RADON KALIBRLASH KAMERALARINING ISHLASH TARTIBLARI VA ULARNING O‘LCHASH BARQARORLIGIGA TA’SIRINI TAHLIL QILISH

Jumayev O.A.
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti
Ismoilov M.T.
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti
Mahmudov G.B.
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti
Sayfulin R.R.
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti
Raxmatov D.I.
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti
Qalandarov A.F.
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti

Annotatsiya. Atrof-muhitni nazorat qilish, radiatsiyadan himoyalanish va aholi salomatligini saqlash maqsadida foydalaniladigan radon o‘lchov asboblarining aniqligini va ishonchliligini ta’minlashda radon kalibrlash kameralari hal qiluvchi ahamiyatga ega. Bu kameralarning ishlash tartiblari, shuningdek, atrof-muhit va texnik ko‘rsatkichlar o‘lchash barqarorligiga va umuman metrologik ishonchlilikka sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu tadqiqot radon kalibrlash kameralarining ishlash tartiblarini tahlil qilish va ularning nazorat qilinadigan sharoitlarda radon o‘lchovlari barqarorligiga ta’sirini baholashni maqsad qilgan. Tadqiqot aralash usullar yondashuviga asoslanadi. Bu yondashuv kalibrlash kameralari tuzilishining sifat jihatidan tahlilini harorat, namlik va havo bosimi kabi turli atrof-muhit ko‘rsatkichlari sharoitida o‘lchash barqarorligini miqdoriy baholash bilan uyg‘unlashtiradi. Detektorning ishlashiga va o‘lchash noaniqligiga ta’sir etuvchi asosiy omillarni aniqlash maqsadida turli xil radon kalibrlash kameralari va ularning ishlash tartiblari o‘rganib chiqildi.

Kalit so‘zlar. Radon kalibrlash kamerasi, o‘lchash barqarorligi, ish rejimlari, atrof-muhitni nazorat qilish, detektorni kalibrlash, metrologik ishonchlilik

Аннотация. Камеры калибровки радона имеют решающее значение для обеспечения точности и надежности измерительных приборов радона, используемых для контроля окружающей среды, радиационной защиты и охраны здоровья населения. Режимы работы этих камер, а также параметры окружающей среды и технические характеристики оказывают существенное влияние на стабильность измерений и метрологическую надежность в целом. Данное исследование направлено на анализ режимов работы камер

ISSN 3030-3907

калибровки радона и оценку их влияния на стабильность измерений радона в контролируемых условиях. Исследование основано на подходе комбинированных методов. Этот подход сочетает качественный анализ конструкции калибровочных камер с количественной оценкой устойчивости измерений в условиях различных параметров окружающей среды, таких как температура, влажность и давление воздуха. С целью определения основных факторов, влияющих на работу детектора и погрешность измерений, были изучены различные калибровочные камеры для радона и режимы их функционирования.

Ключевые слова. Радоновая калибровочная камера, стабильность измерений, режимы работы, контроль окружающей среды, калибровка детектора, метрологическая надежность

Annotation. Radon calibration chambers play a crucial role in ensuring the accuracy and reliability of radon measurement instruments used in environmental monitoring, radiation safety, and public health protection. The operational modes of these chambers, along with environmental and technical parameters, significantly influence measurement stability and overall metrological reliability. This study aims to analyze the operational modes of radon calibration chambers and to assess their impact on the stability of radon measurements under controlled conditions. The research is based on a mixed-methods approach that combines qualitative analysis of calibration chamber designs with quantitative evaluation of measurement stability under varying environmental parameters, including temperature, humidity, and air pressure. Different types of radon calibration chambers and operational regimes were examined to identify key factors affecting detector performance and measurement uncertainty.

Keywords. Radon calibration chamber, measurement stability, operational modes, environmental control, detector calibration, metrological reliability

KIRISH.

