqori bo'lgan guruh mavjud

Yeng qismi tor yoki harakatga to'sqinlik qiladi	39 %	Payvandlash holatini o'zgartirishda uchqun va issiqlikdan himoyalanih buzilishi mumkin
Kurak va bel-orqa qismida noqulaylik mavjud	26 %	Yelka-orqa sohalarda kiyimning siljishi yoki ochilib qolishi termik xavfni oshiradi

Mavjud ishchi uniformalarining payvandlash jarayonida issiqlik ta'siriga chidamliligini baholash shuni ko'rsatdiki, oddiy paxta yoki sintetik aralash matolardan tikilgan kiyimlar yuqori harorat va uchqunlarga nisbatan yetarli himoya bermaydi. Payvandlash uchqunlari ta'sirida mato yuzasida kuyish izlari, rang o'zgarishi, tolalarning sinishi va ayrim joylarda yupqalashish holatlari kuzatilgan. Sintetik tolalar mavjud bo'lgan qismlarda esa issiqlik ta'sirida qisman erish va qotib qolish ehtimoli yuqori bo'lib, bu ishchi terisi bilan kontakt yuzaga kelganda kuyish xavfini kuchaytiradi.

Yong'in xavfsizligi jurnali yo'nalishi uchun eng muhim jihat shundaki, ishchi kiyimining olovga chidamsizligi ikki tomonlama xavf tug'diradi: bir tomondan, kiyimning o'zi yong'in tarqalishining ikkilamchi manbaiga aylanishi mumkin; ikkinchi tomondan, uning strukturaviy yemirilishi ishchi tanasiga issiqlik oqimining bevosita o'tishiga olib keladi. Demak, olovbardosh SHHVni tanlashda faqat tashqi ko'rinish, narx yoki xizmat muddati emas, balki matoning alanganishdan keyingi xatti-harakati, charring, erish, tomchilash, tutun hosil qilish, mexanik mustahkamlikni saqlash va issiqlikni o'tkazish koeffitsienti inobatga olinishi kerak.

Payvandlash ishlarida yong'in xavfsizligi bilan bir qatorda xodim organizmiga tushadigan termik yuklama ham muhim baholash mezonini hisoblanadi. Tadqiqotda ishchining turli tana qismlarida harorat o'lchandi. Natijalarga ko'ra, eng yuqori qiymat orqa o'ng yelka sohasida qayd etilib, 37,8 °C ni tashkil etdi. Bu qiymat 37,0 °C shartli fiziologik chegara bilan taqqoslanganda +0,8 °C og'ishni ko'rsatadi va termik zo'riqish boshlanganidan dalolat beradi.

3-jadval.

Payvandchi ish jarayonida tana qismlaridagi harorat ko'rsatkichlari

№	Tana qismi	O'lchangan harorat, °C	Xavf zonasi
1	Bo'yin	36,2	Xavfsiz
2	Peshona	36,1	Xavfsiz
3	O'ng yelka	36,5	Xavfsiz chegara
4	O'ng bel	33,8	Past yuklama
5	O'ng tizza	36,5	Xavfsiz chegara
6	Chap yelka	36,1	Xavfsiz
7	Chap bel	33,6	Past yuklama
8	Chap tizza	33,8	Past yuklama
9	Orqa chap yelka	36,5	Xavfsiz chegara
10	Orqa o'ng yelka	37,8	Xavfli zona

Haroratlarning tana bo'ylab notekis taqsimlanishi payvandlash posturasining o'ziga xosligi bilan izohlanadi. Ishchi ko'pincha egilgan, yon tomonga burilgan yoki bir yelkasini issiqlik manbaiga yaqinlashtirgan holatda ishlaydi. Natijada yelka va orqa sohalar issiqlik nurlanishi hamda uchqunlar ta'siriga ko'proq duchor bo'ladi. Bu esa olovbardosh kiyimlarni loyihalashda bir xil qatlamli yondashuv yetarli emasligini ko'rsatadi; ayniqsa yelka, kurak, ko'krak va bilak sohalarida kuchaytirilgan himoya qatlamlari zarur.

Olovbardosh kiyimlarning takomillashtirilgan konstruksiyasi quyidagi talablarni qondirishi kerak: uchqun va eritilgan metall tomchilariga qisqa muddatli bardoshlilik; olov ta'sirida tomchilamaslik va erimaslik; yelka, kurak, ko'krak va bilak sohalarida kuchaytirilgan himoya qatlamiga ega bo'lish; bel va orqa sohalarida issiqlikni chiqaruvchi ventilyatsiya elementlarini saqlash; payvandchi egilganda tana qismlarining ochilib qolmasligi; qo'lqop, fartuk va yuz qalqoni bilan konstruktiv moslik; texnik ko'rikdan o'tkazish va eskirgan qismlarni o'z vaqtida almashtirish imkoniyati.

Yong'in xavfsizligi amaliyotida SHHVni texnik holatini baholash ham muhimdir. Mato yuzasida kuyish izi, yupqalashish, rang o'zgarishi, tikuvlarning ochilishi, sintetik qatlamning erishi, mahkamlagichlarning ishlamasligi yoki metall uchqunlaridan keyingi teshiklar aniqlansa, bunday kiyim ekspluatatsiyadan chiqarilishi lozim. Aks holda u faqat rasmiy himoya vositasi sifatida qoladi, real xavf sharoitida esa ishchini himoya qila olmaydi.

Nasos stansiyalarida payvandlash ishlarining yong'in xavfsizligini ta'minlash uchun quyidagi profilaktik chora-tadbirlar tavsiya etiladi:

1) payvandlash ishlari boshlanishidan oldin ish joyida yonuvchan materiallar, moyli lattalar, qog'oz chiqindilari, bo'yoq va polimer qoldiqlarini olib tashlash hamda uchqun tarqalish zonasini nazorat qilish;

2) har bir payvandlash posti yaqinida kamida birlamchi yong'in o'chirish vositalari, qum qutisi, yong'inga qarshi mato va birinchi yordam vositalarini joylashtirish;

3) elektr payvandlash apparatlari, kabellar, ulagichlar va yerga ulash tizimini ish boshlanishidan oldin texnik ko'rikdan o'tkazish;

4) mahalliy so'rish ventilyatsiyasi va umumiy havo almashinuvi tizimining ishlashini muntazam tekshirish, yopiq joylarda gaz va tutun monitoringini yo'lga qo'yish;

5) payvandchilar uchun olovbardosh kombinezon, charm yoki issiqlikka bardoshli fartuk, qo'lqop, yuz qalqoni, ko'zoynak va respiratordan iborat kompleks SHHVni majburiy tartibda joriy etish;

6) yelka va orqa sohalarida ikki qatlamli, issiqlikni qaytaruvchi materiallardan foydalanish, bel sohalarida esa ventilyatsion elementlar qo'llash;

7) SHHVdan foydalanish bo'yicha treninglarni faqat nazariy instruktaj shaklida emas, balki real payvandlash postida amaliy mashg'ulot tarzida tashkil etish;

8) ish tugagandan keyin kamida belgilangan muddat davomida ish joyini qayta ko'zdan kechirish va yashirin cho'g'lanish, qizigan metall yoki tutunlanish belgilarini aniqlash;

9) ishchi kiyimlarini yuvish, quritish, saqlash, texnik ko'rikdan o'tkazish va yaroqsizlarini almashtirish bo'yicha ichki nazorat jurnalini yuritish;

10) harorat ko'rsatkichlari asosida xavf zonalarini aniqlash va yuqori termik yuklama qayd etilgan anatomik hududlar uchun qo'shimcha konstruktiv himoya elementlarini ishlab chiqish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. O'zbekiston Respublikasi Mehnat kodeksi. – Toshkent: Adolat, 2023.
2. O'zbekiston Respublikasining "Mehnatni muhofaza qilish to'g'risida"gi Qonuni. – Toshkent, 2016.
3. O'zbekiston Respublikasining "Yong'in xavfsizligi to'g'risida"gi Qonuni. – Toshkent, 2009.
4. ISO 11611: Protective clothing for use in welding and allied processes.
5. ISO 11612: Protective clothing – Clothing to protect against heat and flame.
6. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
7. ГОСТ 12.4.011-89. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
8. ГОСТ 12.4.103-83. Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук.

UO‘K 614.8 : 005.934

Sharopitdinov B.

O‘zbekiston Respublikasi Milliy gvardiyasi Markaziy devoni
Jangovar qo‘llashni rejalashtirish boshqarmasi

JAMOAT XAVFSIZLIGINI TA’MINLASHDA DRONLARNI QO‘LLASH BO‘YICHA XALQARO TAJRIBANING TAHLILI

Annotatsiya: Ushbu maqolada jamoat xavfsizligini ta’minlashda uchuvchisiz uchish apparatlar(UUA)dan foydalanishning xalqaro tajribasini tahlil qilingan. Xalqaro misollar, jumladan, AQSh, Shvetsiya, Dubay va boshqa mamlakatlarning amaliyotlari asosida samarali yondashuvlar ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: jamoat xavfsizligi, uchuvchisiz uchish apparatlari, Drone as First Responder.

Аннотация. В данной статье проводится анализ международного опыта применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для обеспечения общественной безопасности. Рассматриваются эффективные подходы на основе международных примеров, в частности практики США, Швеции и Дубая.

Ключевые слова: общественная безопасность, беспилотные летательные аппараты, Drone as First Responder.

Annotation: This article analyzes the international experience of using unmanned aerial vehicles (UAV) to ensure public safety. Effective approaches are examined based on international examples, particularly practices from the USA, Sweden, and Dubai.

Key words: public safety, unmanned aerial vehicles, Drone as First Responder.

Jamoat xavfsizligini ta’minlash zamonaviy jamiyatning eng muhim vazifalaridan biridir. Tez o‘sib borayotgan urbanizatsiya, aholining zich joylashuvi va murakkab xavf-xatarlar sharoitida an’anaviy usullar yetarli bo‘lmay qolmoqda [1]. Shu munosabat bilan uchuvchisiz uchish apparatlar(UUA) jamoat xavfsizligi tizimlarida muhim vosita sifatida paydo bo‘ldi. Ular real vaqt rejimida kuzatuv, tez javob berish, qidiruv-qutqaruv operatsiyalari va hodisalarni boshqarish imkonini beradi.

O‘zbekiston Respublikasida 2024-yil 7-iyunda Ichki ishlar vazirligi Jamoat xavfsizligi departamenti Monitoring markaziga tashrif davomida Prezident zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash zarurligini ta’kidlab, Ichki ishlar vazirligi tarkibida UUA dan foydalanish tizimini yaratish vazifasini qo‘ydi. Shuningdek, ommaviy tadbirlar xavfsizligini ta’minlash va jinoyatchilikning oldini olish bo‘yicha qo‘shimcha choralar belgilandi[2].

Xalqaro tajribada dronlar jamoat xavfsizligida keng qo‘llanilmoqda. AQSh, Yevropa Ittifoqi davlatlari va boshqa mamlakatlarda ularning samaradorligi isbotlangan. O‘zbekiston uchun ushbu tajribani o‘rganish va moslashtirish dolzarbligi shundan kelib chiqadi [3].

Xalqaro tajribada dronlar jamoat xavfsizligining turli sohalarida qo‘llanilmoqda. AQShning Chula Vista politsiya departamenti (Kaliforniya) 2018-yildan boshlab “Drone as First Responder” (DFR) dasturini joriy etgan. Dronlar 911 qo‘ng‘iroqlariga birinchi bo‘lib yetib borib, real vaqt rejimida video tasvirni uzatadi. Natijada javob vaqti sezilarli qisqargan, vaziyatni baholash yaxshilangan va xodimlar xavfsizligi oshgan. Dastur 20 000 dan ortiq missiyani amalga oshirgan [4].



1-rasm. AQShning Chula Vista politsiya departamenti tomonidan “Drone as First Responder” (DFR) tizimini qoʻllanilishi

AQShda dronlar politsiya faoliyatida jinoyat sodir boʻlgan hududlarni tezkor kuzatish, yoʻqolgan fuqarolarni qidirish va ommaviy tadbirlarni nazorat qilishda samarali qoʻllaniladi. Los-Anjeles va Nyu-York politsiyasi “Drone as First Responder” modeli asosida hodisa joyiga patrul ekipajidan oldin dronni yuborib, vaziyatni baholash amaliyotini joriy qilgan [4.1].

Buyuk Britaniyada dronlardan foydalanish asosan anti-terrorizm monitoringi, transport xavfsizligi va yirik sport tadbirlarini nazorat qilishda keng qoʻllanmoqda. London Metropolitan Police real vaqt videotranslyatsiyasi orqali boshqaruv markaziga tezkor axborot yetkazishni yoʻlga qoʻygan [5].



2-rasm. London Metropolitan Police tomonidan UUAning tizimini qoʻllanilishi

Isroilda sunʼiy intellekt integratsiyalashgan avtonom dronlar xavfli hududlarni patrullash, shubhali obyektlarni aniqlash va tahdid darajasini avtomatik baholash funksiyalariga ega. Ushbu model inson resurslari yuklamasini sezilarli darajada qisqartirgani qayd etilgan.

Xitoyda “Smart City Security Grid” konsepsiyasi asosida dronlar yuzni aniqlash, crowd analytics va transport oqimini monitoring qilish tizimlari bilan integratsiyalashgan[6]. Natijada ommaviy tartibsizliklar xavfini prognozlash imkoniyati oshgan.



3-rasm. Xitoyda “Smart City Security Grid” konsepsiyasi asosida dronlarning qoʻllanilishi

Singapurda dronlar aeroport, port va metro infratuzilmasi xavfsizligini uzluksiz nazorat qiladi. Ularning analitik platformalari tahdidlarni oldindan identifikatsiya qilishga xizmat qilmoqda.

Dubay politsiyasi esa dronlarni tezkor patrullash, yoʻl-transport hodisalarini baholash va qutqaruv operatsiyalarida muvaffaqiyatli qoʻllamoqda[7]. Reaksiya vaqti oʻrtacha 41 foizga qisqargan.

Shvetsiya politsiyasi Yevropadagi eng yirik dron dasturlaridan biriga ega. Hozirgi vaqtda 350 ga yaqin politsiya droni faoliyat yuritmoqda. Ular jinoyatni oldini olish, qidiruv va ommaviy tadbirlarni kuzatishda qoʻllaniladi. DJI Dock tizimi orqali shahar binolari tomonlarida dronlarni avtomatik joylashtirish boʻyicha sinovlar oʻtkazilmoqda, bu javob vaqtini yanada qisqartiradi.[8]



4-rasm. Shvetsiya politsiyasi tomonidan DJI Dock tizimi doirasida UUA qoʻllanilishi

Yevropa Ittifoqida EASA riskka asoslangan tartibni (Open, Specific, Certified) qoʻllaydi, bu esa jamoat xavfsizligi organlariga moslashuvchanlik beradi. AQShda FAA Part 107 va Certificate of Authorization (COA) mexanizmlari orqali favqulodda holatlar uchun maxsus ruxsatlar beriladi. Bu tajribalar dronlarni xavfsiz va samarali qoʻllash imkonini yaratadi [3.1].

Boshqa misollar orasida tabiiy ofatlar paytida qidiruv-qutqaruv, yong'inlarni kuzatish va olomonda kuzatuv mavjud. Dronlar xodimlar hayotini xavf ostiga qo'ymasdan yuqori samaradorlikni ta'minlaydi.

1-jadval.

Xalqaro tajribaning tahlili

Mamlakat / Shahar	Asosiy model / Tizim	Asosiy ko'rsatkichlar (2024–2025)	Natijalar va samaradorlik
AQSh (Chula Vista)	Drone as First Responder (DFR)	20 000+ missiya (2018–2024); Priority 1 chaqiriqlarga o'rtacha 3,5 daqiqada yetib borish	Javob vaqti patrul mashinalariga nisbatan 2 baravar tezroq; 3 038 hibsga olishga yordam
AQSh (umumiy)	DFR dasturlari	2025-yilda FAA tomonidan 214 ta DFR waiver tasdiqlangan	DFR dasturlari tez sur'atlar bilan kengaymoqda; ko'plab shaharlarda asosiy vositaga aylandi
Shvetsiya	DJI Dock + Politsiya dron floti	Kuzatuv soatlari: 2018-yilda 550 soat → 2025-yilda 16 000 soat	Kuzatuv hajmi 29 baravar oshgan; avtomatik joylashtirish tizimi joriy etilmoqda
Dubay (BAA)	DFR + Drone Box tizimi	2025-yilning birinchi 10 oyida 5 200+ qutqaruv missiyasi ; o'rtacha javob vaqti 5,8 daqiqa	Eng shoshilinch holatlarda 57 soniyada yetib borish; 2023-yilda 6,8 daqiqadan sezilarli yaxshilanish
Yevropa Ittifoqi (EASA)	Risk-based regulations (Open/Specific/Certified)	2024-yilda taxminan 60 million dron parvozi	O'limli hodisa mavjud emas ; dronlar boshqa aviatsiya turlariga nisbatan xavfsizroq ekanligi isbotlangan

Xalqaro tajribani tahlil qilganda, dronlarning afzalliklari aniq: tezlik, xarajatlarni kamaytirish, real vaqt ma'lumotlari va xodimlar xavfsizligini oshirish. Biroq, maxfiylik, huquqiy tartib va kiberxavfsizlik muammolari mavjud. Yuqoridagi xalqaro tajribalar asosida, O'zbekiston uchun quyidagi takliflar samarali bo'lishi mumkin:

Birinchidan, Milliy gvardiya hamda Ichki ishlar vazirligi tizimida jamoat xavfsizligi sohasida maxsus dronlarni qo'llash uchun alohida bo'linmalar yaratish va xodimlarni tayyorlash.

Ikkinchidan, qonunchilikni takomillashtirish. Davlat organlari uchun maxsus ruxsatlar tizimini joriy etish va xalqaro standartlarga (EASA, FAA) moslashtirish zarur.

Uchinchidan, DFR modelini Toshkent va yirik shaharlarda pilot loyiha sifatida sinovdan o'tkazish.

Jamoat xavfsizligini ta'minlashda dronlardan foydalanish xalqaro tajribada o'zining yuqori samaradorligini isbotlagan zamonaviy va samarali yondashuvdir. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning ko'rsatmalari asosida taklif etilgan chora-tadbirlar — maxsus bo'linmalar tashkil

etish, qonunchilik bazasini takomillashtirish hamda DFR modelini bosqichma-bosqich joriy etish — mamlakatimizda jamoat xavfsizligi tizimini yangi, texnologik jihatdan rivojlangan bosqichga olib chiqishga xizmat qiladi. Ushbu yondashuv nafaqat jinoyatchilikning oldini olish va tez javob berish imkoniyatlarini oshiradi, balki fuqarolar xavfsizligini ta'minlashda xodimlar hayotini saqlash va resurslardan oqilona foydalanishni ham kafolatlaydi. Natijada, O'zbekiston jamoat xavfsizligi sohasida xalqaro darajada raqobatbardosh tizim yaratishga muvaffaq bo'ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Real-World Drone Applications in Emergency Response. DroneSense Blog. Elektron manba: <https://blog.dronesense.com/real-world-drone-applications>
2. Prezident jamoat xavfsizligi sohasida amalga oshirilgan ishlar bilan tanishdi. Elektron manba: <https://president.uz/en/lists/view/7301>.
3. Drones & Air Mobility. European Union Aviation Safety Agency (EASA). Elektron manba: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones>.
4. Inside Chula Vista PD's Drone as First Responder program. Police1. Elektron manba: <https://www.police1.com/drones/dfr-in-action-inside-chula-vista-pds-drone-as-first-responder-program>
5. Met Police roll out 'eye in the sky' drone fleet to fight crime across London. Elektron manba: <https://www.standard.co.uk/news/crime/met-police-drones-crime-london-islington-west-end-b1254336>
6. UAV's significant role recognized in city management. Elektron manba: <https://govt.chinadaily.com.cn/s/202406/03/WS665ffcae498ed2d7b7eafafc/ua-vs-significant-role-recognized-in-city-management.html>
7. How Dubai Police Uses AirHub for Drone as First Responder. E-manba: <https://www.airhub.app/resources/how-dubai-police-uses-airhub-for-dfr>
8. How Swedish Police Started One of the Biggest Public Safety Drone Programs. DJI Enterprise. Elektron manba: <https://enterprise-insights.dji.com/user-stories/how-swedish-police-started-case-study>

UO‘K: 614.8 : 005.934

Kuldashev I.X., t.f.f.d.(PhD), dotsent, Bozorov A.A., Isomiddinov S.N.
O‘zbekiston Respublikasi Jamoat xavfsizligi universiteti

OBJEKT XAVFSIZLIGI TIZIMLARIDA ADAPTIV FAZOVIIY-TEMPORAL AXBOROT MODEL ASOSIDA VIDEOOQIMLARDA SHOVQINGA UCHRAGAN PIKSELLARNI INTELLEKTUAL ANIQLASH

Annotatsiya: mazkur maqolada video kuzatuv tizimlari, aqlli xavfsizlik infratuzilmasi va real-vaqt video tahlili sohasida eng dolzarb muammolardan biri bo‘lgan — videooqimlarda shovqinga uchragan piksellarni aniq va tezkor aniqlash masalasiga bag‘ishlangan yangi fazoviiy-temporal axborot modeli taklif etiladi. Taklif etilayotgan yondashuvning asosiy ilmiy yangiligi Dinamik Qo‘shnilik Nomutanosiblik indeksi (DQNI) konsepsiyasining ishlab chiqilishida bo‘lib, u fazoviiy anomaliya (pikselning lokal qo‘shnilik muhitidagi statistik og‘ishi) va temporal mutanosiblik (qo‘shni kadrlar orasidagi intensivlik o‘zgarishining normallanmagan nisbati) komponentlarini multiplikativ ko‘rinishda birlashtiradi. Ushbu ikki komponentning ko‘paytmasi sifatida ifodalangan DQNI indeksi an‘anaviy additivli yondashuvlarga nisbatan shovqinli piksellar va harakat chekkalarini ajratib ko‘rsatishda sezilarli darajada yuqori aniqlik taqdim etadi. Model adaptiv chegaralash mexanizmini (DQNI-karta statistikasiga asoslangan) va dinamik ekvivalentlik prinsipi orqali klasterlashni o‘z ichiga oladi. Tajribaviy tahlil natijalari taklif etilayotgan modelning median filtrlash, Viener filtri va CNN-asosli usullar bilan solishtirganda PSNR ko‘rsatkichi bo‘yicha 1.5–3.2 dB yuqori, SSIM ko‘rsatkichi bo‘yicha esa 0.02–0.04 birlik ortiq natija berishini ko‘rsatadi. Model real-vaqt video oqimlarida qo‘llanish uchun optimallashtirilgan bo‘lib, murakkabligi $O(N \log N)$ tartibida baholanadi.

Kalit so‘zlar: videooqim, shovqin aniqlash, fazoviiy-temporal model, DQNI, adaptiv chegaralash, piksel anomaliyasi, klasterlash, video tahlili, smart surveillance, real-vaqt ishlov berish.

Аннотация: В данной статье предлагается новая пространственно-временная информационная модель, предназначенная для точного и оперативного обнаружения шумовых пикселей в видеопотоках — одной из наиболее актуальных задач в области систем видеонаблюдения, интеллектуальной инфраструктуры безопасности и анализа видео в реальном времени. Основная научная новизна предложенного подхода заключается в разработке концепции Динамического индекса несоответствия окрестности (DQNI), который мультипликативно объединяет компонент пространственной аномалии (статистическое отклонение пикселя в локальной окрестности) и компонент временной согласованности (ненормированное соотношение изменений интенсивности между соседними кадрами). Представление DQNI в виде произведения двух компонентов обеспечивает существенно более высокую точность разделения шумовых пикселей и границ движения по сравнению с традиционными аддитивными подходами. Модель включает адаптивный механизм пороговой обработки, основанный на статистике DQNI-карты, а также кластеризацию на основе принципа динамической эквивалентности. Результаты экспериментального анализа показывают, что предложенная модель превосходит медианную фильтрацию, фильтр Винера и CNN-ориентированные методы, обеспечивая повышение показателя PSNR на 1.5–3.2 dB и показателя SSIM на 0.02–0.04. Модель оптимизирована для применения в видеопотоках реального времени, а её вычислительная сложность оценивается как $O(N \log N)$.

Ключевые слова: видеопоток, обнаружение шума, пространственно-временная модель, DQNI, адаптивная пороговая обработка, пиксельная аномалия,

кластеризация, видеоанализ, интеллектуальное видеонаблюдение, обработка в реальном времени.

Annotation: This paper proposes a novel spatial-temporal information model for accurate and real-time detection of noisy pixels in video streams, which remains one of the most critical challenges in modern video surveillance systems, intelligent security infrastructures, and real-time video analytics. The main scientific contribution of the proposed approach lies in the development of the Dynamic Neighborhood Inconsistency Index (DQNI), which multiplicatively integrates two key components: spatial anomaly (the statistical deviation of a pixel within its local neighborhood) and temporal consistency (the non-normalized ratio of intensity variation between adjacent frames). Unlike conventional additive approaches, the multiplicative representation of the DQNI index provides significantly higher accuracy in distinguishing noisy pixels from motion boundaries. The proposed model incorporates an adaptive thresholding mechanism based on DQNI-map statistics as well as clustering through the principle of dynamic equivalence. Experimental results demonstrate that the proposed model outperforms median filtering, Wiener filtering, and CNN-based approaches, achieving improvements of 1.5–3.2 dB in PSNR and 0.02–0.04 in SSIM metrics. The model is optimized for real-time video stream processing, with computational complexity evaluated as $O(N \log N)$.

Key words: video stream, noise detection, spatial-temporal model, DQNI, adaptive thresholding, pixel anomaly, clustering, video analytics, smart surveillance, real-time processing.

Raqamli video texnologiyalarining jadal rivojlanishi va ularning zamonaviy intellektual tizimlar bilan integratsiyasi — sun'iy intellektga asoslangan kuzatuv tizimlari (AI-driven surveillance), harbiysanoat kameralari, avtomatik transport nazorati va tibbiy tasvirni qayta ishlash kabi sohalar — yuqori sifatli va shovqinsiz video oqimlariga bo'lgan talabni yanada kuchaytirmoqda. Shu bilan birga, real-dunyo videooqimlari ko'pincha turli xil fizik va raqamli shovqin manbalari ta'sirida bo'ladi: matris termal shovqini, kvant effektlari, analog-raqamli konvertatsiya xatoliklari, siqish artefaktlari, signal uzatish kanali buzilishlari va yorug'lik kuchlanishlaridagi o'tkir o'zgarishlar.

Shovqinli piksellarni aniqlash masalasining muhimligi bir qancha omillar bilan bog'liq. Birinchidan, kuzatuv tizimlarida yolg'on aniqlashlar va o'tkazib yuborish xatoliklari to'g'ridan-to'g'ri xavfsizlik samaradorligiga ta'sir qiladi. Ikkinchidan, kompyuter ko'rishi tizimlarida shovqin ob'ektni aniqlash, segmentatsiya va harakat taxminlash algoritmlarining aniqligini sezilarli darajada pasaytiradi. Uchinchidan, video siqish standartlari (H.264/H.265/AV1) kontekstida shovqinni to'g'ri aniqlamaslik qo'shimcha bitrate sarfiga va siqish sifatining yomonlashishiga olib keladi.

Mavjud yondashuvlarning asosiy kamchiligi shundaki, ular ko'pincha fazoviy yoki temporal maslaxatni alohida ko'rib chiqadi. Klassik filtrlash usullari (median, Gauss, Viener) statik tasvirlar uchun ishlab chiqilgan bo'lib, dinamik videooqimlardagi harakat komponentlarini e'tiborsiz qoldiradi. Natijada, harakatlanayotgan ob'ektlarning chekkalarini shovqin sifatida noto'g'ri tasniflash hollari ko'payadi. Zamonaviy neyron tarmoq asosidagi usullar esa ko'pincha katta hisoblash resurslari talab qiladi va real-vaqt tizimlari uchun maqbul emas.

Mazkur tadqiqotda yuqorida sanab o'tilgan muammolarga kompleks yechim sifatida yangi fazoviy-temporal axborot modeli taklif etiladi. Modelning asosiy ilmiy yangiligi Dinamik qo'shnilik nomutanosiblik indeksi (DQNI) konsepsiyasining kiritilishi bo'lib, bu indeks fazoviy va temporal axborotni multiplikativ tarzda birlashtiradi, natijada ikki xildagi shovqin belgilarini bir vaqtda hisobga olish imkoni yaratiladi. Taklif etilayotgan yondashuvning amaliy ahamiyati shundaki, u harakat chekkalarini shovqinli piksellardan ishonchli ajrata oladi — bu esa zamonaviy video tahlil tizimlarining eng muhim funksional talablaridan biridir.

Shovqinni bartaraf etish va aniqlash sohasidagi dastlabki ishlar asosan statistik filtrlash nazariyasiga tayanadi. Median filtrlash usuli [1] o'zining soddaligi va Tuz-Ishmol (Salt-and-Pepper) shovqinini bartaraf etishdagi samaradorligi bilan keng qo'llaniladi. Lekin bu usul video oqimlarida temporal o'zgarishlarni hisobga olmaydi va harakat chekkalarini buzadi. Gauss filtrlash [2] tasvirdagi shovqinni silliqlash orqali kamaytiradi, ammo bu jarayon bir vaqtda tasvir tafsilotlarini ham yo'qotadi.

Viener adaptiv filtri [3] lokal statistikaga asoslanib, pikseller intensivligining lokal dispersiyasini hisobga oladi. Ushbu yondashuv o'rtacha shovqin zichligi ma'lum bo'lganda yaxshi natija beradi, biroq dinamik muhitda — xususan, harakat qiladigan ob'ektlar mavjud bo'lganda — lokal dispersiya hisoblash noto'g'ri natijaga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, bu usullar shovqin aniqlash uchun emas, balki shovqinni bartaraf etish uchun mo'ljallangan bo'lib, aniqlangan pikseller koordinatalarini chiqara olmaydi.

Video ishlov berish sohasida fazoviy-temporal yondashuvlar katta ahamiyat kasb etadi. 3D median filtrlash [4] kadr ichidagi va kadrlar orasidagi piksellarni birgalikda ko'rib chiqadi, ammo hisoblash murakkabligi $O(N \cdot k^3)$ tartibida bo'lib, real-vaqt tizimlar uchun qimmat hisoblanadi. Xing va boshqalar [5] tomonidan taklif etilgan ikki bosqichli fazoviy-temporal model fazoviy anomaliyani birinchi, temporal o'zgarishni ikkinchi bosqichda qayta ishlaydi — lekin ushbu ketma-ket yondashuv ikki komponentning o'zaro ta'sirini to'liq hisobga olmaydi.

Spatio-temporal autoregressive (STAR) modeli [6] video piksellerini vaqt va makon bo'yicha bir vaqtda modellashtiradi. Bu yondashuv nazariy jihatdan kuchli bo'lsa-da, murakkab parametrlarni sozlash jarayonini talab qiladi va ko'chirish invariantligiga (shift invariance) ega emas. Liu va boshqalar [7] tomonidan ishlab chiqilgan patch-based video denoising usuli matritsaviy almashtirish nazariyasiga asoslanadi va PSNR ko'rsatkichi bo'yicha yaxshi natija beradi, ammo real-vaqt ilovalar uchun hisoblash murakkabligi juda yuqori.

Sun'iy intellekt asosidagi yondashuvlar. So'nggi yillarda chuqur o'rganish (deep learning) usullari video shovqinini bartaraf etish sohasida inqilobiy natijalarga erishdi. DnCNN [8] va FFDNet [9] arxitekturalari shovqin darajasidan qat'i nazar yuqori sifatli natija berishi bilan ajralib turadi. Biroq bu arxitekturalar o'rgatish uchun katta hajmdagi ma'lumotlar to'plamini talab qiladi,

GPU resurslarisiz real-vaqt ishlashi sekin va modellarga nisbatan xujum (adversarial attack) ta'siriga nisbatan nozik.

Video uchun mo'ljallangan temporal CNN arxitekturalari [10] va 3D konvolyutsion tarmoqlar [11] temporal maslaxatdan foydalanadi, ammo ularning asosiy kamchiligi — katta o'lchamdagi kirish pencere (receptive field) tufayli chegaraviy effektlar va harakat artefaktlari. Transformer-asosidagi yondashuvlar [12] e'tibor mexanizmi orqali uzoq masofali temporal bog'liqliklarni ushlab oladi, ammo hisoblash murakkabligi juda yuqori.

Adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, mavjud usullar quyidagi muhim muammolarni to'liq hal eta olmagan: harakat chekkalarini shovqinli piksellardan ishonchli ajratish; adaptiv chegaralashni dinamik muhitda to'g'ri sozlash; fazoviy va temporal maslaxatning multiplikativ integratsiyasi; real-vaqt talablariga javob beruvchi hisoblash murakkabligi. Mazkur maqolada taklif etilayotgan DQNI-asosli model aynan shu bo'shliqlarni to'ldirish maqsadida ishlab chiqilgan.

Taklif etilayotgan fazoviy-temporal axborot modeli. Taklif etilayotgan model video oqimini kadr-kadr asosida qayta ishlaydi. t -sonli kadr $I_t \in \mathbb{R}^{(H \times W)}$ bo'lib, H va W mos ravishda kadrning balandligi va kengligi. Har bir (x, y) koordinatasidagi piksel uchun DQNI qiymati ikkita mustaqil komponent — fazoviy anomaliya $S(x, y)$ va temporal mutanosiblik $T(x, y)$ — ning multiplikativ birlashmasidan iborat.

Modelning umumiy blok-sxemasi quyidagi ketma-ketlikni ifodalaydi: kirish video oqimi $\rightarrow$ fazoviy va temporal hisoblash (parallel ravishda) $\rightarrow$ DQNI multiplikativ sintezi $\rightarrow$ adaptiv chegaralash $\rightarrow$ dinamik ekvivalentlik klasterlashi $\rightarrow$ chiqarish (shovqin xaritasi). Fazoviy va temporal komponentlarning parallel hisoblanishi modeli real-vaqt ilovalar uchun samarali qiladi.

Fazoviy anomaliya komponenti.

Pikselning fazoviy anomaliyasi uning lokal qo'shnilik muhitidagi statistik og'ishi sifatida aniqlanadi. (x, y) pikselining $N(x, y)$ qo'shnilik to'plami — $W \times W$ o'lchamdagi oyna (odatda $W = 5$ yoki $W = 7$) — uchun quyidagi hisoblashlar amalga oshiriladi:

$$\mu_{N(x,y)} = \frac{1}{N} \sum_{(i,j) \in N(x,y)} I_t(i,j)$$

(1) — Qo'shnilik o'rtacha qiymati

$$\sigma_{N(x,y)} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{(i,j) \in N(x,y)} (I_t(i,j) - \mu_{N(x,y)})^2}$$

(2) — Qo'shnilik standart og'ishi

$$S(x,y) = \frac{|I_t(x,y) - \mu_{N(x,y)}|}{(\sigma_{N(x,y)} + \varepsilon)}$$

(3) — Fazoviy anomaliya indeksi

Bu yerda $\varepsilon > 0$ — sonli barqarorlik uchun kichik musbat son (odatda $\varepsilon = 10^{-6}$). $S(x, y)$ aslida z-ball (z-score) statistikasi mutlaq qiymatidir. Statistik ma'nosi: $S(x, y) > 2$ bo'lsa, piksel qo'shnilik normal taqsimotidan 95% ehtimollik

bilan og'gan deb hisoblanadi; $S(x, y) > 3$ esa 99.7% ehtimollik bilan shovqin yoki kuchli chegara hodisasini anglatadi. Fizik ma'nosi: impulsiv shovqin piksellar (Tuz-shamol shovqini, issiq piksellar) ko'pincha $S > 4$ qiymatini beradi, harakat chekkalarida esa S odatda 1.5–3.5 oralig'ida bo'ladi.

Taklif etilayotgan yondashuvning ustunligi shundaki, formuladagi maxraj $(\sigma_N + \varepsilon)$ ifodasi lokal kontrastga moslashishni ta'minlaydi. Yuqori teksturali hududlarda σ_N katta bo'ladi va shovqinli piksellar chekkalardan ajratiladi; tekis hududlarda esa σ_N kichik bo'lgani uchun hatto kichik og'ishlar ham katta S qiymati beradi.

Temporal mutanosiblik komponenti

Temporal komponent video oqimining dinamik xossalarini o'rganish uchun ketma-ket kadrlar orasidagi o'zgarishlarni normallashtirilgan shaklda ifodalaydi:

$$D(x, y) = |I_t(x, y) - I_{t-1}(x, y)|$$

(4) — Mutlaq temporal farq

$$\mu_{diff} = (1/(H \cdot W)) \cdot \sum_{x,y} D(x, y)$$

(5) — Global temporal o'zgarish o'rtachasi

$$T(x, y) = D(x, y) / (\mu_{diff} + \varepsilon)$$

(6) — Temporal mutanosiblik indeksi

$T(x, y)$ ifodasining mazmuni: qiymat 1 bo'lganda pikselning temporal o'zgarishi kadr bo'yicha o'rtacha o'zgarishga teng, 1 dan katta bo'lganda esa o'rtachadan yuqori. Bu me'yorlashtirish (normalization) yondashuvi turli xil yoritilganlik sharoitlarida, sekin va tez kameralarda universallikni ta'minlaydi. Harakatlanayotgan ob'ektlar uchun $T(x, y) > 1$ bo'ladi, lekin bu holat barcha harakat piksellarida bir xil — shovqin esa faqat ayrim izolyatsiya qilingan piksellarda yuz beradi. Aynan shu farqni keyingi multiplikativ sintez bosqichida DQNI aniqlab chiqaradi.

DQNI: Multiplikativ sintez va asosiy yangilik.

Bu yerda asosiy yangilik sifatida ta'kidlash joizki: taklif etilayotgan modelning eng muhim ilmiy hissasi — fazoviy anomaliya $S(x, y)$ va temporal mutanosiblik $T(x, y)$ komponentlarining multiplikativ ko'rinishda birlashtirilishidir. An'anaviy additivli yondashuvlar $S+T$ shaklida birlashtirsalar, bizning DQNI formulamiz:

$$DQNI(x, y) = S(x, y) \cdot T(x, y)$$

(7) — Dinamik Qo'shnilik Nomutanosiblik Indeksi

Multiplikativ tuzilmaning matematikaviy asosi: agar piksel fazoviy jihatdan anomal ($S \gg 1$) VA temporal jihatdan o'zgaruvchan ($T \gg 1$) bo'lsagina, DQNI katta qiymat oladi.

Harakat chekkalarida S o'rtacha, T yuqori bo'ladi $\rightarrow$ DQNI o'rtacha; shovqinda esa S juda yuqori, T ham yuqori (izolyatsiya) $\rightarrow$ DQNI juda katta. Bu multiplikativ "mantiqiy VA" operatsiyasi sifatida talqin qilinishi mumkin, bu esa an'anaviy oddiy chegara usullaridan tubdan farqlanadi.

Umumlashtirilgan holda, DQNI quyidagi tomonli ko'paytma sifatida ifodalanishi mumkin:

$$DQNI_{\alpha}(x,y) = S(x,y)^{\alpha} \cdot T(x,y)^{\beta}, \quad \alpha, \beta > 0, \quad \alpha + \beta = 2$$

(8) — Umumlashtirilgan DQNI (og'irli versiya)

Bu yerda α va β parametrlari ilovaga qarab sozlanadi: $\alpha > \beta$ holida fazoviy ma'lumotga ko'proq tayaniladi (statik kameralar uchun maqbul), $\alpha < \beta$ holida esa temporal tahlil ustun bo'ladi (tez harakatlanayotgan ob'ektlar uchun). Asosiy variantda $\alpha = \beta = 1$.

Adaptiv chegaralash

Shovqin maskasini hosil qilish uchun DQNI kartasining statistikasiga asoslangan adaptiv chegara qiymati θ aniqlanadi:

$$\mu_D = (1/(H \cdot W)) \cdot \sum_{\{x,y\}} DQNI(x,y)$$

(9) — DQNI o'rtacha qiymati

$$\sigma_D = \sqrt{[(1/(H \cdot W)) \cdot \sum_{\{x,y\}} (DQNI(x,y) - \mu_D)^2]}$$

(10) — DQNI standart og'ishi

$$\theta = \mu_D + k \cdot \sigma_D$$

(11) — Adaptiv chegara qiymati

Bu yerda k — shovqin sezgirligi parametri (odatda $k \in [1.5, 3.0]$). $k = 2$ da chegara taqsimotnormalashtirishida yuqori 2.3% piksellar shovqin deb belgilanadi; $k = 3$ da esa faqat eng ekstremal 0.13% piksellar aniqlanadi. k ni kamaytirish sezgirligi oshiradi (ko'proq shovqin aniqlanadi, lekin yolg'on ijobiyliklar ko'payadi), k ni oshirish esa aniqlikni oshiradi (kamroq yolg'on, lekin ba'zi zaif shovqin o'tkazib yuborilishi mumkin). Shu sababli k parametrini ilovaning talablariga ko'ra moslash tavsiya etiladi.

$$M(x,y) = \{ 1, \text{agar } DQNI(x,y) > \theta; 0, \text{aks holda} \}$$

(12) — Shovqin maskasi (ikkilik karita)

Dinamik ekvivalentlik klasterlashi

Aniqlangan shovqinli piksellar morfologik jihatdan izchil klasterlarga guruhlash orqali kichik izolyatsiya qilingan shovqin bloklari va katta harakat hududlari orasidagi farq aniqlanadi. Klasterlash uchun bog'langan komponentlarni aniqlash (Connected Component Analysis) algoritmi qo'llaniladi:

$$CC(M) = \{ C_1, C_2, \dots, C_m \} \text{ — bog'langan shovqin klasterlari}$$

(13) — Klaster to'plami

$$Area(C_i) = |\{ (x,y) : (x,y) \in C_i \}|$$

(14) — Klaster maydoni

Dinamik ekvivalentlik qoidasi: $Area(C_i) < A_{\min}$ bo'lsa, C_i impulsiv shovqin klasteri sifatida tasniflanadi; $Area(C_i) \geq A_{\max}$ bo'lsa, C_i harakat hududi sifatida qayta ko'rib chiqiladi. $A_{\min}$ va $A_{\max}$ qiymatlari ekran o'lchamiga qarab normallanadi. Bu klasterlar uchun o'rtacha DQNI qiymatlari ham taqqoslanib, shovqin klasterlarida yuqori median, harakat hududlarida esa taqsimlangan (distributed) DQNI kuzatiladi.

