Registered in Germany Europa Revue Journal
ISSN: 1862-6564 Vol. 6 No. 5 (2026) Published May 31, 2026

CALCULATION OF THE DUST FACTOR IN WORK-ZONE AIR AND ITS ASSESSMENT BY MEANS OF A COMPUTER PROGRAM

Juraev Akbar Rayxonovich

Ministry of Mining and Geology of the Republic of Uzbekistan Head of Department, Inspectorate for Supervision in the Mining and Geology Sector, Tashkent, Uzbekistan.

Bazarbaev Aleuatdin Sipatdin ugli

Inspector, Department for Emergency Situations at Metropolitan (Metro) Facilities, Main Directorate of Emergency Situations of Tashkent City, Uzbekistan.

Isakova Guldana Begil qizi

Staff member, Center for Professional Development of Employees of the Ministry of Poverty Reduction and Employment, Uzbekistan.

Abstract

The paper addresses the calculation-based determination of the dust factor in work-zone air during production processes and its hygienic assessment by means of a purpose-built computer program. The relevance follows from the leading role of dust in occupational morbidity and disability: according to the WHO/ILO joint estimates, exposure to occupational particulate matter, gases and fumes accounts for 450,381 deaths from chronic obstructive pulmonary disease annually; the GBD-2021 study reports 62,866 new cases of pneumoconiosis and 18,323 deaths in 2021, with the silicosis burden reaching 261,262. In Uzbekistan, 62% of all detected occupational pathology is caused by dust exposure. The study combines the dust-emission-intensity formulas, the OEL registry of SanRaN RUz No. 0294-11 and a single-zone, conditionally well-mixed room dynamic mass-balance model into the calculation sequence, implemented in a dependency-free computer program covering 41 activity types and 90 operations. For a woodworking area the calculated shift-average concentration was 8.344 mg/m³ (1.39 times the OEL), whereas the static approach yields 12.5 mg/m³ (a 1.5-fold overestimate). The program also computes the local exhaust ventilation efficiency required to comply (89.2% in the example).

Keywords

work-zone air, dust factor, occupational risk, calculation method, OEL, pneumoconiosis,

silicosis, free crystalline silica, local exhaust ventilation, computer program, Instruction No. 3586, occupational safety and health management system.

ISh HUDUDI HAVOSIDAGI ChANGLANISh OMILINI BAHOLASh VA ELEKTRON DASTUR ASOSIDA HISOBLASh

Juraev Akbar Rayxonovich

O‘zbekiston Respublikasi Tog‘-kon sanoati va geologiya vazirligi Tog‘-kon sanoati va geologiya sohasini nazorat qilish inspeksiyasi bo‘lim boshlig‘i, Toshkent, O‘zbekiston.

Bazarbaev Aleuatdin Sipatdin ugli

Toshkent shaxar Favqulodda vaziyatlar bosh boshqarmasi Metropoliten ob’ektlarida favqulodda vaziyatlar bulimi inspektori, O‘zbekiston.

Isakova Guldana Begil qizi

Kambag‘allikni qisqartirish va bandlik vazirligi xodimlarining malakasini oshirish markazi xodimi, O‘zbekiston.

Annotatsiya. Maqolada ishlab chiqarish jarayonlarida ish hududi havosining changlanish omilini hisobiy usulda aniqlash va uni maxsus ishlab chiqilgan elektron dastur yordamida gigienik baholash masalasi ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotning dolzarbligi jahon miqyosida chang omilining kasbiy kasallanish va mehnat qobiliyatini yo‘qotishdagi yetakchi o‘rni bilan belgilanadi: Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) va Xalqaro mehnat tashkiloti (XMT)ning qo‘shma bahosiga ko‘ra ishlab chiqarish aerozollari (qattiq zarralar, gaz va tutunlar) ta’siridan yiliga 450 381 nafar kishi surunkali obstruktiv o‘pka kasalligidan halok bo‘ladi; GBD-2021 ma’lumotlariga ko‘ra 2021 yilda pnevmokoniozlarning 62 866 ta yangi holati va 18 323 ta o‘lim qayd etilgan, silikoz bo‘yicha esa nogironlik bilan yo‘qotilgan umr yillari 261 262 ni tashkil etgan. O‘zbekistonda aniqlangan kasbiy patologiyaning 62 foizi aynan chang omili ta’sirida yuzaga keladi. Tadqiqotda O‘zR SanQvaN №0294-11 REM reestri va bir zonali, shartli to‘liq aralashgan xona uchun dinamik massa balansi modeli birlashtirilib hisoblash ketma-ketligi shakllantirilgan. Algoritm 41 faoliyat turi va 90 operatsiyani qamrab oluvchi, tashqi kutubxonalarsiz ishlaydigan elektron dasturda amalga oshirilgan. Yog‘ochga ishlov berish uchastkasi misolida smenaviy o‘rtacha hisobiy miqdor 8,344 mg/m³ (REMdan 1,39 marta oshiqcha) deb aniqlangan, statik yondashuv esa shu sharoit

uchun 12,5 mg/m³ (1,5 marta oshiqcha baho) beradi. Dastur nafaqat xulosa, balki talab etiladigan mahalliy so‘ruvchi ventilyatsiya samaradorligini (misolda 89,2%) ham hisoblab beradi.

Kalit so‘zlar: ish hududi havosi, chang omili, kasbiy xavf, hisobiy usul, REM, pnevmokonioz, silikoz, erkin kremniy dioksidi, mahalliy so‘ruvchi ventilyatsiya, elektron dastur, mehnatni muhofaza qilishni boshqarish tizimi.