Radon — tabiiy ravishda hosil bo‘ladigan radioaktiv gaz bo‘lib, inson salomatligi uchun jiddiy xavf tug‘diradi; xususan, u chekishdan keyin o‘pka saratonining asosiy sabablaridan biri hisoblanadi. Shu bois, bino ichki muhitida va atrof-muhitda radon kontsentratsiyasini aniq o‘lchash radiatsion himoya va ekologik monitoringning muhim vazifasidir. Radon o‘lchashlarining ishonchliligi asosan radon detektorlari va o‘lchash asboblarining to‘g‘ri kalibrlanishiga bog‘liq bo‘lib, bu jarayon odatda maxsus radon kalibrlash kameralarida amalga oshiriladi.

Radon kalibrlash kameralari nazorat qilinadigan va barqaror radon muhitini hosil qilish uchun mo‘ljallangan bo‘lib, ular radon o‘lchash qurilmalarini aniq kalibrlash, sinovdan o‘tkazish va sifat nazoratini ta’minlaydi. Ushbu kameralar

ISSN 3030-3907

hajmi, konstruksiyasi va ishlash tamoyillariga ko‘ra farqlanadi: katta hajmli “walk-in” tipidagi inshootlardan tortib ixcham va ko‘chma tizimlargacha bo‘lgan variantlar mavjud. Keng qo‘llanilishiga qaramay, kalibrlash kameralari ichida o‘lchash barqarorligini saqlash ko‘plab ekologik va ekspluatatsion omillar ta’siri sababli murakkab masala bo‘lib qolmoqda.

Radon kalibrlash kameralarining uzluksiz ta’sir rejimi, bosqichma-bosqich kontsentratsiya boshqaruvi va adaptiv tartibga solish kabi ish rejimlari radon kontsentratsiyasining bir xilligi va barqarorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Bundan tashqari, harorat, nisbiy namlik va atmosfera bosimi kabi muhit parametrlari detektorlarning javobiga hamda o‘lchash noaniqligiga sezilarli darajada ta’sir qilishi mumkin. Ushbu omillar yetarli darajada nazorat qilinmasa, tizimli xatolarga va kalibrlash natijalarining o‘zaro taqqoslanish qobiliyati pasayishiga olib keladi.

Oldingi tadqiqotlarda radon kalibrlash kameralarining texnik konstruksiyasi batafsil yoritilgan bo‘lsa-da, ularning ish rejimlarini tizimli tahlil qilish va ushbu rejimlarning o‘lchash barqarorligiga birgalikdagi ta’siri yetarlicha o‘rganilmagan. Ayniqsa, muhitni boshqarish mexanizmlari bilan detektorlar ishlash xususiyatlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik chuqur tahlil qilinmagan. Bu holat kalibrlash kameralarining ishlashini metrologik nuqtayi nazardan kompleks baholash zarurligini ko‘rsatadi.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi radon kalibrlash kameralarining ish rejimlarini tahlil qilish va ularning radon o‘lchashlarining barqarorligiga ta’sirini baholashdan iborat. Tadqiqot doirasida o‘lchashlarning takrorlanishi va noaniqligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar aniqlanadi hamda ishonchli kalibrlash uchun optimal ish sharoitlari belgilab beriladi. Olingan natijalar kalibrlash amaliyotlarini takomillashtirish, o‘lchash aniqligini oshirish va radon monitoringi tizimlarining metrologik ta’minotini mustahkamlashga xizmat qilishi kutiladi.

ADABIYOTLAR SHARHI. So‘nggi tadqiqotlarda radon kalibrlash kameralari radon o‘lchash tizimlarining metrologik ta’minotidagi asosiy elementlar ekanligi alohida ta’kidlanadi. Ularning asosiy vazifasi radon detektorlarini kalibrlash, sinovdan o‘tkazish va ishlash samaradorligini baholash uchun nazorat qilinadigan hamda qayta takrorlanadigan radon muhitini yaratishdan iborat. Avvalgi ilmiy ishlarda kalibrlash jarayonlaridagi noaniqliklar uzoq muddatli radon monitoringi natijalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi, buning oqibatida xavfni noto‘g‘ri baholash va samarasiz kamaytirish (mitigatsiya) strategiyalariga olib kelishi mumkinligi ko‘rsatilgan.