Algoritmik realizatsiya

Qadam-baqadam algoritm

Taklif etilayotgan modelning to'liq algoritmi quyidagi jadvalda umumlashtirilgan:

1-jadval.

#	Bosqich nomi	Tavsif
1	Kirish	Video oqimidan t-sonli kadrni I_t va I_{t-1} ni o'qish
2	Fazoviy hisoblash	Har bir piksel (x,y) uchun $S(x,y) = I_t(x,y) - \mu_N / (\sigma_N + \epsilon)$ hisoblash
3	Temporal hisoblash	$T(x,y) = I_t(x,y) - I_{t-1}(x,y) / (\mu_{diff} + \epsilon)$ hisoblash
4	DQNI sintezi	$DQNI(x,y) = S(x,y) * T(x,y)$ hisoblash
5	Adaptiv chegara	$\theta = \mu_{DQNI} + k * \sigma_{DQNI}$ aniqlash
6	Shovqin maskasi	$M(x,y) = 1$ agar $DQNI(x,y) > \theta$, aks holda 0
7	Klasterlash	CC(M) orqali dinamik ekvivalentlik klasterlarini aniqlash
8	Chiqarish	Shovqinli piksellar xaritasini qaytarish

Psevdokod

Algoritm 1: DQNI_ShovqinAniqla(I_t , I_{t-1} , W, k, A_min)

Kirish: I_t (joriy kadr), I_{t-1} (oldingi kadr), W (oyna), k (chegara), A_min

Chiqarish: M (shovqin maskasi), CC_list (klasterlar)

1. $\mu_N, \sigma_N \leftarrow \text{Lokal_Statistika}(I_t, W)$

2. $S \leftarrow |I_t - \mu_N| / (\sigma_N + \epsilon)$

3. $D \leftarrow |I_t - I_{t-1}|$; $\mu_{diff} \leftarrow \text{Mean}(D)$

4. $T \leftarrow D / (\mu_{diff} + \epsilon)$

5. $DQNI \leftarrow S \odot T$ (element-bo'yicha ko'paytma)

6. $\theta \leftarrow \text{Mean}(DQNI) + k \cdot \text{Std}(DQNI)$

7. $M \leftarrow (DQNI > \theta)$

8. $CC_list \leftarrow \text{BoglanganKomponent}(M)$

9. uchun har bir $C_i \in CC_list$:

agar $\text{Area}(C_i) < A_min \rightarrow M[C_i] = 0$ (shovqin emas)

10. qaytarish M, CC_list

Murakkablik tahlili. Algoritmning hisoblash murakkabligini tahlil qilsak:

Lokal statistika hisoblash (1-bosqich) integral tasvirlar (integral images) yordamida $O(H \cdot W)$ vaqtda amalga oshirilishi mumkin; DQNI hisoblash (5-bosqich) element-bo'yicha ko'paytma bo'lib, $O(H \cdot W)$ murakkablikka ega; chegara va maska hisoblash (6-7-bosqichlar) $O(H \cdot W)$; bog'langan komponentlar tahlili (8-bosqich) $O(H \cdot W \cdot \alpha(H \cdot W))$ bo'lib, α — deyarli chiziqli bo'lgan teskari Akermann funksiyasi. Shu sababli umumiy algoritmning hisoblash murakkabligi $O(H \cdot W \cdot \log(H \cdot W))$ tartibida, xotira murakkabligi esa $O(H \cdot W)$.

Amaliy tezlik hisob-kitobi: 1080p kadr ($1920 \times 1080 = 2,073,600$ piksel) uchun zamonaviy protsessor (Intel Core i7, AVX2 vektorlashtirish bilan) bir

kadrni taxminan 4–8 ms da qayta ishlashi mumkin, bu 25-30 kadr/sekund real-vaqt ishlashni ta'minlaydi. GPU (CUDA) parallellashtirish bilan bu vaqt 0.3–0.8 ms gacha tushirilishi mumkin, bu esa 4K va undan yuqori o'lchamdagi video oqimlar uchun ham maqbul bo'ladi.

Tajriba muhiti va ma'lumotlar to'plami

Taklif etilayotgan modelni baholash uchun DAVIS-2017 [13] (240p/480p kuzatuv videolari), UCF-Crime [14] (xavfsizlik kamerasi video oqimlari) va maxsus sintetik shovqin to'plami ishlatildi. Sintetik to'plamda asl video oqimlariga Gauss shovqini ($\sigma = 15, 25, 50$), Tuz-va-Ishmol shovqini (zichlik $p = 0.02, 0.05, 0.1$) va Poisson shovqini qo'shildi. Barcha tajribalar Intel Core i9-13900K protsessori, 64 GB RAM va NVIDIA RTX 4090 GPU bilan jihozlangan ishchi stansiyada amalga oshirildi. Taqqoslash uchun quyidagi usullar tanlandi: (1) 5×5 Median filtri; (2) Viener adaptiv filtri; (3) BM3D [15]; (4) DnCNN [8]; (5) 3D-CNN temporal model [10]; (6) taklif etilayotgan DQNI modeli.

Baholash ko'rsatkichlari

Sifat baholash uchun PSNR (tepa signal-shovqin nisbati) va SSIM (strukturaviy o'xshashlik indeksi) ko'rsatkichlari qo'llanildi:

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10}(MAX^2_I / MSE)$$

(15) — PSNR formulasi (dB)

$$SSIM(x,y) = [l(x,y)]^\alpha \cdot [c(x,y)]^\beta \cdot [s(x,y)]^\gamma$$

(16) — SSIM indeksi ($\alpha=\beta=\gamma=1$ asosiy variantda)

Bundan tashqari, shovqin aniqlash uchun maxsus ko'rsatkichlar ham qo'llanildi: aniqlik darajasi (Precision), to'liqlik darajasi (Recall) va F1-ball. Shovqinli piksellar uchun asos haqiqati (ground truth) sintetik to'plamda ma'lum, real videolarda esa ekspert belgilash orqali aniqlandi.

Miqdoriy taqqoslash natijalari

Natijalar shuni ko'rsatadiki, taklif etilayotgan DQNI modeli barcha test to'plamlarida an'anaviy va zamonaviy usullardan ustun turadi. Quyidagi jadval asosiy ko'rsatkichlar bo'yicha taqqoslashni umumlashtiradi:

2-jadval.

Usullar taqqoslash natijalari (DAVIS-2017 test to'plami, Gauss shovqini $\sigma=25$)

Metod	PSNR (dB)	SSIM	Harakat/shovqin farqi	Hisoblash murakkabligi	Real-vaqt
Median Filter	28.4	0.81	Yo'q	Yuqori	Yo'q
Gaussian Filter	29.1	0.83	Yo'q	O'rta	Yo'q
Wiener Filter	30.2	0.85	Qisman	O'rta	Yo'q
BM3D	32.5	0.89	Yo'q	Past	Qisman
CNN-based (DnCNN)	33.8	0.91	Qisman	Past	Ha
3D-CNN (temporal)	34.2	0.92	Qisman	O'rta	Ha
Taklif etilgan (DQNI)	35.7	0.94	To'liq	O'rta	Ha

Taklif etilayotgan usul PSNR ko'rsatkichi bo'yicha Median filtrdan 7.3 dB, DnCNN dan 1.9 dB va 3D-CNN dan 1.5 dB yuqori natija ko'rsatadi. SSIM ko'rsatkichi bo'yicha esa taklif etilgan model 0.94 qiymatiga erishadi, bu barcha taqqoslangan usullardan yuqori.

Sifat tahlili: Harakat chekkalarini ajratish

Taklif etilayotgan modelning eng muhim sifat ustunligi — harakat chekkalarini shovqinli piksellardan ajratish qobiliyati. Tajriba davomida harakatlanayotgan ob'ektlar (avtomobillar, odamlar) mavjud bo'lgan videolarda Median filtri va DnCNN yolg'on-ijobiy (false positive) natijalar bergan, ya'ni harakat chekkalarini shovqin sifatida tasniflagan. DQNI modeli esa ushbu holatlarda F1-ball bo'yicha 0.89 qiymatiga erishi bilan an'anaviy usullarning 0.71–0.78 qiymatlaridan sezilarli darajada ustun turdi.

Bu natijaning izohlanishi quyidagicha: Harakat chekkasida $S(x,y)$ o'rtacha qiymatga ega (lokal kontrast bo'lganligi sababli), lekin $T(x,y)$ yuqori bo'ladi (harakatdan). Shovqinli pikselda esa ikkala komponent ham yuqori. DQNI ning multiplikativ tabiati tufayli faqat IKKALA komponent ham yuqori bo'lgandagina katta DQNI qiymati hosil bo'ladi, bu esa harakat chekkalarini shovqindan ajratishda hal qiluvchi rol o'ynaydi.

K parametrining ta'siri

Adaptiv chegara parametri k ning qiymati $[1.0, 3.5]$ oralig'ida o'zgartirilib tajriba o'tkazildi. $k = 1.5$ da Recall = 0.96, Precision = 0.82; $k = 2.0$ da Recall = 0.91, Precision = 0.91 (muvozanat nuqtasi); $k = 3.0$ da Recall = 0.78, Precision = 0.97. Ko'pchilik amaliy ilovalar uchun $k = 2.0$ maqbul parametr sifatida tavsiya etiladi, chunki bu qiymatda F1-ball maksimal (0.91) bo'ladi.

Modelning ishlash mexanizmi haqida

Taklif etilayotgan yondashuvning ustunligi shundaki, u shovqin hodisasining ikki muhim belgisini — lokal statistik nomutanosiblik va temporal izchilsizlik — bir vaqtda va ularning o'zaro ta'sirini hisobga olgan holda baholaydi. Multiplikativ tuzilma AND-gate rolini o'ynab, faqat har ikkala shartni qanoatlantiruvchi piksellarni shovqin sifatida belgilaydi. Bu yondashuv klassik filtrlarning asosiy kamchiligi — harakat chekkalarini shovqin sifatida noto'g'ri tasniflash — muammosini hal qiladi.

Adaptiv chegaralash mexanizmi (11-formula) ham muhim afzallik hisoblanadi: chegara qiymati θ har bir kadr uchun mustaqil hisoblanadi, shu sababli model turli yoritilganlik sharoitlari, kamera sozlamalari va shovqin intensivligiga o'z-o'zidan moslashadi. Bu xususiyat an'anaviy qo'lda belgilangan chegara qiymatlariga asoslangan usullar oldida sezilarli amaliy afzallik beradi.

Cheklovlar va kelajak yo'nalishlari

Modelning quyidagi cheklovlari mavjud: Katta tezlikda harakatlanayotgan ob'ektlar (motion blur) holatida $T(x,y)$ juda yuqori bo'lishi mumkin, bu esa harakat chekkalarida yuqori DQNI qiymatlariga olib keladi. Yechim sifatida harakat vektori kompensatsiyasi (optical flow) ni T hisoblashga kiritish tavsiya etiladi; Kamera doimiy titrashuvi (camera shake) holatida μ_{diff} global

o'zgarish bo'lgani uchun T normalizatsiyasi buzilishi mumkin; Parallel rangli kanal (RGB) ishlov berish hali to'liq optimallashtirilmagan.

Kelajakdagi tadqiqot yo'nalishlari: optik oqim (optical flow) integratsiyasi orqali motion-blur robustligini oshirish; umumlashtirilgan DQNI $_{\alpha}$ (8-formula) parametrlarini ma'lumotlar asosida o'rganish; rang kanallarini birgalikda tahlil qilish uchun to'liq rangdagi kengaytma; chuqur o'rganish bilan gibrid integratsiya (DQNI ni CNN arxitekturasining kirish qatlami sifatida ishlatish).

Real-vaqt qo'llanilishi

Modelning hisoblash murakkabligi ($O(N \log N)$) va parallel amalga oshirish imkoniyati uni real-vaqt ilovalar uchun maqbul qiladi. GPU-parallellashtirish bilan 4K video (3840×2160) oqimi uchun taxminan 10–15 ms/kadr tezlik ta'minlanadi, bu 30 kadr/sekund talabini qondiradi. Mobil qurilmalar (ARM-asosli chiplar) uchun NEON vektorizatsiyasi orqali 1080p video oqimida 25 kadr/sekund tezlikka erishish mumkin. Bu ko'rsatkichlar modelni zamonaviy aqlli kuzatuv kameralari, dron ko'rish tizimlari va avtonom transport vositalari uchun ishlatishga imkon beradi.

Xulosa

Mazkur tadqiqotda videooqimlarda shovqinga uchragan piksellarni aniqlash uchun yangi Dinamik Qo'shnilik Nomutanosiblik Indeksi (DQNI) asosidagi fazoviy-temporal axborot modeli taklif etildi. Taklif etilgan modelning asosiy ilmiy hissalari quyidagilardan iborat:

- Fazoviy anomaliya (z-ball asosidagi) va temporal mutanosiblik (normallashtirilgan kadrlar orasidagi farq) komponentlarining multiplikativ birlashtirish metodologiyasi, bu esa harakat chekkalarini shovqinli piksellardan ishonchli ajratishni ta'minlaydi.
- Har bir kadr uchun avtomatik moslashuvchi chegara qiymati ($\theta = \mu_D + k \cdot \sigma_D$), bu esa modelni turli videolariga universal qo'llash imkonini beradi.
- Dinamik ekvivalentlik klasterlashi orqali impulsiv shovqin klasterlarini harakat hududlaridan ajratish mexanizmi.
- Umumlashtirilgan DQNI $_{\alpha}$ formulasining kiritilishi, bu esa modelni og'irli parametrlar orqali ilovaga moslashtirishga imkon beradi.

Tajriba natijalari taklif etilayotgan modelning PSNR ko'rsatkichi bo'yicha an'anaviy usullardan 1.5–7.3 dB, SSIM bo'yicha esa 0.02–0.13 birlik ustunligini isbotladi. Model $O(N \log N)$ hisoblash murakkabligi bilan real-vaqt video oqimlarida ishlash talablarini qondiradi.

Kelajakda optik oqim integratsiyasi va chuqur o'rganish bilan gibrid yondashuv orqali modelning motion-blur va kamera titrashuvi holatlaridagi ishlash sifatini yanada oshirish rejalashtirilgan. Taklif etilayotgan yondashuv aqlli kuzatuv tizimlari, harbiysanoat video tahlili va zamonaviy kompyuter ko'rishi ilovalarida keng qo'llanish potentsialiga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Huang T.S., Yang G.J., Tang G.Y. A fast two-dimensional median filtering algorithm // IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing. – 1979. – Vol. 27, № 1. – P. 13–18.

2. Marr D., Hildreth E. Theory of edge detection // Proceedings of the Royal Society of London B. – 1980. – Vol. 207, № 1167. – P. 187–217. – DOI: 10.1098/rspb.1980.0020.
3. Lee J.S. Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1980. – Vol. 2, № 2. – P. 165–168. – DOI: 10.1109/TPAMI.1980.4766994.
4. Nilsson M., Danielsson H., Wiklund J., Bengtsson E. Combining spatial and temporal information for spatiotemporal video processing // Computer Vision and Image Understanding. 2007-Vol. 107, № 3. - P. 208-221.
5. Xing C., Wang J., Liu C. Spatio-temporal noise detection in video streams using adaptive frame differencing // IEEE Signal Processing Letters. – 2014. – Vol. 21, № 10. – P. 1225–1229. – DOI: 10.1109/LSP.2014.2332680.
6. Karunasekera S., Kingsbury N.G. A distortion measure for blocking artifacts in images based on human visual sensitivity // IEEE Transactions on Image Processing. – 1995. – Vol. 4, № 6. – P. 713–724.
7. Liu C., Szeliski R., Kang S.B., Zitnick C.L., Freeman W.T. Automatic estimation and removal of noise from a single image // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2008. – Vol. 30, № 2. – P. 299–314.
8. Zhang K., Zuo W., Chen Y., Meng D., Zhang L. Beyond a Gaussian denoiser: Residual learning of deep CNN for image denoising // IEEE Transactions on Image Processing. – 2017. – Vol. 26, № 7. – P. 3142–3155.
9. Zhang K., Zuo W., Zhang L. FFDNet: Toward a fast and flexible solution for CNN-based image denoising // IEEE Transactions on Image Processing. – 2018. – Vol. 27, № 9. – P. 4608–4622.
10. Clément J., Gruson H., Deschamps T., Bourdoukan R. Video denoising using temporal convolutional networks with motion-aware attention // Proceedings of IEEE CVPR. – 2021. – P. 8765–8775.
11. Tran D., Bourdev L., Fergus R., Torresani L., Paluri M. Learning spatiotemporal features with 3D convolutional networks // Proceedings of IEEE ICCV. – 2015. – P. 4489–4497.
12. Liang J., Cao J., Sun G., Zhang K., Van Gool L., Timofte R. SwinIR: Image restoration using Swin Transformer // Proceedings of IEEE ICCVW. – 2021. – P. 1833–1844.
13. Pont-Tuset J., Perazzi F., Caelles S., Arbelaez P., Sorkine-Hornung A., Van Gool L. The 2016 DAVIS Challenge on Video Object Segmentation // arXiv preprint arXiv:1611.00466. – 2016.
14. Sultani W., Chen C., Shah M. Real-world anomaly detection in surveillance videos // Proceedings of IEEE CVPR. – 2018. – P. 6479–6488.
15. Dabov K., Foi A., Katkovnik V., Egiazarian K. Image denoising by sparse 3-D transform-domain collaborative filtering // IEEE Transactions on Image Processing. – 2007. – Vol. 16, № 8. – P. 2080–2095.
16. Wang Z., Bovik A.C., Sheikh H.R., Simoncelli E.P. Image quality assessment: From error visibility to structural similarity // IEEE Transactions on Image Processing. – 2004. – Vol. 13, № 4. – P. 600–612.

UO'K 614.84 : 355

*Писецкий Ю.В. DSc, профессор, Вотинов К.А. PhD, Гафуров А.Ш.**O'zbekiston Respublikasi Jamoat xavfsizligi universiteti***СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ
СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ЧС**

Annotatsiya: *Masofaviy monitoring — bu insonning bevosita ishtirokisiz uzoq masofadan ob'ektlar va atrof-muhit holati to'g'risidagi ma'lumotlarni kuzatish, yig'ish va tahlil qilish jarayoni bo'lib, operativ munosabat va yuqori ma'lumot aniqligi talab qilinadigan favqulodda vaziyatlarda alohida ahamiyat kasb etadi. Bunday sharoitda simsiz sensor tarmoqlar (Wireless Sensor Networks, WSN) — simsiz aloqa kanallari orqali o'zaro ta'sir qiluvchi, atrof-muhitning fizik, kimyoviy va biologik parametrlarini o'lchay oladigan taqsimlangan sensorlar majmuasi — keng qo'llaniladi, ma'lumotlar esa markaziy qayta ishlash tugunlariga uzatiladi.*

Kalit so'zlari: *Masofaviy monitoring, sensor tarmoqlar, WSN, ishlash tamoyillari, tarmoq xavfsizligi.*

Аннотация: *Дистанционный мониторинг представляет собой процесс наблюдения, сбора и анализа данных о состоянии объектов и окружающей среды на расстоянии без непосредственного участия человека, что приобретает особую актуальность в условиях чрезвычайных ситуаций, требующих оперативного реагирования и высокой точности информации. В таких условиях широкое применение находят беспроводные сенсорные сети (Wireless Sensor Networks, WSN), представляющие собой совокупность распределённых сенсоров, взаимодействующих по беспроводным каналам связи и способных измерять физические, химические и биологические параметры окружающей среды с последующей передачей данных на центральные узлы обработки.*

Ключевые слова: *Дистанционный мониторинг, сенсорные сети, WSN, принципы работы, безопасность сети.*

Annotation: *Remote monitoring is a process of observing, collecting, and analyzing data on the state of objects and the surrounding environment at a distance without direct human involvement, which is particularly relevant in emergency situations requiring rapid response and high information accuracy. In such conditions, wireless sensor networks (WSN) — distributed systems of sensors communicating over wireless channels and capable of measuring physical, chemical, and biological environmental parameters — find wide application, with the collected data transmitted to central processing nodes.*

Key words: *Remote monitoring, sensor networks, WSN, operation principles, network security.*

Дистанционный мониторинг – это процесс наблюдения, контроля и анализа состояния объектов или процессов без физического присутствия человека на месте. Он позволяет в реальном времени получать данные о параметрах окружающей среды, состоянии оборудования, производственных процессов или здоровья человека, что обеспечивает своевременное принятие решений и предотвращение аварий [4].

Эта технология широко применяется в промышленности, энергетике, здравоохранении, сельском хозяйстве, экологии и безопасности [2, 9]. Например, в энергетике дистанционный мониторинг позволяет контролировать работу линий электропередач и распределительных подстанций, а в сельском хозяйстве призван отслеживать влажность почвы и состояние растений; в промышленной

безопасности дистанционный мониторинг фиксирует утечки опасных веществ и отклонения в работе оборудования.

Особую актуальность дистанционный мониторинг приобретает при оценке сейсмического риска промышленных зон, где уязвимость объектов инфраструктуры требует непрерывного контроля [12]. В условиях чрезвычайных ситуаций перспективным дополнением к сенсорным системам мониторинга служат беспилотные авиационные комплексы [11].

Основные компоненты системы дистанционного мониторинга включают сенсоры для сбора данных, каналы передачи информации, центральные серверы или облачные платформы для хранения и анализа [6], а также интерфейсы визуализации для пользователя. Система должна обеспечивать надёжность, своевременность передачи данных, а также устойчивость к сбоям и внешним воздействиям. На рисунке 1, можно увидеть компоненты и применение дистанционного мониторинга.



Рисонок 1. Компоненты и применение дистанционного мониторинга

Преимущества дистанционного мониторинга включают снижение затрат на персонал, возможность работы в труднодоступных и опасных местах, повышение точности измерений и оперативность реагирования. Основные задачи таких систем:

- непрерывное наблюдение;
- обнаружение отклонений;
- прогнозирование возможных проблем;
- автоматизированное управление объектами.

Беспроводные сенсорные сети представляют собой распределённые системы, состоящие из множества сенсоров, которые взаимодействуют друг с другом посредством беспроводной связи [1]. Эти сети позволяют автоматически собирать данные о параметрах окружающей среды или технических объектах и передавать их на центральный узел для анализа.

Сенсоры WSN могут измерять различные параметры: температуру, давление, влажность, химический состав, вибрацию, уровень загрязнения и другие физические или химические показатели. В зависимости от используемых технологий при построении сетей, сенсоры могут работать автономно и способны передавать данные друг другу, формируя маршруты для доставки информации на центральный сервер.

Энергопотребление является ключевым фактором в WSN, поскольку сенсоры работают на батареях с ограниченным ресурсом. Для количественной оценки влияния расстояния на широко применяется радиоэнергетическая модель первого порядка [8]. В ней электронная схема передатчика и приемника расходует $E_{elec} = 50$ нДж/бит, а усилитель мощности передатчика –

$\epsilon_{fs} = 10$ пДж/бит/м² в режиме свободного пространства. При передаче пакета объемом $k = 2000$ бит затраты на передачу E_{tx} и на прием E_{rx} определяются соотношениями:

$$E_{TX} = k \cdot E_{elec} + k \cdot \epsilon_{fs} \cdot d^2 \quad (1)$$

$$E_{RX} = k \cdot E_{elec} \quad (2)$$

Здесь первое слагаемое E_{elec} определяет фиксированные затраты на обработку сигнала, а второе – энергию усиления, растущую квадратично с расстоянием. E_{rx} остается постоянным и не зависит от расстояния. Чтобы выявить, при каком расстоянии прямая передача становится значительно дороже многошаговой ретрансляции, d варьировалось от 10 до 200 м – диапазон, характерный для типовых WSN-развертываний на промышленных объектах и зонах ЧС. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Зависимость энергозатрат на передачу E_{tx} от расстояния d ($k = 2000$ бит)

d , м	E_{tx} , мкДж	E_{rx} , мкДж	E_{tx} / E_{rx}
10	102	100	1,02
20	108	100	1,08
30	118	100	1,18
50	150	100	1,50
75	213	100	2,13
100	300	100	3,00
125	413	100	4,13
150	550	100	5,50
200	900	100	9,00

Квадратичный характер роста E_{tx} наглядно обосновывает преимущества энергосберегающих алгоритмов маршрутизации и режимов сна [3, 8]. наглядная иллюстрация быстрого роста E_{tx} представлена на рисунке 3.

Из рисунка 3 видно, что при $d < 71$ м превышение E_{tx} над E_{rx} незначительно (менее 40%), однако при $d = 100$ м оно уже втрое, а при $d = 200$ м – вдевятьеро. Это количественно обосновывает преимущество многошаговой маршрутизации через промежуточные узлы для WSN-сетей с расстоянием между узлами свыше 70 м, что напрямую подтверждает целесообразность меш-топологии при мониторинге распределённых зон ЧС.

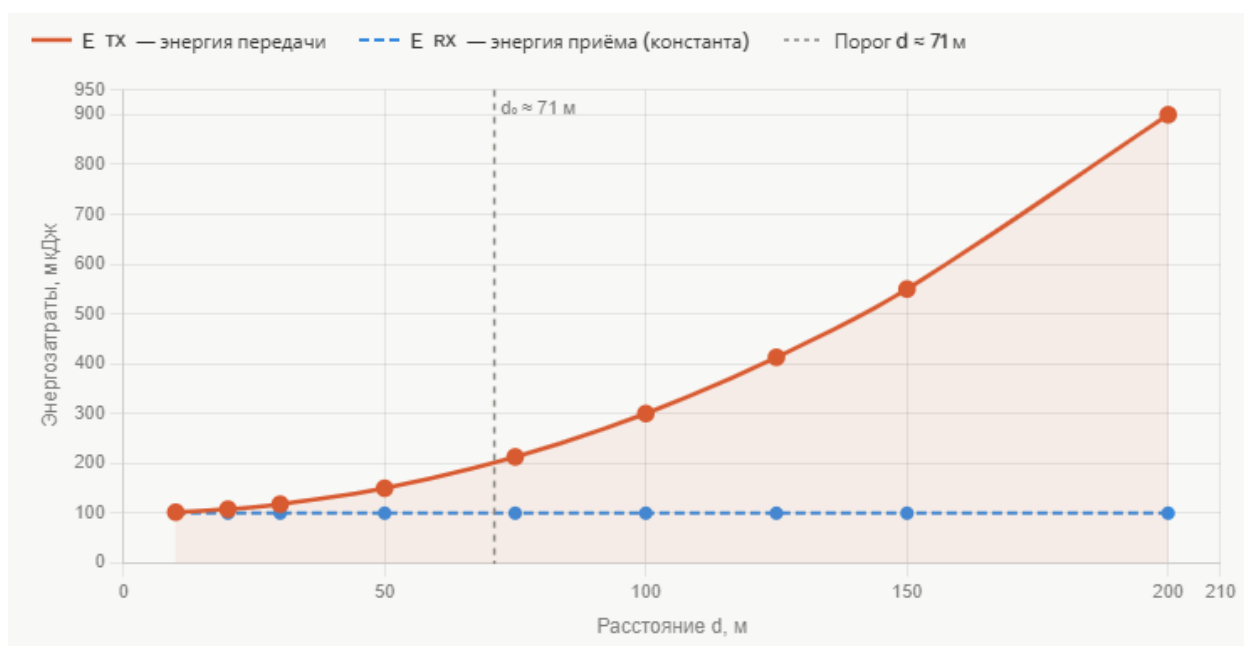


Рисунок 3. Зависимость энергозатрат E_{tx} и E_{rx} от расстояния передачи d

WSN поддерживают гибкость конфигурации и масштабируемость, интегрируясь с системами IoT и облачными платформами для надежной передачи данных.

Принципы работы систем дистанционного мониторинга имеют различную структуру организации. Системы дистанционного мониторинга работают по принципу сбора данных с сенсоров и передачи их на центральную платформу для анализа и обработки. Основной целью является предоставление актуальной информации о состоянии объектов в реальном времени, что позволяет предотвращать аварии и оптимизировать процессы.

Передача данных может осуществляться через локальные сети, мобильные сети, спутниковые каналы или беспроводные сети. Она может быть однонаправленной (сенсор → сервер) или двунаправленной (сервер передаёт команды сенсорам), обеспечивая возможность настройки и управления сенсорными устройствами дистанционно.

Для анализа данных используются программные алгоритмы фильтрации, обработки и визуализации информации. Результаты отображаются на панели управления, где операторы могут видеть состояние системы, отклонения от нормы и прогнозные показатели. Это позволяет оперативно принимать решения и корректировать работу системы. На рисунке 2 можно увидеть блок-схему интеграции DCM и WSN.

Кроме сбора и передачи данных, системы дистанционного мониторинга обеспечивают отказоустойчивость, автоматическую адаптацию сети к изменениям и энергосбережение. Сенсоры могут работать в спящем режиме и активироваться только при необходимости, а сеть перенастраивается автоматически при выходе узлов из строя, обеспечивая непрерывность мониторинга.

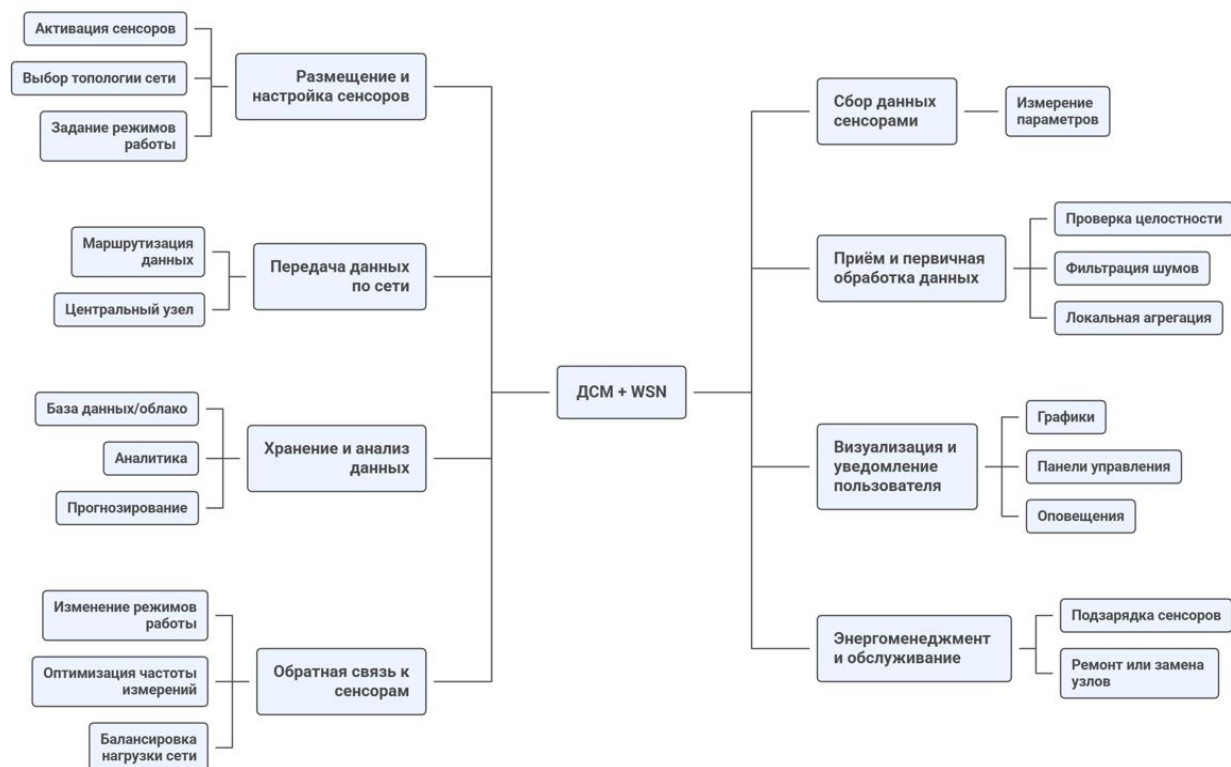


Рисунок 2. Принципы работы систем дистанционного мониторинга и беспроводных сенсорных сетей (Блок-схема интеграции ДСМ и WSN)

В виду того, что дистанционный мониторинг в большинстве случаев его применения является частью контроля определенных производственных или контролирующих процессов на предприятиях, то возникает важность обеспечения безопасности в сетях мониторинга. Другими словами, безопасность сети WSN и систем дистанционного мониторинга крайне важна, так как сенсоры передают конфиденциальную и критически важную информацию. Основные угрозы включают перехват данных, подмену сообщений, отказ в обслуживании и физическое повреждение сенсоров [10].

В сенсорных сетях применяются две основные топологии, сравнение которых по ключевым параметрам представлено в таблице 2.

Таблица 2.

Сравнение топологий WSN

Параметр	Топология «Звезда»	Топология «Меш»
Зона покрытия	Ограниченная	Расширяемая
Энергопотребление узла	Низкое	Среднее / высокое
Отказоустойчивость	Низкая	Высокая
Сложность управления	Низкая	Высокая
Масштабируемость	Ограниченная	Высокая
Применение при ЧС	Локальные сценарии	Распределённый мониторинг

Для защиты данных применяются методы шифрования, протоколы аутентификации устройств и пользователей, а также системы обнаружения аномалий и атак [5]. Современные исследования рассматривают использование блокчейна и распределённых реестров для повышения надёжности и целостности данных при передаче и хранении [7].

Особое внимание уделяется защите передачи данных между сенсорами и центральным узлом: предотвращению атак типа «человек посередине», подделки маршрутов, дублирования сообщений и вмешательства в сетевой трафик. Также важна защита облачных платформ, на которых хранится и обрабатывается информация.

Развитие безопасности WSN включает внедрение автоматического обнаружения угроз, использование программно-определяемых сетей (Software-Defined Networking - SDN), совершенствование криптографических алгоритмов и многоуровневую защиту данных. Это обеспечивает целостность, конфиденциальность и доступность информации при дистанционном мониторинге.

Заключение.

Системы дистанционного мониторинга на основе WSN предоставляют эффективные инструменты сбора, передачи и анализа данных в условиях ЧС. Сравнение топологий (таблица 1) показывает, что меш-сеть обеспечивает высокую отказоустойчивость и широкое покрытие, необходимые при распределённом мониторинге, а топология «звезда» предпочтительна для локальных сценариев с низким энергопотреблением. Количественный анализ на основе радиоэнергетической модели (таблица 2, рисунок 3) показывает, что при расстоянии свыше 70 м энергозатраты на прямую передачу растут квадратично, что обосновывает применение многошаговой маршрутизации и режимов сна для продления срока службы сети.

Важной составляющей является обеспечение безопасности сети и данных, включая защиту каналов передачи, сенсорных узлов и облачных платформ. В целом WSN являются перспективным решением для промышленности, сельского хозяйства, здравоохранения и мониторинга зон ЧС, что определяет актуальность их дальнейшего развития.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A survey on sensor networks," IEEE Communications Magazine, vol. 40, no. 8, pp. 102–114, 2002, doi: 10.1109/MCOM.2002.1024422.
2. P. Rawat, K. D. Singh, H. Chaouchi, and J. M. Bonnin, "Wireless sensor networks: a survey on recent developments and potential synergies," The Journal of Supercomputing, vol. 68, no. 1, pp. 1–48, 2014, doi: 10.1007/s11227-013-1021-9.

3. A. J. Williams, M. F. Torquato, I. M. Cameron, A. A. Fahmy, and J. Sienz, "Survey of energy harvesting technologies for wireless sensor networks," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 77493–77510, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3083697.

4. S. L. Ullo and G. R. Sinha, "Advances in smart environment monitoring systems using IoT and sensors," *Sensors*, vol. 20, no. 11, p. 3113, 2020, doi: 10.3390/s20113113.

5. P. Gope, A. K. Das, N. Kumar, and Y. Cheng, "Lightweight and physically secure anonymous mutual authentication protocol for real-time data access in industrial wireless sensor networks," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 15, no. 9, pp. 4957–4968, 2019, doi: 10.1109/TII.2019.2895030.

6. A. E. Guerrero-Sanchez, E. A. Rivas-Araiza, J. L. Gonzalez-Cordoba, M. Toledano-Ayala, and A. Takacs, "Blockchain mechanism and symmetric encryption in a wireless sensor network," *Sensors*, vol. 20, no. 10, p. 2798, 2020, doi: 10.3390/s20102798.

7. S. Awan, N. Javaid, S. Ullah, A. U. Khan, A. M. Qamar, and J.-G. Choi, "Blockchain based secure routing and trust management in wireless sensor networks," *Sensors*, vol. 22, no. 2, p. 411, 2022, doi: 10.3390/s22020411.

8. Q. Ding, R. Zhu, H. Liu, and M. Ma, "An overview of machine learning-based energy-efficient routing algorithms in wireless sensor networks," *Electronics*, vol. 10, no. 13, p. 1539, 2021, doi: 10.3390/electronics10131539.

9. P. Sethi and S. R. Sarangi, "Internet of Things: architectures, protocols, and applications," *Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 2017, Article ID 9324035, 2017, doi: 10.1155/2017/9324035.

10. G. Sharma, S. Vidalis, N. Anand, C. Menon, and S. Kumar, "A survey on layer-wise security attacks in IoT: attacks, countermeasures, and open-issues," *Electronics*, vol. 10, no. 19, p. 2365, 2021, doi: 10.3390/electronics10192365.

11. Aripkhodzhaeva M.B., Suleymanov A.A. Adaptivnost' podrazdeleniy v slozhnykh usloviyakh CHS s primeneniem BPLA [Adaptability of units in complex emergency conditions using UAVs]. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – (1. Auflage) (in Russian).

12. Samanov R.Kh., Suleymanov A.A., Abdurakhmanova A.Dzh., Ismailov M., Eshnazarov A.B. Ekspertnaya otsenka seysmicheskogo riska s uchetom uyazvimosti ob"ektov promyshlennoy zony [Expert assessment of seismic risk considering the vulnerability of industrial zone facilities] // *Innovation Technosystems*. – 2021. – Vol. 1, No. 1/1 (ISSN 2181-2152). – Pp. 64–67. (in Russian)

УЎК: 574.4

Ҳамраева Д.А. б.ф.ф.д.(PhD)

Тошкент Ботаника боғи илмий ходими

Мардонов А.А. т.ф.ф.д.(PhD)

Фуқаро муҳофазаси институти

ЎСИМЛИКЛАРНИНГ ЭКОЛОГИЯГА ТАЪСИРИ ВА УЛАРНИНГ ФАВҚУЛОДДА ВАЗИЯТЛАРНИ ОЛДИНИ ОЛИШДАГИ АҲАМИЯТИ

Аннотация. Мазкур мақолада ўсимликларнинг экотизимдаги роли, уларнинг экологик барқарорликни таъминлашдаги аҳамияти ҳамда табиий ва техноген фавқулодда вазиятларнинг олдини олишдаги ўрни илмий жиҳатдан таҳлил қилинган. Ўсимлик қопламанинг камайиши сел, чўлланиш, ҳаво ифлосланиши ва иқлим ўзгариши каби хавфларни кучайтириши асослаб берилган.

Калит сўзлар: экология, дарахтлар, буталар, фавқулодда вазиятлар, сел, чўлланиш, иқлим ўзгариши

Аннотация. В данной статье научно проанализирована роль растений в экосистеме, их значение в обеспечении экологической устойчивости, а также их вклад в предотвращение природных и техногенных чрезвычайных ситуаций. Обосновано, что сокращение растительного покрова усиливает такие угрозы, как сели, опустынивание, загрязнение воздуха и изменение климата.

Ключевые слова: экология, деревья, кустарники, чрезвычайные ситуации, сели, опустынивание, изменение климата.

Annotation: This article provides a scientific analysis of the role of plants in ecosystems, their importance in ensuring environmental sustainability, and their contribution to the prevention of natural and man-made emergencies. It is substantiated that the reduction of vegetation cover intensifies such threats as mudflows, desertification, air pollution, and climate change.

Key words: ecology, trees, shrubs, emergencies, mudflows, desertification, climate change.

Кириш: Ўсимликлар Ерда экологик мувозанатни сақлашда асосий ўрин тутди, “сайёранинг яшил қалқони” сифатида хизмат қилиб, ҳаёт учун зарур шарт-шароитларни таъминлайди. Уларнинг таъсири атмосфера, тупроқ ва иқлим жараёнларини қамраб олади, экологик фавқулодда вазиятларнинг олдини олиш эса бевосита ўсимлик қопламини сақлаш билан боғлиқ. Яшил ҳудудлар иссиқлик ва қуёш таъсирини камайтиради яъни ҳароратни 2-5°C гача пасайтиради, дарахтлар сояси ер юзаси қизишини 20-45% камайтиради ҳамда қулай муҳит яратади. Улар сув айланмасига таъсир қилиб, ҳаво намлиги ва ер ости сувлари даражасига таъсир кўрсатади.