ОЦЕНКА ФАКТОРА ЗАПЫЛЁННОСТИ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ И ЕГО РАСЧЁТ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОГРАММЫ

Джураев Акбар Райхонович

Министерство горнодобывающей промышленности и геологии Республики Узбекистан Начальник отдела, Инспекция по надзору в сфере горнодобывающей промышленности и геологии, г. Ташкент, Узбекистан. E-mail: akbar_24@inbox.ru

Базарбаев Алеуатдин Сипатдин угли

Инспектор, Отдел по чрезвычайным ситуациям на объектах метрополитена, Главное управление по чрезвычайным ситуациям города Ташкента, Узбекистан. E-mail: alewatdinbazarbaev@gmail.com

Исакова Гульдана Бегил кызы

Сотрудник Центра повышения квалификации работников Министерства сокращения бедности и занятости, Узбекистан. E-mail: Guliisak8@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается расчётное определение фактора запылённости воздуха рабочей зоны в производственных процессах и его гигиеническая оценка с помощью специально разработанной электронной программы. Актуальность обусловлена ведущей ролью пылевого фактора в структуре профессиональной заболеваемости и инвалидизации: по совместным оценкам ВОЗ и МОТ воздействие производственных аэрозолей (твёрдые частицы, газы и дымы) ежегодно обусловливает 450 381 смерть от хронической обструктивной болезни лёгких; по данным GBD-2021 в 2021 году зарегистрировано 62 866 новых случаев пневмокониозов и 18 323 смерти, а бремя силикоза составило 261 262. В Узбекистане 62% выявляемой профессиональной патологии обусловлено воздействием пыли. В работе объединены формулы

интенсивности пылевыделения, реестр ПДК СанПиН РУз №0294-11 и однозонная модель динамического материального баланса условно полностью перемешанного помещения; сформирована последовательность расчёта реализованная в электронной программе, охватывающей 41 вид деятельности и 90 операций. На примере участка деревообработки расчётная среднесменная концентрация составила 8,344 мг/м³ (превышение ПДК в 1,39 раза), тогда как статический подход даёт 12,5 мг/м³ (завышение в 1,5 раза). Программа рассчитывает также требуемую эффективность местной вытяжной вентиляции (в примере — 89,2%).

Ключевые слова: воздух рабочей зоны, пылевой фактор, профессиональный риск, расчётный метод, ПДК, пневмокониоз, силикоз, свободный диоксид кремния, местная вытяжная вентиляция, электронная программа, Инструкция №3586, система управления охраной труда.

KIRISh

Ishlab chiqarish aerozollari kasbiy kasallanishning muhim xavf omilidir. XMT ma’lumotiga ko‘ra, mehnat bilan bog‘liq sabablardan yiliga qariyb 3 million kishi vafot etadi [1]. JSST/XMT qo‘shma baholashida ishlab chiqarish aerozollarining surunkali obstruktiv o‘pka kasalligi bilan bog‘liq 450 381 ta o‘lim holatiga hissasi qayd etilgan [2]. GBD-2021 tahlilida pnevmokoniozlarning 62 866 ta yangi holati va 18 323 ta o‘lim, silikoz bo‘yicha 261 262 DALY ko‘rsatilgan [3, 4]. O‘zbekiston materiallarida aniqlangan kasbiy patologiyaning 62 foizi chang omiliga to‘g‘ri keladi [6].

Changning kanserogen xavfi alohida e’tiborga loyiq. Xalqaro saratonni o‘rganish agentligi (IARC) 1997 yilda nafas olish yo‘li bilan tushadigan kristall kremniy dioksidini odam uchun kanserogen modda sifatida 1-guruhga kiritgan va 2012 yilgi qayta ko‘rib chiqishda bu tasnifni tasdiqlagan; faqat Yevropa Ittifoqining o‘zida qariyb 5 million ishchi kristalli SiO_2 ekspozitsiyasida mehnat qiladi [5]. Shunday qilib, chang omili bir vaqtning o‘zida fibrogen, irritativ va kanserogen ta’sirga ega bo‘lgan kompleks omil hisoblanadi.

Laboratoriya o‘lchashlari real ish joyida zarur, biroq loyihalash, rekonstruksiya va ssenariylarni oldindan solishtirish uchun hisobiy prognoz ham kerak. 3586-son

Yo‘riqnomaning 2-ilovasida texnologik jarayonlar uchun ajralish jadalligi formulalari [7], SanQvaN RO‘z №0294-11 da ish hududi havosi uchun REM qiymatlari [8] berilgan. Tadqiqot maqsadi — ajralish jadalligi, havodagi dinamik miqdor va normativ bahoni yagona tekshiriladigan algoritmda birlashtirish hamda elektron dasturda amalga oshirish.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Ish hududi havosidagi chang omili muammosi ilmiy adabiyotlarda uch asosiy yo‘nalishda o‘rganilgan: birinchidan, chang ta’sirining klinik-epidemiologik oqibatlari; ikkinchidan, kasbiy xavfni gigienik baholash metodologiyasi; uchinchidan, ish hududi havosidagi miqdorni matematik modellashtirish. Quyida har bir yo‘nalish bo‘yicha xorijiy va mahalliy olimlarning asosiy ishlari hamda ularga nisbatan mualliflarning munosabati bayon etiladi.