Ilmiy adabiyotlarda radon kalibrlash kameralarining turli xil turlari tavsiflangan bo‘lib, ularga katta hajmli walk-in tipidagi kameralar, qattiq radon manbali kichik kameralar, miniatyura kameralar hamda muhitni nazorat qiluvchi

ISSN 3030-3907

kameralar kiradi. Katta walk-in kameralar odatda bir vaqtning o‘zida bir nechta asboblarni kalibrlash uchun qo‘llaniladi va muhit parametrlarini aniq boshqarish imkonini beradi. Aksincha, ixcham va miniatyura kameralar ko‘proq ko‘chma va dala sharoitlarida ishlatish uchun mo‘ljallangan bo‘lib, hajmining kichikligi va havo oqimini boshqarishning soddaligi sababli nisbatan past barqarorlikka ega bo‘lishi mumkin.

Bir qator tadqiqotchilar muhit parametrlarining radon o‘lchash aniqligiga ta’sirini o‘rganganlar. Haroratning o‘zgarishi radonning diffuziya jarayonlariga va detektorlarning sezgirligiga ta’sir qilishi ma’lum. Nisbiy namlik esa, ayniqsa, faollashtirilgan ko‘mir va alfa-trek detektorlari kabi passiv o‘lchash vositalarining javobida muhim rol o‘ynaydi. Atmosfera bosimi o‘zgarishlari nisbatan kamroq ta’sir ko‘rsatsa-da, yetarlicha hisobga olinmasa, radon kontsentratsiyasi va detektor javobida sezilarli og‘ishlarga olib kelishi mumkin.

So‘nggi yillarda radon kalibrlash kameralarining ish rejimlariga bo‘lgan e’tibor yanada ortdi. Uzoq vaqt davomida barqaror radon kontsentratsiyasini saqlab turuvchi uzluksiz ish rejimlari detektorlarni kalibrlash va o‘zaro solishtirishda keng qo‘llaniladi. Bosqichma-bosqich va impulsli ish rejimlari esa radon darajasini boshqariladigan tarzda o‘zgartirish imkonini berib, detektor javobini tavsiflash va dinamik sinovlarda qo‘llaniladi. So‘nggi paytlarda barqarorlik va bir xillikni oshirish maqsadida qayta aloqa asosida ishlovchi va avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini o‘z ichiga olgan adaptiv ish rejimlari taklif etilmoqda [1].

Shu bilan birga, mavjud tadqiqotlarning aksariyati alohida texnik jihatlarga e’tibor qaratib, ish rejimlari va muhitni boshqarish tizimlarining o‘lchash barqarorligiga birgalikdagi ta’sirini kompleks tarzda baholamagan [2]. Xususan, havo oqimini tartibga solish, muhit parametrlarini nazorat qilish va detektorlarning ishlash xususiyatlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik yetarli darajada o‘rganilmagan. Bu cheklovlar texnik konstruksiya va ekspluatatsion strategiyani birgalikda hisobga oluvchi integrallashgan metrologik tahlil zarurligini ko‘rsatadi [3].

1-jadval.

Radon kalibrlash kameralari turlarining qiyosiy tahlili

Kamera turi	Hajm oralig‘i	Asosiy qo‘llanilish sohasi	Muhitni boshqarish darajasi	Murakkablik darajasi
inshoot	10 m^3 dan yuqori	Bir nechta detektorlarni kalibrlash	Keng qamrovli	Yuqori

ISSN 3030-3907

Muhrlangan kamera	0,5–5 m^3	Kundalik kalibrlash	O‘rtacha	O‘rtacha
Ixcham kamera	0,5 m^3 dan kichik	Dala sharoitida kalibrlash	Asosiy	Past



1-rasm. Kalibrlashning standart protokoli blok-sxemasi

METODOLOGIYA. Mazkur tadqiqotda radon kalibrlash kameralarining konstruktiv xususiyatlarini sifat jihatdan tahlil qilish va o‘lchash barqarorligini miqdoriy baholashni birlashtirgan aralash (mixed-methods) tadqiqot yondashuvi qo‘llanildi. Bunday yondashuv radon o‘lchash samaradorligiga ta’sir etuvchi ham konstruktiv, ham ekspluatatsion omillarni har tomonlama baholash imkonini beradi. Metodologiya xalqaro miqyosda qabul qilingan metrologik amaliyotlar va sifatni ta’minlash tamoyillariga muvofiq ishlab chiqildi.