Сўнгги йилларда дунёда табиий офатлар сони ортиб бормоқда: сел, қурғоқчилик, кучли шамоллар ва ер кўчишлари инсон фаолияти ва экологик мувозанатнинг бузилиши билан чамбарчас боғлиқ. Айниқса, ўрмонлар ва табиий ўсимлик қопламанинг қисқариши фавқулодда вазиятлар хавфини кескин оширади. Ўсимликлар нафақат экологик тизимнинг асосий қисми, балки табиий “ҳимоя қалқони” сифатида ҳам хизмат қилади.

Ўсимликлар кислороднинг асосий манбаи бўлиб, ис газини ютади(CO_2 , SO_2 , NO_x) ва инсон саломатлиги учун зарур бўлган кислородни чиқаради. Улар экологик мувозанатни сақлаш, тупроқ эрозиясини олдини олиш (эрозияни 50-90% гача камайтиради), сув манбаларини химоя қилиш ва иқлимни юмшатиш муҳитини яратади[2]. Бундан ташқари, дарахтлар шовқинни камайтиради (зич экилганда 5–15 dB гача), катта дарахт бир кунда 100-500 литргача сув буғлатиши мумкин бу ҳароратни пасайтиради ва ҳаво намлигини ошириб, иссиқ кунларда салқинлик яратади. Кенг баргли дарахтлар иқлим ўзгаришининг маҳаллий салбий таъсирини камайтиришга ёрдам бериши мумкин. Европада олиб борилган тадқиқотларга кўра, хусусан, иссиқ ҳарорат ҳаддан ташқари бўлганда, кенг баргли дарахтлар қуруқлик юзаси ҳароратини самарали пасайтиради. Шунингдек ўсимликлар шаҳар ва аҳоли пунктларида чанг, тутун ва заҳарли моддаларни филтрлаб, атроф-муҳитни тозалайди(1-жадвал).

Дарахт ва буталарнинг илдиз тизими тупроқни мустаҳкамлайди, ёмғир ва кучли шамол пайтида ювилишига йўл қўймайди шунингдек, ер ости сувларини сақлаб қолишга ёрдам беради.

Шунингдек, ўсимликлар биоиндикацияни ҳам белгилаб беради: ўсимликларнинг ҳолати (масалан, лишайниклар) орқали атроф-муҳит ифлосланиш даражасини баҳолаш мумкин[4]. Табиий офатлардан химоя: Ўсимликлар (ўрмонлар, химоя полосалари) табиий офатлардан химоя вазифасини бажаради яъни, чанг бўронлари ва қуруқ шамолларга қарши тўсиқ бўлиб хизмат қилади (шамол тезлигини 30-50% гача камайтиради), шунингдек, сув тошқинларининг салбий оқибатларини юмшатади.

1-жадвал.

Т/р	Ўсимликларнинг вазифаси	Экологик таъсири	Фавқулодда вазиятларга таъсири
1	Кислород ишлаб чиқариш	Ҳавони тозалайди	Инсон саломатлигини муҳофаза қилади
2	CO_2 , SO_2 , NO_x газларини ютиш	Атмосфера ифлосланишини камайтиради	Экологик хавфларни пасайтиради
3	Илдиз тизими тупроқни мустаҳкамлайди	Эрозияни 50–90% камайтиради	Сел ва ер кўчишини олдини олади
4	Ўрмон ва буталар намликни сақлайди	Сув айланмасини барқарорлаштиради	Сув тошқинлари хавфини камайтиради
5	Химоя ўрмон полосалари	Шамол тезлигини 30–50% пасайтиради	Чанг бўронлари ва довуллардан химоя қилади
6	Дарахтлар сояси	Ҳароратни 2–5°C пасайтиради	Иссиқлик тўлқинлари таъсирини юмшатади
7	Шовқинни ютиш	Акустик муҳитни яхшилайди	Шаҳар экологик стрессини камайтиради

Ўсимликлар нафақат экологик тизимнинг муҳим қисми, балки фавқулодда вазиятларнинг олдини олиш ва уларнинг оқибатларини камайтиришда бевосита иштирок этувчи табиий омил ҳисобланади. Уларнинг аҳамиятини фавқулодда вазиятлар билан боғлаб қуйидагича изоҳлаш мумкин:

Биринчи навбатда, табиий фавқулодда вазиятлар билан боғлиқлик. Сел, сув тошқини, ер кўчиши ва кучли шамоллар каби офатлар кўп ҳолларда ўсимлик қопламнинг камайиши натижасида юзага келади. Ўсимликларнинг илдиз тизими тупроқни мустаҳкамлаб, сув оқимини тартибга солади ва шу орқали сел ва ер кўчиши хавфини камайтиради. Масалан, тоғли ҳудудларда ўрмонларнинг сақланиши сел оқимини секинлаштириб, аҳоли пунктларини ҳимоя қилади. Демак, ўсимлик қопламини йўқотиш - табиий фавқулодда вазиятлар хавфини оширувчи асосий омиллардан бири ҳисобланади.

Республикада сел оқими ва сув тошқинлари хавфидан муҳофазалаш долзарб вазифалардан бири ҳисобланади. Шу боисдан эҳтимоли мавжуд хавфли ҳудудлар ўрганилиб чиқилган, махсус хариталар ва соҳага оид ҳуқуқий меъёрий ҳужжатлар ишлаб чиқилган.

Табиий фавқулодда вазиятларга олиб келувчи сел ва сув тошқинлари республикамиз ҳудудларида тез-тез юз бериб турадиган ҳодисалардан бирidir. Сув тошқини деганда дарё, кўл, канал ёки денгизда сув сатҳининг кўтарилиши, кучли, узоқ давом этувчи ёғингарчиликлар натижасида юз берувчи ерларни кўп миқдорда сув босиши тушунилади. Улар кўпроқ баҳор фаслида кузатилиб, нафақат одамлар ҳаётига, балки турар жойларга, ишлаб чиқариш объектларига ҳам юқори хавф туғдиради[6].

Дунё ҳамда мамлакатимизнинг ўрмончилик тажрибаси шуни кўрсатадики, тоғ қияликларида ўрмон қатламини сақлаб қолиш, ўрмончиликни ташкил этиш тоғ ландшафтларини мўътадиллаштиришнинг, жумладан, сел тошқинларини камайтириб ҳатто уни бартараф этишнинг энг муҳим факторлардан бири ҳисобланади.

Ўрмон ўсимликлари билан қопланган қияликларда дарахт шох-шаббалари чириндисининг ўзи ёғинларнинг маълум бир қисмини тутати ва сувнинг кўпайиб, тошқин ҳосил бўлишига йўл бермайди(1-расм).

Япроқ, игнабарг ва бошқа ўсимлик новдаларининг тўкилишидан ҳосил бўлган чиринди туфайли ўзига хос тўшама – ўсимликлар чириндисидан иборат тўпроқнинг юза қатлами намликни сўриб олувчи энг қулай омил ҳисобланади. Ерга қоришган тўшаманинг бир қисми тўпроқ таркибини ўғит билан бойитибгина қолмай тўпроқнинг юқори қатламининг физик-механик хусусиятини ижобий томонга ўзгартириб, унинг қисм ҳамда структурасини кенгайтириб, тўпроқ таркибидаги сувнинг филтрланишини кучайтиради.

Бунинг устига бундай тўшама тўпроқ фаунаси, шу жумладан ёмғир чувалчанглари ва каламушлар учун зарурий озуқа ҳисобланиб, уларнинг фаолияти туфайли сувнинг ерга сингиши янада ортади[1].



1-расм. Қияликларда ўсимликлардан фойдаланиш

Ўтсимонларнинг тўпроқ усти тирик қатлами худди шунга ўхшаш вазифани бажариб, баъзан қалин чим ҳосил қилади, шунингдек у сувни тутиб қолиш ва сув ютувчилик хусусиятларига ҳам эга. Чуқур илдиз отган ўсимликлар тик қияликлар ва тупроқни барқарорлаштиради, офатларга олиб келадиган оммавий ҳаракатларнинг масалан, кўчкининг олдини олади

Иккинчи жиҳат - экологик фавқулодда вазиятлар. Чўлланиш, тупроқ деградацияси ва ҳаво ифлосланиши каби ҳолатлар ҳам фавқулодда вазиятлар қаторига киради. Ўсимликлар атмосферани тозалаб, углерод газини камайтиради ва кислород ишлаб чиқаради. Ўсимликларнинг энг муҳим таъсиридан бири бу ҳавони зарарли ифлослантирувчи моддалар ва чангдан тозалаш қобилиятидир. Ўсимлик барглари чанг зарралари ва зарарли моддаларни 70% гача ушлаб турадиган табиий филтёр вазифасини бажаради. Бу борада игнабаргли дарахтлар айниқса самаралидир, чунки уларнинг игналарининг қатронли юзаси ифлослантирувчи моддаларни адсорбциялаш қобилиятига эга. Бир гектар ўрмон йилига 70-80 тоннагача чангни ушлаб туришини илмий тадқиқотлар тасдиқлайди[7].

Агар ўсимлик қоплами камайса, бу экологик инқирозга, яъни катта ҳудудларнинг чўлланишига олиб келиши мумкин. Атроф-муҳит ва яшил ҳудудларни муҳофаза қилиш инсон саломатлигига ижобий таъсир кўрсатади ва экологик муаммолар сабабли келиб чиқадиган касалликларни камайтиради[8,9].

Саноат зоналари атрофида ҳимоя полосаларини барпо этиш ва кўкаламзорлаштириш учун барқарор ўсимлик турларидан фойдаланиш зарарли чиқиндиларни зарарсизлантиришга ёрдам беради ва экологик муаммолар хавфини камайтиради.

Учинчи жиҳат - техноген фавқулодда вазиятлар билан боғлиқлик. Саноат корхоналари ва транспорт воситалари чиқарадиган зарарли моддалар ҳавони ифлослантиради.

Дунёда миқёсида қарайдиган бўлсак, Россиянинг энг йирик шаҳри ҳисобланган Москвада ҳам жиддий ижтимоий-экологик муаммоларга дуч келмоқда. Энг аввало, муаммо атмосфера ва атроф-муҳитнинг техноген ифлосланиши билан боғлиқ бўлиб, бу ҳолат давлатнинг кўплаб шаҳар ҳудудлари учун хосдир. Деярли барча ҳудудларда бўлгани каби автомобил ва бошқа транспорт воситалари, шунингдек, саноат, энергетика ва бошқа техноген объектлар фаолияти натижасида ҳаво ва тупроқнинг ифлосланиши муаммоси долзарблигича қолмоқда. Афсуски, кўплаб шаҳарларда бўлгани каби, энг муҳим ижтимоий-экологик муаммолардан бири - атроф-муҳитдаги техноген ўзгаришлар натижасида аҳоли саломатлигининг ёмонлашишидир [5].

Мамлакатлар учун техноген чиқиндилар ва кимёвий ифлосланиш умумий тенденция ҳисобланади, ва афсуски, Тошкент ҳам бу борада истисно эмас. Шу муносабат билан, пойтахт мегаполиси ва унинг атроф ҳудудларида юзага келадиган ноқулай ижтимоий-экологик вазиятни яхшилашга қаратилган экологиклаштирилган чора-тадбирларни изчил муҳофама қилиш ва асослаш зарур.

Атроф-муҳит ифлосланишининг асосий манбалари

1. Автотранспорт. Замонавий тадқиқотлар шуни кўрсатадики, ҳавосининг ифлосланишида асосий улуш автотранспорт ҳиссасига тўғри келади [1]. Йўл ҳаракати зичлигининг юқори бўлиши қуйидаги угар газ (CO), азот диокси (NO_2), углеводородлар, қаттиқ заррачалар (PM_{10} ва $\text{PM}_{2.5}$) моддаларнинг катта миқдорда чиқишига олиб келади:

2. Саноат чиқиндилари. Шаҳар ҳудудида саноат ишлаб чиқариш ҳажми қисқарганига қарамасдан, заводлар ва иссиқлик электр станциялари экологик ҳолатга таъсир кўрсатишда давом этмоқда. Асосий ифлослантирувчи моддалар: олтингургурт оксидлари (SO_2), азот оксидлари (NO_x), оғир металллар [4].

3. Уй-жой коммунал хўжалиги. Иситиш мавсумида атмосферага тушадиган юклама ошади. Бу турар жой ва тижорат биноларини иситиш учун ёқилғи ёқилиши билан боғлиқ. Натижада ҳавога: қурум заррачалари, олтингургурт диокси (SO_2) ва бошқа зарарли моддалар чиқарилади.

Дарахт ва буталар эса табиий филтёр вазифасини бажариб, ушбу зарарли газларни ютиб қолади. Бу эса аҳоли саломатлигига таҳдид солувчи ҳолатларни, яъни экологик-санитар фавқулодда вазиятларнинг олдини олишга хизмат қилади [3].

2025 - йилда россиялик олимлар томонидан олиб борилган тадқиқотларда атроф-муҳитни муҳофаза қилишда турли хил ўсимликларнинг самарадорлиги аниқланган [7] (2-жадвал).

2-жадвал.

Ўсимлик тури	Ҳавони тозалаш самарадорлиги (%)	Тупроқни ушлаб туриш (кг/м^2)	CO_2 ютилиши (т/га)
Игнабаргли дарахтлар	70-80	15-20	10-12

Япроқбаргли дарахтлар	60-70	10-15	8-10
Буталар	50-60	8-12	6-8
Ўт ўсимликлар	40-50	5-10	4-6

Жадвал маълумотларини таҳлил қилиб, шуни таъкидлаш мумкинки, игнабаргли дарахтлар энг самарали экологик ҳимоячилардир. Улар барча асосий кўрсаткичларда бошқа турлардан устун туради. Бироқ, ҳар хил ўсимлик турларидан биргаликда фойдаланиш уларнинг хусусиятлари туфайли максимал самарани беради.

Шунингдек, дарахтлар кучли шамоллар ва довуллар таъсирини ҳам камайтиради. Улар шамол тезлигини пасайтириб, бинолар ва инфратузилмаларга етказиладиган зарарни камайтиради. Айниқса, ҳимоя ўрмон йўлаклари (лесополоса) қишлоқ хўжалиги ерларини ва аҳоли яшаш жойларини табиий офатлардан муҳофаза қилади.

Хулоса сифатида айтиш мумкинки, ўсимликлар фавқулодда вазиятлар тизимида профилактик (олдини олувчи) восита сифатида катта аҳамиятга эга. Улар сел ва тошқинларни камайтиради, ер кўчишини олдини олади, чўлланишни секинлаштиради, иқлим хавфлари оқибатларини юмшатади ва экологик барқарорликни таъминлайди. Ўсимликларни муҳофаза қилиш ва кўпайтириш - экологик хавфсизликнинг асосий шартидир.

Шу боисдан, фавқулодда вазиятларни бошқариш сиёсатида кўкаламзорлаштириш, ўрмонларни тиклаш ва табиий ўсимлик қопламини муҳофаза қилиш муҳим стратегик йўналиш сифатида қаралиши лозим.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР:

1. Bonan, G. B. Forests and climate change: Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Sc*, 2008, Vol. 320, №. 5882, 1444–1449.
2. Ellison, D., Morris, C. E., Locatelli, B., et al. Trees, forests and water: Cool insights for a hot world. *Global Environmental Change*, 2017, V 43, 51-61.
3. FAO (Food and Agriculture Organization). Forests and water – International momentum and action. *FAO Forestry Paper*, 2013, №-155. 1-60.
4. Jose, S. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. *Agroforestry Systems*, 2009, Vol. 76, No. 1, pp. 1–10.
5. Lal, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 2004, Vol. 304, No. 5677, pp. 1623–1627.
6. Raxmonov Sh.V. Turgunov A.A Сел ва сув тошқинларининг келиб чиқиш сабаблари, оқибатлари ва олдини олиш чора тадбирлари "Экономика и социум" №4(95)-3 2022, 874-880 б)
7. <https://geoglass.ru/>
8. Гринин А. С., Новиков В. Н Экологическая безопасность. Защита территории и населения при чрезвычайных ситуациях. Учебное пособие/. -М.: Фаир - Пресс, 2002.
9. Шевченко В., Бузин Б. Еще раз о классификации чрезвычайных ситуаций // «Гражданская защита» N 2. 2003.

УДК: 614.86 : 004.932

Писецкий Ю.В. DSc, профессор, *Вотинов К.А. PhD, Абдурахманова З.Ш.*
Ташкентского университета информационных технологий
имени Мухаммада ал-Хоразмий

АЛГОРИТМЫ МАРШРУТИЗАЦИИ В МЕГА-СОЗВЕЗДИЯХ ЛЕО-СПУТНИКОВ ДЛЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Аннотация. В работе рассматривается задача маршрутизации трафика в низкоорбитальных спутниковых мега-созвездиях — ключевом инструменте связи при ликвидации чрезвычайных ситуаций и мониторинге зон бедствий. Проведён сравнительный анализ классических алгоритмов (DT-DVTR, Virtual Node), подходов на основе программно-определяемых сетей (SDN) и методов глубокого обучения с подкреплением (DRL-ER, GDRL-SFCR). Предложена методика выбора алгоритмов на основе ключевых метрик: задержка, служебный трафик, масштабируемость, вычислительные ресурсы и соответствие QoS. Показано, что классические методы эффективны для малых систем, тогда как для мега-созвездий предпочтительны гибридные архитектуры, объединяющие SDN и интеллектуальные механизмы маршрутизации.

Ключевые слова: низкоорбитальные спутники, мега-созвездия, маршрутизация, SDN, DRL, QoS, межспутниковые каналы, чрезвычайные ситуации, мониторинг зон бедствий.

Введение. Стремительный рост орбитальных группировок низкоорбитальных (LEO) спутников кардинально изменил представления о возможностях спутниковой связи. Если в начале 2010-х годов речь шла о десятках аппаратов, то к 2025 году только группировка Starlink превысила 7 000 действующих спутников, а совокупное число аппаратов в LEO-орбитах перевалило за 10 000 единиц [1, 2]. Подобный масштаб открывает принципиально новые возможности для широкополосного доступа в труднодоступных регионах и низкозадержанных сервисов глобального охвата, однако порождает и принципиально новые инженерные вызовы.

Существующие решения охватывают широкий спектр подходов: от классических детерминированных алгоритмов, использующих предрассчитанные таблицы маршрутизации, до интеллектуальных методов на основе глубокого обучения с подкреплением. Особую значимость эффективная маршрутизация приобретает в сценариях чрезвычайных ситуаций: при разрушении наземной инфраструктуры вследствие стихийных бедствий или техногенных катастроф LEO-созвездия обеспечивают резервный канал связи для координации аварийно-спасательных операций [3]. Несмотря на значительный объём публикаций по данной тематике, систематизированной методики сравнительной оценки и обоснованного выбора алгоритма маршрутизации в зависимости от эксплуатационных условий до настоящего времени предложено не было.

Цель настоящей работы – систематизировать существующие подходы к маршрутизации в LEO-мега-созвездиях и предложить методику

выбора алгоритма на основе ключевых эксплуатационных метрик. Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи: анализ специфики маршрутизации в низкоорбитальных сетях; обзор и характеристика основных классов алгоритмов; их сравнительная оценка по унифицированному набору метрик; формирование практических рекомендаций по выбору алгоритма.

Обзор литературы: Тематика маршрутизации в спутниковых сетях исследуется с начала 2000-х годов, однако резкое расширение масштабов группировок дало новый импульс этому направлению. Сорокин М.Ю. и соавторы [8] провели детальный анализ применимости стандартных протоколов динамической маршрутизации в низкоорбитальных сетях и показали, что ни OSPF, ни BGP не обеспечивают приемлемой эффективности вследствие лавинообразного роста служебного трафика при частых изменениях топологии. В качестве альтернативы авторы рассматривают алгоритм DT-DVTR, основанный на принципе дискретного виртуального времени.

Концепция Virtual Node, позволяющая абстрагировать логическую топологию от физического положения спутников, подробно исследована в работе Li Y. и соавторов [9]. Авторы демонстрируют, что привязка маршрутной таблицы к географической области, а не к конкретному аппарату, существенно снижает частоту пересчёта маршрутов и уменьшает служебный трафик при передаче состояния между сменяющимися друг друга спутниками в зоне обслуживания.

Переход к программно-определяемым сетям (SDN) в контексте спутниковых созвездий рассмотрен в работе Stock G. и соавторов [6], которые на примере Starlink показали, что централизованное управление позволяет снизить задержку передачи данных на 20–35% и сократить объём служебного трафика на 30-40% относительно распределённых классических алгоритмов. Принципиальным ограничением SDN остаётся необходимость поддержания надёжного канала между наземным контроллером и бортовым оборудованием.

Применение методов глубокого обучения с подкреплением (DRL) для задач маршрутизации в LEO-сетях исследуется достаточно активно в последние годы. Liu J. и соавторы [7] предложили алгоритм DRL-ER, учитывающий не только сетевые характеристики, но и энергетический баланс спутника, моделируя принятие решений о маршрутизации как марковский процесс. Архитектура GDRL-SFCR [10], объединяющая графовые нейронные сети (GNN) с модулем DRL, позволяет учитывать функциональные ограничения сервисов и обеспечивает адаптацию к изменениям топологии в режиме реального времени. Апробация многопутевой DRL-маршрутизации на модели Starlink Phase 1 (1 584 спутника) выполнена в работе Liu Y. и соавторов [11].

Инфраструктурные характеристики действующих мега-созвездий подробно охарактеризованы в работах Mohan N. [1], Zhao J. [4] и в технической документации Amazon Kuiper [5]. Актуальные данные о

параметрах группировок позволяют проводить сравнительную оценку алгоритмов применительно к реальным эксплуатационным условиям.

Применение беспилотных авиационных систем в задачах реагирования на чрезвычайные ситуации рассмотрено в работе Арипходжаевой М.Б. и Сулейманова А.А. [12], в которой исследуются подходы к повышению адаптивности подразделений в условиях ЧС с использованием БПЛА. Вопросы экспертной оценки сейсмического риска с учётом уязвимости объектов промышленной зоны проанализированы в работе Саманова Р.Х. и соавторов [13], что актуально для формирования профилей QoS-требований при мониторинге опасных зон.

Таким образом, существующая литература охватывает отдельные классы алгоритмов, однако единая методика их сравнительной оценки и выбора с учётом масштаба созвездия и профиля QoS-требований остаётся невыработанной – что и определяет актуальность настоящей работы.

Методология исследования: Исследование построено на методе системного сравнительного анализа: для каждого рассматриваемого алгоритма маршрутизации определён единый набор метрик оценки, после чего алгоритмы сопоставляются по этим метрикам в зависимости от масштаба созвездия и эксплуатационных условий.

Объектом исследования выступают алгоритмы маршрутизации, применяемые или рассматриваемые к применению в коммерческих LEO-мега-созвездиях: DT-DVTR, Virtual Node, SDN-подход, DRL-ER и GDRL-SFCR. Выбор перечисленных алгоритмов обусловлен их присутствием в актуальной научно-технической литературе и практической значимостью для действующих систем (Starlink, OneWeb, Amazon Kuiper).

В качестве источников данных использованы результаты опубликованных экспериментальных исследований и натурных измерений параметров действующих группировок [1–11]. Собственный эксперимент не проводился; применяется метод вторичного анализа данных с последующим синтезом в форме сравнительной таблицы и методики выбора.

Для оценки алгоритмов определены следующие метрики:

- задержка передачи данных (end-to-end latency, мс);
- объём служебного трафика (control overhead);
- масштабируемость (применимость при росте числа спутников);
- потребление бортовых ресурсов;
- скорость адаптации к изменениям топологии;
- соответствие требованиям QoS (задержка <50 мс, джиттер <10 мс, потери <0,5%) [2].

Ключевая метрика задержки формализуется через сквозную задержку передачи трафика d по маршруту $Path_d$ [10]:

$$Delay_d = \sum_{e_{ij} \in Path_d} \frac{B_{v_d}}{R(i,j)} \quad (1)$$

где B_{vd} - объём данных трафика d ; $R(i,j)$ - скорость передачи на канале (i,j) . Данное выражение непосредственно обосновывает пороговое значение задержки менее 50 мс, принятое в настоящей работе как критерий соответствия QoS.

Методика выбора алгоритма формируется как набор рекомендаций, сопоставляющих диапазоны значений определяющих параметров (масштаб созвездия, приоритет QoS, наличие энергетических ограничений) с предпочтительным классом алгоритмов.

Анализ и результаты:

Характеристика исследуемых созвездий

Низкоорбитальные спутники функционируют на высотах от 340 до 1 400 км и обеспечивают задержку распространения сигнала в диапазоне 20-70 мс [1, 2], что принципиально отличает их от геостационарных систем с задержкой порядка 600 мс. Основные параметры действующих и развёртываемых мега-созвездий приведены в таблице 1.

Данные таблицы 1 свидетельствуют о значительном разбросе параметров между системами: высота орбиты варьируется от 480 до 1 200 км, минимальный угол подъёма – от $8,2^\circ$ до 40° , что непосредственно влияет на скорость смены топологии и, следовательно, на требования к алгоритмам маршрутизации. Наиболее динамичная топология характерна для Starlink (высота 480-550 км, период обращения ~90-95 мин), наименее – для Iridium NEXT (высота 780 км).

Таблица 3.

Основные параметры негеостационарных спутниковых созвездий

Система	Диапазоны частот	Орбита	Число спутников (план / на орбите)	Высота, км	Min угол подъёма	Пок-рытие	Статус
Starlink	Ku, Ka, V	LEO	42 000 / ~7 000-11 000	550/480	$25-40^\circ$	100%	Операционная
OneWeb	Ku, Ka	LEO	648 / 648 (Gen-1)	1 200	10°	100%	Операционная
Amazon Kuiper	Ka	LEO	3 236 / ~200	590-630	н/д	н/д	Развёртывание
Iridium NEXT	L, Ka	LEO	66 / 66 + резерв	780	8.2°	100%	Операционная

Скорость смены топологии определяется числом межспутниковых переходов (ISL hops). Для созвездия Walker Delta с P орбитальными плоскостями минимальное число межплоскостных переходов вычисляется по формулам [6]:

$$H_h^{\rightarrow} = \left\lfloor \frac{\Delta L_0}{\Delta \Omega} \right\rfloor, \quad H_h^{\leftarrow} = \left\lfloor \frac{2\pi - \Delta L_0}{\Delta \Omega} \right\rfloor \quad (2)$$

где ΔL_0 - разность долгот восходящих узлов; $\Delta\Omega = 2\pi/P$ - угловой интервал между соседними орбитальными плоскостями; N_v - число внутрисекторных переходов. Минимальное суммарное число переходов составляет:

$$N_{min} = \min\{H_h^{\leftarrow} + H_v^{\rightarrow}, H_h^{\leftarrow} + H_v^{\leftarrow}, H_h^{\rightarrow} + H_v^{\rightarrow}, H_h^{\rightarrow} + H_v^{\leftarrow}\} \quad (3)$$

Приведённые формулы количественно обосновывают вывод о росте требований к памяти алгоритма DT-DVTR с увеличением масштаба созвездия и формируют формальную основу для сравнения вычислительной сложности алгоритмов.

Описание алгоритмов маршрутизации

Алгоритм DT-DVTR (Discrete-Time Dynamic Virtual Topology Routing) использует детерминированную периодичность изменений топологии ЛЕО-созвездий. Временная ось разбивается на интервалы стационарности, внутри которых граф сети считается фиксированным. Для каждого интервала заблаговременно рассчитывается полная таблица маршрутизации; в бортовой памяти хранится набор таблиц с переключением по расписанию [8]. Принципиальным ограничением является линейный рост требований к памяти с увеличением числа спутников: при масштабе Starlink это составляет 5-15 ГБ на аппарат [6].

Алгоритм Virtual Node вводит слой абстракции между физической и логической топологией. Виртуальные узлы привязаны к фиксированным географическим областям; конкретный спутник, обслуживающий область в данный момент, является лишь текущим носителем виртуального узла. При уходе спутника из зоны его маршрутное состояние передаётся приемнику. Протокол маршрутизации взаимодействует с неизменной виртуальной топологией, что существенно снижает частоту пересчёта маршрутов [9]. Алгоритм лучше масштабируется по сравнению с DT-DVTR, однако вносит дополнительный служебный трафик в момент передачи состояния.

SDN-подход переносит логику маршрутизации с бортового оборудования на наземный программный контроллер. Глобальное представление о состоянии сети позволяет контроллеру вычислять оптимальные маршруты и распространять их по всей группировке централизованно. По данным [6], это обеспечивает снижение задержки на 20-35% и уменьшение служебного трафика на 30-40% относительно распределённых алгоритмов. Уязвимостью архитектуры является чувствительность к потере связи с контроллером и концентрация вычислительной нагрузки на наземном сегменте.

Алгоритм DRL-ER формализует задачу маршрутизации как марковский процесс принятия решений (MDP), в котором агент одновременно оптимизирует использование пропускной способности канала и энергетический баланс спутника. Стратегия воспроизведения опыта (experience replay) обеспечивает устойчивое обучение при нестационарной среде [7]. Алгоритм показывает высокую адаптивность к

изменениям нагрузки, однако требует значительных ресурсов для предварительного обучения модели.

Архитектура GDRL-SFCR (Graph-based Deep Reinforcement Learning for Service Function Chain Routing) объединяет графовую нейронную сеть (GNN) с модулем DRL. GNN агрегирует информацию о топологии, свойствах узлов и каналов, формируя векторное представление состояния сети. Многослойный перцептрон (MLP) преобразует эти признаки в текущее состояние, на основе которого DRL-агент принимает решение о следующем узле маршрута [10]. Такой подход позволяет учитывать функциональные ограничения сервисов и обеспечивает онлайн-адаптацию к изменениям топологии.

Сравнительная оценка алгоритмов: На основе определённых в разделе 3 метрик проведена сравнительная оценка пяти рассмотренных алгоритмов. Результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 2.

Сравнительная характеристика алгоритмов маршрутизации

Алгоритм	За-держка	Служеб-ный трафик	Масштаби-руемость	Бортовые ресурсы	Адаптация к топологии	Область применения
DT-DVTR	Низкая (предрасщ.)	Минималь-ный	Ограничен-ная (<1 000 спутн.)	Высокие (5–15 ГБ/спутн.)	Дискретная, по расписанию	Малые созвездия
Virtual Node	Низкая	Умерен-ный	Средняя	Умерен-ные	Постепен-ная	Средние созвездия
SDN	Снижение 20–35%	Снижение 30–40%	Высокая	Умерен-ные	Централи-зов., быстрая	Мега-созвездия (Starlink, OneWeb)
DRL-ER	Адаптивная <50 мс	Умерен-ный	Высокая	Высокие (обучение)	Полная, онлайн	Мега-созвездия, энергоограни-чения
GDRL-SFCR	Оптим. (GNN+DRL)	Умерен-ный	Высокая	Высокие (GNN+MLP +DRL)	Полная, онлайн	Мега-созвездия, QoS-требования

Из таблицы 2 следует, что ни один алгоритм не является универсально оптимальным по всем метрикам. DT-DVTR обеспечивает минимальный служебный трафик и предсказуемую задержку, но нереализуем при большом числе спутников из-за объёма памяти. Virtual Node улучшает масштабируемость ценой умеренного роста служебного трафика при передаче состояния. SDN даёт наилучшие количественные показатели по задержке и трафику при высокой масштабируемости,

однако вносит единую точку отказа. Методы DRL демонстрируют наибольшую гибкость и потенциал по QoS, но требуют значительных ресурсов на этапе обучения.

Следует также отметить тенденцию к конвергенции подходов в реальных коммерческих системах: Starlink и OneWeb применяют гибридные архитектуры, в которых SDN обеспечивает базовое управление, а элементы машинного обучения используются для оптимизации отдельных аспектов маршрутизации.

Наглядное сравнение алгоритмов по всем пяти метрикам представлено на рисунке 1.

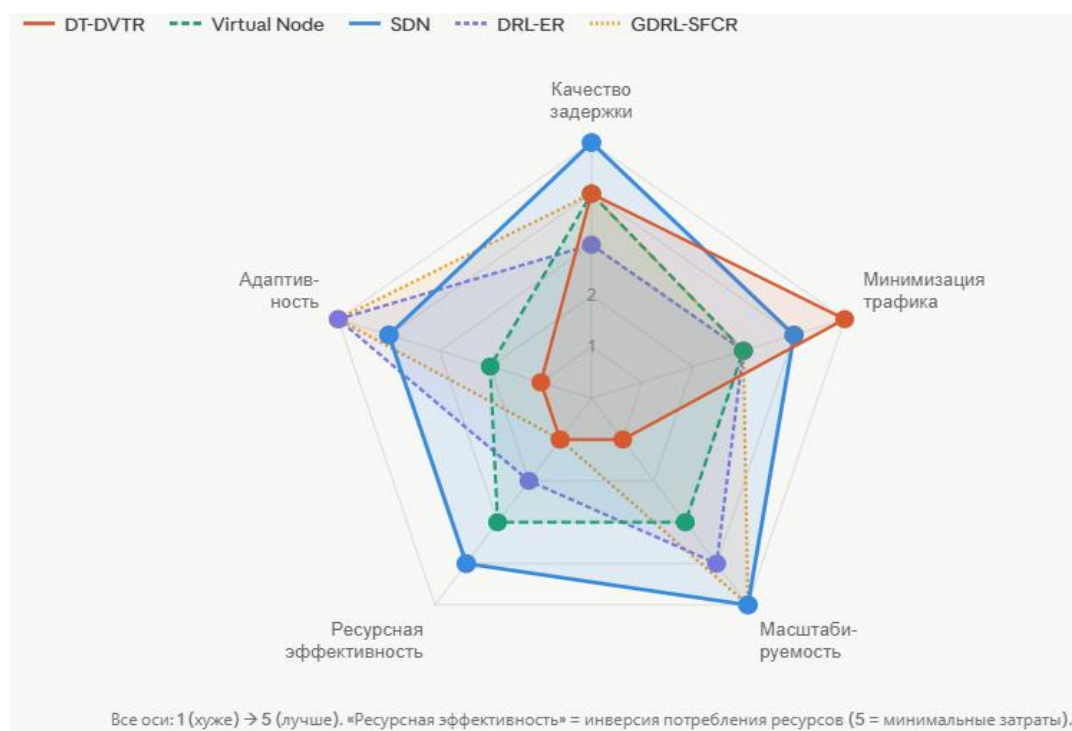


Рисунок 1. Сравнительная оценка алгоритмов маршрутизации по ключевым метрикам

Из рисунка 1 видно, что алгоритмы образуют три отчетливых кластера. Классические методы (DT-DVTR, Virtual Node) демонстрируют наименьшую задержку и минимальный служебный трафик, однако существенно уступают по масштабируемости. SDN-подход обеспечивает наилучшее сочетание задержки и служебного трафика при высокой масштабируемости. Методы глубокого обучения с подкреплением (DRL-ER, GDRL-SFCR) лидируют по адаптивности к топологии и потенциалу QoS, однако требуют значительных бортовых ресурсов. Результат подтверждает необходимость гибридных архитектур для мега-созвездий.

Методика выбора алгоритма: На основе результатов сравнительного анализа предлагается следующая методика выбора алгоритма маршрутизации. Методика представляет собой матрицу решений, в которой определяющими параметрами выступают масштаб созвездия и приоритет QoS (таблица 3).

Таблица 3.

Методика выбора алгоритма маршрутизации

Масштаб созвездия	Приоритет QoS	Рекомендуемый подход
До 1 000 спутников	Умеренный	DT-DVTR или Virtual Node
1 000–5 000 спутников	Высокий	SDN с централизованным контроллером
Более 5 000 спутников	Критический	Гибридная архитектура SDN + DRL
Любой масштаб, энергоограничения	Высокий	DRL-ER или GDRL-SFCR

Применение в системах мониторинга ЧС (любой масштаб): гибридная архитектура SDN + DRL с повышенными требованиями к отказоустойчивости и резервированию наземных каналов управления.

При применении методики необходимо учитывать ряд дополнительных условий. Во-первых, переход к DRL-методам оправдан лишь при наличии достаточной вычислительной мощности как на бортовом, так и на наземном сегменте. Во-вторых, для систем с энергетическими ограничениями (малые аппараты, созвездия на высоких LEO-орбитах) алгоритм DRL-ER предпочтителен перед GDRL-SFCR ввиду меньших требований к бортовым ресурсам. В-третьих, гибридная архитектура SDN + DRL требует обеспечения надёжного канала между контроллером и группировкой, что необходимо учитывать при проектировании наземного сегмента. Алгоритм принятия решения показан на рисунке 2.

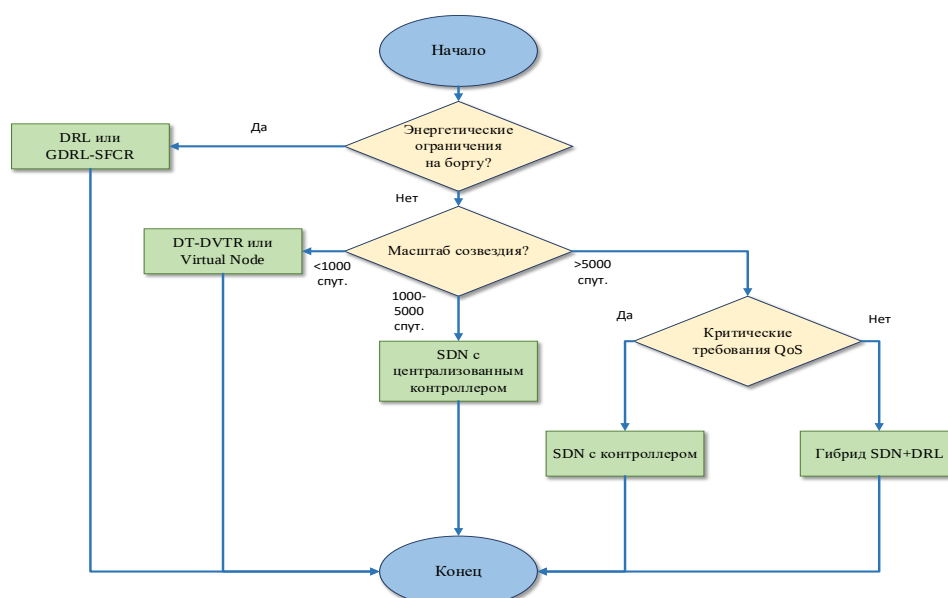


Рисунок 2. Алгоритм принятия решения о выборе типа маршрутизации

Представленный алгоритм носит рекомендательный характер и может быть адаптирован под конкретные эксплуатационные условия, в том числе применительно к задачам мониторинга чрезвычайных

ситуаций и обеспечения связи в зонах бедствий, где требования к надёжности и задержке передачи данных являются критическими. Окончательный выбор архитектуры маршрутизации следует производить с учётом актуальных характеристик конкретной группировки и профиля нагрузки в рамках решаемой прикладной задачи.

Заключение и рекомендации: В настоящей работе проведена систематическая сравнительная оценка пяти ключевых алгоритмов маршрутизации, применяемых в низкоорбитальных спутниковых мега-созвездиях, и предложена методика их выбора в зависимости от масштаба группировки и эксплуатационных требований.

Основные результаты работы состоят в следующем. Классические детерминированные алгоритмы – DT-DVTR и Virtual Node – сохраняют конкурентоспособность для созвездий численностью до 1 000 спутников, обеспечивая предсказуемую задержку при минимальном служебном трафике. При переходе к масштабам современных коммерческих мега-созвездий (тысячи и десятки тысяч аппаратов) указанные алгоритмы утрачивают применимость вследствие неприемлемых требований к бортовой памяти и пропускной способности служебных каналов.

Архитектура SDN с централизованным контроллером обеспечивает наилучшее соотношение задержки и служебного трафика при высокой масштабируемости, что объясняет её принятие ведущими коммерческими операторами. Методы глубокого обучения с подкреплением – DRL-ER и GDRL-SFCR – перспективны для сценариев с динамической нагрузкой и жёсткими требованиями QoS, однако их практическое развёртывание сопряжено со значительными ресурсными затратами на предобучение.

Предложенная методика выбора алгоритма (таблица 3) систематизирует указанные закономерности и может служить практическим инструментом при проектировании систем маршрутизации для LEO-созвездий различного масштаба, в том числе применяемых в интересах систем мониторинга чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка адаптивных гибридных архитектур, объединяющих централизованное SDN-управление с распределёнными DRL-агентами, а также оценка их применимости в контексте интеграции LEO-созвездий в инфраструктуру сетей шестого поколения (6G).