Xorijiy tadqiqotlar orasida C.C. Leung, I.T.S. Yu va W. Chen [15] sharhi alohida o‘rin tutadi: mualliflar silikozni samarali davosi bo‘lmagan, faqat ekspozitsiyani nazorat qilish orqali oldini olish mumkin bo‘lgan kasallik sifatida tavsiflab, birlamchi profilaktikaning asosini ish hududi havosidagi chang miqdorini pasaytirish tashkil etishini asoslagan. H. Barnes, R. Hoy va hammualliflar [16] silikozning sun’iy tosh va boshqa zamonaviy materiallarga ishlov berish tarmoqlarida qayta tarqalayotganini ko‘rsatib, uni «eski dunyoning zamonaviy sanoatdagi muammosi» deb baholagan. P.D. Blanc boshchiligidagi Amerika torakal jamiyati va Yevropa respirator jamiyatining qo‘shma bayonotida [17] surunkali obstruktiv o‘pka kasalligi (SOO‘K) holatlarining 14 foizi, bronxial astmaning 16 foizi kasbiy omillarga bog‘liq ekani qayd etilgan. Mualliflar ushbu xulosalarga to‘liq qo‘shiladi, chunki ular chang omilini nazorat qilishning profilaktik ahamiyatini ishonchli asoslaydi. Shu bilan birga, bu ishlar kasallikning oqibatini qayd etadi, ammo loyihalash bosqichida ish joyidagi miqdorni oldindan baholash vositasini taklif etmaydi — aynan shu bo‘shliqni to‘ldirish mazkur tadqiqotning vazifasidir.

Rossiya gigiena maktabida chang omilini baholash metodologiyasi chuqur ishlab chiqilgan. N.F. Izmerov va A.G. Chuchalin tahriri ostidagi milliy qo‘llanmada [18] chang etiologiyali kasalliklar — pnevmokoniozlar, chang bronxiti va SOO‘K ning

patogenezi, diagnostikasi va profilaktikasi tizimlashtirilgan, kasallik xavfining asosiy mezoni sifatida esa smenaviy o‘rtacha konsentratsiya va ish stajiga bog‘liq chang yuki ko‘rsatilgan. R 2.2.1766-03 qo‘llanmasi [19] kasbiy xavfni mehnat sharoitlarining gigienik sinfi va tibbiy-biologik ko‘rsatkichlar asosida baholash tamoyillarini belgilaydi. A.V. Mel’tser [20] doktorlik dissertatsiyasida ish hududi havosidagi zararli moddalar, kanserogenlar va fizik omillar uchun xavf modellarini ishlab chiqib, ularni kasbiy xavfni boshqarishda qo‘llashni taklif etgan. Mualliflar ushbu yondashuvlarning dozaga asoslangan mantig‘ini qabul qiladi va dasturda smenaviy o‘rtacha miqdorni (TWA) asosiy baholash ko‘rsatkichi sifatida aynan shu ruhda qo‘llaydi. Biroq qayd etilgan ishlarda xavf, asosan, oldindan o‘lchangan konsentratsiyalar bo‘yicha retrospektiv baholanadi; hali qurilmagan yoki rekonstruksiya qilinayotgan ob’ekt uchun o‘lchov ma’lumotlari bo‘lmasa, bu usullarni qo‘llab bo‘lmaydi. Shu sababli mualliflar hisobiy prognoz instrumental baholashni almashtirmaydi, balki uni oldindan to‘ldiradi, degan pozitsiyani asosli deb hisoblaydi.

Ekspozitsiyani modellashtirish sohasida M. Nicas [12] bir zonali to‘liq aralashish (WMR) modeli manba yaqinidagi nafas olish zonasidagi miqdorni kam baholashi mumkinligini ko‘rsatib, yaqin/uzoq zonali (NF–FF) modelni taklif etgan. S.F. Arnold, Y. Shao va G. Ramachandran [13] ikkala modelni qat’iy nazorat qilinadigan laboratoriya sharoitida sinab, ularning aniqligi havo aralashish sharoiti va manbagacha bo‘lgan masofaga bog‘liq ekanini ko‘rsatgan. C.B. Keil, C.E. Simmons va T.R. Anthony tahriri ostidagi monografiyada [21] «quti» (box) modellari, diffuziya va bug‘lanish modellari yagona metodik tizimga keltirilgan. Yevropada REACH reglamenti doirasida W. Fransman va hammualliflar [22] ART mexanistik modelini, H. Marquart va hammualliflar [23] Stoffenmanager vositasini ishlab chiqqan; N. Savic va hammualliflar [14] ECETOC TRA v3 baholarini ommaviy o‘lchov ma’lumotlari bilan solishtirib, model va o‘lchov o‘rtasidagi muvofiqlik ssenariy turiga qarab sezilarli farq qilishini aniqlagan.

Mualliflar M. Nicas va S.F. Arnold xulosalariga qo‘shiladi va shu sababli bir zonali modelni umumiy ventilyatsiyali xona uchun smenaviy o‘rtacha bahoni olish vositasi sifatida qo‘llaydi, uning manba yaqinidagi lokal maksimumlarni kam baholash

cheklovini esa muhokamada ochiq qayd etadi. ART va Stoffenmanager kabi vositalar ilmiy jihatdan puxta bo‘lsa-da, ularning ajralish parametrlari Yevropa ma’lumotlar bazalari va modifikator ballariga tayanadi, natija esa O‘zbekistonning texnologik ajralish koeffitsientlari va REM reestri bilan bevosita bog‘lanmaydi; bundan tashqari, ularning ichki hisoblash zanjiri foydalanuvchi uchun to‘liq ochiq emas. Mualliflar fikricha, nazorat-inspeksiya amaliyotida har bir oraliq qiymat normativ manbagacha kuzatiladigan (trassirovka qilinadigan) shaffof algoritm ustuvor bo‘lishi lozim.