Tadqiqot doirasida radon kalibrlash kameralarining uchta asosiy ish rejimi ko‘rib chiqildi:

— Uzluksiz rejim, bunda radon kontsentratsiyasi uzoq muddatli kalibrlash jarayonlari davomida doimiy darajada saqlanadi;

— Bosqichma-bosqich rejim, bunda turli sharoitlarda detektor javobini baholash maqsadida radon kontsentratsiyasi diskret tarzda o‘zgartiriladi;

ISSN 3030-3907

— Adaptiv rejim, bunda radon kontsentratsiyasi va atrof-muhit parametrlarini real vaqt rejimida tartibga solish uchun avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari qo‘llaniladi.

Mazkur ish rejimlari laboratoriya amaliyotida keng qo‘llaniladigan an’anaviy hamda ilg‘or kalibrlash strategiyalarini ifodalashi uchun tanlandi.

O‘lchash barqarorligi harorat, nisbiy namlik va atmosfera bosimi kabi asosiy muhit parametrlarining nazorat qilinadigan o‘zgarishlari sharoitida baholandi. Harorat detektor sezgirligiga issiqlik ta’sirini kamaytirish maqsadida oldindan belgilangan diapazonda saqlab turildi [4]. Nisbiy namlik darajalari faol va passiv radon detektorlariga bo‘lgan ta’sirini aniqlash uchun mos ravishda sozlandi. Atmosfera bosimi esa o‘lchash natijalaridagi og‘ishlar bilan bog‘liq ehtimoliy korrelyatsiyalarni aniqlash maqsadida uzluksiz monitoring qilindi [5].

Tadqiqotda kalibrlash laboratoriyalarida keng qo‘llaniladigan faol va passiv turdagi radon o‘lchash asboblarining vakil namunalari tanlab olindi. Har bir ish rejimi uchun kalibrlash ta’sirlari bir xil sharoitlarda amalga oshirilib, natijalarning o‘zaro taqqoslanishi ta’minlandi. O‘lchash ma’lumotlari bir nechta ta’sir sikllari davomida yig‘ilib, takrorlanish va barqarorlik darajasi baholandi. O‘lchash samaradorligini miqdoriy ifodalash uchun o‘rtacha og‘ish, standart og‘ish va nisbiy noaniqlik kabi statistik ko‘rsatkichlardan foydalanildi [4].

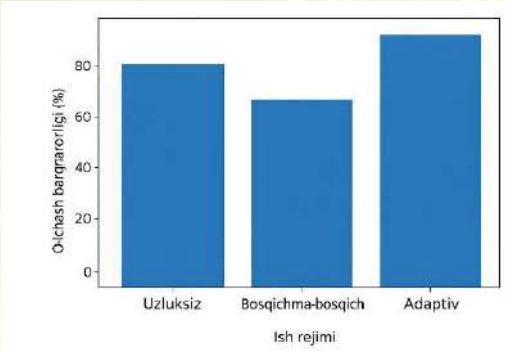
Yig‘ilgan ma’lumotlar qiyosiy va statistik tahlil usullari yordamida qayta ishlanib, o‘lchash barqarorligi takroriy kalibrlash sikllari bo‘yicha o‘zgaruvchanlikni tahlil qilish orqali baholandi [6]. Ish rejimlari o‘rtasidagi farqlar o‘lchash noaniqligini minimal darajaga tushiruvchi konfiguratsiyalarni aniqlash maqsadida solishtirildi. Ushbu tahliliy yondashuv obyektiv qiyoslashni ta’minlash va amaliy tavsiyalar ishlab chiqish uchun mustahkam ilmiy asos yaratishga xizmat qiladi.