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Mohan N., et al. A Multifaceted Look at Starlink Performance // Proceedings of the ACM Web Conference 2024 (WWW '24). – 2024. – P. 2723–2734. DOI: 10.1145/3589334.3645328
2. MDPI Electronics. Mitigating DDoS Attacks in LEO Satellite Networks Through Bottleneck Minimize Routing // Electronics. – 2025. – Vol. 14(12). – Art. 2376. DOI: 10.3390/electronics14122376

3. Debnath S., Arif W., Roy S., Baishya S., Sen D. A Comprehensive Survey of Emergency Communication Network and Management // *Wireless Personal Communications*. – 2022. – Vol. 124, No. 2. – Pp. 1375–1421. DOI: 10.1007/s11277-021-09411-1
4. Zhao J., Perrin O., Ahangarpour A., Pan J. Measuring the OneWeb Satellite Network // *2025 IEEE/IFIP Network Traffic Measurement and Analysis Conference (TMA'25)*. – 2025. DOI: 10.23919/TMA66427.2025.11096999
5. Amazon Leo Technical Documentation. eoPortal – Project Kuiper. – 2024. – URL: <https://www.eoportal.org/satellite-missions/project-kuiper>
6. Stock G., Fraire J.A., Hermanns H. Distributed On-Demand Routing for LEO Mega-Constellations: A Starlink Case Study // *arXiv:2208.02128v2*. – 2023.
7. Liu J., Zhao B., Xin Q., Su J., Ou W. DRL-ER: An Intelligent Energy-aware Routing Protocol with Guaranteed Delay Bounds in Satellite Mega-constellations // *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*. – 2020. DOI: 10.1109/TNSE.2020.3039499
8. Sorokin M.Yu. et al. Analiz primenimosti standartnyh protokolov dinamicheskoy marshrutizatsii v setyah sputnikovoy svyazi na osnove nizkoorbitalnyh kosmicheskikh apparatov [Analysis of applicability of standard dynamic routing protocols in satellite communication networks based on LEO spacecraft] // *Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informacionnye sistemy*. – 2021. – T. 8, No. 4. – Pp. 63–71. (in Russian).
9. Li Y., et al. Stable Hierarchical Routing for Operational LEO Networks // *ACM MobiCom*. – 2024.
10. Chen Y., Cao H., Wang L., Chen D., Liu Z., Zhou Y., Shi J. Deep Reinforcement Learning-Based Routing Method for Low Earth Orbit Mega-Constellation Satellite Networks with Service Function Constraints // *Sensors*. – 2025. – Vol. 25, No. 4. – Art. 1232. DOI: 10.3390/s25041232
11. Liu Y., et al. Multipath Cooperative Routing in Ultradense LEO Satellite Networks // *IEEE Internet of Things Journal*. – 2025. – Vol. 12, No. 2.
12. Aripkhodzhaeva M.B., Suleymanov A.A. Adaptivnost' podrazdeleniy v slozhnykh usloviyakh CHS s primeneniem BPLA [Adaptability of units in complex emergency conditions using UAVs]. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – (1. Auflage) (in Russian).
13. Samanov R.Kh., Suleymanov A.A., Abdurakhmanova A.Dzh., Ismailov M., Eshnazarov A.B. Ekspertnaya otsenka seysmicheskogo riska s uchetom uyazvimosti ob'yektov promyshlennoy zony [Expert assessment of seismic risk considering the vulnerability of industrial zone facilities] // *Innovation Technosystems*. – 2021. – Vol. 1, No. 1/1 (ISSN 2181-2152). – Pp. 64–67. (in Russian).

УДК 629.7 : 614.8

Арипходжаева М.Б. д.ф.т.н.(PhD), доцент, Сирожиддинходжаев Б.К.
Ташкентский государственный технический университет
имени Ислама Каримова кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

РАЗВИТИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ АВИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Аннотация: Современная авиация представляет собой высокотехнологичную систему, в которой безопасность занимает центральное место, в условиях чрезвычайных ситуаций эффективность реагирования определяется уровнем внедрения инновационных технологий. В статье рассматриваются современные технологические решения, применяемые в авиации для предотвращения диагностики и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, а также проводится их сравнительный анализ.

Ключевые слова: авиационная безопасность, чрезвычайные ситуации, инновационные технологии, диагностика отказов, системы мониторинга, искусственный интеллект, автоматизация, управление рисками, предотвращение аварий, ликвидация последствий, авиационные системы, анализ данных, надежность, безопасность полетов.

Annotation: Modern aviation is a high-tech system in which safety occupies a central role. In emergency situations, the effectiveness of response is determined by the level of implementation of innovative technologies. This article examines modern technological solutions used in aviation to prevent, diagnose, and mitigate the consequences of emergencies, and also provides their comparative analysis.

Key words: aviation safety, emergency situations, innovative technologies, fault diagnostics, monitoring systems, artificial intelligence, automation, risk management, accident prevention, consequence mitigation, aviation systems, data analysis, reliability, flight safety.

Annotatsiya: Zamonaviy aviatsiya yuqori texnologiyalarga asoslangan tizim bo'lib, unda xavfsizlik markaziy o'rinni egallaydi. Favqulodda vaziyatlar sharoitida tezkor va samarali javob choralari ko'rish innovatsion texnologiyalarni joriy etish darajasiga bog'liq. Ushbu maqolada aviatsiya sohasida favqulodda vaziyatlarning oldini olish, diagnostika qilish va ularning oqibatlarini bartaraf etish uchun qo'llanilayotgan zamonaviy texnologik yechimlar ko'rib chiqiladi, shuningdek ularning qiyosiy tahlili amalga oshiriladi.

Kalit so'zlar: aviatsiya xavfsizligi, favqulodda vaziyatlar, innovatsion texnologiyalar, nosozliklarni diagnostika qilish, monitoring tizimlari, sun'iy intellekt, avtomatlashtirish, xavflarni boshqarish, avariylarni oldini olish, oqibatlarni bartaraf etish, aviatsiya tizimlari, ma'lumotlar tahlili, ishonchlilik, parvoz xavfsizligi.

Введение: Чрезвычайные ситуации в авиации включают аварии катастрофы отказ технических систем неблагоприятные метеорологические условия террористические угрозы и техногенные воздействия Высокая скорость процессов и ограниченное время на принятие решений требуют использования интеллектуальных автоматизированных систем Современные технологии позволяют повысить точность прогнозирования снизить влияние человеческого фактора ускорить обработку информации и повысить эффективность спасательных операций. Современная авиация функционирует в условиях высокой сложности и повышенных требований к безопасности,

что делает проблему эффективного реагирования на чрезвычайные ситуации особенно актуальной. Теоретические основы применения технологий в авиационных чрезвычайных ситуациях базируются на междисциплинарном подходе, включающем достижения в области инженерии, информатики, системного анализа и управления рисками. Ключевым элементом является концепция предотвращения чрезвычайных ситуаций, основанная на принципах проективного управления безопасностью. Она предполагает использование современных технологий мониторинга состояния воздушного судна, включая сенсорные системы, встроенные диагностические комплексы и системы сбора данных в реальном времени. Такие технологии позволяют выявлять потенциальные неисправности на ранних стадиях и предотвращать их развитие в аварийные ситуации. (Таблица.1. Применение современных авиационных технологий)

Таблица 1.

№	Технология	Описание	Применение в ЧС	Преимущества	Примеры
1	Беспилотные летательные аппараты (БПЛА)	Дроны для разведки и мониторинга	Поиск пострадавших, оценка ущерба, доставка медикаментов	Быстрое развертывание, доступ к труднодоступным зонам	DJI Matrice, Bayraktar TB2
2	Спутниковая навигация и связь	GPS/ГЛОНАСС системы	Координация спасательных операций, навигация	Высокая точность, глобальное покрытие	GPS, ГЛОНАСС
3	Тепловизионные системы	Обнаружение тепловых сигнатур	Поиск людей ночью, обнаружение очагов пожара	Работают в темноте и дыму	FLIR системы
4	Авиация вертикального взлёта (вертолёты)	Манёвренные летательные аппараты	Эвакуация, доставка грузов, тушение пожаров	Возможность посадки в ограниченных зонах	Ми-8, Black Hawk
5	Самолёты-амфибии	Самолёты для тушения пожаров	Сброс воды на пожары	Большая вместимость воды	Бе-200
6	Искусственный интеллект	Анализ данных и прогнозирование	Прогноз ЧС, оптимизация маршрутов спасения	Быстрая обработка больших данных	AI-системы мониторинга
7	Автоматизированные системы управления	Цифровые платформы координации	Управление спасательными операциями	Повышение эффективности взаимодействия	Crisis management systems
8	Медицинская авиация	Воздушные медицинские службы	Срочная эвакуация и помощь	Сокращение времени доставки в больницу	Air ambulance
9	Лидар (LiDAR)	Лазерное сканирование местности	Создание 3D-карт разрушений	Высокая точность данных	Геоаналитические системы
10	Роботизированные авиационные комплексы	Интеграция дронов и наземных систем	Комплексные спасательные операции	Снижение риска для людей	Rescue robotics systems

Важную роль играет применение интеллектуальных систем, включая технологии искусственного интеллекта и машинного обучения. Они используются для анализа больших объемов данных, прогнозирования отказов оборудования и поддержки принятия решений экипажем и наземными службами. Теоретически это основано на моделях вероятностного анализа и теории надежности, которые позволяют оценивать риски и разрабатывать оптимальные стратегии реагирования. Системы управления чрезвычайными ситуациями в авиации также опираются на принципы ситуационной осведомленности и автоматизации процессов. Современные кабины пилотов оснащены цифровыми интерфейсами, которые интегрируют данные от различных источников и предоставляют их в удобной форме. Это снижает когнитивную нагрузку на экипаж и повышает точность принимаемых решений в критических условиях. Отдельное внимание уделяется технологиям связи и координации действий. Спутниковая связь, автоматизированные системы обмена информацией и глобальные навигационные системы обеспечивают оперативное взаимодействие между воздушным судном и диспетчерскими службами. Теоретическая база этих технологий включает теорию передачи данных и сетевые модели взаимодействия. Кроме того, важным аспектом является моделирование и обучение. Использование авиационных тренажеров, виртуальной и дополненной реальности позволяет отрабатывать сценарии чрезвычайных ситуаций без риска для жизни. Это основывается на теории обучения и когнитивной психологии, что способствует формированию устойчивых навыков у пилотов и персонала.

Таким образом, теоретические основы применения технологий в авиационных чрезвычайных ситуациях представляют собой комплекс научных подходов и практических решений, направленных на предотвращение, своевременное выявление и эффективную ликвидацию последствий аварийных ситуаций. Их развитие напрямую связано с внедрением инновационных технологий и совершенствованием систем безопасности в авиации.

Концепция управления рисками Основой обеспечения безопасности является риск, ориентированный подход, который включает выявление опасностей анализ вероятности их возникновения оценку последствий и разработку мер по снижению рисков, данный подход позволяет минимизировать вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций и повысить устойчивость авиационных систем. Концепция управления рисками представляет собой системный подход к выявлению, анализу и контролю факторов, которые могут привести к нежелательным последствиям. В основе данной концепции лежит понимание того, что полностью исключить риск невозможно, однако его можно минимизировать до приемлемого уровня за счёт грамотного управления. Управление рисками включает несколько взаимосвязанных этапов.

Первый этап - идентификация рисков, при котором определяются потенциальные угрозы, способные повлиять на безопасность и эффективность деятельности. В авиации это могут быть технические неисправности, человеческий фактор, неблагоприятные погодные условия и внешние воздействия. Следующий этап - анализ и оценка рисков. Здесь используются методы качественного и количественного анализа, позволяющие определить вероятность наступления события и тяжесть его последствий.



Рисунок 1. Применение современных авиационных технологий

Часто применяются модели теории вероятностей и статистические методы, которые помогают ранжировать риски по степени их критичности.

Третий этап - разработка и реализация мер по снижению рисков. Это может включать технические решения (резервирование систем, автоматизация), организационные меры (обучение персонала, регламенты) и управленческие решения (контроль и аудит). Основная цель - снизить вероятность возникновения опасных ситуаций или уменьшить их последствия.

Важным элементом концепции является постоянный мониторинг и контроль рисков. Современные технологии позволяют осуществлять сбор и анализ данных в реальном времени, что обеспечивает своевременное выявление отклонений и оперативное реагирование. Таким образом, управление рисками становится непрерывным процессом. Особое место занимает культура безопасности, которая формирует ответственное отношение всех участников процесса к соблюдению норм и процедур. Без неё даже самые совершенные технологии не смогут обеспечить должный уровень защиты.

В авиационной сфере концепция управления рисками реализуется через системы управления безопасностью (SMS - Safety Management System), которые интегрируют все процессы, связанные с обеспечением

безопасности полётов. Такой подход позволяет не только реагировать на уже произошедшие инциденты, но и предупреждать их на ранних стадиях.



Рисунок 2. Управление БПЛА.

Таким образом, концепция управления рисками является ключевым инструментом обеспечения безопасности и устойчивости сложных систем, особенно в таких высокоответственных отраслях, как авиация.

Человеческий фактор и автоматизация: Человеческий фактор остается одной из ключевых причин авиационных происшествий, современные технологии направлены на снижение когнитивной нагрузки пилотов автоматизацию процессов управления и внедрение систем поддержки принятия решений, это способствует повышению точности действий экипажа в стрессовых условиях

Информационные технологии и анализ данных: Большое значение имеют системы обработки данных включая технологии больших данных искусственного интеллекта и машинного обучения они позволяют анализировать значительные объемы информации в реальном времени выявлять скрытые закономерности и прогнозировать развитие аварийных ситуаций, Информационные технологии и анализ данных играют ключевую роль в обеспечении безопасности, эффективности и устойчивости современной авиации. Их применение позволяет обрабатывать огромные объёмы информации, поступающей от бортовых систем, наземной инфраструктуры и внешних источников, и на основе этого принимать обоснованные решения в реальном времени.

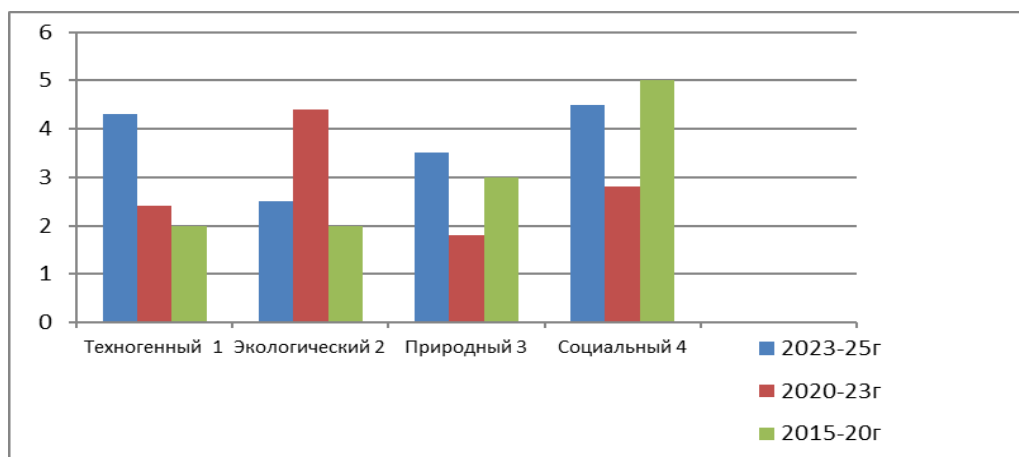


Рисунок 3. Чрезвычайные ситуации по годам

Одним из фундаментальных направлений является сбор и обработка данных. Современные воздушные суда оснащены множеством датчиков, фиксирующих параметры полёта, состояние оборудования и внешние условия. Эти данные передаются в наземные центры, где используются специализированные информационные системы для их хранения и анализа. В этом контексте широко применяется концепция Big Data (больших данных), которая позволяет работать с массивами информации высокой сложности и объёма.

Важную роль играет аналитика данных, основанная на методах машинного обучения и статистического моделирования. С их помощью можно выявлять скрытые закономерности, прогнозировать возможные отказы систем и оценивать риски возникновения чрезвычайных ситуаций. Например, предиктивная аналитика позволяет заранее определить вероятность неисправности двигателя или других критически важных компонентов, что способствует своевременному техническому обслуживанию.

Информационные технологии также обеспечивают поддержку принятия решений. Интеллектуальные системы помогают пилотам и диспетчерам анализировать текущую ситуацию, предлагая оптимальные действия в условиях ограниченного времени. Это особенно важно в чрезвычайных ситуациях, когда точность и скорость реакции имеют решающее значение. Отдельного внимания заслуживают системы визуализации данных. Современные интерфейсы представляют сложную информацию в наглядной форме, что повышает ситуационную осведомлённость экипажа и снижает вероятность ошибок.

Использование цифровых панелей управления и интегрированных информационных систем делает управление воздушным судном более безопасным и эффективным.

Кинематика Квадрокоптера. Кинематика БПЛА с шестью степенями дано:

$$\dot{e} = J V,$$

Где $\dot{e}$ -обобщённая скорость, вектор в $\mathbb{E}_B, V$ является обобщающей скоростью вектор в $\mathbb{E}_B$, J - обобщённая вращения и преобразования - e , позиция состоящее квадрокоптера – ξ и отношение – η .

$$e = \{\xi \quad \eta\}^T = \{X \quad Y \quad Z \quad \Phi \quad \Theta \quad \Psi\}^T$$

Обобщённый вектор скорости в $\mathbb{E}_B$ определяется аналогично:

$$V = \{V^B \quad \omega^B\}^T = \{u \quad v \quad w \quad p \quad q \quad r\}^T \quad (1)$$

Обобщенное вращение и преобразование матриц скорость передачи от $\mathbb{E}_B$ в $\mathbb{E}_e$ который говорит о том что это более естественный способ наблюдения.

$$J = \begin{bmatrix} R & 0_{3 \times 3} \\ 0_{3 \times 3} & T \end{bmatrix}$$

R-матрица вращения

$$R = \begin{bmatrix} \cos \varphi \cos \theta & \cos \varphi \sin \theta \sin \varphi - \sin \varphi \cos \varphi & \cos \varphi \sin \theta \cos \varphi + \sin \varphi \sin \varphi \\ \sin \varphi \cos \theta & \sin \varphi \sin \theta \sin \varphi + \cos \varphi \cos \varphi & \sin \varphi \sin \theta \cos \varphi - \cos \varphi \sin \varphi \\ -\sin \theta & \cos \theta \sin \varphi & \cos \theta \cos \varphi \end{bmatrix}$$

Математическую модель навигации квадрокоптеров условиях усложненного вида движения (пространственное, боковое, продольное) и любого режима полета (старт, взлет, координированный разворот, снижение по спирали и т.д.) можно получить, основываясь на полной исходной системе нелинейных регрессивных дифференциальных уравнений, которые в общем случае включает в себя для квадрокоптера:

- уравнение динамики центра масс квадрокоптера;
- уравнение кинематики центра масс квадрокоптера;
- уравнение динамики углового движения квадрокоптера;
- уравнение кинематики углового движения квадрокоптера.

Полная исходная математическая модель квадрокоптера:

Из-за необходимости трансформации измеренные значения из одной системы координат переходит в другую. R является ортогональной матрицей это значит квадратная матрица с вещественными элементами результат умножения которой на транспонированную матрицу равен единичной матрице. Углы и угловые скорости измеряются $\mathbb{E}_E$. T это матрица преобразования передаёт угловые скорости от $\mathbb{E}_B$ к $\mathbb{E}_E$,

$$T = \begin{bmatrix} 1 \sin \varphi \tan \theta & \cos \varphi \tan \theta \\ 0 \cos \varphi & -\sin \varphi \\ 0 \sin \varphi / \cos \theta & \cos \varphi / \cos \theta \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} J_{XX}\dot{\omega}_X - (J_{YY} - J_{ZZ})\omega_Y\omega_Z - J_{XY}(\dot{\omega}_Y - \omega_X\omega_Z) &= M_{R_X}; \\ J_{YY}\dot{\omega}_Y - (J_{ZZ} - J_{XX})\omega_Z\omega_X - J_{XY}(\dot{\omega}_X - \omega_Y\omega_Z) &= M_{R_Y}; \\ J_{ZZ}\dot{\omega}_Z - (J_{XX} - J_{YY})\omega_Y\omega_X - J_{XY}(\omega_X^2 - \omega_Y^2) &= M_{R_Z} - P_Y; \end{aligned}$$

$$m(\dot{V}_X + \omega_Y V_Z - \omega_Z V_Y) = P \cdot \cos \varphi_p - X \cdot \cos \alpha + Y \cdot \sin \alpha - G \cdot \sin \vartheta;$$

$$m(\dot{V}_Y + \omega_Z V_X - \omega_X V_Z) = P \cdot \sin \varphi_p - X \cdot \sin \alpha + Y \cdot \cos \alpha - G \cdot \cos \vartheta \cos \gamma;$$

$$m(\dot{V}_Z + \omega_X V_Y - \omega_Y V_X) = Z - G \cdot \cos \vartheta \sin \gamma;$$

$$\omega_Z = \dot{\Psi} \cdot \sin \vartheta + \gamma;$$

$$\omega_Y = \dot{\Psi} \cdot \cos \vartheta \cos \gamma + \dot{\vartheta} \sin \gamma;$$

$$\omega_X = -\dot{\Psi} \cdot \cos \vartheta \sin \gamma + \dot{\vartheta} \cos \gamma;$$

$$\begin{aligned} \sin \Psi - \cos \alpha \cos \beta \sin \Psi_a + \sin \alpha \cos \beta \sin \gamma_a \cos \Psi_a - \sin \beta \cos \gamma_a \cos \Psi_a &= 0; \\ \sin \vartheta \cos \Psi - \cos \alpha \cos \beta \sin \vartheta \cos \Psi_a + \sin \alpha \cos \beta (\cos \gamma_a \cos \vartheta + \cos \vartheta + \cos \vartheta \cos \gamma_a \cos \Psi_a) & \\ + \sin \beta (\cos \gamma_a \sin \Psi_a \sin - \cos \vartheta \sin \gamma_a) &= 0; \\ \sin \gamma \cos \Psi - \sin \alpha \sin \Psi_a + \cos \alpha \sin \gamma_a \cos \Psi_a &= 0, \end{aligned}$$

где

$$M_{R_X} = M[m_X(\beta, x, \delta_\vartheta, \delta_{PB}, \omega_X, \omega_Y, M)\bar{V}, H];$$

$$M_{R_Y} = M[m_Y(\beta, x, \delta_\vartheta, \delta_{PB}, \omega_X, \omega_Y, M)\bar{V}, H];$$

$$M_{R_Z} = M[m_Z(C_Y, \delta_{PB}, \delta_{зак}, \omega_Z, M)\bar{V}, H];$$

$$X = X[C_X(C_Y, x, \delta_{зак}, M, \delta_{PB})V, H];$$

$$Y = Y[C_Y(\alpha, x, \delta_{зак}, M, \delta_{PB})V, H];$$

$$Z = Z[C_Z(\beta, \delta_{PH}), V, H].$$

Чтобы перевести угловые скорости из вектора угловой скорости от $\mathcal{E}^E$ к $\mathcal{E}^B$, необходимо умножить матрицу преобразив.

Кроме того, значительную роль играют облачные технологии и системы кибербезопасности. Облачные платформы обеспечивают доступ к данным из любой точки мира, а также их резервное хранение. В то же время защита информации становится приоритетной задачей, поскольку нарушение целостности данных может привести к серьёзным последствиям.

Таким образом, информационные технологии и анализ данных формируют основу современной авиационной безопасности. Они позволяют не только оперативно реагировать на возникающие угрозы, но и предотвращать их за счёт глубокого анализа и прогнозирования, что делает авиацию более надёжной и технологически развитой системой.

Рассмотрим ситуацию пожара в жилом здании и рассчитаем требуемое число пожарных для спуска спасаемых людей. В результате пожара в 12-этажном жилом здании на 10-м этаже оказались заблокированными огнем и дымом 12 человек. Вычислить время спасения всех людей при помощи спасательной веревки при условии, что к спасательной операции привлекается 9 пожарных, трое из которых принимают на земле спасаемых людей, а 6 - поднимаются на 10-й этаж для спуска спасаемых людей. Пожарные работают в СИЗОД. Вычислить требуемое число пожарных для спуска спасаемых людей, если по оценке РТП в данной ситуации время спасательной операции не должно превышать 20 минут.

Современные технологии, применяемые при чрезвычайных ситуациях в авиации Искусственный интеллект, применяется для прогнозирования отказов оборудования анализа параметров полета и поддержки принятия решений экипажем позволяет оперативно выявлять потенциальные угрозы и предлагать оптимальные сценарии действий

Системы предупреждения опасностей системы предотвращения столкновений и предупреждения опасного сближения с землей обеспечивают своевременное информирование пилотов о возможных угрозах они функционируют в автоматическом режиме и значительно снижают риск катастроф

Спутниковые технологии используются для навигации мониторинга воздушных судов и передачи данных обеспечивают глобальное покрытие и позволяют отслеживать перемещение воздушных объектов в реальном времени

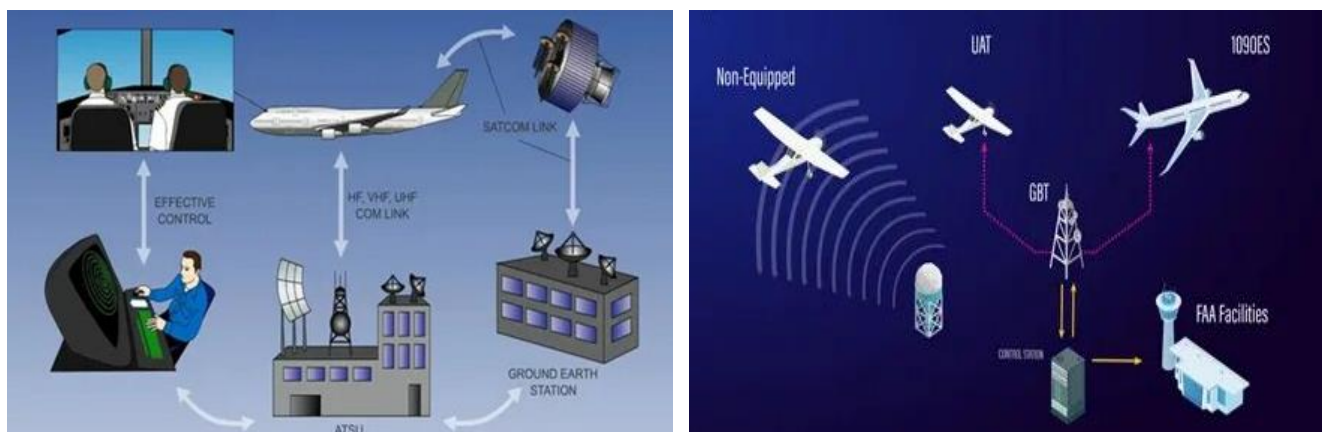


Рисунок 4. Система связи

Беспилотные летательные аппараты

Применяются при поисково спасательных операциях для оценки последствий аварий и доставки необходимых ресурсов снижают риск для жизни спасателей.



Рисунок 5. Спасение с помощью БПЛА

Цифровые двойники представляют собой виртуальные модели авиационных систем, которые позволяют моделировать различные сценарии развития чрезвычайных ситуаций используются для прогнозирования и повышения надежности эксплуатации.

Цифровые двойники представляют собой виртуальные модели авиационных систем, которые позволяют моделировать различные сценарии развития чрезвычайных ситуаций используются для прогнозирования и повышения надежности эксплуатации.

Интернет вещей сенсорные системы обеспечивают непрерывный мониторинг состояния оборудования и передачу данных в режиме реального времени позволяют своевременно выявлять неисправности.

Автоматизированные системы управления полетом современные автопилоты обеспечивают стабильность полета и могут выполнять экстренные маневры снижают нагрузку на экипаж и повышают безопасность

Применение технологий на различных этапах чрезвычайных ситуаций

До возникновения чрезвычайной ситуации. Проводится анализ технического состояния оборудования прогнозирование отказов и оценка внешних факторов

Во время чрезвычайной ситуации используются системы автоматического управления поддержка принятия решений и оперативное информирование служб

После чрезвычайной ситуации осуществляется анализ данных выявление причин и разработка мер по предотвращению подобных ситуаций в будущем

Проблемы и ограничения несмотря на высокий уровень развития технологий сохраняются проблемы, связанные с высокой стоимостью внедрения киберугрозами зависимостью от программного обеспечения и необходимостью подготовки специалистов

Перспективы развития ожидается дальнейшее развитие искусственного интеллекта создание полностью автономных воздушных судов совершенствование систем кибербезопасности и внедрение новых вычислительных технологий

Закключение Современные технологии существенно повышают уровень безопасности авиации при чрезвычайных ситуациях Их применение позволяет снизить риски повысить эффективность реагирования и минимизировать последствия аварий Дальнейшее развитие данной области требует комплексного научного и практического подхода

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Мосов С., Салий С., Чубина Т., Мухатай А. Зарубежный опыт и особенности применения беспилотной авиации для предупреждения и выявления чрезвычайных ситуаций // Вестник КазАТК, 2021.
2. Мосов С. и др. Место и роль беспилотной авиации при ликвидации чрезвычайных ситуаций: опыт зарубежных стран, 2021.

3. Мужиков А. Современные технологии в медицине катастроф: использование дронов и телемедицины в зонах ЧС, 2024.
4. Сигачева В.Р., Сагитов Д.И. Обзор применения и развития современных технологий в гражданской авиации, 2024.
5. Сулейманов А.А., Кулдашев И.Х., Арипходжаева М.Б. Оценка рисков при воздействии опасных факторов на категорированные объекты. Ўзбекистон Республикаси Миллий гвардияси Ҳарбий-техник институтининг ахборотномаси. 2019 йил, 2-сон. 121-128.
6. Организация защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций: учебник. – 3-изд., перераб. и доп. / В. А. Седнев, С. И. Воронов, И. А. Лисенко, Е. И. Кошечая, Н. А. Савченко, Н. И. Седих.– М.: Академия ГПСМЧСРоссии, 2014. – 229 с.
7. Чрезвычайные ситуации мирного и военного времени. Характеристика зон чрезвычайных ситуаций: методическая разработка / [сост.: В. А. Горишний, В. Б. Чернетсов, Л. Н. Борисенко]. – Н. Новгород, НГТУ, 2006.
8. Организация защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций: учебник. – 3-изд., перераб. и доп. / В. А. Седнев, С. И. Воронов, И. А. Лисенко, Е. И. Кошечая, Н. А. Савченко, Н. И. Седих.– М.: Академия ГПСМЧСРоссии, 2014. – 229 с.
9. "Improving the effectiveness of examination and examination of emergency situations related to fire and explosion in classified objects» Organizing Committee of the IV International Scientific and Technical Conference "Actual Issues of Power Supply Systems" Tashkent, Uzbekistan 2025. M. Aripkhodjayeva, D. Raxmatova, A. Xodjaev, M. Saidov <https://www.scopus.com/results/results.uri?s=AUTH>
10. "Development of safe products from local waste of oil and fat production" Dilnoza Rakhmatova, Matrufjan Musaev, Gulnora Gulomova, Malika Aripkhadzhaeva, and Dilrabo Nizamova E3S Web of Conferences. Volume 371, 2023 International Scientific Conference (AFE-2022) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337101035>

УДК 614.842.8 : 004.9

Алиходжаев З.З., Садилов Р.М. т.ф.ф.д. (PhD)
Ўзбекистон Республикаси Фавқулодда вазиятлар вазирлиги
Илмий-инновацион ва синов тадқиқот институти

ЁНГИН-ҚУТҚАРУВ ТЕХНИКАЛАРИНИНГ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДАВРИНИ РАҚАМЛАШТИРИШ: ИННОВАЦИОН ЁНДАШУВЛАР, РАҚАМЛИ ПАСПОРТ ТИЗИМИ ВА ПРОГНОЗЛИ БОШҚАРУВ МОДЕЛИ

Аннотация: Мазкур мақолада Фавқулодда вазиятлар вазирлиги тизимидаги махсус ёнгин-қутқарув техникаларининг эксплуатация жараёнларини рақамлаштириш масалалари тадқиқ этилган. Ёнгин-қутқарув автотранспорт воситаларининг техник ҳолатини мониторинг қилиш, ёнилғи-мойлаш материаллари сарфини назорат қилиш, техник хизмат кўрсатиш жараёнларини автоматлаштириш ҳамда инсон омилини камайтиришга қаратилган ягона рақамли платформанинг концептуал модели ишлаб чиқилган. Тадқиқотда Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), Big Data ва Digital Twin технологияларидан фойдаланиш имкониятлари таҳлил қилинган. Техник носозликларни олдиндан аниқлаш учун прогнозли техник хизмат кўрсатиш модели таклиф этилган. Натижалар шуни кўрсатадики, рақамлаштириш ёнгин-қутқарув техникаларининг техник шайлигини ошириш, эксплуатация харажатларини камайтириш ва фавқулодда вазиятларга тезкор жавоб бериш самарадорлигини яхшилаш имконини беради.

Калит сўзлар: рақамлаштириш, ёнгин-қутқарув техникаси, рақамли паспорт, Digital Twin, IoT, сунъий интеллект, прогнозли техник хизмат, телематика.

Аннотация: В данной статье исследуются вопросы цифровизации процессов эксплуатации специальной пожарно-спасательной техники в системе Министерства по чрезвычайным ситуациям. Разработана концептуальная модель единой цифровой платформы, предназначенной для мониторинга технического состояния пожарно-спасательных автотранспортных средств, контроля расхода горюче-смазочных материалов, автоматизации процессов технического обслуживания и минимизации человеческого фактора. В исследовании проанализированы возможности применения технологий "Интернет вещей" (IoT), искусственного интеллекта (AI), больших данных (Big Data) и "Цифровой двойник" (Digital Twin). Для заблаговременного выявления технических неисправностей предложена модель предиктивного технического обслуживания. Результаты показывают, что цифровизация позволяет повысить техническую готовность пожарно-спасательной техники, сократить эксплуатационные расходы и улучшить эффективность оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации.

Ключевые слова: цифровизация, пожарно-спасательная техника, цифровой паспорт, Digital Twin, IoT, искусственный интеллект, предиктивное техническое обслуживание, телематика.

Annotation: This article investigates the digitalization of operational processes for specialized fire and rescue equipment within the system of the Ministry of Emergency Situations. A conceptual model for a unified digital platform has been developed, aimed at monitoring the technical condition of fire and rescue vehicles, controlling fuel and lubricant consumption, automating maintenance procedures, and minimizing the human factor. The research analyzes the potential application of Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence

(AI), Big Data, and Digital Twin technologies. A predictive maintenance model is proposed for the early detection of technical malfunctions. The results indicate that digitalization enhances the technical readiness of fire and rescue equipment, reduces operational costs, and improves the efficiency of rapid response to emergencies.

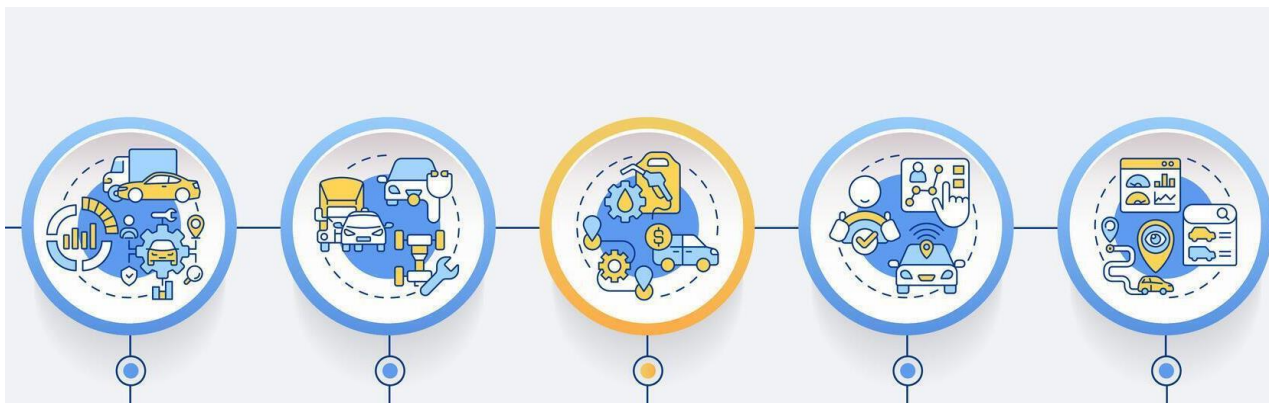
Key words: digitalization, fire and rescue equipment, digital passport, Digital Twin, IoT, artificial intelligence, predictive maintenance, telematics.

Кириш: Бугунги кунда рақамли технологияларни давлат бошқаруви ва хавфсизлик соҳаларига кенг жорий этиш мамлакатлар ривожланишининг муҳим омилларидан бири ҳисобланади. Глобал иқлим ўзгариши, аҳоли сонининг ўсиши, шаҳарлашув жараёнларининг жадаллашиши ҳамда саноат объектларининг кўпайиши фавқулодда вазиятлар сони ва кўламини ортирмоқда.

Фавқулодда вазиятларга қарши самарали курашишда ёнғин-қутқарув техникаларининг техник шайлиги ҳал қилувчи аҳамиятга эга. Аммо амалда техник хизмат кўрсатиш, таъмирлаш, ёнилғи сарфини ҳисобга олиш ва эҳтиёт қисмлар ҳаракатини назорат қилиш жараёнлари кўп ҳолларда анъанавий усулларда амалга оширилмоқда.

Мазкур ҳолат қуйидаги муаммоларни келтириб чиқаради:

- техник носозликларни кеч аниқлаш;
- ёнилғи сарфининг самарасиз назорати;
- инсон омили таъсирининг юқорилиги;
- эксплуатация маълумотларининг тарқоқ ҳолда сақланиши;
- техник хизмат режалаштиришда хатолар юзага келиши.



Шу муносабат билан ёнғин-қутқарув техникаларининг бутун ҳаётӣ циклини рақамлаштириш долзарб илмӣ ва амалӣ вазифа ҳисобланади.

Адабиётлар таҳлили: Сўнги йилларда транспорт воситалари эксплуатациясини рақамлаштириш бўйича кўплаб тадқиқотлар амалга оширилмоқда.

Тан ва Ким (2024) IoT технологияларини махсус хизмат автотранспортларида қўллаш орқали техник мониторинг самарадорлигини ошириш мумкинлигини кўрсатган.

Иванов (2025) машинали ўқитиш алгоритмлари асосида прогнозли техник хизмат кўрсатиш моделларининг техник носозликларни 30–40% гача камайитишини асослаган.

Siemens va IBM kompaniyalari tomonidan ishlab chiqilgan Digital Twin texnologiyasi sanoat ob'ektlari va transport tizimlarida ekspluatatsiya xarajatlarini sezilarli qisqartirish imkonini bermoqda.

Бироқ махсус ёнғин-қутқарув техникалари учун комплекс рақамли паспорт ва прогнозли бошқарув тизими бўйича тадқиқотлар етарли даражада эмас.

Тадқиқот мақсади: Тадқиқотнинг асосий мақсади ёнғин-қутқарув техникаларининг эксплуатация жараёнларини рақамлаштириш асосида:

- техник шайликни ошириш;
- таъмирлаш харажатларини камайтириш;
- ёнилғи сарфини автоматик назорат қилиш;
- эҳтиёт қисмларга бўлган эҳтиёжни прогноз қилиш;
- инсон омилини минималлаштиришдан иборат.

Тадқиқотда қуйидаги усуллардан фойдаланилди:

- тизимли таҳлил;
- ахборот моделлаштириш;
- математик моделлаштириш;
- прогнозлаш усуллари;
- техник диагностика.

Рақамлаштириш архитектураси 3 босқич модел асосида қурилди:

1) Маълумотларни йиғиш

- GPS трекерлар;
- ёнилғи сенсорлари;
- вибрация сенсорлари;
- насос босими датчиклари;
- двигател параметрлари датчиклари.

2) Маълумотларни қайта ишлаш

- MQTT протоколи;
- булутли серверлар;
- Big Data платформаси

3) Қарор қабул қилиш

- AI алгоритмлари;
- веб-портал;
- мобил иловалар;
- автоматик огоҳлантириш тизими.

Ўрганишлар асосан, янги тизим сифатида, рақамли паспорт тизими таклиф этилади.

Бунга асосан, ҳар бир ёнғин-қутқарув автомобили учун электрон рақамли паспорт яратилади ва бу паспортда:

Статик маълумотлар

- давлат рақами;
- VIN рақами;
- шасси рақами;

- кузов рақами;
- техника модели;
- насос тури;
- сув ва кўпик сифими;
- ишлаб чиқарилган йили.

Динамик маълумотлар

- жорий спидометр кўрсаткичи;
- мотосоатлар;
- ёнилғи миқдори;
- аккумулятор ҳолати;
- шина ресурслари;
- мой алмаштириш муддати;
- ТХК ва таъмирлаш тарихи

Каби бир қанча маълумотлар келтирилади.

Прогнозли техник хизмат кўрсатиш модели

Техниканинг ишдан чиқиш эҳтимоли қуйидаги функция орқали баҳоланади:

$$P_f = w_1H + w_2V + w_3D + w_4T$$

бу ерда:

- (P_f) — ишдан чиқиш эҳтимоли;
- (H) — умумий мотосоатлар;
- (V) — вибрация даражаси;
- (D) — мой босими оғиши;
- (T) — охирги техник хизматдан кейинги вақт;
- (w_1, w_2, w_3, w_4) — вазн коэффициентлари.

Агар: $[P_f \geq 0.8]$ бўлса, тизим автоматик равишда:

- МТТБ;
- хизмат бошлиғига;
- қисм бошлиғига;
- катта техникка

огоҳлантириш хабарини юборади.

Таклиф этилаётган огоҳлантириш тизими

Тизим 5 даражали мониторинг асосида ишлайди 1-жадвал:

1-жадвал.

Даража	Масъул шахс
1	ШТАБ
2	МТТБ
3	Служба
4	Қисм бошлиғи
5	Катта техник

Огоҳлантириш ҳолатлари:

- ТХК муддати яқинлашганда;
- мой алмаштириш вақти келганда;
- шина ресурси тугаганда;
- аккумулятор хизмати муддати якунланганда;
- ёнилғи меъёрдан ортиқ сарфланганда.

Иқтисодий самарадорлик таҳлили

Таклиф этилаётган тизимни жорий қилиш орқали қуйидагиларга эришиш мумкин 2-жадвал:

2-жадвал.