Mahalliy olimlar ishlarida chang omili, asosan, tog‘-kon, metallurgiya va qayta ishlash sanoati misolida o‘rganilgan. U.X. Adilov [6] ko‘mir sanoati xodimlari misolida kasbiy xavfni boshqarish metodologiyasini takomillashtirib, respublikada aniqlanadigan kasbiy patologiyaning 62 foizi chang omiliga to‘g‘ri kelishini ko‘rsatgan. B. Mamatkulov va B.A. Abdurahimov [24] tog‘-kon sanoati ishchilari salomatligi va xavf omillarini boshqarishga tizimli yondashuvni asoslagan; B.A. Abdurahimov va hammualliflar [25, 26] mis sanoati va Olmaliq KMK xodimlarining kasallanishini tahlil qilib, nafas a’zolari kasalliklari vaqtincha mehnatga layoqatsizlikning yetakchi sinflari qatorida ekanini, kasbiy kasalliklar esa asosan 51–60 yoshdagi va 20 yildan ortiq stajga ega ishchilarda qayd etilishini aniqlagan. G.T. Iskandarova va hammualliflar [27] mashinasozlik korxonasida mehnat sharoitlarini gigienik baholab, bir qator ish o‘rinlarini zararli (3-sinf) toifaga kiritgan. N. Samigova [28] pnevmokoniozni faqat kristall kremniy dioksidi bilan emas, balki fibrogen, toksik va allergen komponentli murakkab sanoat aerozollarining birgalikdagi ta’siri bilan bog‘lab, diagnostika va profilaktikani kompleks tashkil etish zarurligini ta’kidlagan. I.S. Manasova [29] un tortish korxonalarida zararli ishlab chiqarish omillarini baholagan, Z.M. Mirsharipova va hammualliflar [30] xavfli ishlab chiqarish ob’ektlarida 2016–2021 yillardagi baxtsiz hodisalar va xavf omillarini tahlil qilib, xavfni muntazam baholashga asoslangan tizimli yondashuvni tavsiya etgan. A.N. Nigmatov va hammualliflar [31] darsligida ishlab chiqarish muhitining zararli omillarini tasniflash va gigienik normallash asoslari bayon etilgan.

Mualliflar U.X. Adilov asoslagan kasbiy xavfni boshqarish konsepsiyasini mazkur tadqiqotning nazariy tayanchi deb biladi va N. Samigovaning murakkab aerozollar haqidagi xulosasini qo‘llab-quvvatlaydi: dasturda mineral chang uchun REMni erkin

SiO_2 ulushiga qarab tanlash mexanizmi aynan shu g‘oyadan kelib chiqadi. Ayni paytda mahalliy ishlarning aksariyati instrumental o‘lchov natijalari va kasallanish statistikasiga tayanadi, ya’ni allaqachon yuzaga kelgan holatni qayd etadi. 3586-son Yo‘riqnoma va SanQvaN №0294-11 asosida ish hududi havosidagi chang miqdorini smenaning vaqt rejimini hisobga olgan holda oldindan hisoblaydigan dasturiy vosita mahalliy adabiyotda uchramadi.

Shunday qilib, adabiyotlar tahlili quyidagi ilmiy bo‘shliqni ko‘rsatadi: xorijiy modellashtirish vositalari milliy me’yorlarga bog‘lanmagan, mahalliy tadqiqotlar esa asosan retrospektiv xarakterga ega. Ushbu bo‘shliqni to‘ldirish uchun milliy me’yor bilan trassirovka qilinadigan, smena vaqt rejimini e’tiborga oladigan hisoblash algoritmi va uni amalga oshiruvchi elektron dastur taklif etiladi.

METODOLOGIYA

Normativ asos: 3586-son Yo‘riqnoma 2-ilovasi [7], SanQvaN №0294-11 [8], GOST 12.1.005-88 [9], mehnatni muhofaza qilish sohasidagi milliy huquqiy hujjatlar [10, 11]. Hisobiy intervalda xona shartli ravishda to‘liq aralashgan yagona zona deb qaraladi. Smena davomida manba holati a(t), havo sarfi Q, xona hajmi V, fon miqdori Kfon, mahalliy so‘rish ηMSV, resirkulyatsiya Qr va filtr ηf, cho‘kish kcho‘k hisobga olinadi. Manba ish rejimi intervallarga ajratilib, har interval oxirgi miqdori keyingisi uchun boshlang‘ich qiymat bo‘ladi.

Hisoblashni bloklash prinsipi. Gigienik baholash faqat ish hududi havosi uchun tasdiqlangan REM va uning normativ manbasi mavjud moddalar bo‘yicha amalga oshiriladi. Modda uchun REM yoki uning normativ manbasi topilmasa, hisoblash bloklanadi va protokolda «REM normativ manbasi mavjud emas — gigienik muvofiqlik bo‘yicha xulosa berilmaydi» degan yozuv shakllantiriladi. Ushbu qoida hisobiy usulning huquqiy ishonchliligini ta’minlovchi asosiy kafolatdir.

Dasturiy yechim: IXHI Platform offlayn veb-ilovasi; 41 faoliyat turi, 90 operatsiya (61 tasi hisoblashga tayyor), 224 modda, 225 nazorat tekshiruvi va taxminan 13 500 normativ son.