NATIJALAR. Eksperimental tahlil natijalari radon kalibrlash kameralarining ish rejimi o‘lchashlarning barqarorligi va takrorlanishiga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatdi. Uzluksiz, bosqichma-bosqich va adaptiv ish rejimlarini qiyosiy baholash natijasida o‘lchash og‘ishlari va noaniqligi bo‘yicha aniq farqlar aniqlanib, bu holat ish rejimini tanlashning muhimligini tasdiqladi [7].

Uzluksiz ish rejimida radon kontsentratsiyasi uzoq muddatli ta’sir davrlarida nisbatan barqaror saqlanib turdi. O‘lchash natijalari past darajadagi o‘zgaruvchanlikni ko‘rsatib, standart og‘ish qiymatlari ruxsat etilgan metrologik chegaralar doirasida qoldi. Ushbu rejim uzoq muddatli barqarorlik asosiy talab bo‘lgan holatlarda, xususan, detektorlarni kundalik kalibrlash va ularni o‘zaro solishtirish jarayonlarida samarali ekanligi bilan ajralib turdi [8].

ISSN 3030-3907

Bosqichma-bosqich ish rejimida radon kontsentratsiyasining o‘lchangan qiymatlarida, ayniqsa kontsentratsiya darajalari o‘rtasidagi o‘tish bosqichlarida, nisbatan yuqori o‘zgaruvchanlik kuzatildi. Ushbu rejim detektor javobining dinamik xususiyatlarini tavsiflash uchun foydali bo‘lsa-da, qisqa muddatli tebranishlarning ortishi qayd etildi. Bu tebranishlar asosan kamera ichidagi havo oqimining vaqtinchalik qayta taqsimlanishi va muvozanat holatining kechikib o‘rnatilishi bilan izohlanadi. Shunga qaramay, har bir bosqichda barqarorlashuvga erishilgach, o‘lchash natijalari qoniqarli takrorlanishni namoyon etdi.

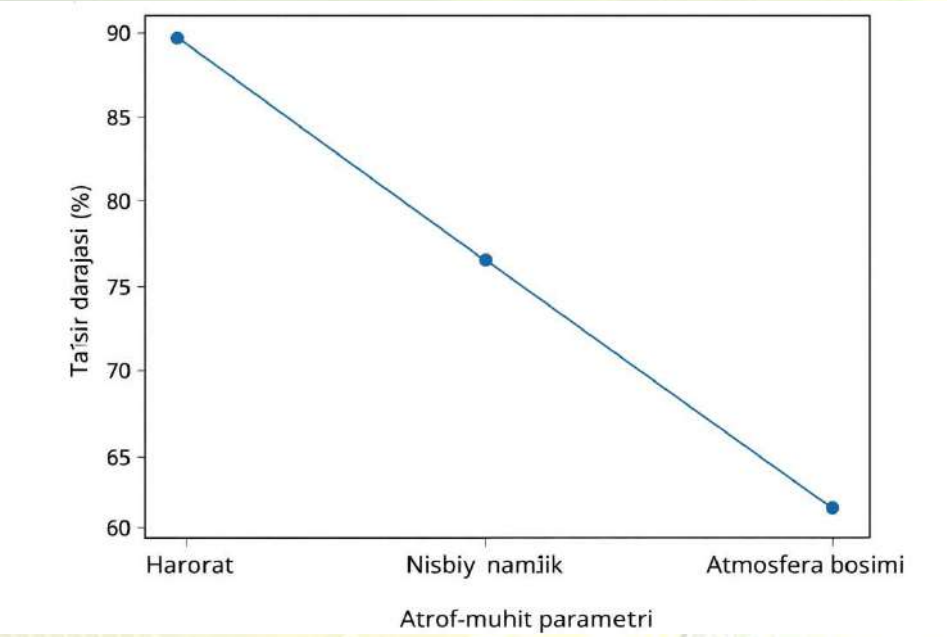


2-rasm. Ish rejimlari bo‘yicha o‘lchash barqarorligi.