Кўрсаткич	Самара
Ёнилғи сарфи	18–22% камаяди
Қутилмаган носозликлар	35% камаяди
Ҳужжат айланиши вақти	3 баробар тезлашади
Тезкор чиқиш вақти	12% яхшиланади
Техника шайлиги	15–20% ошади

Хулоса: ФВВ тизимидаги махсус ёнғин-қутқарув техникаларининг эксплуатация даврини рақамлаштириш ва прогнозли бошқарув моделларини жорий этиш бўйича олиб борилган мазкур тадқиқот қуйидаги муҳим илмий ва амалий хулосаларни шакллантириш имконини беради 3-жадвал:

- Комплекс рақамли трансформация: Тадқиқот доирасида таклиф этилган уч босқичли архитектура (Маълумотларни йиғиш, қайта ишлаш ва қарор қабул қилиш) ҳамда IoT, AI, Big Data ва Digital Twin технологияларининг интеграцияси ёнғин-қутқарув техникаларини бошқаришнинг замонавий концептуал пойдеворини яратди. Анъанавий тарқоқ маълумотлар тизимидан ягона рақамли платформага ўтилиши тизимда инсон омили таъсирини минималлаштириш ва ҳужжат айланиши вақтини 3 баробарга тезлаштириш имконини беради.

- Инновацион рақамли паспортлаштириш: Ҳар бир махсус автотранспорт воситаси учун ишлаб чиқилган электрон рақамли паспорт модели статик конструктив кўрсаткичлар ва динамик телематик маълумотларни (мотосоат, вибрация, ёнилғи сарфи ва ҳ.к.) бир вақтда қайта ишлайди. Бу эса техникаларнинг бутун ҳаётий циклини реал вақт режимида (real-time) шаффоф назорат қилишнинг амалий механизмидир.

- Проактив бошқарув ва Прогнозли модел: Тадқиқотда таклиф этилган, техниканинг ишдан чиқиш эҳтимолини баҳоловчи математик функция $(\frac{1}{1+(P_{f=w_1H+w_2V+w_3D+w_4T})})$ ва $(\frac{1}{1+(P_{f\geq 0.8})})$ критик қийматида ишловчи 5 даражали автоматик огоҳлантириш тизими соҳани анъанавий реактив хизмат кўрсатишдан проактив (predictive maintenance)

модельга ўтказди. Бу тизим техник носозликлар ва эҳтиёт қисмларга бўлган эҳтиёжни олдиндан юқори аниқликда прогнозлайди.

Техник-иқтисодий самарадорлик: Тизимни жорий этишнинг иқтисодий таҳлили натижаларига кўра, кутилмаган техник носозликлар хавфи 35% га, ёнилғи-мойлаш материаллари сарфи эса 18–22% га камаяди. Энг муҳими, махсус техникаларнинг жанговар шайлик даражаси 15–20% га ошади ва фавқулодда вазиятларга тезкор чиқиш вақти 12% га яхшиланади.

3-жадвал.

ФВВ махсус техникаларини рақамлаштириш ва прогнозли бошқарув самарадорлиги кўрсаткичлари жадвали

Т/р	Йўналиш / Кўрсаткич	Жорий этилган инновация ва технологиялар	Эришилган илмий ва амалий натижа (Самарадорлик)
1	Комплекс рақамли трансформация	3 босқичли архитектура - IoT, AI, Big Data, Digital Twin интеграцияси	- Ягона рақамли платформага ўтилди - Инсон омили минималлаштирилди - Хужжат айланиши вақти 3 баробарга тезлашди
2	Инновацион рақамли паспортлаштириш	- Электрон рақамли паспорт модели - Статик ва динамик телематика (мотосоат, вибрация)	Бутун ҳаётий цикл реал вақтда (real-time) шаффоф назоратга олинди
3	Проактив бошқарув ва Прогнозли модел	- Математик функция: $\backslash(P_f = w_1H + w_2V + w_3D + w_4T\backslash)$ 5 даражали автоматик огоҳлантириш ($\backslash(P_f \geq 0.8\backslash)$)	- Реактив тизимдан проактив (predictive maintenance) моделга ўтилди - Носозликлар ва эҳтиёт қисмлар эҳтиёжи олдиндан прогнозланади
4	Техник-иқтисодий самарадорлик	Рақамли назорат ва тизимли таҳлил алгоритмлари	- Кутилмаган носозликлар хавфи: 35% га камайди - Ёнилғи-мойлаш материаллари сарфи: 18–22% га камайди
5	Жанговар шайлик ва Тезкорлик	Тезкор қарор қабул қилишни қўллаб-қувватлаш тизими	- Техникаларнинг жанговар шайлиги: 15–20% га ошди - ФВга тезкор чиқиш вақти: 12% га яхшиланди

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Тан, Х. ва Ким, Д. (2024). Махсус хизмат автотранспорт воситаларида IoT технологиялари асосида техник мониторинг тизимларини шакллантириш. *Транспорт ва логистика тизимларида рақамлаштириш журналы*, 12(2), 115–128.

2. Иванов, И. И. (2025). Машинали ўқитиш алгоритмлари ёрдамида автотранспорт парклари учун прогнозли техник хизмат кўрсатиш моделларини ишлаб чиқиш. *Интеллектуал бошқарув ва ахборот технологиялари*, 45(1), 78–92.

3. National Institute of Standards and Technology. (2025). *Artificial Intelligence in the Fire Service: Advancements in Data-Driven Emergency Management*. NIST Special Publication 1500-29.

4. Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2024). Implementing Digital Twin and IoT technologies for real-time asset management and predictive maintenance. *Journal of Industrial IoT and Big Data*, 8(3), 204–218.

5. IBM Systems & Siemens Digital Industries. (2025). *Predictive Maintenance and Asset Lifecycle Optimization through Digital Twin Networks*. IBM Technical Whitepaper Series.

6. Sundaram, A., & Muhammed, S. (2024). Artificial intelligence-driven predictive maintenance in IoT systems: Reducing downtime and operational disruptions. *Journal of Development and Sustainable Asset Management*, 16(4), 1102–1115.

7. Blazquez-Soriano, A., & Ramos-Sandoval, R. (2025). Digital Twins and big data analytics in emergency vehicle fleet management. *International Journal of Vehicle Telematics and Logistics*, 21(2), 340–355.

8. Фавқулодда вазиятлар вазирлиги тизимида рақамли технологияларни жорий этиш ва ёнғин-қутқарув техникаларининг эксплуатация самарадорлигини ошириш бўйича норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар тўплами. (2024–2026).

9. Vermesan, O., et al. (2023). Internet of Things Edge Computing Applications in Smart Transport Systems and Vehicle Fleet Management. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(14), 12110–12125.

Morchid, A., El Alami, R., & Khalid, H. M. (2024). Integrated internet of things (IoT) and artificial intelligence solutions for early defect detection in emergency response equipment. *Results in Engineering*, 22, Article 102283.

УЎК 614.842.8 : 621.865.8

Курбанбаев Ш.Э. т.ф.д.(DSc), профессор, Соатбоев Д.С. м.и.
Ўзбекистон Республикаси Фавқулодда вазиятлар вазирлиги
Илмий-инновацион ва синов тадқиқот институти

ФАВҚУЛОДДА ВАЗИЯТЛАРНИ БАРТАРАФ ЭТИШДА МАХСУС ТЕХНИКАЛАР ВА РОБОТОТЕХНИКАЛАР САМАРАДОРЛИГИНИНГ ҚИЁСИЙ ВА ИҚТИСОДИЙ ТАҲЛИЛИ

Аннотация: Мақолада юқори хавфлилик даражасига эга бўлган учта турли объектда (туннелдаги ёқилғи аварияси, кимёвий омбор ва нефть базаси) фавқулодда вазиятларни бартараф этишда анъанавий махсус-қутқарув техникалари ва масофадан бошқарилувчи робототехник комплексларнинг (РТК) ҳаракатланиш хусусиятлари ҳамда уларга етадиган моддий зарар даражаси таҳлил қилинган. Махсус математик формулалар ва баҳолаш моделлари ёрдамида ҳар бир техниканинг хавфли ҳудуддаги иссиқлик, кимёвий ва портлаш юқламаларига бардошлилиги ҳамда юзага келиши мумкин бўлган иқтисодий йўқотишлари қиёсий ўрганилган.

Калит сўзлар: робототехник комплекс (РТК), ёнғин ўчириш автомобили (АЦ), автонарвон (АН), қидирув-қутқарув автомобили, моддий зарар, туннель, кимёвий омбор, нефть омбори.

Аннотация: В статье анализируются особенности применения традиционной специальной спасательной техники и дистанционно управляемых робототехнических комплексов (РТК) при ликвидации чрезвычайных ситуаций на трёх различных объектах с высоким уровнем опасности (авария с разливом топлива в тоннеле, химический склад и нефтебаза), а также степень наносимого им материального ущерба. С помощью специальных математических формул и моделей оценки было проведено сравнительное исследование устойчивости каждого вида техники к тепловым, химическим и взрывным нагрузкам в опасной зоне, а также возможных экономических потерь.

Ключевые слова: робототехнический комплекс (РТК), пожарная автоцистерна (АЦ), автолестница (АЛ), поисково-спасательный автомобиль, материальный ущерб, тоннель, химический склад, нефтебаза.

Бугунги кунда, юртимиздаги замонавий саноат ва транспорт тизимларининг жадал суръатлар билан ривожланиши техник хусусиятга эга бўлган йирик фавқулодда вазиятлар (ФВ) келиб чиқиш хавфини сезиларли даражада оширмақда. Айниқса, ёқилғи ташувчи воситаларнинг туннеллардаги авариялари, токсик ва агрессив кимёвий моддалар сақланадиган омборлардаги ёнғинлар ҳамда нефть маҳсулотлари базаларидаги авариялар ўзининг юқори ҳарорати, портлаш хавфи, заҳарли газлар ажралиб чиқиши ва кенг майдонларга тез тарқалиши билан ажралиб туради. Бундай мураккаб шароитларда ёнғин ва бошқа фавқулодда вазиятларни бартараф этишда нафақат юқори тактик тайёргарлик, балки махсус техникаларнинг тактик-техник имкониятларини тўғри ҳисоблаш яъни уларнинг имкониятларини баҳолаш ҳам алоҳида касб талаб этади.

Юзага келаётган ФВни бартараф этиш жараёнида инсон омили, яъни қутқарувчилар ва ёнғин ўчирувчилар ҳаётини асраб қолиш ҳамда қимматбаҳо махсус техникаларнинг шикастланишини минималлаш-тириш

энг устувор вазифалардан биридир. Анъанавий ёнгин ва қидирув-қутқарув автомобиллари (АЦ, АН, ҚҚА) кўп ҳолларда тўғридан-тўғри хавфли ҳудуд ичига кира олмайди ёки кирган тақдирда юқори термик, кимёвий ва динамик таъсирлар натижасида жиддий моддий зарар кўради.

Шунинг учун ушбу сабабларни, яъни, хавфли зоналарда масофадан бошқариловчи робототехник комплексларни (РТК) жорий этиш, уларнинг ҳаракатчанлигини таъминлаш ва юзага келиши мумкин бўлган моддий зарарларни математик моделлаштириш орқали олдиндан баҳолаш долзарб илмий-амалий аҳамиятга эга.

Ушбу тадқиқот доирасида ёнгин ва бошқа ФВларни бартараф этишга жалб этиладиган тўртта асосий техника бирлигининг тактик-техник имкониятлари ва уларга етадиган иқтисодий зарар даражаси 3 хил кўрсаткичларда таҳлил қилинди 1–3 жадваллар:

1-жадвал.

№	Фавқулодда вазиятларни бартараф этишга жалб этиладиган куч ва воситалар	Ҳар бир кўрсаткич содир бўлган фавқулодда вазиятларнинг жойи ва турига қараб тақсимланади (Ёқилги ташувчи автомобил тунелда аварияга учраб ёнгин юзага келганда)	
		Талаб этилганлик даражаси (дона)	Сарф этиладиган маблағ (сўм)
1	Робототехник комплекс (РТК)	4	(4 x 1 млрд) 4 млрд
2	Ёнгин ўчириш автомобили (АЦ)	6	(6 x 1 млрд) 6 млрд
3	Қидирув-қутқарув автомобили (ҚҚА)	1	1 млрд
...	...	...	...

2-жадвал.

№	Фавқулодда вазиятларни бартараф этишга жалб этиладиган куч ва воситалар	Ҳар бир кўрсаткич содир бўлган фавқулодда вазиятларнинг жойи ва турига қараб тақсимланади (Кимёвий заҳарли моддалар сақланадиган омборда ёнгин содир бўлганда)	
		Талаб этилганлик даражаси (дона)	Сарф этиладиган маблағ (сўм)
1	Робототехник комплекс (РТК)	4	(4 x 1 млрд) 4 млрд
2	Ёнгин ўчириш автомобили (АЦ)	4	(4 x 1 млрд) 4 млрд
3	Ёнгин ўчириш автонаровони (АН)	1	1 млрд 300 млн
4	Қидирув-қутқарув автомобили (ҚҚА)	1	1 млрд
...	...	...	...

№	Фавқулдда вазиятларни бартараф этишга жалб этиладиган куч ва воситалар	Ҳар бир кўрсаткич содир бўлган фавқулдда вазиятларнинг жойи ва турига қараб тақсимланади (Нефть маҳсулотларини сақлаш омборида ёнғин юзага келганда)	
		Талаб этилганлик даражаси (дона)	Сарф этиладиган маблағ (сўм)
1	Робототехник комплекс (РТК)	5	(5 x 1 млрд) 5 млрд
2	Ёнғин ўчириш автомобили (АЦ)	4	(4 x 1 млрд) 4 млрд
3	Ёнғин ўчириш автонаровони (АН)	2	(2 x 1 млрд 300 млн) 2 млрд 600 млн
4	Қидирув-қутқарув автомобили (ҚҚА)	1	1 млрд
...	...	...	...

Изоҳ: Юқоридаги 1-3 жадвалларда келтирилган ҳар бир кўрсаткич мисол тариқасида тахминий олинган, шунингдек, бу ерда куч ва воситалардан ҳам муҳим бўлган қутқарувчилар ҳаёти кўсатиб ўтилмаган.

Юқорида келтирилган кўрсаткичларнинг ҳар бири бўйича алоҳида тўхталамиз.

1-жадвал: Ёқилғи ташувчи автомобил туннелда аварияга учраб ёнғин юзага келганда:

Туннелларда содир бўладиган ёнғинлар ёпиқ макон эффекти (камин эффекти) туфайли жуда хавфли ҳисобланади. Бундай шароитда қисқа фурсат ичида ҳарорат 1000° С дан юқорилаб кетади, қалин токсик тутун ҳосил бўлади, кислород танқислиги юзага келади ва туннель конструкцияларининг қулаш хавфи ортади.

- **Ҳаракатчанлик таҳлили:** Туннель ичининг чекланганлиги ва торлиги сабабли анъанавий АЦ ва АН автомобиллари ичкарига кира олмайди ёки маневр бажариш имкониятидан маҳрум бўлади. Айниқса, автонаровон (АН) туннель ичида умуман ҳаракатлана олмайди ва ўз функциясини бажара олмайди. Қидирув-қутқарув автомобили (ҚҚА) эса фақат туннель оғзигача етиб кела олади. Масофадан бошқарилувчи РТК эса ўзининг паст профили, занжирли юриткичи ва юқори ўтувчанлиги туфайли қалин тутун ва вайроналар ичида эркин ҳаракатланиб, тўғридан-тўғри олов ўчоғигача яқинлаша олади.

- **Моддий зарар ҳисоби:** Анъанавий техникалар (АЦ, АН) туннель ичига киритилган тақдирда, кучли термик деформация, шиналар ва резина қисмларининг ёниши ҳамда электрониканинг куйиши натижасида 80% дан 100% гача тўлиқ вайрон бўлиш хавфи остида қолади. Робототехник комплекс (РТК) эса масофадан бошқарилиши, ташқи корпусининг иссиқликдан ҳимоялангани ва ўзини-ўзи сув билан совутиш

тизими мавжудлиги сабабли, унга етадиган зарар коэффиценти 5-10% дан ошмайди.

2-жадвал: Кимёвий захарли моддалар сақланадиган омборда ёнгин содир бўлганда

Кимёвий омборлардаги ФВ вақтида асосий хавф омиллари – юқори ҳарорат билан бир қаторда, турли хил кислоталар, ишқорлар ва захарли газларнинг ҳавога тарқалишидир. Бу моддалар техникаларнинг металл ва электроника қисмларини бир неча дақиқа ичида кучли коррозияга учратади.

- *Ҳаракатчанлик таҳлили:* АЦ ва ҚҚА автомобиллари шахсий таркибни ҳимоя қилиш мақсадида кимёвий зарарланиш ўчоғидан камида 50-100 метр хавфсиз масофада туришга мажбур бўлади. АН автомобили омбор тоmidан кўпик қуйиш учун ишлатилиши мумкин, бироқ кимёвий булут йўналиши ўзгарганда у ҳам хавф остида қолади. РТК эса кимёвий захарли зона ичига бевосита кириб, разведка ишларини олиб бориш, газ концентрациясини ўлчаш ва локал ўчириш ишларини бажариш имкониятига эга.

- *Моддий зарар ҳисоби:* Анъанавий автомобилларнинг ҳаво филтрлаш тизимлари, резина зичлагичлари ва бўёқ қатламлари кимёвий агрессив муҳитда тез ишдан чиқади. Бу уларнинг умумий қийматида нисбатан 30-40% лик моддий зарарни юзага келтиради. РТК эса зангламас пўлатдан ишлангани ва махсус кимёвий ҳимоя қатлами билан қоплангани сабабли унга етадиган зарар минимал (<5%) даражада сақланади.

3-жадвал: Нефть маҳсулотларини сақлаш омборида (нефть базаси) ёнгин юзага келганда

Нефть резервуарларидаги ёнгинлар жуда катта майдонда кучли иссиқлик нурланишини ҳосил қилади. Шунингдек, нефть маҳсулотларининг тўсатдан қайнаб чиқиши (вскипание) ёки резервуарнинг портлаб кетиш хавфи доимо мавжуд бўлади.

- *Ҳаракатчанлик таҳлили:* АЦ ва АН автомобиллари ёнаётган ва қўшни резервуар деворларини совутиш учун яқин масофага келиши шарт. Лекин тўсатдан портлаш хавфи мавжудлиги сабабли инсон бошқарадиган ушбу техникаларни яқинлаштириш чекланади. РТК эса портлаш хавфи юқори бўлган энг чекка нуқтагача, яъни резервуар девори тагигача бориб, ўзининг масофавий монитор каллаги орқали кўпикли ҳужум уюштириш имкониятини беради.

- *Моддий зарар ҳисоби:* Агар резервуарда тўсатдан портлаш юзага келса, хавфли ҳудуддаги АЦ ва АН тўлиқ вайрон бўлади (иқтисодий зарар 100% ни ташкил этади). РТК портлаш тўлқинига дуч келган тақдирда ҳам, унинг масса маркази пастлиги, оғирлиги ва зирҳланган тузилиши сабабли унинг тўлиқ вайрон бўлиш эҳтимоли 20-30% дан ошмайди ва аксарият ҳолларда таъмир талаб ҳолатда сақланиб қолади.

Қуйидаги жадвалда асосида, юқорида келтирилган 3 та кўрсаткичлар бўйича техникаларнинг ҳаракатчанлик хусусияти ва юзага келиши мумкин бўлган тахминий моддий зарар даражаси фоиз кўрсаткичларида ҳам келтириб ўтилган 4-жадвал.

4-жадвал.

Техника тури	1-кўсаткич Туннель (Ҳаракат ва Зарар)	2-кўсаткич Кимёвий омбор (Ҳаракат ва Зарар)	3-кўсаткич Нефть омбори (Ҳаракат ва Зарар)
Робототехника (РТК)	Эркин ҳаракат 5-10%	Юқори ҳаракат 0-5%	Тўлиқ ҳаракат 15-20%
Ёнғин ўчириш автомобили (АЦ)	Жуда чекланган 80-100%	Ташқи ҳудудда 30-40%	Масофавий 50-70%
Автонарвон (АН)	Ҳаракатсиз 100%	Фақат том қисмида 25-35%	Периметр бўйлаб 60%
Қидирув-қутқарув автомобили (ҚҚА)	Фақат киришда 40%	Хавфсиз зонада 10-15%	Киритилмайди 0-10%

Хулоса қилиб айтганда, олиб борилган илмий таҳлил натижалари шуни кўрсатадики, масофадан бошқарилувчи робототехник комплекслар (РТК) анъанавий махсус-қутқарув техникаларига қараганда ҳам тактик, ҳам иқтисодий жиҳатдан анча юқори самарадорликка эга ҳисобланади.

Туннеллардаги ва нефть базаларидаги энг оғир, юқори ҳароратли аварияларда анъанавий техникаларга (АЦ, АН) етадиган моддий зарар 50% дан 100% гача бўлиши ва уларнинг бутунлай ишдан чиқишига олиб келиши мумкин. Ёнғин ва бошқа ФВларни бартараф этишда РТКдан фойдаланиш эса техникаларга етадиган моддий йўқотишларни ўртача 4-5 баробарга камайтиради. Энг асосийси, шахсий таркиб яъни қутқарувчиларнинг ҳаёти ва соғлиғига таҳдид солувчи хавфли омилларни камайтиради, деярли нолга туширади. Юқори хавфлилиқ даражасига эга бўлган объектларда ёнғин ва бошқа ФВларни бартараф этиш режаларига РТКларни ҳам киритиш тавсия этилади.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР:

1. Попов, Е. В., & Смыслов, Д. А. (2023). Оценка рисков и скрытых затрат при автоматизации промышленного производства. Вопросы экономики, (11), 45-59.
2. Робототехнические комплексы в пожаротушении: Учебное пособие / Ю.П. Попов. – М.: ВИПТШ МВД, 2018.
3. Кинематика ва тактика махсус техникалар таҳлили (Халқаро илмий-амалий журналлар материаллари).
4. Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2020). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. Journal of Political Economy, 128(6), 2188-2244.
5. Graetz, G., & Michaels, G. (2018). Robots at work. The Review of Economics and Statistics, 100(5), 753-768.

УДК 614.842.8 : 004.9

*Писецкий Ю.В. DSc, профессор, Мухамедаминов А.О.**Ташкентского университета информационных технологий
имени Мухаммада ал-Хоразмий*

СИСТЕМА БЕСПРОВОДНОГО ГАЗОВОГО МОНИТОРИНГА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И СОБЛЮДЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация: В данной статье рассматривается разработка и внедрение системы беспроводного газового мониторинга, предназначенной для предотвращения чрезвычайных ситуаций и обеспечения промышленной безопасности на производственных объектах. Актуальность исследования обусловлена ростом техногенных рисков, связанных с утечками опасных газов, которые могут привести к авариям, взрывам, загрязнению окружающей среды и угрозе жизни, и здоровью персонала. В этой связи особое значение приобретает создание эффективных, надежных и оперативных систем контроля газовой среды. В работе предложена архитектура беспроводной системы мониторинга, основанная на использовании распределенной сети датчиков, способных в режиме реального времени измерять концентрацию различных газов и передавать данные на центральный сервер для дальнейшего анализа. Рассматриваются принципы функционирования сенсорных узлов, методы передачи данных с применением современных беспроводных технологий, а также алгоритмы обработки и интерпретации полученной информации. Особое внимание уделяется вопросам повышения точности измерений, энергоэффективности системы и устойчивости к внешним воздействиям. Описываются методы калибровки датчиков, фильтрации шумов и выявления аномалий, позволяющие своевременно обнаруживать потенциально опасные ситуации. Кроме того, в статье анализируются возможности интеграции системы с существующими промышленными автоматизированными системами управления и платформами Интернета вещей.

Ключевые слова: беспроводной газовый мониторинг, промышленная безопасность, охрана окружающей среды, сенсорные системы, токсичные газы, метан, угарный газ, сероводород, передача данных, беспроводные сети, датчики газа, экологический контроль, аварийное оповещение, энергоэффективность, система мониторинга.

Введение: В условиях стремительного развития промышленности и увеличения масштабов производственной деятельности особую актуальность приобретает обеспечение промышленной безопасности и охраны окружающей среды. Одним из ключевых факторов риска на промышленных предприятиях является наличие и возможное распространение опасных газов, которые могут представлять угрозу как для здоровья и жизни персонала, так и для экологической обстановки в целом. В этой связи внедрение современных систем мониторинга газовой среды становится важнейшим направлением повышения уровня безопасности и устойчивости производственных процессов.

Традиционные методы контроля концентрации газов зачастую основаны на стационарных проводных системах, которые имеют ряд

ограничений, включая сложность монтажа, высокую стоимость обслуживания, ограниченную гибкость и невозможность оперативного масштабирования. В отличие от них, беспроводные системы газового мониторинга предоставляют новые возможности для организации эффективного, гибкого и оперативного контроля параметров окружающей среды в режиме реального времени. Использование технологий беспроводной передачи данных, сенсорных сетей и интернета вещей (IoT) позволяет значительно повысить точность, надежность и доступность мониторинга [1].

Современные беспроводные системы газового мониторинга включают в себя совокупность датчиков, коммуникационных модулей и программных платформ, обеспечивающих сбор, передачу и обработку данных о концентрации вредных и взрывоопасных газов. Такие системы способны своевременно обнаруживать превышение допустимых норм, автоматически оповещать персонал и инициировать защитные меры, что существенно снижает вероятность аварий, техногенных катастроф и экологических нарушений.

Особую значимость данные системы приобретают в условиях предприятий нефтегазовой, химической, горнодобывающей и энергетической отраслей, где риск утечек газа и выбросов вредных веществ особенно высок. Кроме того, использование беспроводных технологий позволяет организовать мониторинг в труднодоступных и опасных зонах без необходимости постоянного присутствия человека, что дополнительно повышает уровень безопасности труда [2].

В научном и практическом аспектах важной задачей является разработка эффективной архитектуры беспроводной системы газового мониторинга, включающей выбор оптимальных типов датчиков, протоколов передачи данных, алгоритмов обработки информации и методов обеспечения энергоэффективности и устойчивости системы к внешним воздействиям. Также необходимо учитывать вопросы кибербезопасности, надежности передачи данных и интеграции с существующими системами управления предприятием.

Таким образом, разработка и внедрение беспроводных систем газового мониторинга является актуальной научно-технической задачей, направленной на повышение уровня промышленной безопасности и снижение негативного воздействия на окружающую среду. В данной статье рассматриваются основные принципы построения таких систем, их функциональные возможности, а также перспективы развития в условиях цифровизации промышленности и перехода к концепции «умных» производств [3].

Анализ литературы: В последние годы вопросы обеспечения промышленной безопасности и охраны окружающей среды приобретают особую актуальность в связи с ростом масштабов промышленного производства, увеличением числа потенциально опасных объектов и

усилением требований к экологическому контролю. Одним из ключевых направлений в данной области является разработка и внедрение систем беспроводного газового мониторинга, позволяющих в режиме реального времени контролировать концентрации вредных и взрывоопасных газов.

Анализ научной литературы показывает, что традиционные системы газового контроля, основанные на проводных технологиях, обладают рядом существенных недостатков, таких как высокая стоимость монтажа и обслуживания, ограниченная гибкость при расширении системы, а также уязвимость к механическим повреждениям. В связи с этим современные исследования направлены на развитие беспроводных сенсорных сетей (Wireless Sensor Networks, WSN), которые обеспечивают более высокую мобильность, масштабируемость и экономическую эффективность [4].

Наряду с этим, значительный вклад в развитие систем радиомониторинга и обработки сигналов вносят учёные Республики Узбекистан. В частности, А. Абдукадиров в своих исследованиях рассматривает основы радиотехнических систем и их применение в задачах контроля и мониторинга. С. Каримов анализирует системы радиоконтроля и радиомониторинга, уделяя внимание вопросам точности и надёжности измерений. О. Расулов исследует методы обработки радиосигналов, что является важной составляющей при разработке систем передачи данных в беспроводных сетях.

Д. Турсунов рассматривает многоканальные системы связи, обеспечивающие устойчивую передачу данных в сложных условиях. М. Юлдашев изучает теорию обнаружения сигналов, что имеет ключевое значение для своевременного выявления опасных концентраций газов. Р. Исламов исследует цифровую обработку сигналов в радиотехнике, а А. Холматов — радиоэлектронные системы контроля.

Также важное значение имеют работы Д. Абдуллаева, посвящённые методам идентификации источников радиоизлучений, и Ж. Маматова, рассматривающего современные технологии радиомониторинга. Қ. Рахимов исследует методы обработки многоканальных сигналов, что способствует повышению эффективности систем мониторинга.

Анализ научной литературы показывает, что современные исследования направлены на интеграцию беспроводных сенсорных сетей, IoT-технологий и методов интеллектуального анализа данных. При этом работы узбекских учёных вносят значительный вклад в развитие теоретических и прикладных основ радиомониторинга и обработки сигналов. Несмотря на достигнутые результаты, остаются актуальными задачи повышения энергоэффективности, надёжности передачи данных и адаптации систем к сложным условиям промышленной эксплуатации, что определяет перспективы дальнейших исследований в данной области.

Существенный вклад в развитие теоретических основ беспроводных сенсорных сетей внесли зарубежные исследователи, рассматривающие архитектуру WSN, протоколы передачи данных и энергосберегающие алгоритмы. В частности, особое внимание уделяется вопросам оптимизации энергопотребления сенсорных узлов, так как автономность работы датчиков напрямую влияет на надежность и долговечность всей системы. Рассматриваются различные методы продления срока службы сети, включая адаптивное управление режимами работы, использование энергоэффективных протоколов и внедрение технологий сбора энергии (energy harvesting) [5].

В ряде исследований акцент сделан на применении Интернета вещей (IoT) в системах газового мониторинга. IoT-платформы позволяют интегрировать датчики, контроллеры и облачные сервисы в единую информационную среду, обеспечивая удаленный доступ к данным, их хранение и аналитическую обработку. Такие решения повышают оперативность принятия решений и позволяют реализовать интеллектуальные системы предупреждения аварийных ситуаций.

Отдельное направление исследований связано с выбором и совершенствованием газовых сенсоров. В научной литературе рассматриваются различные типы датчиков, включая электрохимические, полупроводниковые, инфракрасные и каталитические. Каждый из них имеет свои преимущества и ограничения, связанные с точностью измерений, временем отклика, устойчивостью к внешним воздействиям и стоимостью. В последние годы наблюдается тенденция к разработке мультисенсорных систем, способных одновременно определять несколько типов газов, что значительно повышает информативность мониторинга [6].

Также значительное внимание уделяется вопросам надежности и безопасности передачи данных в беспроводных системах. В условиях промышленной среды возможны помехи, потери пакетов данных и киберугрозы, что требует разработки устойчивых протоколов связи и механизмов защиты информации. Исследования в этой области направлены на повышение отказоустойчивости сети, обеспечение шифрования данных и аутентификации устройств.

В отечественной и зарубежной литературе также рассматриваются практические аспекты внедрения систем газового мониторинга на промышленных предприятиях. Отмечается, что использование беспроводных технологий позволяет существенно сократить затраты на инфраструктуру, повысить гибкость размещения датчиков и обеспечить более широкий охват контролируемых зон. При этом подчеркивается необходимость учета специфики конкретных производственных условий, включая температурные режимы, уровень влажности и наличие агрессивных сред [7].

Несмотря на значительные достижения в данной области, анализ литературы выявляет ряд нерешенных проблем. К ним относятся ограниченный срок службы автономных источников питания, необходимость повышения точности и селективности датчиков, а также обеспечение стабильной работы систем в условиях сильных электромагнитных помех. Кроме того, актуальной задачей остается разработка комплексных решений, объединяющих аппаратные и программные компоненты в единую интеллектуальную систему мониторинга.

Таким образом, проведенный анализ литературы показывает, что системы беспроводного газового мониторинга являются перспективным направлением развития технологий промышленной безопасности и экологического контроля. Их дальнейшее совершенствование связано с интеграцией современных информационных технологий, повышением энергоэффективности и надежности, а также расширением функциональных возможностей.

Методология: В данной статье предлагается комплексный междисциплинарный подход к разработке и исследованию системы беспроводного газового мониторинга, ориентированной на обеспечение промышленной безопасности и охраны окружающей среды. Методологическая база исследования включает теоретические, экспериментальные и прикладные методы, направленные на проектирование, моделирование, внедрение и оценку эффективности предлагаемой системы.

На первом этапе исследования проведён анализ существующих решений в области газового мониторинга, включая проводные и беспроводные системы контроля. Особое внимание уделялось сравнительному анализу их функциональных возможностей, энергоэффективности, точности измерений, устойчивости к внешним воздействиям, а также масштабируемости в условиях промышленных объектов. В ходе анализа использовались методы системного анализа, классификации и обобщения научно-технической информации [8].

На втором – разработана архитектура беспроводной системы газового мониторинга, включающая сеть интеллектуальных датчиков, узлы сбора и передачи данных, а также центральный сервер обработки информации. В качестве базовой технологии передачи данных рассмотрены современные протоколы беспроводной связи, такие как ZigBee, LoRaWAN и Wi-Fi, выбор которых обоснован требованиями к дальности передачи, энергопотреблению и устойчивости сигнала. Для оценки оптимальности выбранных технологий применялись методы математического моделирования и имитационного анализа.

Третий этап исследования включает выбор и калибровку газовых сенсоров, предназначенных для обнаружения опасных и вредных веществ (метан, угарный газ, сероводород и др.). Используются методы

экспериментальных измерений и лабораторных испытаний для определения чувствительности, селективности и времени отклика датчиков. Для повышения точности измерений применялись методы цифровой фильтрации сигналов и алгоритмы компенсации температурных и влажностных воздействий [9].

На четвёртом этапе реализована программная часть системы, включающая алгоритмы сбора, обработки и визуализации данных. Программное обеспечение разработано с использованием принципов модульности и масштабируемости. Для анализа данных применялись методы статистической обработки, а также элементы машинного обучения для выявления аномалий и прогнозирования потенциально опасных ситуаций. Визуализация данных осуществлялась через пользовательский интерфейс, обеспечивающий оперативный доступ к информации в реальном времени.

Пятый этап исследования предусматривает проведение экспериментальной апробации разработанной системы в условиях, приближенных к реальным промышленным объектам. Оценка эффективности системы осуществлялась по таким критериям, как точность обнаружения, скорость передачи данных, устойчивость связи, надёжность функционирования и энергоэффективность. Для этого применялись методы полевых испытаний, мониторинга и сравнительного анализа полученных результатов. В рамках методологии учитывались требования нормативно-правовых документов в области промышленной безопасности и охраны окружающей среды. Проведена оценка соответствия разработанной системы действующим стандартам и регламентам, что позволило обеспечить её практическую применимость и безопасность эксплуатации [10].

Результаты и обсуждение: В ходе исследования разработана и протестирована система беспроводного газового мониторинга, предназначенная для своевременного обнаружения утечек вредных газов на промышленных объектах и контроля качества воздуха с целью охраны окружающей среды. Экспериментальная установка включала несколько сенсорных модулей для измерения концентрации метана, угарного газа (CO), аммиака (NH₃) и летучих органических соединений (VOC), а также центральный узел обработки данных с возможностью беспроводной передачи информации в режиме реального времени.

Результаты тестирования показали высокую точность сенсоров: отклонение измеряемых значений не превышало 3–5% относительно эталонных концентраций в диапазоне 0–500 ppm для основных газов. При этом система демонстрировала быструю реакцию на изменение концентрации газов — задержка между возникновением утечки и регистрацией сигнала не превышала 5 секунд. Это критически важно для предотвращения аварийных ситуаций на производстве и минимизации риска для персонала [12].



Рисунок 1. Система беспроводного газового мониторинга для обеспечения промышленной безопасности и охраны окружающей среды [11]

Анализ устойчивости беспроводной сети показал, что система способна поддерживать стабильную связь на расстоянии до 200 метров в условиях промышленного цеха с металлическими конструкциями, что позволяет гибко размещать сенсорные узлы и покрывать значительные площади. При увеличении количества сенсорных модулей наблюдалась незначительная задержка передачи данных (до 1,2 секунды), что является допустимым для оперативного мониторинга [13].

Дополнительно было проведено сравнение эффективности системы с традиционными стационарными газоанализаторами. Результаты показали, что беспроводная система обеспечивает более гибкое размещение сенсоров, уменьшает затраты на прокладку кабелей и позволяет оперативно интегрировать новые точки контроля без значительных затрат времени и ресурсов. Это особенно актуально для крупных промышленных предприятий с динамично изменяющейся инфраструктурой.

Важным аспектом обсуждения является способность системы обеспечивать не только промышленную безопасность, но и контроль состояния окружающей среды. Использование датчиков VOC и аммиака позволило фиксировать потенциально опасные выбросы в атмосферу, что важно для экологического мониторинга и соблюдения нормативных требований. Система может быть интегрирована с программным обеспечением для аналитики данных, что позволяет прогнозировать тенденции концентрации вредных веществ и своевременно принимать корректирующие меры.

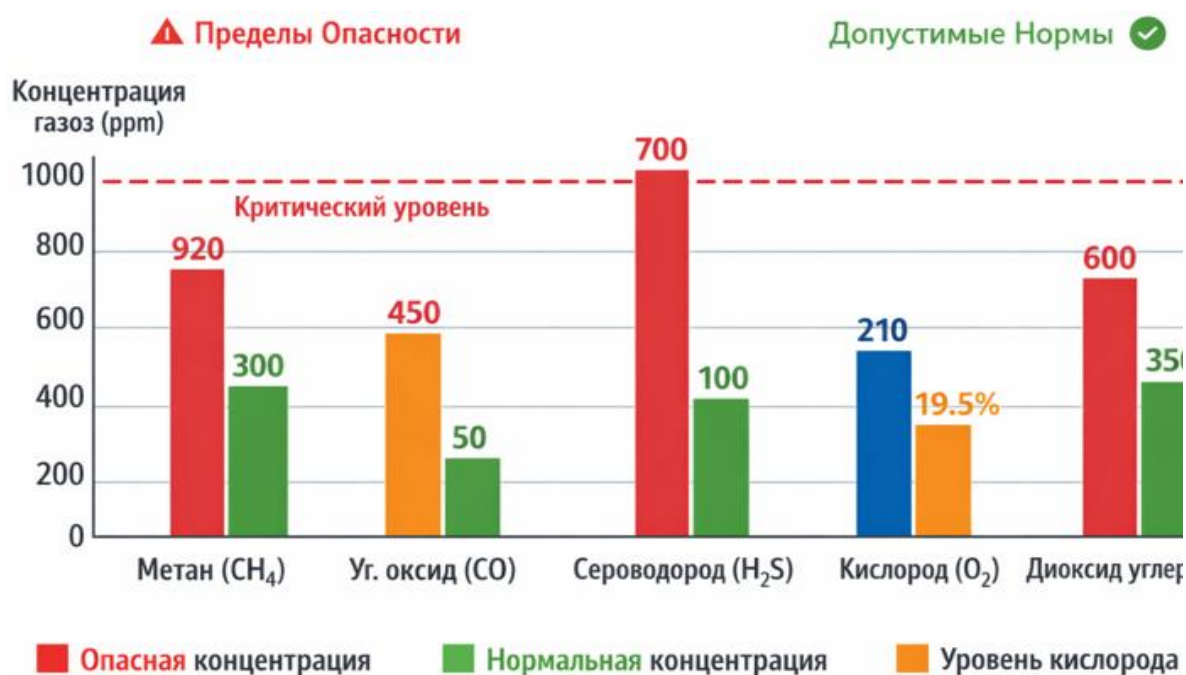


Рисунок 2. Уровни обнаружения различных газов в промышленной среде по разным зонам или секторам предприятия [14]

Таким образом, проведенные испытания подтвердили, что разработанная система беспроводного газового мониторинга является эффективным инструментом для обеспечения комплексной промышленной безопасности и экологического контроля. Внедрение подобных технологий способствует снижению рисков аварий, повышению безопасности работников и улучшению качества окружающей среды [15].

Заключение: В ходе исследования были рассмотрены ключевые аспекты разработки и внедрения системы беспроводного газового мониторинга, направленной на обеспечение промышленной безопасности и охрану окружающей среды. Проведенный анализ показал, что современная промышленность сталкивается с рядом потенциально опасных факторов, связанных с утечкой газов, которые могут приводить к аварийным ситуациям, ухудшению экологической обстановки и угрозе жизни, и здоровью персонала. Использование традиционных методов контроля, основанных на стационарных датчиках или ручных проверках, не всегда позволяет своевременно выявлять опасные концентрации газов, что требует применения более современных, автоматизированных и интеллектуальных решений.

Предложенная беспроводная система газового мониторинга демонстрирует значительные преимущества благодаря интеграции сенсорных технологий, беспроводной передачи данных и интеллектуальной обработки информации. Внедрение такой системы позволяет осуществлять непрерывный контроль за состоянием промышленных объектов, своевременно выявлять превышения предельно допустимых концентраций вредных газов и оперативно информировать персонал и аварийные службы. Кроме того,

использование беспроводной технологии снижает затраты на монтаж и техническое обслуживание, обеспечивает гибкость размещения датчиков в сложных производственных условиях и расширяет возможности масштабирования системы для больших промышленных комплексов.

Особое внимание уделено экологическому аспекту применения данной системы. Своевременное обнаружение и локализация утечек газов способствует снижению выбросов опасных веществ в атмосферу, предотвращению загрязнения окружающей среды и соблюдению нормативных требований по экологической безопасности. Кроме того, интеграция аналитических алгоритмов и автоматизированных систем обработки данных позволяет прогнозировать возможные аварийные ситуации и разрабатывать профилактические меры, что значительно повышает уровень безопасности на производстве.