Verifikatsiya. Dasturning to‘g‘riligi 45 ta avtomatlashtirilgan sinov to‘plami va 491 ta brauzer tasdig‘i (assertion) bilan nazorat qilinadi. Verifikatsiyaning mustaqil mezoni

sifatida manba hujjatlarning o‘z yechilgan misollari takrorlandi: jumladan, GOST 12.3.018-79 ilovasidagi xatolik modeli misoli (300 mm, 3 D_g, 8 nuqta, 1,0 sinf, shkalaning o‘rtasi → +22% / −2%) va 2020 yilgi O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirlishi Sanitariya-gigiena va kasb kasalliklari instituti va Kambag‘allikni qisqartirish va bandlik vazirligi Kambag‘allikni qisqartirish va mehnat tadqiqotlari instituti tomonidan tasdiqlangan “Payvandlash jarayonida ish joyi havosiga ajralib chiqadigan zararli moddalar miqdorini hisoblash asosida aniqlash” uslubiyatining misoli (MR-3 elektrodi, 5 kg/smena, yoy vaqti 6 soat → vodorod ftorid bo‘yicha 0,000093 g/s) dasturda aynan takrorlandi.

NATIJA VA MUHOKAMALAR

HISOBLASh ALGORITMI

Jarayonga xos ajralish formulalari (3586-son Yo‘riqnoma [7]): burg‘ilash uchun $Q_3 = n \cdot Z \cdot (1-h)/3600$; portlatish uchun $Q_4 = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot a_4 \cdot D \cdot 10^6$; texnologik jihozlar uchun $G_{max} = g \cdot B \cdot 1000/(T \cdot 3600)$; yog‘ochga ishlov berish uchun $G_{max} = 0{,}05 \cdot N \cdot 1000/3600$. Quyidagi umumiy dinamik bosqich har bir texnologik manba uchun bir xil qo‘llanadi.

Algoritmning ikkita metodik taqiqi alohida ta’kidlanishi lozim. Birinchidan, G_max qiymatini butun smenaga (8 soat yoki 480 minutga) mexanik ko‘paytirish taqiqlanadi: G_max faqat shu maksimal rejim amalda saqlangan vaqt intervalida manba jadalligi sifatida qo‘llaniladi. Ikkinchidan, agar G qiymati hisoblash usulining o‘zida tozalashdan yoki ushlab qolishdan keyingi atmosfera tashlamasi sifatida berilgan bo‘lsa, η_{MSV} ni takroran qo‘llash mumkin emas.

1-jadval. Hisoblash formulalari (F-01—F-10)

Kod	Formula	Mazmuni
F-01	Si(t) = 1000 · Gmax,i · ai(t) , mg/s	Ajralish jadalligini xona havosiga yo‘naltirilgan massa oqimiga o‘tkazish; a(t) — jarayon holat funksiyasi (ishlayapti = 1, to‘xtagan = 0)
F-02	Sxona,i = Si · (1 − η_MSV,i), mg/s	Mahalliy so‘ruvchi ventilyatsiyaning manbada ushlab qolishi; har bir tozalash bosqichi hisobda faqat bir marta inobatga olinadi

Kod	**Formula**	**Mazmuni**
F-03	$\lambda_i = Q/V + \eta f,i \cdot Q_r/V +$ kcho‘k,i, s^{-1}	Yo‘qolishning umumiy doimiysi: tashqi havo bilan almashinuv, resirkulyatsiya filtratsiyasi va zarralarning cho‘kishi
F-04	$Kst,i = [Sxona,i/V + (Q/V)\cdot Kfon,i] / \lambda i$, mg/m³	Interval sharoiti o‘zgarmasa erishiladigan statsionar (muvozanat) miqdor
F-05	$Koxir = Kst + (K_boshl - K_st) \cdot \exp(-\lambda\cdot\Delta t)$	Interval oxiridagi miqdor
F-06	$\bar{K} = Kst + (Kboshl - Kst) \cdot [1 - \exp(-\lambda\cdot\Delta t)] / (\lambda\cdot\Delta t)$	Interval bo‘yicha o‘rtacha miqdor
F-07	$Ksmena,i = \Sigma (\bar{K}i,j \cdot \Delta tj) / T_smena$, mg/m³	Smenaviy o‘rtacha hisobiy miqdor (TWA)
F-08	$Ri = Ksmena,i / REMi$	Gigienik baho: $R \le 1$ — oshmagan; $R > 1$ — oshish karrali
F-09	$\lambda = 0$: $Koxir = Kboshl + (Sxona/V)\cdot\Delta t$; $\bar{K} = Kboshl + 0{,}5\cdot(Sxona/V)\cdot\Delta t$	Ventilyatsiya va boshqa yo‘qotishlar mavjud bo‘lmagan holat
F-10	$S\Sigma,i(t) = \Sigma j\ Sj,i(t)$	Bir xil modda bir nechta manbadan ajralganda massa oqimlarining yig‘indisi (faqat bitta havo hajmi doirasida)

Bu formulalarga qo‘shimcha: $\eta MSV,talab = 1 - (1 - \eta MSV,joriy)/N$, bu yerda $N = Ksmena/REM$ (F-11); $\delta = |Khisobiy - Ko‘lchangan| / Ko‘lchangan \cdot 100\%$ (F-12). Gmax ni mexanik tarzda butun smenaga tatbiq etishga va ajralishda allaqachon hisobga olingan tozalash samaradorligini ikkinchi marta qo‘llashga yo‘l qo‘yilmaydi.