Adaptiv ish rejimi o‘lchash barqarorligi nuqtayi nazaridan eng yuqori umumiy samaradorlikni ko‘rsatdi. Radon kontsentratsiyasi va atrof-muhit parametrlarini avtomatlashtirilgan tarzda boshqarish tizimlari tizimli og‘ishlar va tasodifiy tebranishlarni sezilarli darajada kamaytirdi. Adaptiv rejimda ishlovchi kameralar radonning fazoviy taqsimlanishida yaxshiroq bir xillikni hamda parametrlar o‘zgartirilgandan so‘ng tezroq barqarorlashuvni ta’minladi. Natijada, nisbiy o‘lchash noaniqligi uzluksiz va bosqichma-bosqich rejimlarga nisbatan doimiy ravishda past bo‘ldi [9–10].

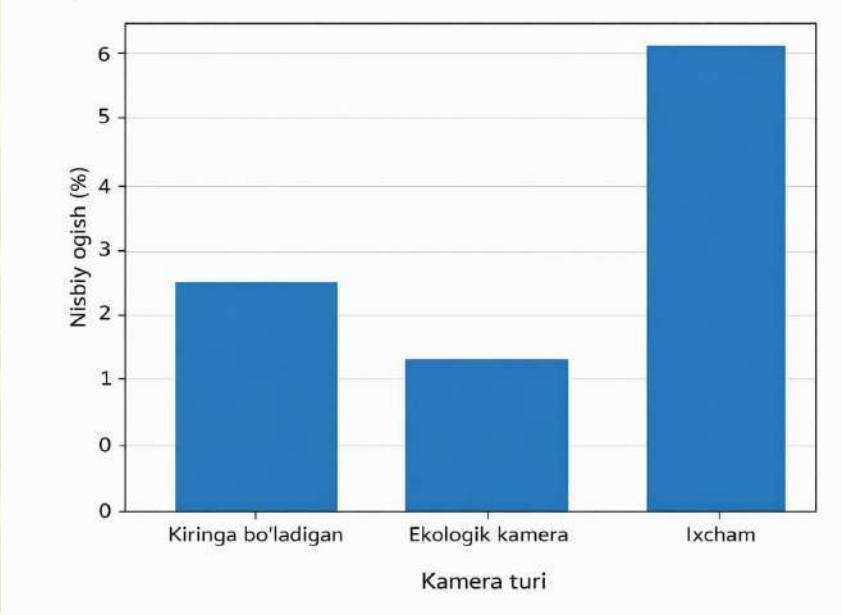
Atrof-muhit parametrlari barcha ish rejimlarida muhim rol o‘ynadi. Haroratning nazorat ostida saqlanishi detektor sezgirligining siljishini minimallashtirdi, nisbiy namlikning barqaror darajalari esa passiv detektorlar javobidagi o‘zgaruvchanlikni kamaytirdi [11-12].

ISSN 3030-3907



3-rasm. Atrof-muhit parametrlarining o‘lchash barqarorligiga ta’siri.

Atmosfera bosimining o‘zgarishlari nisbatan kichikroq, ammo o‘lchanadigan ta’sir ko‘rsatdi; bu holat ayniqsa havo hajmi cheklangan ixcham kameralarda yaqqolroq namoyon bo‘ldi. Umuman olganda, ilg‘or muhitni boshqarish tizimlari bilan jihozlangan kameralar yuqori darajadagi o‘lchash barqarorligini ta’minladi.



4-rasm. Kamera turlari bo‘yicha o‘lchash og‘ishlari.

2-Jadval.

Atrof-muhit parametrlarining ta’siri

Parametr	Nazorat diapazoni	Ta’sir darajasi
Harorat	20–24 °C	Yuqori
Nisbiy namlik	40–60 %	O‘rtacha

ISSN 3030-3907

Atmosfera bosimi	980–1020 hPa	Past

MUHOKAMA. Ushbu tadqiqot natijalari radon kalibrlash kameralarida o‘lchash barqarorligini ta’minlashda ish rejimini tanlash muhim hal qiluvchi omil ekanligini tasdiqladi. Adaptiv ish rejimlarining yuqori samaradorligi zamonaviy kalibrlash inshootlarida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va qayta aloqa (feedback) mexanizmlarini joriy etish muhimligini ko‘rsatadi. Ushbu xulosalar atrof-muhitni tartibga solish va havo oqimini optimallashtirish radon o‘lchashlarining ishonchliligini oshirishdagi rolini ta’kidlovchi avvalgi tadqiqotlar natijalari bilan mos keladi.