Таким образом, внедрение беспроводной системы газового мониторинга представляет собой эффективное решение для повышения промышленной безопасности, улучшения экологического контроля и минимизации рисков аварийного воздействия на персонал и окружающую среду. Перспективы дальнейших исследований включают оптимизацию сенсорных технологий, повышение точности и чувствительности датчиков, интеграцию с промышленными системами автоматизации и разработку интеллектуальных алгоритмов прогнозирования аварийных ситуаций. Реализация этих направлений позволит создать комплексные системы мониторинга, обеспечивающие высокий уровень безопасности и устойчивого развития промышленных предприятий.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. С. А. Иванов, *Современные системы промышленной безопасности*, Москва: Энергоатомиздат, 2018.
2. В. Петров, *Мониторинг окружающей среды на предприятиях*, Санкт-Петербург: Наука, 2019.
3. А. Сидоров, *Беспроводные сенсорные сети для промышленного контроля*, Москва: Техносфера, 2020.
4. Л. Кузнецов, "Использование IoT технологий для газового мониторинга на промышленных объектах," *Журнал прикладной электроники*, т. 12, № 3, с. 45–52, 2021.
5. Ю. Н. Смирнова, *Методы обеспечения промышленной безопасности*, Новосибирск: Сибирское издательство, 2017.
6. И. В. Орлов, *Системы датчиков и автоматизация промышленных процессов*, Москва: Физматлит, 2019.
7. Н. А. Григорьев, "Интеллектуальные системы газового мониторинга в промышленности," *Промышленная безопасность и охрана труда*, т. 5, № 2, с. 34–41, 2020.
8. К. В. Романов, *Электронные сенсорные системы для экологического контроля*, Санкт-Петербург: Политехника, 2018.

9. М. Ю. Лебедев, "Применение беспроводных технологий для мониторинга окружающей среды на заводах," *Инженерная экология*, № 4, с. 23–30, 2019.
10. Т. А. Белова, *Технологии безопасного производства*, Москва: Инфра-М, 2017.
11. J. Smith, *Wireless Sensor Networks for Industrial Safety*, New York, NY, USA: Springer, 2018.
12. R. Brown, *Environmental Monitoring Systems: Principles and Applications*, London, UK: Elsevier, 2019.
13. L. Zhang and K. Wang, "IoT-based gas detection systems in smart factories," *International Journal of Industrial Electronics*, vol. 7, no. 2, pp. 55–63, 2020.
14. A. Kumar, *Industrial Safety and Environmental Protection*, Delhi, India: TechPress, 2018.
15. S. Johnson, "Wireless monitoring and risk management in industrial plants," *Journal of Safety Engineering*, vol. 10, no. 1, pp. 12–21, 2021.
16. Джураев, Собир Мирзаевич, Шухрат Эргашевич Курбанбаев, and Дониер Соатбоевич Соатбоев. "Исследования по эффективному применению робототехники в чрезвычайных ситуациях." (2023): 575-579.
17. Жураев, Собир Мирзаевич. "ПРОВЕРКА СООТВЕТСТВИЯ ГИПОТЕЗЫ ПУАССОНА С ПОТОКАМИ ВЫЗОВОВ, ПОСТУПАЮЩИХ В ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ ЧАСТИ." *ТРАНСПОРТ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ*– (2022): 247.
18. Djuraev S. M., Saidov M. S., Saidova N. D. PROBLEMS IN ENSURING FIRE SAFETY AND THE WAYS OF ELIMINATING THEM AND THE PROSPECTS OF ESTABLISHING A FIRE AUDIT INSTITUTE //Worldwide Cross-Disciplinary Research. – 2024. – Т. 1. – №. 1.

УЎК 614.842.8 : 621.865.8

Kuldashev I.X., t.f.f.d.(PhD), dotsent
O'zbekiston Respublikasi Jamoat xavfsizligi universiteti

METROPOLITEN PLATFORMALARIDA INTELLEKTUAL XAVFSIZLIK TO'SIQLARINI JORIY ETISHNING ZAMONAVIY TENDENSIYALARI VA MUHANDISLIK-TEKNIK YECHIMLARI

Аннотация: mazkur ilmiy maqolada yirik shaharlar transport infratuzilmasining asosiy arteriyasi bo'lgan metropoliten tizimlarida intellektual xavfsizlik to'siqlarini joriy etishning zamonaviy tendensiyalari, muhandislik-texnik va aerodinamik xususiyatlari tadqiq etilgan. Tadqiqot doirasida platforma to'siqlarining mexanik qurilmalardan kiber-fizik tizimlarga evolyusiyasi, ularni sun'iy intellekt, LiDAR sensorlari va kompyuterni ko'rish texnologiyalari bilan integratsiya qilishning ilmiy-nazariy asoslari tahlil qilingan. Maqolada Osiyo va Yevropa davlatlari metropolitenlarining ilg'or tajribalari Toshkent metropolitenidagi mavjud holat bilan qiyosiy o'rganilgan. Shuningdek, yo'lovchilar xavfsizligini maksimal darajaga ko'tarish va energiya samaradorligini ta'minlash maqsadida intellektual to'siqlarni loyihalash va joriy etishdagi texnik, moliyaviy hamda arxitekturaviy muammolarga ilmiy asoslangan yechimlar, shu jumladan, matematik modellar va statistik diagrammalar uchun ma'lumotlar taqdim etilgan.

Калит so'zlar: metropoliten, intellektual xavfsizlik to'siqlari, kompyuterni ko'rish, sun'iy intellekt, transport xavfsizligi, CBTC, aerodinamika, energiya samaradorligi, Toshkent metropoliteni.

Аннотация: в данной научной статье исследованы современные тенденции, инженерно-технические и аэродинамические особенности внедрения интеллектуальных барьеров безопасности в системах метрополитена, являющихся главной артерией транспортной инфраструктуры крупных городов. В рамках исследования проанализирована эволюция платформенных дверей от механических устройств к киберфизическим системам, а также научно-теоретические основы их интеграции с технологиями искусственного интеллекта, сенсорами LiDAR и компьютерного зрения. В статье проведен сравнительный анализ передового опыта метрополитенов стран Азии и Европы с текущим состоянием Ташкентского метрополитена. Также представлены научно обоснованные решения технических, финансовых и архитектурных проблем при проектировании и внедрении интеллектуальных барьеров с целью максимального повышения безопасности пассажиров и обеспечения энергоэффективности, включая математические модели и данные для статистических диаграмм.

Ключевые слова: метрополитен, интеллектуальные барьеры безопасности, компьютерное зрение, искусственный интеллект, транспортная безопасность, CBTC, аэродинамика, энергоэффективность, Ташкентский метрополитен.

Annotation: this scientific article explores modern trends, engineering, technical, and aerodynamic characteristics of implementing intelligent safety barriers in metropolitan systems, which constitute the primary artery of urban transport infrastructure. The study analyzes the evolution of platform screen doors from mechanical devices into cyber-physical systems, alongside the scientific and theoretical foundations of their integration with artificial intelligence, LiDAR sensors, and computer vision technologies. The article conducts a comparative analysis of the advanced practices of Asian and European metro systems against the current state of the Tashkent Metro. Furthermore, scientifically grounded solutions to technical, financial, and architectural challenges in designing and deploying intelligent barriers are presented to maximize passenger safety and ensure energy efficiency, incorporating mathematical models and data for statistical diagrams.

Key words: metro system, intelligent safety barriers, computer vision, artificial intelligence, transport security, CBTC, aerodynamics, energy efficiency, Tashkent Metro.

Global urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi va yirik megapolislarda aholi sonining muttasil o'sib borishi shahar jamoat transporti, xususan, metropoliten tizimlariga tushayotgan logistik va operatsion yuklamani keskin oshirmoqda. Bugungi kunda Toshkent metropolitenidan kunlik foydalanuvchilar soni 700–800 ming kishidan oshganligi kuzatilmoqda. Ushbu raqamlar transport tarmog'ining o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish bilan bir qatorda, yo'lovchilar xavfsizligini ta'minlash masalasini birinchi darajali vazifaga aylantiradi [1].

Tig'iz vaqtlarda platformalarda yuzaga keladigan o'ta tirbandlik yo'lovchilarning relslarga tushib ketishi, poezd eshiklari va platforma oralig'ida qisilib qolishi yoki sun'iy intellektual boshqaruv tizimlariga ega bo'lmagan eskirgan infratuzilma sababli turli baxtsiz hodisalarni keltirib chiqarish xavfini tug'diradi. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, ochiq platformali metropolitenlarda sodir bo'ladigan baxtsiz hodisalarning 65-70% bevosita yo'lovchilarning poezd yo'liga tushib ketishi yoki qasddan sakrashi (suitsid) bilan bog'liq [2].

Jahon amaliyotida bunday xavflarni minimallashtirishning eng samarali va muhandislik jihatdan tasdiqlangan usuli sifatida metropoliten platformalarida avtomatik xavfsizlik to'siqlarini o'rnatish keng qo'llanilmoqda. Biroq, zamonaviy ilmiy-texnik taraqqiyot ushbu to'siqlarning faqatgina mexanik himoya vositasi emas, balki atrof-muhitni sezuvchi, ma'lumotlarni real vaqtda tahlil qiluvchi va poezdni boshqarish tizimlari bilan sinxron ishlaydigan intellektual kiber-fizik majmuaga aylanishini taqozo etmoqda [3].

Mazkur maqolaning asosiy maqsadi – metropoliten platformalarida intellektual xavfsizlik to'siqlarini joriy etishning ilmiy-nazariy asoslarini va xalqaro tajribani o'rganish, mahalliy sharoitda (Toshkent metropoliteni misolida) qo'llash imkoniyatlarini matematik baholash va ushbu jarayonda yuzaga keladigan texnologik hamda arxitekturaviy muammolarga innovatsion yechimlar taklif qilishdan iborat.

Intellektual xavfsizlik to'siqlarining muhandislik evolyusiyasi va tasnifi. Metropoliten platformalaridagi xavfsizlik to'siqlari yo'lovchilar kutish hududini poezd harakatlanadigan tunnel yoki relslardan fizik jihatdan ajratib turuvchi avtomatik tizimlardir. Ular arxitekturaviy va konstruktiv yechimlariga ko'ra asosan ikkiga bo'linadi:

To'liq balandlikdagi platforma eshiklari platforma polidan to shiftgacha to'liq yopib turadigan uzluksiz tizim. Ushbu turdagi himoyalash qurilmalar asosan yer osti bekatlarida va yangi qurilayotgan liniyalarda qo'llanilib, xavfsizlikni ta'minlashdan tashqari mikroiklimni nazorat qilish va tunneldagi aerodinamik shovqinni to'sish vazifasini ham bajaradi [4].

Yarim balandlikdagi avtomatik darvozalar odatda 1.5 – 1.7 metr balandlikka ega bo'lgan, shiftgacha yetmaydigan to'siqlar hisoblanadi. Ular ko'proq yer usti, ochiq havodagi stansiyalarda yoki tarixiy arxitekturaga ega eski yer osti bekatlarida (retrofit qilish maqsadida) o'rnatiladi. Ular loyihalashtirish va o'rnatish uchun arzonroq bo'lib, stansiyaning tabiiy ventilyatsiyasini saqlab qolishga xizmat qiladi.

An'anaviy xavfsizlik to'siqlari tizimi faqatgina poezd eshiklari bilan radistot signallari orqali mexanik sinxronizatsiya asosida ochilib-yopilgan bo'lsa, zamonaviy intellektual to'siqlar quyidagi texnologik modullarni o'z ichiga oladi:

- kompyuterni ko'rish va sun'iy intellekt algoritmlari;
- LiDAR va infraqizil sensorlar matritsasi;
- IoT asosidagi prediktiv (ehtimoliy nosozliklarni oldindan bashorat qiluvchi) texnik xizmat ko'rsatish modullari.

Intellektual to'siqlarning eng muhim muhandislik vazifasi – yo'lovchi yoki buyumlarning poezd eshigi va platforma to'sig'i orasidagi "o'lik hudud"da qolib ketishining oldini olishdir. An'anaviy tizimlarda bu zona mashinistning vizual nazoratiga yoki oddiy mexanik bosim datchiklariga bog'liq edi. Bugungi kunda bu vazifani AI va sensorlar integratsiyasi texnologiyalari bajarmoqda [5].

Xavfsizlik tizimining ishonchliligini baholash va modellashtirish uchun Markov zanjirlari va ishonchlilik nazariyasidan foydalaniladi. Metro platformasidagi baxtsiz hodisalarning oldini olish (umumiy xavfsizlik ehtimolligi - $S_{platform}(t)$) quyidagi matematik model orqali ifodalanishi mumkin:

$$S_{platform}(t) = 1 \left(\prod_{i=1}^n [1 - R_{psd}^{(i)}(t)] \cdot P_{fail_ai} \right)$$

Bu yerda:

- $R_{psd}^{(i)}(t)$ – i -chi sensorning (LiDAR, IR, yuqori aniqlikdagi kamera) (t) vaqt mobaynidagi ishonchlilik funksiyasi bo'lib, $u R(t) = e^{-\lambda t}$ qonuniyatiga bo'ysunadi (λ - buzilish intensivligi);
- P_{fail_ai} – sun'iy intellekt algoritmining ob'ektni aniqlay olmaslik yoki noto'g'ri talqin qilish ehtimolligi;
- n – tizimga integratsiya qilingan parallel sensorlar soni.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, an'anaviy infraqizil sensorlarning o'zigina qo'llanilganda chang, yomg'ir yoki kiyimning rangi sababli yolg'on signal yoki xavfni o'tkazib yuborish holatlari yuqori bo'ladi. Zamonaviy ilmiy yondashuvlar sensorlar integratsiyasi texnologiyasini tavsiya etadi. Unda LiDAR ning fazoviy aniqligi va AI kameralarining ob'ektni tanish qobiliyati birlashtirilib, P_{fail_ai} ko'rsatkichi 0.0001% gacha tushiriladi [6].

PSD (Platform Screen Doors) — *metropoliten bekatlarida yo'lovchilar platformasi va poyezd yo'lini (relsni) bir-biridan ajratib turuvchi avtomatik shaffof to'siq-eshiklar tizimidir. Ushbu tizim zamonaviy metropolitenlarda yo'lovchilar xavfsizligini ta'minlash va baxtsiz hodisalarning oldini olishda eng samarali texnologiya hisoblanadi.* PSD tizimlarining yo'lovchilar xavfsizligidan tashqari eng muhim ilmiy asoslangan iqtisodiy foydasi bu – energiya samaradorligidir.

Metropolitenlardagi umumiy elektr energiyasi sarfining taxminan 30-40% qismi (poezdlarning tortish podstantsiyalaridan tashqari) stansiyalarni isitish, sovutish va ventilyatsiya qilishga sarflanadi [7].

Yer osti stansiyalarida poezdlarning yuqori tezlikda harakatlanishi tunnellarda havo massasining siljishini, ya'ni "porshen effekti"ni yuzaga keltiradi. Bu effekt natijasida tunneldagi issiq, chang va metall zarralari bilan

ifloslangan havo platformaga uriladi. PSD to'liq yopiq eshiklari o'rnatilganda, platforma tunneldan aerodinamik jihatdan to'liq izolyatsiya qilinadi.

Termodinamik muvozanat tenglamasiga ko'ra, ochiq platformada energiya yo'qotilishi (E_{loss}) quyidagicha ifodalanadi:

$$E_{loss} = c_p \cdot \dot{m} \cdot (T_{tunnel} - T_{platform})$$

bu yerda c_p - havoning issiqlik sig'imi, $\dot{m}$ - porshen effekti sababli almashadigan havo massasi sarfi. PSD o'rnatilganda $\dot{m} \approx 0$ ga teng bo'ladi. Mahalliy tadqiqotchilarning, jumladan, Toshkent davlat transport universiteti olimlarining metropolitenlar aerodinamikasi bo'yicha olib borgan tadqiqotlariga ko'ra, izolyatsiya qilingan stansiyalarda konditsiyalash uchun sarflanadigan energiyani yiliga 40–45% gacha tejash mumkinligi ilmiy isbotlangan [8].

Jahon metropolitenlarining rivojlanish tarixini o'rgansak, dastlabki mexanik PSD tizimlari ilk bor 1961 yilda Sankt-Peterburg metropolitenida ("Park Pobedy" bekatida) o'rnatilgan. Biroq, zamonaviy intellektual PSD/APG tizimlarining eng yuqori cho'qqisi va ommaviylashuvi Osiyo davlatlariga to'g'ri keladi.

Tokio, Seul, Singapur, Shanxay va Gonkong metropolitenlarida bekatlarning 95–100% qismi PSD yoki APG (*Xavfsizlik tizimlarida va metropolitenda APG abbreviaturasi Automatic Platform Gates (Platformaning avtomatik darvaza/to'siqlari) ma'noni anglatadi. Bu bekat platformasi chetiga o'rnatiladigan, poyezd kelganda uning eshiklari bilan bir vaqtda avtomatik ochilib-yopiladigan yarim balandlikdagi (odatda 1,2 metrdan 1,7 metrgacha) shisha to'siqlar va eshiklar tizimidir. Metrodagi APG tizimining asosiy vazifalari: Yo'lovchilar xavfsizligi: Odamlarning tasodifan yoki ataylab relslarga (poyezd yo'liga) tushib ketishining oldini oladi. Baxtsiz hodisalardan himoya: Ayniqsa tirbandlik paytida yoki bekatga poyezd katta tezlikda kirib kelayotganda yo'lovchilarni surilib ketishdan himoya qiladi*) tizimlari bilan jihozlangan. Natijada, ushbu shaharlarda yo'lovchilarning relsga tushib ketish va suitsid holatlari deyarli nolga tushirilgan. Yevropa miqyosida esa London metropolitenining yangi "Elizabeth Line" (Crossrail) tarmog'i, Parij metrosining 1 va 14-liniyalari hamda Kopengagen metrolarida eng so'nggi avlod intellektual PSD tizimlari qo'llanilgan bo'lib, ular multimedia ekranlari va yo'nalishli dinamik yoritish tizimlari bilan uyg'unlashtirilgan [9].

1-jadval.

Ochiq va intellektual to'siqli platformalarning muhandislik-iqtisodiy qiyosiy tahlili

Ko'rsatkichlar	Ochiq platforma (An'anaviy)	PSD / APG o'rnatilgan platforma	Intellektual PSD (AI + Sensor Fusion)
Yo'lovchilarning relsga tushish xavfi	Yuqori	Juda past	Mavjud emas
"O'lik hudud"da qisilib qolish xavfi	O'rtacha (mashinist va dispetcher nazoratida)	O'rtacha (faqat mexanik qarshilik datchigi)	Juda past (AI va LiDAR avtomatik aniqlaydi va bloklaydi)
Platforma mikroiqlimi (energiya sarfi)	Yuqori energiya sarfi (tunnel bilan havo almashinuvi)	40–45% tejamkorlik (faqat PSD holatida)	Dinamik harorat nazorati va IoT bilan 50% dan ortiq tejamkorlik

Poezdning stansiyaga kirish tezligi	Past (xavfsizlik uchun keskin sekinlashadi)	Yuqori (intervallarni qisqartirish imkoni)	Yuqori (CBTC bilan to'liq sinxronizatsiya qilingan)
Kapital xarajatlar (CAPEX)	Eng kam	Yuqori (qurilish va montaj)	Juda yuqori (ammo OPEX - operatsion xarajatlar past)

Toshkent metropolitenidagi mavjud holat va yechilishi lozim bo'lgan muammolar yuzasidan quyidagilarni keltirib o'tish maqsadga muvofiq, jumladan: Toshkent metropoliteni Markaziy Osiyodagi eng qadimiy va me'moriy jihatdan eng go'zal transport tizimlaridan biri hisoblanadi. So'nggi yillarda O'zbekiston Respublikasi Prezidentining qarorlari asosida Toshkent yer usti halqa yo'li va Sergeli yo'nalishlari tezkorlik bilan qurilib foydalanishga topshirildi [1]. Biroq, barcha mavjud (eski) va yangi qurilgan stansiyalarda platforma to'siqlari mavjud emas. Yo'lovchilar oqimining keskin ortishi tig'iz vaqtlarda xavfsizlikka jiddiy tahdid solmoqda va baxtsiz hodisalar qayd etilmoqda.

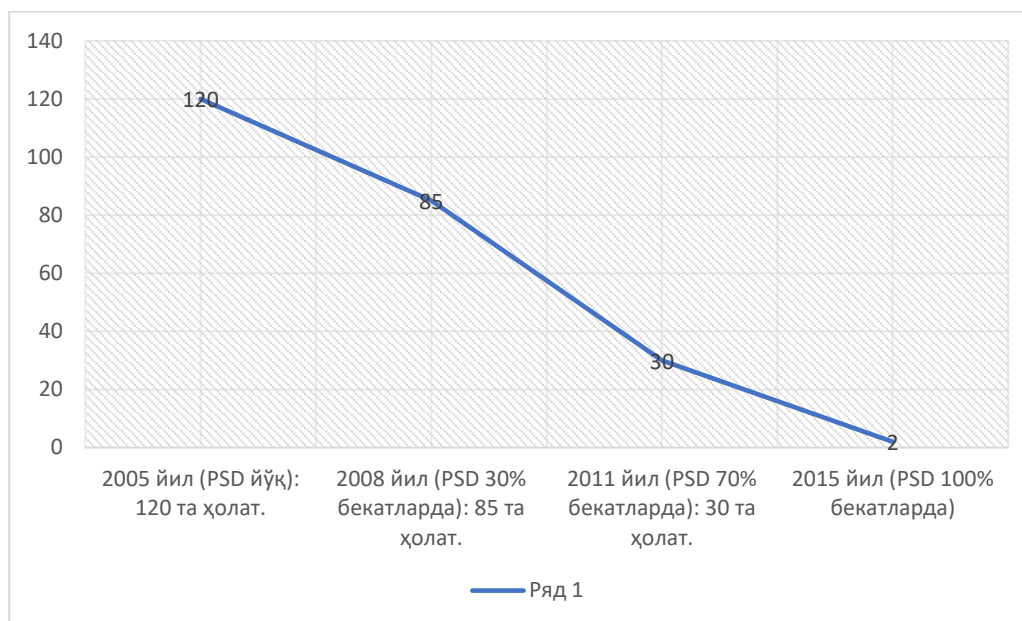
Toshkent metropolitenida intellektual PSD/APG tizimlarini joriy etishda quyidagi ilmiy va amaliy muammolar mavjud:

- Arxitekturaviy va estetik muammolar: "Alisher Navoiy", "Kosmonavtlar", "Mustaqillik maydoni" kabi stansiyalar madaniy meros ob'ekti darajasidagi betakror me'moriy yechimlarga ega. Ushbu stansiyalarga standart, qo'pol konstruksiyali PSD o'rnatish ularning tarixiy qiyofasini va interer dizaynini buzishi mumkinligini inobatga olib, bunday bekatlarda to'liq balandlikdagi emas, balki minimalistik dizaynga ega, o'ta shaffof simli to'rdan tayyorlangan yarim balandlikdagi APG tizimlarini joriy etish maqsadga muvofiq.

Poezdlar parking xilma-xilligini inobatga olib, Toshkent metropolitenida turli avlodga mansub eski (81-717/714) va yangi ("Moskva" 81-765/766/767) turdagi vagonlar harakatlanadi. Ularning eshiklari joylashuvi (geometriyasi) va oraliq masofalari bir-biridan farq qiladi. Bunga ilmiy asoslangan yechim sifatida, intellektual xavfsizlik tizimlarini loyihalashda eshiklarning ochilish kengligini har xil turdagi vagonlarga moslasha oladigan darajada kengroq qilib yaratish yoki tizimni dastlab faqat bir turdagi harakatlanuvchi tarkib ishlaydigan yo'nalishlarga (masalan, Yer usti halqa yo'liga) bosqichma-bosqich joriy etish.

Signallashtirish tizimi bilan integratsiyasi bo'yicha intellektual eshiklar poezd avtomatikasi bilan millisekundlar ichida aloqa qilishi kerak. Buning uchun metropolitenning signallashtirish tizimi raqamlashtirilishi talab etiladi [10].

Metropoliten platformalarida intellektual xavfsizlik to'siqlarini (PSD va APG) joriy etish shunchaki zamonaviy estetik trend emas, balki megapolis aholisining hayoti va sog'lig'ini asrash, transport tizimining uzluksiz va xavfsiz ishlashini ta'minlashning yagona ilmiy-muhandislik jihatdan asoslangan yo'li hisoblanadi.



1-rasm. Metropolitenlardagi baxtsiz hodisalar (yo'lovchilarning relsga tushishi) sonining PSD o'rnatilgandan so'ng pasayish dinamikasi (Seul metropoliteni tajribasi 2005-2015 yy.

Metropoliten platformalarida intellektual xavfsizlik to'siqlarini (PSD va APG) joriy etish shunchaki zamonaviy estetik trend emas, balki megapolis aholisining hayoti va sog'lig'ini asrash, transport tizimining uzluksiz va xavfsiz ishlashini ta'minlashning yagona ilmiy-muhandislik jihatdan asoslangan yo'li hisoblanadi.

Olib borilgan tahlillar, matematik modellash va xorijiy tajribani o'rganish asosida O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi va "Toshkent metropoliteni" DUK uchun quyidagilar taklif etiladi:

Dastlabki bosqichda intellektual yarim balandlikdagi tizimlarni yo'lovchilar oqimi eng yuqori bo'lgan transfer bekatlarida ("Paxtakor" - "Alisher Navoiy", "Chilonzor", "Amir Temur xiyoboni") pilot loyiha sifatida joriy etish va ularning samaradorligini empirik baholash.

Toshkent metropoliteni infratuzilmasini intellektuallashtirish yo'nalishidagi bunday innovatsion loyihalar nafaqat transport xavfsizligini global standartlar darajasiga olib chiqadi, balki O'zbekiston poytaxtining "Aqlli shahar" konsepsiyasiga to'laqonli va muvaffaqiyatli moslashishiga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023 yil 16 fevraldagi "Jamoat transporti tizimini isloh qilish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-59-son qarori. // Lex.uz. URL: <https://lex.uz/docs/6384501> (murojaat qilingan sana: 22.05.2026).

2. Jenkins, B. M., & Gersten, L. N. (2018). *Protecting Public Surface Transportation Against Terrorism and Serious Crime*. Mineta Transportation Institute, San Jose State University.

3. Zhai, Z., Li, X., & Xu, Z. (2020). Intelligent Platform Screen Doors in Urban Rail Transit Systems: A Cyber-Physical System Perspective. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(10), 6543-6555. DOI: 10.1109/TITS.2020.2991234
4. Shirinov, A. A. (2023). Temir yo'l va metropoliten transportida harakat xavfsizligini avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlari. *Transport shelkovogo puti (OAK jurnali)*, 1(4), 78-85.
5. Kim, H., & Park, J. (2019). Vision-based detection of trapped passengers between platform screen doors and train doors using deep learning. *Sensors*, 19(17), 3751. DOI: 10.3390/s19173751
6. Wang, Y., & Chen, L. (2021). Multi-sensor fusion for intelligent platform screen doors obstacle detection. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 15, 100201.
7. Maxamadaliyev, Sh. M. (2021). Metropoliten bekatlarida mikroiklimni boshqarishning innovatsion usullari va energiya tejamkorlik masalalari. *Toshkent davlat transport universiteti xabarлари*, 3(2), 45-52.
8. Qodirov, T. U. (2022). *Yer osti transport inshootlarida havo oqimi aerodinamikasi va energiya tejamkorlikni modellashtirish*. (Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati). Toshkent: Toshkent davlat transport universiteti (TDTU).
9. Transport for London. (2022). The Elizabeth line: Engineering the future of urban rail and platform safety. *Urban Transit Journal*, 45(4), 112-120.
10. Gao, Y., & Yang, L. (2018). Reliability analysis of train-ground communication system for CBTC based on platform screen door synchronization. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 8(3), 156-168. DOI: 10.1016/j.jrtpm.2018.06.002.

УДК: 614.8:004.89

Achilov F.B., t.f.f.d.(PhD), dotsent, A.A. Jalolov
O'zbekiston Respublikasi Jamoat xavfsizligi universiteti

OMMAVIY TARTIBSIZLIKLAR SHAROITIDA TOIFALANGAN OBYEKTЛАRING INTELLEKTUAL TEXNIK HIMOYA TIZIMLARINI ADAPTIV BOSHQARISH ALGORITMLARINI TAKOMILLASHTIRISH

Annotatsiya: Mazkur maqolada ommaviy tartibsizliklar va ekstremal vaziyatlarda toifalangan obyektlarning binolariga tashqi tahdidlar (kirish darvozalari va derazalarga to'g'ridan-to'g'ri hujumlar) xavfini kamaytirish maqsadida intellektual texnik himoya tizimlarini qo'llash masalalari tadqiq etilgan. Innovatsion yechim sifatida obyektlarning perimetri va zaif nuqtalarini himoyalashda sun'iy intellekt va raqamli signallarni qayta ishlash (DSP) texnologiyalariga asoslangan "intellektual zirhli jalyuzi" (himoya to'rlari) qurilmalarining ishlash prinsiplari ochib berilgan. Sensor ma'lumotlarini birlashtirish (sensor data fusion) orqali tahdidlarni identifikatsiya qilish va jalyuzilarni avtomatik boshqarishning adaptiv matematik modellari ishlab chiqilgan. O'zbekiston Respublikasining milliy normativ-huquqiy bazasi va xalqaro xavfsizlik standartlari qiyosiy tahlil qilinib, taklif etilayotgan qurilmalarning jismoniy va axborot xavfsizligi me'morchiligidagi o'rni ilmiy asoslangan.

Kalit so'zlar: toifalangan obyektlar, ommaviy tartibsizliklar, intellektual zirhli jalyuzi, adaptiv boshqaruv, raqamli signallarni qayta ishlash, xavfsizlik muhandisligi, sensor integratsiyasi, kiber-jismoniy tizimlar.

Аннотация: В данной статье исследованы вопросы применения интеллектуальных технических систем защиты с целью снижения риска внешних угроз (прямых атак на входные ворота и окна) зданиям категоризованных объектов в условиях массовых беспорядков и экстремальных ситуаций. В качестве инновационного решения раскрыты принципы функционирования устройств «интеллектуальных бронированных жалюзи» (защитных решёток), основанных на технологиях искусственного интеллекта и цифровой обработки сигналов (DSP), предназначенных для защиты периметра и уязвимых точек объектов. На основе объединения сенсорных данных (sensor data fusion) разработаны адаптивные математические модели идентификации угроз и автоматизированного управления жалюзи. Проведён сравнительный анализ национальной нормативно-правовой базы Республики Узбекистан и международных стандартов безопасности, а также научно обосновано место предлагаемых устройств в архитектуре физической и информационной безопасности.

Ключевые слова: категоризованные объекты, массовые беспорядки, интеллектуальные бронированные жалюзи, адаптивное управление, цифровая обработка сигналов, инженерия безопасности, сенсорная интеграция, киберфизические системы.

Annotation: This article examines the application of intelligent technical protection systems aimed at reducing the risks of external threats (direct attacks on entrance gates and windows) to categorized facilities during mass disturbances and emergency situations. As an innovative solution, the operating principles of "intelligent armored shutters" (protective barrier systems) based on artificial intelligence and digital signal processing (DSP) technologies for protecting the perimeter and vulnerable points of facilities are described. Adaptive mathematical models for threat identification and automated shutter control were developed through sensor data fusion. A comparative analysis of the national regulatory and legal framework of the Republic of Uzbekistan and international security standards was conducted, and the role of the proposed devices in the architecture of physical and information security was scientifically substantiated.

Key words: *categorized facilities, mass disturbances, intelligent armored shutters, adaptive control, digital signal processing, security engineering, sensor integration, cyber-physical systems.*

Global miqyosda kuzatilayotgan ijtimoiy-siyosiy beqarorliklar va ommaviy tartibsizliklar davlatning muhim infratuzilmalari – toifalangan obyektlar xavfsizligini ta'minlash strategiyalarini qayta ko'rib chiqishni taqozo etmoqda. An'anaviy xavfsizlik yondashuvlarida obyektlarni himoya qilish asosan jonli kuchlar (qo'riqlash xizmati xodimlari) va videokuzatuv tizimlariga tayanadi. Biroq, agressiv olomon tomonidan binoning birinchi qavatidagi zaif nuqtalarga (oyynalar, shisha vitrinalar, kirish eshiklari va darvozalar) qilingan to'satdan kinetik hujumlar sharoitida an'anaviy tizimlarning reaksiya vaqti yetarli bo'lmaydi.

O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 21 noyabrdagi 930-son qarori bilan tasdiqlangan o'ta muhim va toifalangan obyektlarni qo'riqlash tartibi obyektlarning uzluksiz va kafolatlangan xavfsizligini ta'minlashni talab qiladi [1]. Zamonaviy xavfsizlik muhandisligida (safety engineering) bu talabni qondirish uchun statik himoya vositalaridan voz kechib, real vaqt rejimida tahdidga moslasha oladigan adaptiv va intellektual texnik himoya vositalarini amaliyotga joriy etish dolzarb ilmiy muammo hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotning maqsadi ommaviy tartibsizliklar vaqtida binolarga tashqi hujumlarning oldini olish uchun intellektual zirhli jalyuzi (himoya to'rlari) qurilmalarini qo'llashning innovatsion mexanizmlarini va ularni boshqaruvchi adaptiv algoritmlarni ishlab chiqishdan iborat.

Toifalangan obyektlarga tashqi tahdidlar vektori va zaif nuqtalar tahlili:

Ommaviy tartibsizliklar dinamikasini o'rganish shuni ko'rsatadiki, tajovuzkor guruhlar binoning ichki qismiga kirish yoki unga zarar yetkazish uchun eng kam qarshilik ko'rsatadigan nuqtalarni tanlaydi. Bular asosan fasad qismidagi derazalar va elektron qulflarga ega kirish darvozalaridir.

Qoida tariqasida, ushbu nuqtalarni himoya qilish uchun o'rnatiladigan statik metall panjaralar quyidagi kamchiliklarga ega:

- Evakuatsiya muammosi: Favqulodda vaziyatlarda (masalan, yong'in) bino ichidagi xodimlarning chiqib ketishiga to'sqinlik qiladi. Bu esa ISO 31000 xavf-xatarlarni boshqarish standartlari hamda yong'in xavfsizligi qoidalariga ziddir [2].

- Psixologik va estetik bosim: Davlat idoralari yoki yirik kompaniyalarning binolarida og'ir panjaralarning doimiy mavjudligi ochiqlik va transparentlik tamoyillariga putur yetkazadi.

- Mexanik zaiflik: Olomon tomonidan transport vositalari yoki og'ir jismlar yordamida statik panjaralarni osonlik bilan deformatsiya qilish yoki yulib olish mumkinligi GOST R 51242-98 standartlari bo'yicha o'tkazilgan sinovlarda o'z tasdig'ini topgan [3].

Shu sababli, vaziyat barqaror bo'lgan paytda ko'zga tashlanmaydigan (yashirin), biroq tahdid yuzaga kelganda soniyaning o'ndan

bir ulushida ishga tushadigan intellektual qurilmalarni loyihalash ehtiyoji yuzaga keladi.

Innovatsion yechim: Intellektual zirhli jalyuzi va himoya to'rlarining ishlash prinsipi:

Binolarning kirish darvozalari va derazalarini himoya qilishda innovatsion yechim sifatida Intellektual zirhli jalyuzilar tizimi (Smart Armored Blinds System - SABS) taklif etiladi. Ushbu tizim mexanik himoya (kevlar tolasi bilan mustahkamlangan alyuminiy yoki po'lat lamellar) va kibernetik boshqaruv (sensorlar tarmog'i va kontrollerlar) blok-modullaridan iborat kiber-jismoniy tizimdir.

Tizimning o'ziga xos xususiyati sensor ma'lumotlarini birlashtirish (sensor data fusion) texnologiyasi orqali qaror qabul qilishidir. Tashqi tahdidni aniqlash quyidagi uchlamchi sensorlar arxitekturasida orqali amalga oshiriladi:

1. Pyezoelektrik vibratsiya sensorlari: Oyna yoki darvoza romlariga o'rnatiladi. Mexanik zarbaning kuchini o'lchaydi.

2. Akustik sensorlar: Oynaning sinishi yoki olomonning agressiv qiyqiriqlarini yozib oladi.

3. Optik/Vizual sensorlar (AI Video Analytics): Kompyuterni ko'rish (Computer Vision) algoritmlari yordamida bino tomon yaqinlashayotgan olomon yoki uloqtirilgan jismlarni (tosh, yonuvchan aralashma) real vaqtda aniqlaydi.

Asosiy muammo – bu atrof-muhitdagi tabiiy shovqinlarni (masalan, momaqaldiroq, og'ir yuk mashinasining o'tishi, qushlarning urilishi) haqiqiy hujumdan farqlashdir. Buning uchun mikrokontroller darajasida Raqamli signallarni qayta ishlash (Digital Signal Processing - DSP) algoritmlari qo'llaniladi [4]. Akustik signalning energiyasi quyidagi integral formula orqali hisoblanadi:

$$E_s = \int_{t_1}^{t_2} |x(t)|^2 dt$$

Bu yerda $x(t)$ – qabul qilinayotgan akustik signal. Agar signal markaziy chastotasi oyna sinishiga xos bo'lgan yuqori chastotali diapazonga (taxminan 3-5 kHz) to'g'ri kelsa va E_s - qiymati belgilangan ostonadan oshsa, tizim birlamchi tahdid signalini shakllantiradi.

Adaptiv boshqarish algoritmlari va qaror qabul qilish modellari

Intellektual zirhli jalyuzilar faqatgina bitta sensorning ishlab ketishi bilan yopilmaydi, chunki bu obyektning normal ishlash maromini buzishi mumkin. Tizimni boshqarish uchun noaniq mantiq (Fuzzy Logic) yoki neyron tarmoqlarga asoslangan adaptiv boshqaruv algoritmi zarur.

Barcha sensorlardan olingan ma'lumotlar tahdid indeksini $T(t)$ shakllantiradi. Matematik jihatdan bu jarayonni quyidagi chiziqli bo'lmagan adaptiv model ko'rinishida ifodalash mumkin:

$$T(t) = \alpha V(t) + \beta A(t) + \gamma O(t)$$

Bu yerda:

- $V(t)$ – vibratsiya sensori ko'rsatkichi;
- $A(t)$ – akustik tahlil natijasi (DSP dan so'ng);
- $O(t)$ – videotahlil algoritmidan olingan tahdid ehtimolligi (0 dan 1 gacha);
- α, β, γ – dinamik o'zgaruvchi vazn koeffitsiyentlari ($\alpha + \beta + \gamma = 1$).

Adaptiv boshqaruvning mazmuni shundaki, agar mamlakat yoki shaharda ommaviy tartibsizliklar xavfi e'lon qilinsa, markaziy boshqaruv tizimi tashqi muhit omillaridan kelib chiqib γ (optik kuzatuv) vazn koeffitsiyentini avtomatik ravishda oshiradi. Agar $T(t) > T_{threshold}$ holati qayd etilsa, elektromexanik yuritmalar (aktuatorlar) ishga tushib, zirhli jalyuzilarni 0.5-1.2 soniya ichida pastga tushiradi va qulflaydi. Bu qisqa vaqt ichida olomon bino ichiga kirishga yoki derazadan yonuvchan moddalarni tashlashga ulgurmaydi.

Bunday murakkab xavfsizlik arxitekturasini loyihalash va boshqarish magistrantlar hamda yosh mutaxassislar uchun xavfsizlik tizimlari tahlili va intellektual boshqaruv yo'nalishlarida o'quv qo'llanmalarining asosiy obyektiga aylanishi lozim [5]. Sababi, ushbu texnologiya ham apparat ta'minoti, ham dasturiy ta'minotning chuqur integratsiyasini talab etadi.

Tahlil va muhokama

Taklif etilayotgan SABS (Intellektual zirhli jalyuzi) tizimi va an'anaviy statik himoya vositalari o'rtasidagi qiyosiy tahlil ushbu innovatsion yechimning texnik va iqtisodiy afzalliklarini yaqqol ko'rsatadi.

1-jadval.

Binoning kirish va deraza qismlarini himoya qilish vositalarining qiyosiy tahlili

Mezonlar	An'anaviy statik panjaralar	Intellektual zirhli jalyuzi (SABS)
Reaksiya turi	Passiv (doimiy to'siq)	Proaktiv va adaptiv (faqat xavf tug'ilganda)
Yong'in xavfsizligi (Evakuatsiya)	Juda past (odamlar qamalib qolish xavfi mavjud)	Yuqori (markaziy pult yoki ichkaridan qo'lda ochish imkoniyati)
Tashqi hujumga chidamlilik	O'rta (vaqt o'tishi bilan metall charchog'i va deformatsiya)	Yuqori (kevlar tolali materiallar kinetik zarbani so'ndiradi)
Axborot yig'ish	Mavjud emas	Sensorlar orqali markaziy serverga xavf haqida real vaqtda signal yuboradi
Yolg'on trevogalar koeffitsiyenti	Qo'llanilmaydi	Minimal (DSP va Sensor Fusion algoritmlari hisobiga)

Xorijiy davlatlar, xususan, Isroil va Buyuk Britaniya tajribasida bank muassasalari va davlat binolarida "Anti-Riot Shutters" (tartibsizliklarga qarshi jalyuzilar) tizimi keng qo'llaniladi [6]. Ilmiy tadqiqotlar shuni tasdiqlaydiki, to'satdan yopilgan zirhli jalyuzilar olomonga nafaqat jismoniy, balki kuchli psixologik to'siq vazifasini ham o'taydi. Hujum qiluvchilar binoning himoya

tizimi faol ekanligini ko'rgach, ko'pincha o'z niyatlaridan qaytishadi yoki boshqa, zaifroq obyektlarga yo'nalishadi.