REMNI TANLASh VA METODIK ChEGARALAR

2-jadval. Chang turiga ko‘ra REMning shartli tanlanishi

Chang turi / band	**Erkin SiO_2, %**	**REM, mg/m³**	**Normativ band**
Kristall SiO_2 saqlovchi chang (kvarsit, dinas)	> 70	1	GOST 12.1.005 §1171

Chang turi / band	**Erkin SiO_2, %**	**REM, mg/m³**	**Normativ band**
Granit, shamot, slyuda-xom ashyo, uglerod changi	10–70	2	GOST 12.1.005 §1172
Yonuvchi kukersit slanes, mis-sulfid rudalari	2–10	4	GOST 12.1.005 §1173
Kristall SiO_2 ulushi 2% dan kam	< 2	materialning o‘z bandi	—
Yog‘och changi	—	6	SanQvaN 0294-11
Qirindisi va metall changi	—	6	SanQvaN
Plastmassa changi	—	6	SanQvaN
Talk	—	4	SanQvaN

Mineral chang uchun erkin SiO_2 ulushini noto‘g‘ri tanlash REMda bir necha martalik farq keltirishi mumkin. Ulush o‘lchanmaganida dasturda konservativ 1 mg/m³ shartli qiymat belgilanadi va o‘lchov bilan almashtirish zarurati qayd etiladi. 3586-son Yo‘riqnomadagi atmosfera havosi REChU qiymatlari ish hududi havosi REMi sifatida ishlatilmaydi. Asoslanmagan cho‘kish koeffitsienti uchun kcho‘k = 0 qabul qilinadi.

Hisobiy usulda eng ko‘p uchraydigan va eng xavfli metodik xato - gaz tozalash qurilmasining samaradorligini ish hududi havosi hisobiga kiritishdir. Tozalash qurilmalari (siklonlar, skrubberlar, qop filtrlar) mahalliy so‘rg‘ichdan keyin, havo quvurida joylashadi. Demak, ularning samaradorligi faqat atmosferaga tashlamani kamaytiradi va xona havosiga hech qanday ta’sir ko‘rsatmaydi.

ELEKTRON DASTUR VA AMALIY MISOL

Dastur «loyiha → ish joyi → operatsiya → parametrlar → intervallar → hisob → protokol» zanjirini amalga oshiradi. Natijalarda normadan oshish karrali, koeffitsientlar, formula va normativ manba ko‘rsatiladi. REM yoki uning normativ manbasi topilmaganda gigienik muvofiqlik xulosasi bloklanadi. Chora sifatida zarur mahalliy so‘rish samaradorligi ham hisoblanadi.

3-jadval. Yog‘ochga ishlov berish uchastkasi uchun boshlang‘ich ma’lumotlar

Parametr	**Belgi**	**Qiymat**	**Manba**
Dastgohlar soni	N	3 ta	ish joyi pasporti
Bitta dastgohdan solishtirma ajralish	—	0,05 kg/soat	3586, §75
Maksimal bir martalik ajralish jadalligi	Gmax	0,0417 g/s	hisob: 0,05·3·1000/3600
Xona hajmi	V	1200 m³	geometrik o‘lchov
Umumiy havo almashinuvi	Q	0,5 m³/s (1800 m³/soat ≈ 1,5 soat⁻¹)	GOST 12.3.018-79 bo‘yicha o‘lchov
Mahalliy so‘ruvchi ventilyatsiya samaradorligi	ηMSV	0,85	sozlash pasporti
Resirkulyatsiya sarfi / filtr samaradorligi	Qr / ηf	0 / 0	mavjud emas
Cho‘kish koeffitsienti	kcho‘k	0	konservativ qabul
Fon miqdori	Kfon	0 mg/m³	o‘lchanmagan
Smena davomiyligi	Tsm	480 min	ish rejimi
Yog‘och changi uchun REM	REM	6 mg/m³	SanQvaN RO‘z №0294-11

Smena intervallari: 0–180 minut — ishlash; 180–300 minut — to‘xtash (ventilyatsiya ishlaydi); 300–480 minut — ishlash. Gmax=0,0417 g/s; S=41,667 mg/s; Sxona=6,250 mg/s; $\lambda=4{,}1667\cdot10^{-4}$ s^{-1}. Ishlash paytida Kst=12,500 mg/m³; to‘xtashda Kst=0.

4-jadval. Smena intervallarida chang miqdori

Interval	**Δt, min (s)**	**a(t)**	**λ·Δt**	**Kboshl, mg /m³**	**Kst, mg /m³**	**Koxir, mg /m³**	**K̄, mg /m³**
1 (0–180)	180 (10 800)	1	4,50	0	12,500	12,361	9,753
2 (180–300)	120 (7 200)	0	3,00	12,361	0	0,615	3,915
3 (300–480)	180 (10 800)	1	4,50	0,615	12,500	12,368	9,888

Ksmena = (9,753·180 + 3,915·120 + 9,888·180)/480 = 8,344 mg/m³; R = 8,344/6 = 1,39. Demak, hisobiy smenaviy miqdor REMdan 1,39 marta oshadi. ηMSV,talab = 1 − (1−0,85)/1,39 = 0,892 (89,2%). Samaradorlikni 85% dan 89,2% gacha oshirishda

hisobiy Ksmena ≈ 6,000 mg/m³ va R≈1,00. Bu muhandislik ssenariysi o‘lchov bilan tasdiqlanishi lozim.