An’anaviy uzluksiz ish rejimlari bilan solishtirganda, adaptiv rejimlar, ayniqsa atrof-muhit sharoitlari o‘zgaruvchan bo‘lgan holatlarda, yuqori moslashuvchanlik va barqarorlikni ta’minlaydi. Adaptiv tizimlarda kuzatilgan barqarorlashuv vaqtining qisqarishi va o‘lchash noaniqligining kamayishi ularni yuqori aniqlik talab etiladigan kalibrlash vazifalari hamda ilg‘or ilmiy tadqiqotlar uchun ayniqsa maqbul qiladi. Biroq, bunday tizimlarni joriy etish yuqori texnik murakkablik va boshlang‘ich investitsiyalarning oshishini talab etadi, bu esa ularning keng miqyosda tatbiq etilishini cheklashi mumkin.

Bosqichma-bosqich ish rejimlarida kuzatilgan yuqori darajadagi o‘zgaruvchanlik ushbu yondashuvdan foydalanishda protokollarni puxta ishlab chiqish zarurligini ko‘rsatadi. O‘tkinchi ta’sirlarni kamaytirish va ma’lumotlar ishonchliligini ta’minlash uchun yetarli barqarorlashuv davrlari va real vaqt rejimidagi monitoring muhim ahamiyatga ega. Ushbu qiyinchiliklarga qaramay, bosqichma-bosqich rejim detektorlarning xususiyatlarini aniqlash va dinamik sharoitlarda ularning ishlashini sinovdan o‘tkazishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Metrologik nuqtayi nazardan, ish rejimi va atrof-muhitni boshqarish o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir alohida ahamiyatga ega. Tadqiqot natijalari harorat va namlikning barqaror boshqarilishi, qo‘llanilayotgan ish strategiyasidan qat’i nazar, o‘lchashlarning takrorlanishini sezilarli darajada yaxshilashini ko‘rsatdi. Ushbu holat sifatni ta’minlash dasturlari doirasida atrof-muhit parametrlarini kompleks monitoring qilish va hujjatlashtirish zarurligini yana bir bor tasdiqlaydi.

Mazkur tadqiqot yagona eksperimental asosda ish rejimlarini tizimli ravishda solishtirish orqali mavjud ilmiy bilimlar bazasini boyitadi. Avvalgi ishlardan farqli ravishda, bunda asosan kamera konstruksiyasi yoki detektor samaradorligiga emas, balki ish strategiyasi va atrof-muhitni boshqarishning o‘lchash barqarorligiga qo‘shma ta’siriga e’tibor qaratilgan. Olingan xulosalar radon o‘lchashlarining aniqligi va ishonchliligini oshirishga intilayotgan kalibrlash laboratoriyalari uchun bevosita amaliy ahamiyatga ega.

ISSN 3030-3907

XULOSA. Ushbu tadqiqot radon kalibrlash kameralarining ish rejimlari o‘lchash barqarorligi va metrologik ishonchlilikni ta’minlashda hal qiluvchi rol o‘ynashini ko‘rsatdi. Uzluksiz, bosqichma-bosqich va adaptiv ish rejimlarini tizimli taqqoslash natijasida ish strategiyasini tanlash o‘lchashlarning takrorlanishi, noaniqligi va detektorlar ishlash samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, atrof-muhit sharoitlari yetarli darajada nazorat qilinganda, uzluksiz ish rejimlari kundalik kalibrlash vazifalari uchun yetarli barqarorlikni ta’minlaydi. Bosqichma-bosqich ish rejimlari qisqa muddatli o‘zgaruvchanlikni oshirsa-da, yetarli barqarorlashuv davrlari ta’minlangan holda detektor javobini tahlil qilish va dinamik sinovlar uchun muhim ahamiyatga ega bo‘lib qoladi. Tahlil qilingan yondashuvlar orasida adaptiv ish rejimlari radon kontsentratsiyasi va atrof-muhit parametrlarini avtomatlashtirilgan boshqarish hisobiga eng yuqori darajadagi o‘lchash barqarorligini namoyon etdi.