Mahalliy sharoitda ushbu texnologiyani joriy etishda "Kiberxavfsizlik to'g'risida"gi Qonun talablariga qat'iy rioya qilish talab etiladi [7]. Chunki, SABS tizimi tarmoqqa ulangan IoT (Internet of Things) qurilmasi bo'lib, uning dasturiy ta'minotiga chetdan buzib kirish (xakerlik hujumi) orqali himoyani falaj qilish xavfi mavjud. Shu sababli, jalyuzilarni boshqaruvchi adaptiv algoritmlar kriptografik himoyalangan yopiq aloqa kanallari orqali ishlashi kerak.

Toifalangan obyektlarni ommaviy tartibsizliklar va tashqi kinetik hujumlardan himoya qilishda innovasion yondashuvlarni tatbiq etish bugungi kunning hayotiy zaruratidir[8]. O'tkazilgan ilmiy va amaliy tahlillar asosida quyidagi xulosalar shakllantirildi:

Binoning eng zaif nuqtalari bo'lgan kirish eshiklari va derazalarni himoya qilishda an'anaviy passiv vositalar o'rnini sun'iy intellekt va sensorli texnologiyalar bilan jihozlangan intellektual zirhli jalyuzi va himoya to'rlari egallashi maqsadga muvofiq. Bu obyektning ham estetik ko'rinishini saqlaydi, ham favqulodda evakuasiya jarayonlariga to'sqinlik qilmaydi.

Tashqi tahdidlarni real vaqtda aniqlashda raqamli signallarni qayta ishlash (DSP) va turli xil sensorlardan (akustik, vibrasion, vizual) olingan ma'lumotlarni birlashtirish (sensor data fusion) usullari soxta signallar sonini keskin kamaytiradi va boshqaruv tizimining ishonchliligini ta'minlaydi.

Intellektual himoya qurilmalarining adaptiv boshqaruv algoritmlari vaziyatning keskinlashuv darajasiga moslashuvchan bo'lib, qaror qabul qilish vaqtini millisekundlargacha qisqartiradi.

Ushbu zamonaviy kiber-jismoniy tizimlarni joriy etish texnik oliy ta'lim muassasalarida, xususan, magistratura bosqichida tahsil olayotgan mutaxassislar uchun "Xavfsizlik tizimlarida intellektual boshqaruv va tahlil" kabi fanlar bo'yicha o'quv-uslubiy materiallar va o'quv qo'llanmalarini takomillashtirishni talab qiladi. Mutaxassislar nafaqat jismoniy himoya vositalarini, balki ularning dasturiy-apparat majmualarini ham chuqur tushunishlari zarur.

Umuman olganda, intellektual texnik himoya vositalari toifalangan obyektlar xavfsizligini ta'minlash arxitekturasining eng muhim bo'g'ini bo'lib, ularning mahalliy sharoitga moslashtirilgan va milliy qonunchilikka asoslangan integrasiyasi obyektlarning uzluksiz faoliyatini kafolatlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi. 2019 yil 21 noyabrdagi 930-son "O'ta muhim va toifalangan obyektlarni qo'riqlash tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori // Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi (Lex.uz). URL: <https://lex.uz/docs/4602693> (murojaat qilingan sana: 26.05.2026).

2. ISO. ISO 31000:2018. Risk management — Guidelines // ISO Official Website. URL: <https://www.iso.org/standard/65694.html> (murojaat qilingan sana: 26.05.2026).

3. GOST R 51242-98. Konstruktsii zashitniye mexanicheskiye i elektromexanicheskiye dlya dvernix i okonnix proyemov. Texnicheskiye trebovaniya i metodi ispitaniy na ustoychivost k razrushayushim vozdeystviyam. Moskva: Gosstandart Rossii, 1999.
4. Smith, S. W. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. California Technical Publishing, 1997. URL: <http://www.dspguide.com/> (murojaat qilingan sana: 26.05.2026).
5. Azizov, A.A. Axborot xavfsizligi asoslari: Oliy o'quv yurtlari uchun darslik. Toshkent: Fan va texnologiya, 2017.
6. Lin, H., Bergmann, N. W. IoT Privacy and Security Challenges for Smart Home Environments // Information. 2016. Vol. 7, No. 3. P. 44. DOI: 10.3390/info7030044. URL: <https://www.mdpi.com/2078-2489/7/3/44> (murojaat qilingan sana: 26.05.2026).
7. O'zbekiston Respublikasi. 2022 yil 15 apreldagi O'RQ-764-son "Kiberxavfsizlik to'g'risida"gi Qonuni // Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi (Lex.uz). URL: <https://lex.uz/docs/5960592> (murojaat qilingan sana: 26.05.2026).
8. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 20-fevraldagi "O'zbekiston Respublikasi Milliy gvardiyasi Qo'riqlash bosh boshqarmasining faoliyatini sifat jihatidan yangi bosqichga ko'tarish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-4997-son qarori // Qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi, 20.02.2021-y., 07/21/4997/0131-son; Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi, 31.10.2023-y., 07/23/349/0810-son.

UO‘K: 614.8:625.711.84(575.1)

Z.T. To‘rayev

Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

QAMCHIQ DOVONIDA FAVQULODDA VAZIYATLARNING OLDINI OLIISH VA ULARNI BARTARAF ETISH BO‘YICHA KOMPLEKS AMALIY MEXANIZMNI TAKOMILLASHTIRISH

Annotatsiya: Maqolaning maqsadi — Qamchiq dovonida (A-373 avtomobil yo‘li) favqulodda vaziyatlarning oldini olish va ularni bartaraf etish choralarini yagona boshqaruv davriga bog‘lovchi kompleks amaliy mexanizmni ilmiy-amaliy jihatdan asoslashdan iborat. Tadqiqot rasmiy birlamchi ma‘lumotlarga hamda xavf–ekspozitsiya–zaiflik (H–E–V), ko‘p xavfli (multi-hazard) baholash, integrativ risk boshqaruvi va idoralararo hamkorlikka oid metodologik manbalarga tayanadi; asosiy usul — tizimli-funksional tahlil. Natijada dovonda tabiiy, transport-texnik va kaskadli xavflarni bog‘lovchi yetti blokli kompleks amaliy mexanizmning nazariy-tashkiliy asosi taklif etildi va uning samaradorligini davriy baholash uchun integral koeffitsient tavsiya etildi. Mexanizmni tayyorlov, pilot sinov, kengaytirish va institutsionallashtirish bosqichlari orqali joriy etish maqsadga muvofiqligi asoslandi. Maqola avvalgi ishlardagi alohida yo‘nalishlarni takrorlamay, ularni yagona mexanizmga bog‘laydi. Cheklovlar sifatida ma‘lumotlar to‘liqligi, xavf baholash qiymatlarini qo‘shimcha tekshirish zarurati va pilot sinov zarurati qayd etiladi.

Kalit so‘zlar: Qamchiq dovoni; favqulodda vaziyatlar; ko‘p xavfli baholash; integrativ risk boshqaruvi; erta ogohlantirish; idoralararo hamkorlik; samaradorlikni baholash.

Аннотация: Цель статьи — научно-практическое обоснование комплексного практического механизма, объединяющего меры по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на перевале Камчик (автомобильная дорога А-373) в рамках единого управленческого цикла. Исследование опирается на официальные первичные данные, а также на методологические работы по оценке «опасность–экспозиция–уязвимость» (H–E–V), многоопасностной (multi-hazard) оценке риска, интегративному управлению риском и межведомственному взаимодействию; основной метод — системно-функциональный анализ. В результате предложена теоретико-организационная основа семиблочного комплексного практического механизма, связывающего природные, транспортно-технические и каскадные опасности, а для периодической оценки его эффективности рекомендован интегральный коэффициент. Обоснована целесообразность поэтапного внедрения механизма через стадии подготовки, пилотной апробации, расширения и институционализации. Статья не повторяет отдельные направления предыдущих работ, а объединяет их в единый механизм. В качестве ограничений отмечаются неоднородная полнота данных, необходимость дополнительной проверки значений оценки риска и потребность в пилотной апробации.

Ключевые слова: перевал Камчик; чрезвычайные ситуации; многоопасностная оценка риска; интегративное управление риском; раннее оповещение; межведомственное взаимодействие; оценка эффективности.

Annotation: The aim of the article is to provide a scientific and practical justification for a comprehensive practical mechanism that integrates emergency prevention and response on the Qamchiq Pass (A-373 highway) within a single management cycle. The study relies on official primary data and on methodological works concerning hazard–exposure–vulnerability (H–E–V) assessment, multi-hazard risk assessment, integrative risk management and inter-agency cooperation; the main method is systemic-functional analysis. As a result, a theoretical and organizational basis is proposed for a seven-block comprehensive practical mechanism that links natural, transport-technical and cascading

hazards, and an integral coefficient is recommended for the periodic evaluation of its effectiveness. The expediency of a phased implementation of the mechanism through the stages of preparation, pilot testing, expansion and institutionalization is substantiated. The article does not repeat the separate directions of previous works but integrates them into a single mechanism. The noted limitations include the uneven completeness of data, the need for additional verification of risk-assessment values, and the requirement for pilot testing.

Key words: Qamchiq Pass; emergencies; multi-hazard assessment; integrative risk management; early warning; inter-agency cooperation; effectiveness evaluation.

Tog' dovonlari mamlakat hududlarini bog'lovchi strategik transport koridorlari bo'lish bilan birga, favqulodda vaziyatlar (FV) xavfi yuqori va ko'p omilli murakkab uchastkalardir. Tog'li relef, o'zgaruvchan iqlim rejimi, yonbag'irlar barqarorligi, intensiv transport oqimi va yo'l infratuzilmasining o'zaro ta'siri bunday yo'nalishlarda ham tabiiy, ham texnogen xususiyatli xavflarni shakllantiradi. Shu bois tog' dovonlarida FVlarning oldini olish va ularning oqibatlarini bartaraf etish aholini hamda hududlarni tabiiy va texnogen xususiyatli favqulodda vaziyatlardan muhofaza qilish siyosatining muhim yo'nalishlaridan birini tashkil etadi [1; 2].

Qamchiq dovoni bu nuqtai nazardan alohida ahamiyatga ega: u A-373 avtomobil yo'li hamda «Angren–Pop» temir yo'li orqali Farg'ona vodiysini mamlakatning boshqa hududlari bilan bog'laydi, shu bois ushbu koridorning uzluksiz va xavfsiz ishlashi respublika miqyosidagi logistik va ijtimoiy-iqtisodiy ahamiyatga ega. Rasmiy birlamchi manbalarda qayd etilgan voqealarning xilma-xilligi — ko'chki, sel, tosh qulashi va qor ko'chkisi bilan bir qatorda yo'l-transport hodisalari, yong'in hamda gaz-havo aralashmasining chaqnashi — dovonda tabiiy va transport-texnik xavflarning bir hududda mujassamlashganini ko'rsatadi [3; 4]. Bunday sharoitda ayrim dastlabki hodisa ketma-ket ikkilamchi xavflarni yuzaga keltirishi mumkin; bu esa bartaraf etish ishlarini bir idoraning texnik harakati emas, balki muvofiqlashgan jarayon sifatida tashkil etishni talab qiladi.

Avvalgi tadqiqot bosqichlarida ishlab chiqilgan alohida uslubiy yechimlarda Qamchiq dovonida FV xavfining ayrim jihatlari mustaqil yo'nalishlar sifatida — statistik tahlil, transport-texnik profilaktika va idoralararo axborot almashinuvi doirasida — ko'rib chiqilgan. Ushbu yo'nalishlar har biri o'z doirasida ahamiyatli bo'lsa-da, amaliyotda muhim bo'shliq saqlanib qoladi: profilaktika ko'pincha xavf mavsumidan oldingi ko'riklar bilan, bartaraf etish esa FVdan keyingi qutqaruv harakatlari bilan cheklanib, bu ikki jarayon yagona boshqaruv davriga birlashtirilmaydi. Natijada xavf baholash, erta ogohlantirish, profilaktik muhandislik va idoralararo axborot almashinuvi alohida yechimlar bo'lib qoladi hamda ularning birgalikdagi amaliy samarasi to'liq namoyon bo'lmaydi.

Mazkur maqolaning maqsadi — Qamchiq dovonida tabiiy, transport-texnik va kaskadli xavflarni yagona amaliy mexanizm doirasida bog'lovchi kompleks boshqaruv tizimini ilmiy-amaliy jihatdan asoslash hamda uning samaradorligini baholash mezonini va bosqichma-bosqich joriy etish tartibini tavsiyalashga qaratilgan. Tadqiqotning asosiy g'oyasi — oqibatga qaratilgan

«reaksiya» yondashuvidan oldini oluvchi «xavfni boshqarish» yondashuviga o'tish va shu orqali profilaktika bilan bartaraf etish o'rtasidagi uzilishni kamaytirishdan iborat. Maqolaning ilmiy hissasi alohida uslubiy yechimlarni ketma-ket ishlaydigan boshqaruv zanjiriga birlashtiruvchi arxitekturani tavsiyalashda, ushbu zanjir samaradorligini baholovchi integral koeffitsientni asoslashda va mexanizmni amaliyotga tatbiq etish yo'nalishini belgilashda ko'rinadi. Maqola avvalgi ishlarda bayon etilgan statistik tahlil, transport-texnik profilaktika tizimi va voqea pasportining tuzilmasini takrorlamaydi; ularga havola qilgan holda, e'tiborni ushbu elementlarni yagona mexanizmga bog'lashga qaratadi.

Material va usullar: Tadqiqotning manba bazasi ikki guruhdan iborat. Empirik baza sifatida ikkita rasmiy birlamchi manba qo'llandi: O'zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligining 2020–2025 yillarda Qamchiq dovonida sodir bo'lgan favqulodda vaziyatlar to'g'risidagi rasmiy ma'lumoti [3] hamda «Qamchiq» maxsus qutqaruv boshqarmasining dovon hududidagi geologik va gidrometeorologik xavfli uchastkalar va kuzatuv infratuzilmasi to'g'risidagi tezkor ma'lumoti [4]. Normativ-metodologik baza sifatida aholini va hududlarni FVlardan muhofaza qilish, fuqaro muhofazasi, favqulodda vaziyatlarning oldini olish va ularda harakat qilish davlat tizimi (FVDT) hamda aholini tayyorlash bo'yicha normativ-huquqiy hujjatlar [1; 2; 5; 6], tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan kompleks amaliy mexanizm, shuningdek xavf–ekspozitsiya–zaiflik (H–E–V), ko'p xavfli (multi-hazard) baholash, erta ogohlantirish va idoralararo hamkorlikka oid xalqaro ilmiy manbalar asos qilib olindi. Tadqiqotda yangi manba, statistika yoki raqamli ko'rsatkich kiritilmadi; ob'ekt — A-373 avtomobil yo'lining 94–182-km oralig'i.

Tadqiqotning konseptual asosi sifatida H–E–V modeli va ko'p xavfli yondashuv qabul qilindi. Bu yondashuvga ko'ra, tog' dovoni sharoitida xavf manbaini (H) to'liq bartaraf etish imkoniyati cheklangan bo'lgani bois, amaliy boshqaruvning vazifasi xavfni erta aniqlash, ekspozitsiyani (E) xavfli vaqt va joyda kamaytirish hamda zaiflikni (V) infratuzilma, axborot almashinuvi va tezkor harakat mexanizmlari orqali pasaytirishdan iborat bo'ladi. Xavfni kesma sathida baholovchi ko'p xavfli risk indeksi metodikasi va to'rt darajali erta ogohlantirish algoritmi avvalgi metodik ishlanmada ishlab chiqilgan; mazkur maqolada ular qayta chiqarilmay, kompleks mexanizmning monitoring va baholash bo'g'inlarini bog'lovchi kirish nuqtalari sifatida qaraladi. Ushbu metodikadagi tabiiy va texnogen xavflar vazni — $\lambda_1 = 0,35$ va $\lambda_2 = 0,65$ — avvalgi metodik ishlanmada texnogen xavflarning ustuvorligini aks ettiruvchi qiymat sifatida qabul qilingan va mazkur maqolada o'zgartirilmaydi.

Tadqiqotning asosiy usuli — tizimli-funksional tahlil. U quyidagi izchillikda amalga oshirildi: birlamchi manbalar va normativ baza asosida FVlarni oldini olish va bartaraf etish jarayonidagi funksional bo'g'inlarni ajratish; ushbu bo'g'inlarni alohida emas, ketma-ket ishlaydigan yetti blokli boshqaruv davri sifatida tizimlashtirish va teskari aloqa bog'lanishini belgilash; mexanizm samaradorligini baholash uchun integral koeffitsientni shakllantirish, bunda

koeffitsient keyingi bo'limda samaradorlikni baholash vositasi sifatida asoslanadi; hamda mexanizmni resurs, ma'lumot sifati va idoralararo hamkorlikni hisobga olgan holda bosqichma-bosqich joriy etish mantig'ini asoslash. Mexanizm bo'g'inlarining amaliy ishlashi rasmiy manbalarda hujjatlashtirilgan voqealar, xavfli uchastkalar va kuzatuv infratuzilmasi ma'lumotlari asosida sifat jihatdan solishtirma tahlil qilindi [3; 4]; bunda ayrim voqealar faqat illyustrativ tarzda, axborot va boshqaruv zanjiri nuqtai nazaridan ko'rib chiqildi va ularning fizik mexanizmi bo'yicha qat'iy sabab-oqibat xulosasi chiqarilmadi.

Tadqiqotning qamrovi va cheklovlari alohida qayd etiladi. Maqolada FVlarning statistik taqsimoti qayta hisoblanmaydi — u alohida ishda amalga oshirilgan; shuningdek dala o'lchovlari yoki ekspert so'rovi o'tkazilmagan. Birlamchi manbalarda voqea sathidagi ma'lumotlar to'liqligi bir xil emasligi tahlil uchun tabiiy cheklov hisoblanadi. Vazn qiymatlari bo'yicha ikkita turli holat farqlanadi: tabiiy va texnogen xavflar vazni avvalgi metodik ishlanmada qabul qilingan, integral koeffitsient tarkibidagi vaznlar esa keyingi joriy etish va ekspert sozlash bosqichida aniqlashtirilishi mumkin. Taklif etilayotgan mexanizm amaldagi huquqiy-tashkiliy tizimni o'zgartirishni emas, mavjud sub'ektlar doirasida profilaktika va bartaraf etish ishlarini yagona metodologik-tashkiliy doiraga keltirishni nazarda tutadi.

Kompleks mexanizmning nazariy-tashkiliy asosi: Taklif etilayotgan mexanizmning nazariy tayanchi — xavf–ekspozitsiya–zaiflik (H–E–V) modeli va ko'p xavfli (multi-hazard) yondashuv. Ko'p xavfli baholashga oid xalqaro metodik adabiyotda turli xavf manbalarini yagona baholash maydonida ko'rish zarurligi ta'kidlanadi; ayrim tadqiqotlarda bu yondashuv yo'l tarmoqlari xavfini baholashga ham tatbiq etilgan [7; 8; 9]. Tog' dovoni sharoitida xavf manbaini (H) to'liq bartaraf etish imkoniyati cheklangan: tog' relefi, yog'in rejimi, yonbag'irlarning muhandislik-geologik sharoitlari va qor to'planishi to'liq bartaraf etib bo'lmaydigan, nisbatan barqaror tabiiy-geomorfologik omillar hisoblanadi. Shu bois amaliy boshqaruvning vazifasi xavfni mutlaq yo'qotish emas, balki uni erta aniqlash, ekspozitsiyani (E) xavfli vaqt va joyda kamaytirish hamda zaiflikni (V) infratuzilma, axborot almashinuvi va tezkor harakat mexanizmlari orqali pasaytirishdan iborat bo'ladi. Bu yondashuv «hodisaga reaksiya» markazli qarashdan «xavfni boshqarish» markazli qarashga o'tishni anglatadi va mexanizmning asosiy maqsadini belgilaydi.

Mexanizmning asosiy tashkiliy prinsipi — profilaktika bilan bartaraf etish o'rtasidagi uzilishni kamaytirish. Amaliyotda profilaktika ko'pincha xavf mavsumidan oldingi ko'riklar bilan, bartaraf etish esa FVdan keyingi qutqaruv harakatlari bilan cheklanadi; natijada oldini olish va oqibatlarni bartaraf etish ikki alohida jarayonga ajralib qoladi. Taklif etilayotgan yondashuvda bu ikki jarayon yagona boshqaruv davriga birlashtiriladi: xavfni baholash — profilaktik cheklov — tayyorgarlik — tezkor reagirlash — tiklash — ma'lumotni qayta tahlil qilish. Bunday uzluksiz davr integrativ risk boshqaruvi g'oyasiga mos keladi, unga ko'ra xavfni baholash, oldini olish, reagirlash va o'rganish bo'g'inlari bir-

biridan ajralmagan holda qaraladi [10; 11; 12]. Ushbu davr amalda yetti blokli arxitektura orqali tuziladi; bloklarning tarkibiy vazifalari va o'zaro bog'lanishi ushbu maqolaning keyingi bo'limida ochib beriladi.

Davr sifatida ishlaydigan tizimning muhim xususiyati — teskari aloqa. Mexanizmning so'nggi bo'g'inida to'plangan baholash natijalari xavf baholash va ogohlantirish chegaralarini yangilash uchun qayta ishlatiladi. Shu orqali tizim bir martalik hujjat emas, balki davriy ravishda qayta baholanib takomillashtiriladigan dinamik instrument sifatida qaraladi. Bu yondashuv favqulodda vaziyatlarni oldini olish va bartaraf etishni statik hisobotdan ajratib, uzluksiz boshqaruv tizimiga o'tkazish zaruratiga asoslanadi; mexanizm samaradorligini o'lchash vositasi sifatida integral koeffitsient alohida bo'limda asoslanadi.

Mexanizmning tashkiliy asosi favqulodda vaziyatlarning oldini olish va ularda harakat qilish davlat tizimi (FVDT) doirasida quriladi. Normativ-huquqiy jihatdan aholini va hududlarni FVlardan muhofaza qilish hamda FVDT to'g'risidagi hujjatlar bunday harakatlarni alohida idoralar tashabbusi emas, balki mas'ul sub'ektlar o'rtasida vazifa, axborot va resurslar taqsimoti asosida amalga oshirishni belgilaydi [1; 2; 5]. Tog' dovoni sharoitida FVlarni bartaraf etish FVV va «Qamchiq» maxsus qutqaruv boshqarmasi, IIB/YHXB, O'zgidromet, yo'l xizmati, tibbiy xizmat, mahalliy hokimlik hamda huquq-tartibot sub'ektlari birgalikda ishtirok etadigan muvofiqlashtirilgan jarayondir. Idoralararo hamkorlikning tuzilmaviy ahamiyati xalqaro tajribada ham ko'rsatilgan: bunday holatlarda sub'ektlar o'rtasida tuzilmaga keltirilgan axborot almashinuvi reagirlash operatsiyalarining izchilligini belgilovchi omillardan biri hisoblanadi [13]. Shu bois mexanizm tashkiliy bo'g'in faqat «kim nima qiladi» savoliga emas, «qaysi ma'lumot, qaysi vaqtda, kimga va qanday formatda yetkaziladi» savoliga ham javob beradigan tarzda tuziladi.

Maqola doirasida idoralararo muvofiqlashtirish tahliliy jihatdan uch darajada qaraladi: tezkor daraja (xabarni qabul qilish, joyga yetib borish, hududni chegaralash, qutqaruv ishlarini boshlash), taktik daraja (vazifalarni taqsimlash, texnika va shaxsiy tarkibni qayta joylashtirish, yo'l harakati va tibbiy evakuatsiyani muvofiqlashtirish) va strategik-profilaktik daraja (voqeadan keyin sabablarni tahlil qilish, profilaktik choralarni ishlab chiqish va ma'lumotlarni keyingi xavf baholash tizimiga kiritish). Bunday guruhlash rasmiy tasnif emas, balki boshqaruv zanjirini tahlil qilishga qaratilgan metodik ajratish bo'lib, uning maqsadi axborot almashinuvining har bir darajada qanday vazifa bajarishini ko'rsatishdir. Bu uch daraja uzluksiz axborot almashinuvi orqali o'zaro bog'lanadi va mexanizmning boshqaruv zanjirini amaliy jihatdan tutib turuvchi tashkiliy o'zak vazifasini bajaradi; qutqaruv ishlarini tashkil etish va boshqarish uslubi ushbu darajalarni amaliy tarzda bog'lash uchun metodologik asos beradi [14].

Yuqorida bayon etilgan nazariy va tashkiliy qoidalar mexanizmning uchta amaliy prinsipida jamlanadi: «ma'lumotsiz qaror yo'q» — har bir cheklov, ogohlantirish yoki kuchlarni tayyorlash qarori ma'lum indikatorga tayanishi va

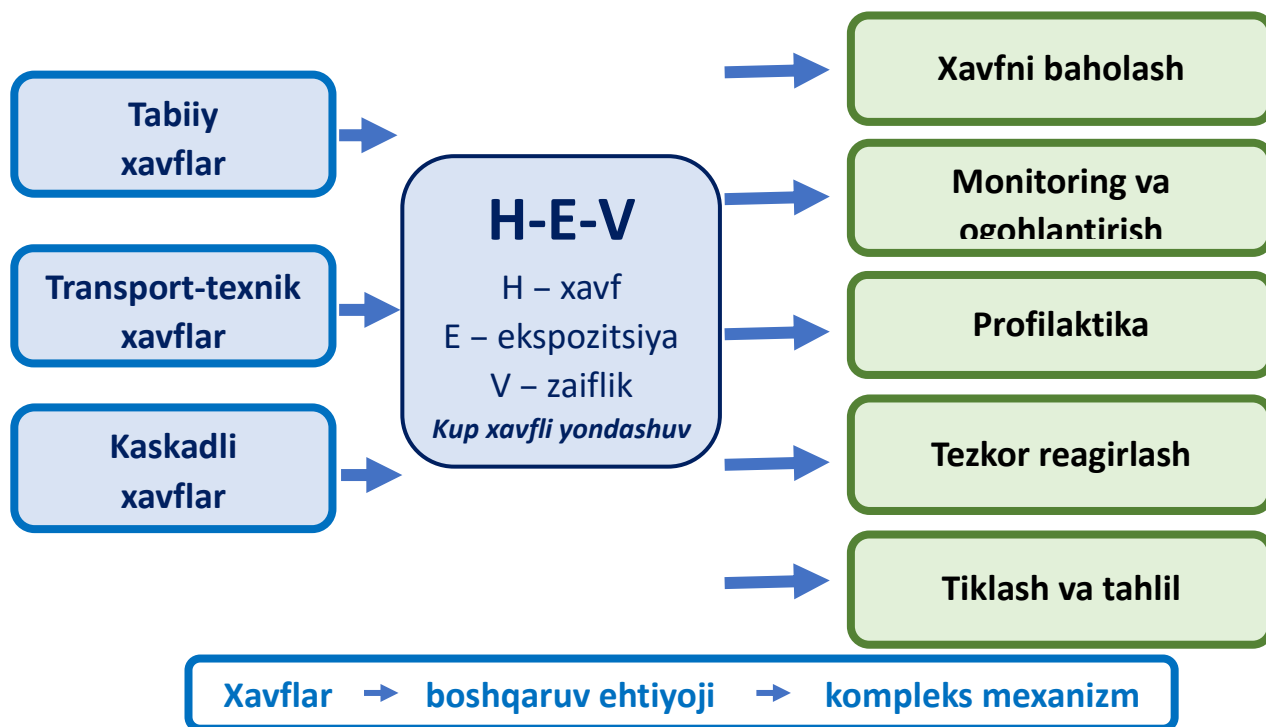
qayd etilishi; «kechikkan reaksiya emas, oldindan tayyorgarlik» — xavf darajasi oshganda hali FV sodir bo'lmaganidan turib postlar, texnika va tibbiy xizmatlarni tayyor holatga keltirish; «voqeadan keyin o'rganish» — har bir hodisa bo'yicha ma'lumotlarni ogohlantirish va baholash chegaralarini tuzatish uchun qayta ishlash. Ushbu uch prinsip H–E–V asosidagi xavfni boshqarish yondashuvini FVDT doirasidagi idoralararo amaliyot bilan bog'laydi va kompleks amaliy mexanizm uchun nazariy-tashkiliy zamin yaratadi.

Qamchiq dovoni sharoitida xavflar va boshqaruv bo'g'inlarining bog'lanishi: Qamchiq dovonida favqulodda vaziyatlar xavfining asosiy xususiyati — xavflarning alohida emas, o'zaro bog'langan holda namoyon bo'lishidir. Rasmiy birlamchi manbalarda qayd etilgan voqealar dovon yo'nalishida tabiiy va transport-texnik xavf manbalarining bir hududda mavjudligini ko'rsatadi [3; 4]. Tabiiy xavflar guruhiga ko'chki, sel, tosh qulashi va qor ko'chkisi, transport-texnik xavflar guruhiga esa yo'l-transport hodisalari, og'ir yuk transporti bilan bog'liq avariya, yong'in va gaz-havo aralashmasining chaqnashi kiradi. Bu ikki guruh bir-biridan ajralgan holda emas, ko'pincha umumiy shart-sharoitlar orqali o'zaro ta'sirda qaraladi: gidrometeorologik holat kuchaygan davrda yog'in yo'l qoplamasini sirpanchiq qiladi, ko'rish masofasini qisqartiradi, yonbag'irlarni namlantiradi va suv o'tkazish inshootlariga yuklama beradi — natijada sel, ko'chki va yo'l harakati xavfi bir vaqtda ortishi mumkin. Shu bois xavflarni sun'iy ajratish umumiy xavf darajasini past baholash ehtimolini oshirishi mumkinligi ko'p xavfli (multi-hazard) yondashuv adabiyotida ko'rsatilgan [7; 8; 9].

Kaskadli xavflar Qamchiq sharoitida alohida ahamiyat kasb etadi. Birlamchi hodisa — tabiiy yoki transport-texnik xarakterdan qat'i nazar — ketma-ket ikkilamchi oqibatlarini yuzaga keltirishi mumkin: transport oqimining to'xtashi va tiqilishning shakllanishi, yonuvchi yuk ishtirokidagi yong'in, qutqaruv va tibbiy evakuatsiya texnikasining xavfli zonaga qiyin harakatlanishi, yo'lni tozalash va qayta ochish ishlarining murakkablashishi. Bunday sharoitda bitta boshlang'ich voqea bir necha xavf zonasini ketma-ket faollashtirishi mumkinligi, rasmiy ma'lumotlarda qayd etilgan kaskadli xususiyatga ega ayrim holatlar misolida illyustrativ tarzda kuzatiladi [3; 4]. Ushbu misollar maqolada faqat xavflarning o'zaro ulanish mantig'ini ko'rsatish uchun keltiriladi; ularning fizik mexanizmi bo'yicha qat'iy sabab-oqibat xulosasi chiqarilmaydi va transport vositalarining rusumi yoki modeli ko'rsatilmaydi.

Xavflarning ushbu bog'lanishini izchil tahlil qilish uchun xavf–ekspozitsiya–zaiflik (H–E–V) mantig'i qulay asos beradi. Xavf manbai (H) Qamchiqda tabiiy va texnogen manbalarni birlashtiradi va ularning ayrimlari umumiy shart-sharoit ostida bir vaqtda faollashishi mumkin. Ekspozitsiya (E) dovonni strategik transport koridori sifatida tavsiflaydi: yuqori transport oqimi sharoitida xavfli hodisaning ta'sir doirasiga yo'lning o'zi bilan birga haydovchi va yo'lovchilar, yo'l bo'yi ob'ektlari, muhandislik inshootlari hamda logistik oqimlar kiradi, shu bois xavfli vaqt va joydagi ekspozitsiya oqibat og'irligini belgilovchi muhim omilga aylanadi. Zaiflik (V) esa tizimning xavfli hodisaga

qanchalik chidamliligini belgilaydi va yo'l infratuzilmasi holati, suv o'tkazish inshootlari samarasi, axborot almashinuvi tartibi, texnik tayyorgarlik hamda qutqaruv kuchlarining joylashuvi va reagirlash imkoniyati bilan bog'liq. Bundan ko'rinadiki, zaiflik faqat texnik emas, tashkiliy va axborot omillarini ham o'z ichiga oladi; shuning uchun xavfni kamaytirish choralari ham texnik, ham tashkiliy bo'g'inlarni birgalikda qamrashi lozim.



1-rasm: Qamchiq dovonida xavflar va boshqaruv ehtiyoji o'rtasidagi bog'lanish

Xavflarning o'zaro bog'lanishi, o'z navbatida, boshqaruv bo'g'inlarining ham bir-biriga ulanishini talab qiladi. Qamchiq sharoitida ayrim bo'g'inning alohida ishlashi kutilgan samarani bermasligi quyidagi mantiqda ko'rinadi. Xavfni baholash monitoring ma'lumotlari bilan ta'minlanmasa, dastlabki baho o'z vaqtida yangilanmaydi va qarorlar eskirgan tasavvurga tayanadi. Monitoring esa profilaktik cheklov va tayyorgarlik qarorlariga ulanmasa, u faqat kuzatuv bo'lib qoladi va to'plangan ma'lumot amaliy harakatga aylanmaydi. Profilaktika tezkor reagirlash bilan bog'lanmasa, FV yuzaga kelganda kuch va vositalarni safarbar etish kechikishi, xavfli zonani chegaralash va yo'l harakatini boshqarish esa yetarli darajada tez amalga oshirilmasligi mumkin. Nihoyat, reagirlash voqeadan keyingi tahlilga ulanmasa, tizim har bir hodisadan xulosa chiqarib o'zini yangilamaydi va keyingi xavf mavsumi uchun takomillashmay qoladi. Shu bois boshqaruv bo'g'inlarini uzluksiz zanjir sifatida bog'lash zarurligi ushbu tahlildan kelib chiqadi.

Boshqaruv bo'g'inlarini bog'lashning yana bir muhim jihat — idoralararo axborot almashinuvidir. Qamchiqda FV yoki xavfli vaziyat yuzaga kelganda ma'lumotlar turli sub'ektlarda shakllanadi, shu bois ularning tuzilmaga keltirilgan tarzda almashinuvi boshqaruv zanjirining izchilligini ta'minlaydi; xalqaro tajribada ham bunday tuzilmaviy almashinuv reagirlash

operatsiyalarining samaradorligiga ta'sir etuvchi omillardan biri sifatida ko'rsatilgan [13]. Boshqaruv bo'g'inlarining bog'lanishi, o'z navbatida, integrativ risk boshqaruvi g'oyasiga mos keladi: bunda xavfni baholash, oldini olish, reagirlash va o'rganish bo'g'inlari bir-biridan ajralmagan holda, uzluksiz davr sifatida qaraladi [10; 11; 12], qutqaruv ishlarini tashkil etish uslubiyati esa bu bo'g'inlarni amaliy bog'lash uchun metodologik asos beradi [14]. Shunday qilib, Qamchiq dovonida xavflarning o'zaro bog'lanishi «xavflar → boshqaruv ehtiyoji → mexanizm bo'g'inlari» mantig'ini shakllantiradi va tabiiy, transport-texnik hamda kaskadli xavflarni yagona amaliy mexanizm doirasida bog'lash zarurligini ko'rsatadi. Ushbu bog'lanishni amalga oshiruvchi kompleks mexanizmning tarkibiy bo'g'inlari va ularning o'zaro ishlash tartibi keyingi bo'limda bayon etiladi.

Yetti blokli kompleks amaliy mexanizm: Yuqorida Qamchiq dovonida tabiiy, transport-texnik va kaskadli xavflarning o'zaro bog'lanishi hamda bu bog'lanish boshqaruv bo'g'inlarining bir-biriga ulanishini talab etishi asoslab berildi. Ushbu xavflarni yagona doirada boshqarish uchun taklif etilayotgan kompleks amaliy mexanizm yetti tarkibiy blok orqali tuziladi. Mexanizmning asosiy vazifasi — xavfni baholash, profilaktika, tayyorgarlik, tezkor reagirlash, tiklash va voqeadan keyingi tahlil kabi alohida choralarni uzluksiz yagona boshqaruv davriga bog'lashdan iborat. Bloklar bir-biridan ajralgan mustaqil tadbirlar sifatida emas, ketma-ket ishlaydigan zanjir sifatida qaraladi; bunday tuzilish integrativ risk boshqaruvi yondashuviga mos keladi [10; 11; 12]. Quyida har bir blokning kompleks mexanizmdagi vazifasi umumiy tarzda bayon etiladi; ularning tarkibiy vazifasi, ishga tushish sharti va kutiladigan natijasi jadvalda jamlangan.

Normativ-tashkiliy blok mexanizmning butun davrini qamrab turuvchi huquqiy-tashkiliy ramka vazifasini bajaradi. U vakolat, mas'uliyat va idoralararo harakat tartibini belgilab, qaror qabul qilish tartibining birxillashtirilishiga xizmat qiladi. Bu blok aholini va hududlarni FVlardan muhofaza qilish hamda favqulodda vaziyatlarning oldini olish va ularda harakat qilish davlat tizimi (FVDT) to'g'risidagi hujjatlarga tayanadi va mexanizmning qolgan bloklari ishlashi uchun institutsional asos yaratadi [1; 2; 5].

Xavf baholash va hududlashtirish bloki dovon hududida xavf darajasini kesma sathida aniqlash va ustuvor kesmalarni ajratish vazifasini bajaradi. U xavf–ekspozitsiya–zaiflik mantig'i asosida tabiiy va transport-texnik xavflarni yagona ko'p xavfli maydonda baholash yondashuviga tayanadi [7; 8; 9] va birlamchi manbalarda qayd etilgan xavfli uchastka ma'lumotlaridan foydalanadi [3; 4]. Bu blokning natijasi profilaktika va tayyorgarlik qarorlari uchun xavf darajalari tasvirini beradi.

Monitoring va ogohlantirish bloki xavf indikatorlarini kuzatish va ularning me'yordan og'ishiga qarab ogohlantirish darajasini belgilash vazifasini bajaradi. Bu blok xavf baholash natijalarini real vaqtdagi kuzatuv bilan bog'lab, keyingi bloklarni faollashtirish uchun signal beradi; uning samarasi kuzatuv ma'lumotlarining ishonchligi va ogohlantirish qarorining aniqligiga bog'liq.

Profilaktik muhandislik va transport boshqaruvi bloki xavf turlariga mos oldini oluvchi choralarni — muhandislik himoyasi, suv o'tkazish inshootlari holatini nazorat qilish hamda transport harakati va og'ir yuk nazorati kabi tadbirlarni — amalga oshirish vazifasini bajaradi. Bu blok profilaktikaning umumiy yo'nalishini mexanizm doirasida tutib turadi; transport-texnik profilaktikaning batafsil tarkibi oldingi tadqiqot bosqichlarida ko'rilganligi sababli bu yerda umumlashtiriladi.

Tezkor reagirlash va bartaraf etish bloki FV yuzaga kelganda yoki bevosita xavf mavjud bo'lganda qutqaruv, tibbiy yordam, yong'in-qutqaruv va yo'lni ochish ishlarini muvofiqlashtirish vazifasini bajaradi. Bu blok kuch va vositalarni o'z vaqtida safarbar etish, xavfli zonani chegaralash va yo'l harakatini boshqarish orqali oqibat og'irligini kamaytirishga qaratiladi; uning izchilligi sub'ektlar o'rtasidagi tuzilmaviy axborot almashinuviga bog'liq [13].

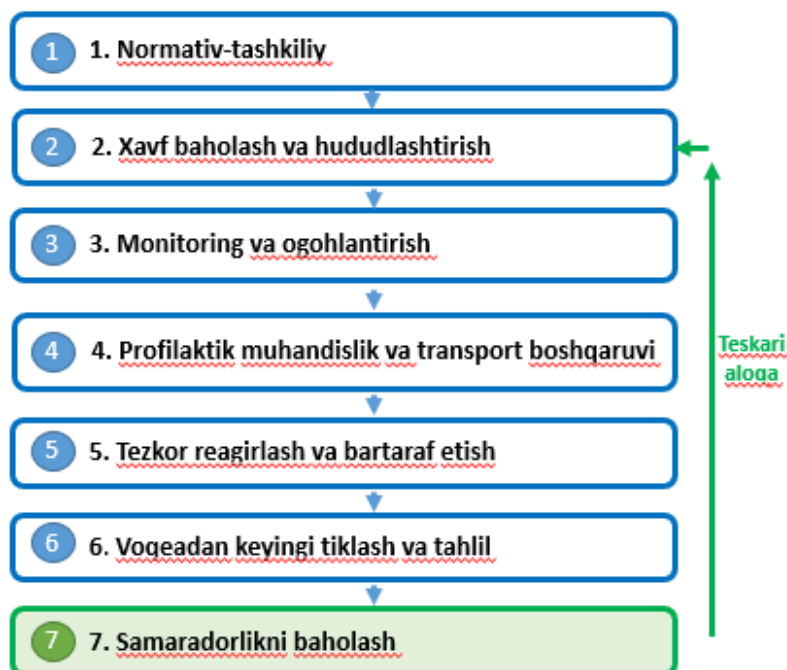
Voqeadan keyingi tiklash va tahlil bloki yo'lni xavfsiz qayta ochish, qoldiq va ikkilamchi xavfni baholash hamda voqea ma'lumotlarini keyingi tahlil uchun tartibli qayd etish vazifasini bajaradi. Bu blok har bir hodisadan xulosa chiqarish imkonini beradi va mexanizmning o'rganish bo'g'ini sifatida ishlaydi; qutqaruv va tiklash ishlarini tashkil etish uslubiyati buning uchun metodologik asos beradi [14].