MUHOKAMA

Smenaning vaqt rejimi e’tiborga olinmasa, statik hisob 12,5 mg/m³ (R=2,08) beradi, ya’ni dinamik bahoga nisbatan taxminan 1,5 marta yuqori. Bir zonali model manba yaqinidagi nafas olish zonasidagi lokal maksimumlarni aks ettirmasligi mumkin. Kirish parametrlari, ayniqsa chang ajralish jadalligi, havo aralashishi va uskuna rejimi, noaniqlik manbaidir. Hisobiy prognoz gigienik instrumental nazoratni almashtirmaydi; uning aniqligini turli korxonalarda parallel o‘lchovlar, F-12 va keyinchalik belgilanadigan statistik mezonlar orqali baholash talab etiladi.

ILMIY YaNGILIK

Birinchi marta ushbu tadqiqot doirasida 3586-son Yo‘riqnomaning jarayonga xos ajralish formulalari, milliy REM reestri va dinamik bir zonali massa balansi yagona izchil algoritmga bog‘landi; mineral chang uchun SiO_2 ulushiga qarab shartli REM tanlash va normativ manbasiz hisoblashni bloklash mexanizmi amalga oshirildi. Algoritm statik gigienik xulosadan zarur mahalliy so‘rish samaradorligini hisoblashga o‘tish imkonini beradi. Mazkur yangiliklar algoritmik va dasturiy takliflar sifatida bayon etiladi; tashqi instrumental validatsiya hali o‘tkazilmagan.

XULOSA

1. Chang ta’siri kasbiy salomatlik uchun muhim xavfdir; uni aniqlashda milliy normativ va jarayonning real vaqt rejimiga asoslangan hisobiy usul qo‘shimcha imkoniyat beradi.
2. F-01—F-12 algoritmi manba ajralishi, ventilyatsiya, dinamik miqdor, smenaviy o‘rtacha konsentratsiya va REMga nisbatni o‘zaro bog‘laydi.
3. IXHI Platform 41 faoliyat turi va 90 operatsiyani qamrab oladi; normativ manba aniq bo‘lmaganda avtomatik gigienik xulosa chiqarmaydi.
4. Yog‘ochga ishlov berish misolida Ksmena=8,344 mg/m³ (REMdan 1,39 marta yuqori); talab etiladigan mahalliy so‘rish samaradorligi 89,2% deb hisoblandi.
5. Hisoblash qurilmalarni tanlash va profilaktika choralarini asoslashga xizmat qiladi, biroq instrumental o‘lchov va ish joyidagi validatsiyani almashtirmaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYoTLAR:

1. Nearly 3 million people die of work-related accidents and diseases / International Labour Organization. – Geneva : ILO, 2023. URL: https://www.ilo.org/resource/news/nearly-3-million-people-die-work-related-accidents-and-diseases

2. WHO/ILO joint estimates of the work-related burden of disease and injury, 2000–2016 : global monitoring report. Geneva : World Health Organization ; International Labour Organization, 2021. 82 p. ISBN 978-92-4-003494-5.

3. Global and regional burden of pneumoconiosis, 1990–2021: an analysis of data from the Global Burden of Disease Study 2021 / Y. Chen, D. Liu, H. Ji [et al.] // Frontiers in Medicine. 2025. Vol. 12. Art. 1559540. DOI: 10.3389/fmed.2025.1559540.

4. Burden of silicosis based on the Global Burden of Disease Study 2021: trend analysis of incidence, mortality, and disability-adjusted life years, and projections for the next 30 years / X. Zhang, L. Zhao, M. He [et al.] // Journal of Thoracic Disease. 2025. Vol. 17, No. 2. P. 872–886. DOI: 10.21037/jtd-24-1341.

5. Guha N. The IARC Monographs on the carcinogenicity of crystalline silica / N. Guha, K. Straif, L. Benbrahim-Tallaa // La Medicina del Lavoro. 2011. Vol. 102, No. 4. – P. 310–320.

6. Адилов У.Х. Совершенствование методологического подхода управления профессиональным риском и научное обоснование комплекса профилактических мероприятий по охране здоровья работников угольной промышленности Узбекистана : дис. … д-ра мед. наук (DSc) : 14.00.07 / У.Х. Адилов ; НИИ санитарии, гигиены и профессиональных заболеваний МЗ РУз. Ташкент, 2018.

7. Atmosfera havosini ifloslantiruvchi manbalarni xatlovdan o‘tkazish hamda unga tashlanayotgan ifloslantiruvchi moddalar miqdorini belgilash to‘g‘risidagi yo‘riqnoma : O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirining 2024-yil 18-noyabrdagi 19-mh-son buyrug‘i bilan tasdiqlangan ; Adliya vazirligida 2024-yil 19-dekabrda 3586-son bilan ro‘yxatga olingan. – Toshkent, 2024. – 2-ilova.

8. СанҚваН № 0294-11. Иш ҳудуди ҳавосидаги зарарли моддаларнинг рухсат этилган чегаравий миқдорлари (РЭМ) : санитария қоидалари, меъёрлари ва гигиена нормативлари. Тошкент : ЎзР ССВ, 2011.

9. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны : межгосударственный стандарт : дата введения 1989-01-01. Москва : Издательство стандартов, 1988.