Harorat va nisbiy namlik kabi atrof-muhit omillari detektor javobi va o‘lchash natijalarining izchilligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Ushbu parametrlarni samarali boshqarish va uzluksiz monitoring qilish tizimli og‘ishlarni kamaytiradi hamda kalibrlash aniqligini oshiradi. Atmosfera bosimining ta’siri nisbatan kichik bo‘lsa-da, ayniqsa ixcham kalibrlash kameralarida uni e’tibordan chetda qoldirmaslik lozim.

Tadqiqot natijalari zamonaviy radon kalibrlash inshootlarida ilg‘or atrof-muhitni boshqarish tizimlari va adaptiv ish strategiyalarini joriy etish muhimligini ko‘rsatadi. Amaliy jihatdan, olingan xulosalar kalibrlash laboratoriyalariga o‘lchash ishonchliligini oshirish uchun ish rejimlarini optimallashtirish bo‘yicha aniq yo‘riqnoma beradi. Ilmiy nuqtayi nazardan esa, mazkur ish radon kalibrlash jarayonlarining metrologik asoslarini chuqurlashtiradi va standartlashtirilgan hamda barqaror kalibrlash tartiblarini ishlab chiqishni qo‘llab-quvvatlaydi.

Kelgusidagi tadqiqotlar ushbu tahlilni turli kamera geometriyalari, detektor texnologiyalari va uzoq muddatli ekspluatatsiya sharoitlariga kengaytirishga qaratilishi mumkin. Bunday izlanishlar radon o‘lchashlarining metrologik bazasini yanada mustahkamlashga va radiatsion himoya amaliyotlarini doimiy takomillashtirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Chambers, D.B., Chauhan, N., Waker, A.J. (2019). Performance characteristics of walk-in radon calibration facilities. Health Physics, 116(4), 523-531.
2. Environmental Protection Agency. (2021). National Radon Proficiency Program: Calibration chamber requirements and protocols. EPA 402-R-21-001.
3. Уринов Ш. Р. и др. Прогнозирование устойчивости бортов карьера с

ISSN 3030-3907

учетом временного фактора //Journal of Advances in Engineering Technology Vol. – 2021. – Т. 1. – №. 3.
4. Jumaev O. A. et al. Microcontroller device for increasing the accuracy of PID regulators //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing LLC, 2023. – Т. 2872. – №. 1. – С. 120051.
5. Ferreira, A.C., Azevedo, J.P., Silva, L.M. (2020). Development of compact radon calibration chambers using solid radium sources. Radiation Protection Dosimetry, 191(2), 145-153.
6. Ботиров Т. В. и др. Разработка программного обеспечения системы нечеткого управления для биореактора //world of science. – 2023. – С. 18-20.
7. International Atomic Energy Agency. (2020). Calibration of radon and radon decay product measuring instruments. IAEA Technical Reports Series No. 474.
8. Khan, S.M., Pearson, M.D., Roper, A.R. (2021). Quality assurance protocols for radon measurement programs. Journal of Radiological Protection, 41(3), R45-R67.
9. George, A.C. (2015). An overview of instrumentation for measuring environmental radon and radon progeny. Radiation Protection Dosimetry, 167(1-3), 207-213.
10. Hoffmann, W., Becker, K., Steinhausler, F. (2018). Environmental radon measurement techniques. Journal of Environmental Radioactivity, 192, 328-337.
11. Jumaev O. et al. Enhancing abrasion resistance testing for linoleum and rubber products: A proposal for improved device operation //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 525. – С. 05012.
12. Raxmatov D., Qalandarov A. The importance of metrology and measurements in the application of drip irrigation in horticulture //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 390. – С. 04027.

ISSN 3030-3907