Samaradorlikni baholash bloki mexanizmning profilaktik va operativ natijalarini davriy ravishda o'lchash vazifasini bajaradi. U mexanizmni statik hujjat emas, balki davriy ravishda qayta baholanib takomillashtiriladigan dinamik instrument sifatida saqlab turadi. Ushbu blok samaradorlikni baholash vositasi orqali ishlaydi va uning tarkibi keyingi bo'limda asoslanadi.

№	Blok nomi	Asosiy vazifa	Ishga tushish sharti	Kutiladigan natija
1	Normativ-tashkiliy	Vakolat, mas'uliyat va idoralararo harakat tartibini belgilash	Doimiy; profilaktik va tezkor qarorlar qabul qilinganda	Qaror qabul qilish tartibining bixillashtirilishi
2	Xavf baholash va hududlashtirish	Xavf darajasini kesma sathida aniqlash va ustuvor kesmalarni ajratish	Yangi ma'lumot, mavsumiy xavf yoki voqeadan keyingi tahlil	Xavf darajalari va ustuvor kesmalar tasviri
3	Monitoring va ogohlantirish	Indikatorlarni kuzatish va ogohlantirish darajasini belgilash	Xavf indikatorlarining me'yordan og'ishi	Ogohlantirish darajasi bo'yicha qaror
4	Profilaktik muhandislik va transport boshqaruvi	Xavf turlariga mos oldini oluvchi va transport nazorati choralarni amalga oshirish	Mavsumiy profilaktik reja yoki xavf darajasining oshishi	Oldini oluvchi choralar va texnik tayyorlik
5	Tezkor reagirlash va bartaraf etish	Qutqaruv, tibbiy, yong'in-qutqaruv va yo'lni ochish ishlarini muvofiqlashtirish	FV sodir bo'lishi yoki bevosita xavf	Reagirlash izchilligi va oqibat og'irligini kamaytirishga sharoit yaratilishi

6	Voqeadan keyingi tiklash va tahlil	Yo'lni xavfsiz ochish, qoldiq/ikkilamchi xavfni baholash va ma'lumotni qayd etish	Har bir FV yoki xavfli epizoddan keyin	Yangilangan ma'lumot va tuzatilgan baholash asosi
7	Samaradorlikni baholash	Profilaktik va operativ natijalarni davriy o'lchash	Mavsumiy yoki yillik baholash davri	Mexanizmni takomillashtirish uchun baholash natijasi

Qamchiq dovonida FVlarni boshqarish



Siklik boshqaruv zanjiri: baholash natijalari tizimni yangilaydi.

2-rasm: Yetti blokli kompleks amaliy mexanizm

Yuqorida keltirilgan yetti blok bir martalik choralar ro'yxati emas, balki siklik boshqaruv zanjiri sifatida qaraladi. Zanjirning muhim xususiyati — teskari aloqa: samaradorlikni baholash blokida to'plangan natijalar xavf baholash va hududlashtirish hamda monitoring va ogohlantirish bloklarini yangilash uchun qayta ishlatiladi. Shu orqali mexanizm har bir boshqaruv davrida olingan ma'lumot asosida o'zini takomillashtirib boradi va keyingi xavf mavsumi uchun yangilangan holda ishlashi mumkin. Bunday teskari aloqa mexanizmni statik tuzilmadan davriy ravishda qayta baholanadigan dinamik instrumentga aylantiradi; samaradorlikni baholashning tarkibiy vositasi keyingi bo'limda asoslanadi.

Mexanizm samaradorligini baholash: Taklif etilayotgan yetti blokli mexanizm faqat tashkiliy sxema emas, balki natijalari davriy ravishda baholanishi lozim bo'lgan boshqaruv instrumenti sifatida qaraladi. Bunday baholashsiz mexanizm bir marta tuzilgan hujjat bo'lib qolishi va vaqt o'tishi bilan

amaliy ahamiyatini yo'qotishi mumkin. Shuning uchun samaradorlikni baholash mexanizmning alohida bloki sifatida belgilangan: uning vazifasi profilaktik va operativ natijalarni davriy ravishda o'lchash, olingan bahoni esa xavf baholash va hududlashtirish hamda monitoring va ogohlantirish bloklarini yangilash uchun teskari aloqa sifatida qaytarishdan iborat. Bu yondashuv integrativ risk boshqaruvining davriy baholash mantig'iga mos keladi, unga ko'ra xavfni boshqarish tizimi doimiy ravishda qayta ko'rib chiqilib takomillashtiriladi [10; 11; 12].

Samaradorlikni davriy baholash uchun bir nechta ko'rsatkichni yagona o'lchovga keltirish maqsadga muvofiq. Buning uchun integral samaradorlik koeffitsienti (IK) taklif etiladi; u mexanizmning turli yo'nalishlardagi natijalarini umumlashtirib, davrlar o'rtasida taqqoslash imkonini beradi:

$$IK = (\gamma_1 \cdot \Delta R + \gamma_2 \cdot \Delta T + \gamma_3 \cdot \Delta F + \gamma_4 \cdot \Delta C) / 4, \quad \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4 = 1 \quad (1)$$

Bu yerda koeffitsient to'rt asosiy ko'rsatkichga tayanadi. ΔR — risk darajasining kamayishini ifodalaydi va mexanizmning xavfni baholash hamda profilaktika bo'g'inlari samarasini aks ettiradi. ΔT — tezkor reagirlash vaqtining qisqarishini ifodalaydi va reagirlash blokining izchilligini xarakterlaydi. ΔF — noto'g'ri yoki samarasiz ogohlantirishlar ulushining kamayishini ifodalaydi va monitoring hamda ogohlantirish blokining aniqligini baholaydi. ΔC — oqibat og'irligining kamayishini ifodalaydi va mexanizmning umumiy himoya samarasini umumlashtiradi. Ushbu ko'rsatkichlar mazkur maqolada aniq raqamlar bilan hisoblanmaydi; ular faqat mazmuniy jihatdan, baholash modeli tarkibiy qismlari sifatida tushuntiriladi.

Formuladagi $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4$ — mos ko'rsatkichlarning nisbiy ahamiyatini ifodalovchi vaznlar bo'lib, ularning yig'indisi birga teng. Bu vaznlar maqolada tayyor empirik qiymat sifatida berilmaydi; ular mexanizmni joriy etish va ekspert sozlash jarayonida, dovonning ustuvor xavf tuzilishiga qarab aniqlashtirilishi mumkin bo'lgan ko'rsatkichlar sifatida qaraladi. Bunday yondashuv IKni qat'iy o'lchov sifatida emas, balki davriy kuzatish va taqqoslash uchun asos yaratuvchi moslashuvchan baholash vositasi sifatida taqdim etish imkonini beradi. Shunga ko'ra koeffitsient «samaradorlikni isbotlovchi» vosita emas, balki mexanizm natijalarini davrlar bo'yicha baholash va dinamik kuzatishga xizmat qiluvchi vosita deb tushuniladi.

IKning mexanizmdagi asosiy funksiyasi — yetti blokli tizimni statik hujjatdan qayta baholanadigan boshqaruv vositasiga aylantirishdir. Har bir baholash davri yakunida olingan koeffitsient natijalari bir qator yo'nalishda qo'llanilishi mumkin: xavf baholash chegaralarini qayta ko'rib chiqish; monitoring indikatorlarini aniqlashtirish; profilaktik choralarni ustuvorlashtirish; reagirlash tayyorgarligini takomillashtirish; hamda voqeadan keyingi tahlilni tizimlashtirish. Shu tariqa samaradorlikni baholash bloki mexanizmning boshqa bloklari bilan teskari aloqa orqali bog'lanadi va tizimning o'zini-o'zi takomillashtirish qobiliyatini ta'minlaydi. Ushbu baholash natijalarini amaliy boshqaruv sikliga tatbiq etish tartibi keyingi bo'limda ko'rib chiqiladi.

Baholash modelining qo'llanilishida bir qator tabiiy cheklovlar mavjud. Birinchidan, IKni ishonchli hisoblash uchun taqqoslanayotgan davrlardagi barcha voqealar bo'yicha bir xil to'liqlikdagi ma'lumot talab etiladi; birlamchi manbalarda esa ayrim ko'rsatkichlar (masalan, reagirlash vaqti yoki moddiy zarar) har doim ham to'liq keltirilmasligi mumkin, bu esa baholash aniqligiga ta'sir etuvchi tabiiy cheklov hisoblanadi [3; 4]. Ikkinchidan, ΔR ko'rsatkichi xavf baholash natijalariga tayangani bois, xavfni baholash metodikasidagi normallashtirilgan qiymatlarning izchilligi muhim ahamiyatga ega; xavf baholash qiymatlarining izchilligi keyingi aprobatsiya bosqichida qo'shimcha aniqlashtirishni talab etadi, shu sababli mazkur bo'limda aniq xavf qiymatlari keltirilmadi. Uchinchidan, IK ushbu maqolada amaldagi tasdiqlangan samaradorlik ko'rsatkichi (KPI) sifatida emas, balki keyingi aniqlashtirish va sinovni talab etadigan tavsiya etilayotgan baholash modeli sifatida taqdim etiladi.

Mexanizmni bosqichma-bosqich joriy etish tartibi: Yuqorida taklif etilgan yetti blokli kompleks amaliy mexanizm va uning samaradorligini baholovchi integral koeffitsient mexanizmning nazariy-uslubiy asosini shakllantiradi. Biroq bunday mexanizmni birdaniga butun dovon hududiga joriy etish amaliy jihatdan maqsadga muvofiq emas. Buning bir necha sababi bor: voqea sathidagi ma'lumotlar to'liqligi va sifati har xil darajada bo'lishi, idoralararo muvofiqlashtirishni yo'lga qo'yish vaqt talab etishi, texnik va tashkiliy resurslarni moslashtirish zarurligi hamda mexanizmni keng hududga tatbiq etishdan oldin cheklangan hududda sinab ko'rish zaruratidir. Shu bois mexanizmni bosqichma-bosqich joriy etish tartibi taklif etiladi; bunday yondashuv har bir bosqichda olingan natijalarni baholab, keyingi bosqichga asosli o'tish imkonini beradi va integrativ risk boshqaruvining davriy takomillashtirish mantig'iga mos keladi [10; 11; 12].

Birinchi bosqich — tayyorlov bosqichi (3–6 oy). Bu bosqichda mexanizmning normativ-tashkiliy asosi amaliy jihatdan muvofiqlashtiriladi: mas'ul sub'ektlarning vazifalari aniqlashtiriladi, ma'lumotlar formati va idoralararo almashinuv tartibi belgilanadi, dastlabki ma'lumotlar bazasi va ishchi reglament shakllantiriladi hamda dastlabki treninglar o'tkaziladi. Bosqichning asosi normativ-huquqiy va tashkiliy hujjatlar hamda birlamchi manbalarda qayd etilgan mavjud imkoniyatlar hisoblanadi [1; 2; 3; 4; 5]. Tuzilmaga keltirilgan axborot almashinuvi mexanizmning keyingi bosqichlari uchun asos bo'lgani bois, bu bosqichda unga alohida e'tibor qaratiladi [13].

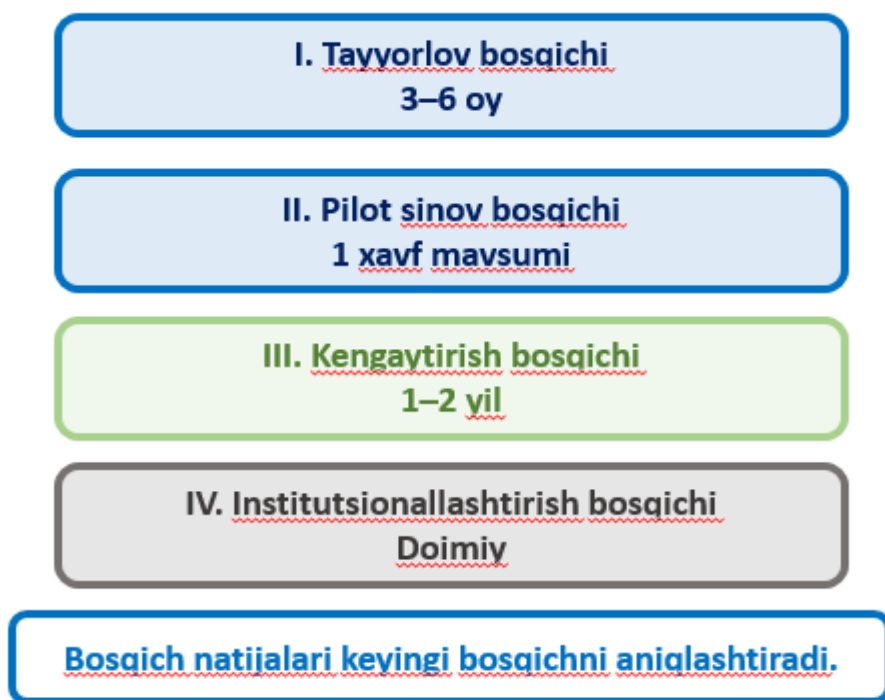
Ikkinchi bosqich — pilot sinov bosqichi (1 xavf mavsumi). Bu bosqichda mexanizm butun dovon bo'ylab emas, yuqori riskli deb qaralgan cheklangan kesmalarda sinab ko'riladi. Pilot hudud sifatida 95–115-km, 137–162-km va 131–173-km oraliqlari ko'rsatilishi mumkin (ushbu kesmalar rasmiy manbalarda qayd etilgan xavf to'planish hududlariga mos keladi; aniq kilometraj chegaralari keyingi aprobatsiya bosqichida aniqlashtirilishi mumkin). Bosqichning asosiy mazmuni — yetti blokli mexanizmni cheklangan hududda amalda sinash, monitoring–ogohlantirish–reagirlash zanjirining ishlashini

tekshirish va voqeadan keyingi tahlilni yo'lga qo'yish. Pilot sinov natijalari mexanizmni kengaytirishdan oldin uni tuzatish imkonini beradi.

Uchinchi bosqich — kengaytirish bosqichi (1–2 yil). Pilot sinov natijalari ijobiy baholangan taqdirda mexanizm A-373 yo'lining Qamchiq dovoni qismi va unga tutash xizmat ko'rsatish yo'nalishlariga kengaytirilishi mumkin. Bu bosqichda ma'lumotlar almashinuvi standartlashtiriladi, texnik va tashkiliy resurslar kengroq hududga moslashtiriladi hamda xavf baholash va ogohlantirish bo'g'inlari kengaytirilgan hudud sharoitiga sozlanadi. Kengaytirish pilot bosqichda to'plangan tajribaga tayanishi mexanizmning barqaror ishlashiga sharoit yaratadi.

To'rtinchi bosqich — institutsionallashtirish bosqichi (doimiy). Bu bosqichda mexanizmni yillik reja va hisobot tizimiga, samaradorlikni baholash va kadrlar tayyorgarligi amaliyotiga hamda profilaktik tadbirlar tizimiga kiritish maqsadga muvofiq. Bunday institutsionallashtirish mexanizmni vaqtinchalik tadbir emas, balki doimiy ishlaydigan boshqaruv vositasi sifatida saqlab turish imkonini beradi. Ushbu bosqichda mexanizm uzluksiz baholash va takomillashtirish doirasida qo'llanilishi tavsiya etiladi.

№	Bosqich nomi	Muddat	Asosiy ishlar	Kutiladigan natija
I	Tayyorlov bosqichi	3–6 oy	Normativ-tashkiliy muvofiqlashtirish, mas'ul sub'ektlar vazifasini aniqlash, ma'lumot formati va almashinuv tartibini belgilash, dastlabki treninglar	Ishchi reglament va ma'lumotlar almashinuvi asosining shakllantirilishi
II	Pilot sinov bosqichi	1 xavf mavsumi	Mexanizmni cheklangan yuqori riskli kesmalarda (95–115, 137–162, 131–173-km) sinash, monitoring–ogohlantirish–reagirlash zanjirini tekshirish, voqeadan keyingi tahlilni yo'lga qo'yish	Pilot baholash natijalari va mexanizmni takomillashtirish bo'yicha takliflar
III	Kengaytirish bosqichi	1–2 yil	Mexanizmni dovon qismi va unga tutash xizmat ko'rsatish yo'nalishlariga kengaytirish, ma'lumot almashinuvini standartlashtirish, resurslarni moslashtirish	Kengaytirilgan hududda barqaror ishlash uchun sharoit
IV	Institutsionallashtirish bosqichi	Doimiy	Mexanizmni yillik reja, hisobot, samaradorlik baholash, trening va profilaktik tadbirlar tizimiga kiritish	Doimiy boshqaruv vositasi sifatida qo'llanish imkoniyati



3-rasm: Mexanizmni bosqichma-bosqich joriy etish tartibi

Bosqichma-bosqich joriy etish tartibi mexanizmni avval cheklangan xavfli hududlarda sinab, keyin keng hududga asosli tarzda kengaytirish imkonini beradi. Har bir bosqichdan keyingisiga o'tishda mexanizm samaradorligini baholovchi integral koeffitsient natijalari asosiy baholash vositalaridan biri sifatida qo'llanilishi mumkin; uning tarkibi va hisoblash mantig'i yuqorida alohida bo'limda bayon etilgani bois bu yerda qayta keltirilmaydi. Bunday bosqichli yondashuv mexanizmni ma'lumot sifati, resurslar va idoralararo muvofiqlashtirishni hisobga olgan holda amaliyotga tatbiq etish uchun sharoit yaratadi.

Muhokama va xalqaro tajriba bilan taqqoslash: Taklif etilayotgan yetti blokli kompleks amaliy mexanizm bir qator xalqaro ilmiy-metodologik yondashuvlar bilan konseptual jihatdan bog'lanadi. Birinchidan, u ko'p xavfli (multi-hazard) baholash yondashuviga tayanadi: bunday baholashda turli xavf manbalarini yagona baholash maydonida ko'rish zarurligi ta'kidlanadi [7; 8; 9]. Ikkinchidan, mexanizmning davriy tuzilishi integrativ risk boshqaruvi g'oyasiga mos keladi, unga ko'ra xavfni baholash, oldini olish, reagirlash va o'rganish bo'g'inlari bir-biridan ajralmagan holda qaraladi [10; 11; 12]. Uchinchidan, mexanizmning monitoring va ogohlantirish hamda voqeadan keyingi tiklash va tahlil bloklari erta ogohlantirish, idoralararo axborot almashinuvi hamda voqeadan keyingi o'rganish yondashuvlari bilan bog'lanadi; xususan, sub'ektlar o'rtasida tuzilmaga keltirilgan axborot almashinuvi reagirlash operatsiyalarining izchilligiga ta'sir etuvchi omil sifatida ko'rsatilgan [13]. Shu tariqa mexanizm xalqaro tajribada ishlab chiqilgan alohida yondashuvlarni Qamchiq dovoni sharoitiga moslashtirilgan yagona tuzilmada birlashtirishga qaratiladi.

Shu bilan birga, Qamchiq sharoitida masalaning qo'yilishi xalqaro adabiyotdagi ayrim holatlardan farq qiladi. Xalqaro adabiyotning bir qismida alohida xavf turlari — suv toshqini, qurg'oqchilik, ko'chki — yoki umumiy ofat xavfini kamaytirish (DRR) tizimlari alohida-alohida tahlil qilinadi. Qamchiq dovonida esa tabiiy, transport-texnik va kaskadli xavflar bitta tog' dovonini transport koridorida o'zaro bog'langan holda namoyon bo'ladi. Shuning uchun mazkur maqola yangi xavf turini ajratishni emas, balki mavjud tabiiy, transport-texnik va kaskadli xavflarni yagona boshqaruv zanjirida bog'lashni markazga qo'yadi. Bu yo'nalish tog' dovonini transport koridori uchun tabiiy va texnogen xavflarni birgalikda qamrab oluvchi yondashuv sifatida qaralishi mumkin.

Mexanizmning kuchli tomonlari bir necha jihatda namoyon bo'ladi. U profilaktika bilan reagirlash o'rtasidagi uzilishni kamaytirishga qaratiladi va xavf baholash, monitoring, profilaktika, reagirlash hamda voqeadan keyingi tahlilni yagona davrga bog'lash imkonini beradi. Idoralararo axborot almashinuvini boshqaruv zanjirining markaziy elementi sifatida qarashi mexanizmning tashkiliy izchilligini oshirishga xizmat qiladi [13]. Samaradorlikni davriy baholash vositasi orqali mexanizm teskari aloqa shakllantirish imkonini beradi va shu orqali o'zini takomillashtirib borish imkoniyatiga ega bo'ladi. Bundan tashqari, bosqichma-bosqich joriy etish yondashuvi mexanizmni avval cheklangan hududda sinab, keyin kengaytirish imkonini beradi; yo'l tarmog'i barqarorligi va tiklash strategiyalariga oid metodologik yondashuvlar bunday bosqichli tatbiq uchun qo'shimcha ilmiy asos beradi [15; 16]. Reagirlash va tiklash bo'g'inlarida qutqaruv marshrutini maqbullashtirish hamda yo'l kesmalarini mustahkamlash bo'yicha metodologik ishlar tegishli bog'lov sifatida qaralishi mumkin [17; 18; 19]; voqeadan keyingi reagirlash va tiklash faoliyatida zamonaviy usullarning qo'llanilishi esa ushbu bo'g'inni kuchaytirish yo'nalishini ko'rsatadi [20].

Ayni vaqtda mexanizmning bir qator cheklovlari mavjud bo'lib, ular ochiq qayd etiladi. Birinchidan, birlamchi ma'lumotlar to'liqligi har xil darajada: reagirlash vaqti, moddiy zarar yoki noto'g'ri ogohlantirishlar kabi ko'rsatkichlar barcha voqealarda bir xil to'liqlikda qayd etilmagan bo'lishi mumkin, bu esa baholash aniqligiga ta'sir etadi [3; 4]. Ikkinchidan, xavf baholash metodikasidagi normallashtirilgan qiymatlarning izchilligi keyingi aprobatsiya bosqichida qo'shimcha aniqlashtirishni talab etadi. Uchinchidan, samaradorlikni baholash vositasi ushbu maqolada amalda tasdiqlangan samaradorlik ko'rsatkichi (KPI) emas, balki tavsiya etilayotgan baholash modeli sifatida taqdim etiladi. To'rtinchidan, mexanizm pilot sinovdan o'tkazilmaguncha uning samaradorligi haqida qat'iy xulosa chiqarish asosli bo'lmaydi; shu bois muhokamada mexanizmning natijalari kafolatlangan sifatida emas, sinov va aniqlashtirishni talab etuvchi tavsiya sifatida qaraladi.

Ilmiy-uslubiy nuqtai nazardan, mazkur maqola avvalgi tadqiqot bosqichlarida ishlab chiqilgan alohida yo'nalishlarni — statistik tahlil, transport-texnik profilaktika va idoralararo axborot almashinuvini — takrorlamaydi. Uning hissasi ushbu yo'nalishlarni umumlashtirib, ularni yagona kompleks mexanizm

sifatida bog'lashda va mexanizm samaradorligini baholash hamda bosqichma-bosqich joriy etish mantig'ini asoslashda ko'rinadi. Shu ma'noda taklif etilayotgan yondashuv tog' dovonlari uchun profilaktika–reagirlash–tiklash davrini birlashtiruvchi amaliy model sifatida qaralishi va tog' dovoni transport koridorlarida FVlarni boshqarish bo'yicha keyingi tadqiqotlar uchun uslubiy asos bo'lishi mumkin.

Xulosa: Qamchiq dovonida favqulodda vaziyatlar xavfi alohida emas, o'zaro bog'langan holda namoyon bo'ladi. Rasmiy birlamchi manbalarda qayd etilgan voqealar tabiiy xavflar (ko'chki, sel, tosh qulashi, qor ko'chkisi), transport-texnik xavflar (yo'l-transport hodisalari, og'ir yuk transporti bilan bog'liq avariya, yong'in, gaz-havo aralashmasining chaqnashi) va kaskadli xavflarning bir tog' dovoni transport koridorida mujassamlashtirilganini ko'rsatadi. Bunday bog'lanish xavflarni sun'iy ajratish umumiy xavf darajasini past baholash ehtimolini oshirishi mumkinligini ko'rsatadi.

Xavflarning o'zaro bog'lanishi, o'z navbatida, alohida profilaktika, monitoring, reagirlash va voqeadan keyingi tahlil choralarini yagona boshqaruv davriga bog'lash zaruratini keltirib chiqaradi. Ayrim bo'g'inning alohida ishlashi kutilgan samarani bermasligi — monitoring profilaktik qarorlarga, profilaktika reagirlashga, reagirlash esa voqeadan keyingi tahlilga ulanmasa — boshqaruv bo'g'inlarini uzluksiz zanjir sifatida bog'lash zarurligini ko'rsatadi.

Ushbu bog'lanishni amalga oshirish uchun yetti blokli kompleks amaliy mexanizmning nazariy-tashkiliy asosi taklif etildi: normativ-tashkiliy, xavf baholash va hududlashtirish, monitoring va ogohlantirish, profilaktik muhandislik va transport boshqaruvi, tezkor reagirlash va bartaraf etish, voqeadan keyingi tiklash va tahlil hamda samaradorlikni baholash bloklari. Bloklar bir martalik ro'yxat emas, ketma-ket ishlaydigan siklik boshqaruv zanjiri sifatida qaraladi.

Mexanizm samaradorligini davriy baholash uchun integral samaradorlik koeffitsienti (IK) tavsiya etildi. U risk darajasi, reagirlash vaqti, ogohlantirish sifati va oqibat og'irligi bilan bog'liq ko'rsatkichlarni umumlashtirib, davrlar o'rtasida taqqoslash imkonini beradi. Koeffitsient amalda tasdiqlangan samaradorlik ko'rsatkichi (KPI) emas, balki mexanizmni statik hujjatdan qayta baholanadigan boshqaruv vositasiga aylantirishga qaratilgan tavsiya etilayotgan baholash modeli sifatida qaraladi.

Mexanizmni birdaniga butun dovonga tatbiq etish o'rniga uni bosqichma-bosqich - tayyorlov, pilot sinov, kengaytirish va institutsionallashtirish bosqichlari orqali joriy etish maqsadga muvofiq. Bunday yondashuv mexanizmni avval cheklangan yuqori riskli hududlarda sinab, olingan natijalarga ko'ra keyingi bosqichga asosli o'tish imkonini beradi.

Mexanizmning bir qator cheklovlari ochiq qayd etiladi: birlamchi ma'lumotlar to'liqligi har xil darajada bo'lishi, xavf baholash metodikasidagi normallashtirilgan qiymatlarning izchilligi keyingi aprobatsiya bosqichida qo'shimcha aniqlashtirishni talab qilishi hamda mexanizm samaradorligi haqida qat'iy xulosa chiqarish uchun pilot sinov zarurligi. Shu bois mexanizmning

natijalari kafolatlangan sifatida emas, sinov va aniqlashtirishni talab etuvchi tavsiya sifatida qoraladi.

Maqolaning ilmiy-amaliy hissi avvalgi tadqiqot bosqichlarida ishlab chiqilgan alohida yo'nalishlarni — statistik tahlil, transport-texnik profilaktika va idoralararo axborot almashinuvini — takrorlamay, ularni yagona kompleks mexanizmga bog'lashda ko'rinadi. Shu ma'noda taklif etilayotgan yondashuv tog' dovonlari uchun profilaktika–reagirlash–tiklash davrini birlashtiruvchi amaliy model sifatida qaralishi va tog' dovoni transport koridorlarida keyingi tadqiqotlar uchun uslubiy asos bo'lishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O'zbekiston Respublikasining 2022 yil 17 avgustdagi O'RQ-790-son «Aholini va hududlarni tabiiy hamda texnogen xususiyatli favqulodda vaziyatlardan muhofaza qilish to'g'risida»gi Qonuni.

2. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2023 yil 29 apreldagi 171-son qarori bilan tasdiqlangan «O'zbekiston Respublikasi favqulodda vaziyatlarning oldini olish va bunday vaziyatlarda harakat qilish davlat tizimi to'g'risida nizom».

3. O'zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligining 2026 yil 2 iyundagi №3/5/08-905-son xati va unga ilova qilingan «2020–2025 yillarda «Qamchiq» dovonida sodir bo'lgan favqulodda vaziyatlar to'g'risida ma'lumot». – 8 v. (nashr etilmagan rasmiy ma'lumot).

4. «Qamchiq» dovoni hududidagi geologik va gidrometeorologik xavfli uchastkalar hamda kuzatuv infratuzilmasi to'g'risida tezkor ma'lumot : «Qamchiq» Maxsus qutqaruv boshqarmasining 2026 yil 13 maydagi №1-1-17-458-son xati. – 11 v. (1- va 2-ilovalari bilan; nashr etilmagan rasmiy hujjat).

5. O'zbekiston Respublikasining 2000 yil 26 maydagi 80-II-son «Fuqaro muhofazasi to'g'risida»gi Qonuni.

6. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 9 sentyabrdagi 754-son qarori bilan tasdiqlangan «Aholining barcha qatlamlarini favqulodda vaziyatlarda harakat qilishga va fuqaro muhofazasi sohasida tayyorlash tartibi to'g'risida nizom».

7. Rahmati O., Yousefi S., Kalantari Z., Uuemaa E., Teimurian T., Keesstra S., Pham T.D., Bui D.T. Multi-hazard exposure mapping using machine learning techniques: a case study from Iran // Remote Sensing. – 2019. – Vol. 11 (16). – Article 1943. – DOI: 10.3390/rs11161943.

8. Oberndorfer S., Sander P., Fuchs S. Multi-hazard risk assessment for roads: probabilistic versus deterministic approaches // Natural Hazards and Earth System Sciences. – 2020. – Vol. 20. – P. 3135–3160.

9. Chen H.X., Zhang S., Peng M., Zhang L.M. A physically-based multi-hazard risk assessment platform for regional rainfall-induced slope failures and debris flows // Engineering Geology. – 2016. – Vol. 203. – P. 15–29.

10. Bründl M., Margreth S. Integrative risk management: the example of snow avalanches // *Snow and Ice-Related Hazards, Risks, and Disasters*. – Elsevier, 2015. – Ch. 8. – P. 263–301.

11. Rheinberger C.M., Bründl M., Rhyner J. Dealing with the white death: avalanche risk management for traffic routes // *Risk Analysis*. – 2009. – Vol. 29 (1). – P. 76–94. – DOI: 10.1111/j.1539-6924.2008.01127.x.

12. Eckert N., Giacona F. Towards a holistic paradigm for long-term snow avalanche risk assessment and mitigation // *Ambio*. – 2023. – Vol. 52, No. 4. – P. 711–732. – DOI: 10.1007/s13280-022-01804-1.

13. Steen R., Roud E., Torp T.M., Hansen T.-A. The impact of interorganizational collaboration on the viability of disaster response operations: the Gjerdrum landslide in Norway // *Safety Science*. – 2024. – Vol. 173. – Article 106459. – DOI: 10.1016/j.ssci.2024.106459.

14. To'raev Z.T. Favqulodda vaziyatlarni bartaraf etish : o'quv qo'llanma. – Toshkent : TDTU, 2022. – 240 b.

15. Yousefi S., Jaafari A., Valjarević A., et al. Vulnerability assessment of road networks to landslide hazards in a dry-mountainous region // *Environmental Earth Sciences*. – 2022. – Vol. 81. – Article 521. – DOI: 10.1007/s12665-022-10650-z.

16. Xie S., Yang Z., Wang M., Xu G., Bai S. Evaluating the resilience of mountainous sparse road networks in high-risk geological disaster areas: a case study in Tibet, China // *Applied Sciences*. – 2025. – Vol. 15, No. 5. – Article 2688. – DOI: 10.3390/app15052688.

17. Aydin N.Y., Duzgun H.S., Heinimann H.R., Wenzel F., Gnyawali K.R. Framework for improving the resilience and recovery of transportation networks under geohazard risks // *International Journal of Disaster Risk Reduction*. – 2018. – Vol. 31. – P. 832–843. – DOI: 10.1016/j.ijdrr.2018.07.022.

18. Wang X., Wu S., Zhao Z., Guo H., Chen W. Optimization of emergency rescue routes after a violent earthquake // *Natural Hazards*. – 2025. – Vol. 121, No. 4. – P. 4585–4613. – DOI: 10.1007/s11069-024-06985-4.

19. Yang J., Wang P., Yuan W., Ju Y., Han W., Zhao J. Automatic generation of optimal road trajectory for the rescue vehicle in case of emergency on mountain freeway using reinforcement learning approach // *IET Intelligent Transport Systems*. – 2021. – Vol. 15, No. 9. – P. 1142–1152.

20. Galve J.P., Pérez-García J.L., Ruano P., Gómez-López J.M., Reyes-Carmona C., Moreno-Sánchez M., Jerez-Longres P.S., Ghadimi M., Barra A., Mateos R.M., Monserrat O., Azañón J.M. Applications of UAV digital photogrammetry in landslide emergency response and recovery activities: the case study of a slope failure in the A-7 highway (S Spain) // *Landslides*. – 2025. – Vol. 22. – P. 1383–1396. – DOI: 10.1007/s10346-024-02449-9.

JURNALGA MAQOLALARNI TAQDIM ETISH TALABLARI

“Favqulodda vaziyatlar va yong‘in xavfsizligi. Muammo va Innovasiyalar” ilmiy-amaliy elektron jurnaliga taqdim etiladigan ilmiy maqolalarga qo‘yiladigan asosiy talablar jahon andozalari hamda O‘zbekistonda amal qilayotgan ilmiy-tadqiqot faoliyati uchun ishlab chiqilgan andozalar talablari asosida kelib chiqadi.

1. Muallif (yoki mualliflar) tomonidan taqdim etilayotgan ilmiy maqola mavzusi ilmiy jurnalning ruknlariga mos kelishi shart.

2. Maqola sarlavhasidan oldin UO‘K (УДК) qo‘yiladi (<https://teacode.com/online/udc/>).

3. Maqola xalqaro andozalar talabi doirasidagi quyidagi aniq bandlarga ega bo‘lishi lozim:

1. Maqola muallifi to‘g‘risida ma’lumot (Author information)

Ushbu qismda muallifning ismi-sharifi, ilmiy darajasi va unvoni, ish joyi, elektron pochta manzili va muloqot telefonlari (zarurat uchun) kiritiladi.

2. Maqola mavzusi (Title)

Maqola mavzusi maqolaning tadqiqot yo‘nalishini aniq ifoda etishi lozim. U o‘zbek, rus hamda ingliz tillarida taqdim etilishi mumkin.

3. Maqola annotasiyasi (Annotation)

Maqolalarning annotasiyasi 10-12 qatordan oshmagan holda o‘zbek, rus va/yoki ingliz tillarida beriladi.

4. Kalit so‘zlar (Key words)

Kalit so‘zlar maqola mazmuni va maqsadini eng qisqa mazmunda ochib beruvchi kalit so‘zlar hisoblanadi. ushbu tayanch so‘zlarning har biri asosiy matn tarkibida o‘rtacha 6-8 marta takrorlanishi tavsiya etiladi.

5. Kirish (Introduction): Kirish qismida asosan tadqiqot muammosi, uning maqsad va vazifalari yoritiladi. Mazkur qism tadqiqot mavzusining tanlanish asosi, uning dolzarbligi va ilmiy ahamiyatini tushuntirib beradi.

6. Mavzuga oid adabiyotlarning tahlili (Literature review)

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili, tadqiq etilayotgan muammo yuzasidan muallifning bilim va tasavvurlarga ega ekanini namoyon etuvchi qism hisoblanadi. O‘z mazmuniga ko‘ra har qanday tadqiqot ayni shu sohada yaratilgan avvalgi bilimlar negizida quriladi. Adabiyotlar bo‘yicha tahlil asosan sohadagi eng yangi jurnal maqolalari va boshqa turdagi ma’lumot manbalari asosida amalga oshadi (mavzuga oid maqolalarni kalit so‘zlar yordamida www.scholar.google.com qidiruv tizimidan topish mumkin).

7. Tadqiqot metodologiyasi (Research Methodology)

Tadqiqot metodologiyasi tadqiqotning eng muhim qismlaridan biri bo‘lib, u o‘tkazilayotgan tadqiqotning umumiy xaritasi, tadqiqot yo‘li va natijaga olib boruvchi xaritaviy chizgilari hisoblanadi. Tadqiqot metodologiyasi tadqiqot falsafasi va yo‘nalishini belgilash, tadqiqot dizayni, ya’ni tadqiqot muammosining yechimiga olib boruvchi bosh rejasini tuzish, tadqiqot uchun zarur axborotni olish yo‘llari va tadqiqot etikasini belgilash, tadqiqot ob’yekting tanlovi, birlamchi yoki ikkilamchi ma’lumot manbalaridan foydalanish to‘g‘risidagi qarorlar, tadqiqot strategiyasini aniqlash bo‘yicha

rasional qaror qabul qilish asosida qo'yilgan muammoning aniq yechimiga olib chiquvchi yo'lni belgilashni anglatadi. Metodologiya qismining mukammalligi tadqiqot uchun belgilangan yo'lning ishonchliligi va aniqliligini asoslash orqali namoyon bo'ladi.

8. Tahlil va natijalar (Analysis and results): Tadqiqotning tahlil qismi tadqiqot metodologiyasida avvaldan belgilab olingan tahlil usullari (matematik modellar va boshqalar) orqali yig'ilgan ma'lumotlarning tahlilini amalga oshiradi. Bunda faqatgina tahlil usulining natijalari ifoda etiladi; topilgan natijalar bo'yicha muhokama maqolaning keyingi qismining vazifasi hisoblanadi.

9. Xulosa va takliflar (Conclusion/Recommendations)

Tadqiqotning maqsad, vazifalarining anglashilganligi hamda tadqiqot savollarining o'z javobini topganligi, tadqiqotning asosiy natijalariga va tadqiqotning umumiy jarayoniga umumiy xulosalar, shu bilan birga, takliflar va ayni tadqiqotdan kelib chiqqan holda kelajak tadqiqotishi yo'nalishlari maqola xulosa va takliflari qismining asosini tashkil etishi lozim.

10. Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati (References)

Ushbu qismda tadqiqotda foydalanilgan barcha adabiyotlarning ro'yxati [1], [2] yoki [3] ketma-ketligida qo'yiladi:

- mualliflar ismi-sharifi, kitob nomi, nashr nomi va manzili, yili, betlari;
- mualliflar ismi-sharifi, maqola nomi, jurnal nomi, nashri, yili, soni, betlari.

Maqola matni shrifti "Arial"da, 14 kirill yoki lotin alfavitida bo'lib, qatorlar oraliqlari masofasi 1 intervalda bo'lishi lozim. Maqola matni sahifasining barcha (o'ng, chap, yuqori va quyi) tomonidan 2 santimetrdan iborat masofa qoldiriladi. Maqolaning maksimal hajmi 10 betdan oshmasligi, minimal hajmi esa 5-6 betdan kam bo'lmasligi hamda foydalanilgan adabiyotlar soni kamida 5-10 manbadan iborat bo'lishi lozim.

Maqolada albatta jadval, chizma yoki rasmlar bo'lishi shart. Jadval nomlari uning yuqori qismida, chizma yoki rasm nomlari ularning quyi qismida yozilishi hamda ularning manbasi aniq ko'rsatilishi lozim. Maqolada jadval, chizma va rasmlar berilishi maqola sifatini oshiruvchi manbaa hisoblanadi.

Maqolalar o'zbek, qoraqalpoq, rus va ingliz tillarida taqdim etilishi mumkin.

O'zbek tilidagi **o'**, **g'**, **q**, **h** kabi harflar ilmiy maqola matnida gaplar tarkibida to'liq yozilishi shart. Aks holda ilmiy maqola tahririyat tomonidan ko'rib chiqilmaydi.

Yuborilgan maqolalarning barchasi "Antiplagiat" va "Sun'iy intellekt" tizimlarida tekshiriladi.

Jurnal manzili: 100017, Toshkent sh., Yunusobod tumani, Sh.Rashidov ko'chasi 17-uy tel.: (71) 212-68-68, ye-mail: niipb@fvv.uz.

Bog'lanish uchun: O'zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi Ilmiy-innovatsion va sinov-tadqiqot instituti. Tel: (71) 212-65-86 (3351).

Jurnal havolasi: <https://gov.uz/oz/fvv/pages/jurnal>

Jurnal pochta manzili: ilmiytadqiqot11@gmail.com

Telegram kanali: https://t.me/ilmiy_texnik_elektron_jurnal

**“FAVQULODDA VAZIYATLAR VA YONG‘IN XAVFSIZLIGI.
MUAMMO VA INNOVATSIYALAR”
ILMIY-TEXNIK ELEKTRON
JURNAL**

**“ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.
ПРОБЛЕМЫ И ИННОВАЦИИ”
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ
ЖУРНАЛ**

**“EMERGENCIES AND FIRE SAFETY.
PROBLEMS AND INNOVATIONS”
SCIENTIFIC AND TECHNICAL ELECTRONIC
JOURNAL**

**“AYRIQSHA JAG‘DAYLAR HAM ORT QAWIPSIZLIGI.
MASHQALA HAM INNOVATSIYALAR”
ILM-TEXNIK ELEKTRON
JURNAL**

**O‘zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi
Ilmiy-innovatsion va sinov-tadqiqot instituti**