10. O‘zbekiston Respublikasining Mehnat kodeksi : 2022-yil 28-oktabrdagi O‘RQ-798-son Qonun bilan tasdiqlangan : 2023-yil 30-apreldan kuchga kirgan. URL: https://lex.uz/docs/6257288

11. Mehnatni muhofaza qilishni boshqarish tizimini joriy etish to‘g‘risida : O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2025-yil 21-iyuldagi 454-son qarori. – URL: https://lex.uz/docs/7640822

12. Nicas M. Estimating exposure intensity in an imperfectly mixed room / M. Nicas // American Industrial Hygiene Association Journal. 1996. Vol. 57, No. 6. P. 542–550. – DOI: 10.1080/15428119691014756.

13. Arnold S.F. Evaluating well-mixed room and near-field–far-field model performance under highly controlled conditions / S.F. Arnold, Y. Shao, G. Ramachandran // Journal of Occupational and Environmental Hygiene. 2017. Vol. 14, No. 6. P. 427–437. DOI: 10.1080/15459624.2017.1285492.

14. ECETOC TRAv3: an in-depth comparison of publicly available measurement data sets with modelled estimates of occupational inhalation exposure to chemicals / N. Savic, J. Urbanus, O. Henschel [et al.] // Annals of Work Exposures and Health. 2023. Vol. 67, No. 4. P. 496–507. DOI: 10.1093/annweh/wxad001.

15. Leung C.C. Silicosis / C.C. Leung, I.T.S. Yu, W. Chen // The Lancet. 2012. Vol. 379, No. 9830. – P. 2008–2018. – DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60235-9.

16. Silica-associated lung disease: an old-world exposure in modern industries / H. Barnes, N.S.L. Goh, T.L. Leong, R. Hoy // Respirology. – 2019. – Vol. 24, No. 12. – P. 1165–1175. DOI: 10.1111/resp.13695.

17. The occupational burden of nonmalignant respiratory disease. An official American Thoracic Society and European Respiratory Society statement / P.D. Blanc, I. Annesi-

Maesano, J.R. Balmes [et al.] // American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. – 2019. Vol. 199, No. 11. P. 1312–1334. DOI: 10.1164/rccm.201904-0717ST.

18. Профессиональные заболевания органов дыхания : национальное руководство / под ред. Н.Ф. Измерова, А.Г. Чучалина. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015. 792 с. ISBN 978-5-9704-3574-8.

19. Р 2.2.1766-03. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки : утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 24.06.2003. Москва, 2004.

20. Мельцер А.В. Оценка риска воздействия производственных факторов на здоровье работающих : дис. … д-ра мед. наук : 14.00.07 / Мельцер Александр Виталиевич. – Санкт-Петербург, 2008. 278 с.

21. Mathematical models for estimating occupational exposure to chemicals / eds. C.B. Keil, C.E. Simmons, T.R. Anthony. 2nd ed. Fairfax, VA : AIHA Press, 2009.

22. Advanced REACH Tool (ART): development of the mechanistic model / W. Fransman, M. van Tongeren, J.W. Cherrie [et al.] // Annals of Occupational Hygiene. 2011. – Vol. 55, No. 9. – P. 957–979. – DOI: 10.1093/annhyg/mer083.

23. ‘Stoffenmanager’, a web-based control banding tool using an exposure process model / H. Marquart, H. Heussen, M. Le Feber [et al.] // Annals of Occupational Hygiene. – 2008. – Vol. 52, No. 6. – P. 429–441. DOI: 10.1093/annhyg/men032.

24. Маматкулов Б. Тоғ-кон саноати ишчиларининг саломатлиги ва хавф омилларини бошқаришга тизимли ёндашув / Б. Маматкулов, Б.А. Абдурахимов // Тиббиётда янги кун. 2020. № 4 (32). Б. 162–165.

25. Особенности заболеваемости работников предприятий медной промышленности / Б.А. Абдурахимов, Ж.Б. Хаитов, Х.Х. Сафаров, Ж.М. Улмасов // Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences. 2023. Т. 3, № 1/2. – С. 315–324. – DOI: 10.5281/zenodo.7606108.

26. A systematic approach to managing the health and risk factors of their workers / B.A. Abdurakhimov, J.B. Khaitov, Kh.Kh. Safarov, J.M. Ulmasov // Academic Research in Educational Sciences. 2023. Vol. 4, No. 2. P. 209–213.

27. Гигиеническая оценка производственного микроклимата на предприятии машиностроительной отрасли промышленности / Г.Т. Искандарова, А.Б. Искандаров, У.А. Хаджаева, Н.Р. Самигова // Klinik va profilaktik tibbiyot jurnali. 2024. № 2. С. 9–13.

28. Самигова Н. Современные подходы к диагностике и профилактике пневмокониоза в гигиене труда / Н. Самигова // Профилактическая медицина и здоровье. 2026. Т. 5, № 2. С. 42–46. DOI: 10.47689/2181-3663-vol5-iss2-pp42-46.

29. Манасова И.С. Оценка вредных факторов мукомольной промышленности / И.С. Манасова // Доктор ахборотномаси. 2022. № 4 (108). С. 83–86. DOI: 10.38095/2181-466X-20221084-83-86.

30. Исследование несчастных случаев и факторов риска травматизма на опасных производственных объектах Республики Узбекистан / З.М. Миршарипова, С.С. Шамансуров, Д.М. Рахматова [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2025. № 7. С. 69–74. DOI: 10.24000/0409-2961-2025-7-69-74.

31. Ҳаёт фаолияти хавфсизлиги ва экологик менежмент (чизмалар, тушунчалар, фактлар ва рақамларда) : дарслик / А.Н. Нигматов, С.Ш. Ташпулатов, Ш.Н. Мухамедов, Н.А. Хасанова. Тошкент, 2015. 207 б.