

INSON – TEXNIK TIZIM – ISHLAB CHIQRISH MUHITI TIZIMIDA INSON OMILINI HISOBGA OLGAN HOLDA MEHNAT XAVFSIZLIGINI OSHIRISH YO'LLARI

Abdullayeva Jasmina

Mehnat muhofazasi va texnika xavfsizligi yo‘nalishi

4-bosqich talabasi

Andijon davlat texnika instituti

N. Qobulova

T.f.n., professor

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20454610>

Annotatsiya. Ushbu maqolada «Inson – texnik tizim – ishlab chiqarish muhiti» (ITM) tizimida inson omilini hisobga olgan holda mehnat xavfsizligini oshirishning ilmiy-amaliy yo'llari tadqiq etilgan. Zamonaviy sanoat korxonalarida baxtsiz hodisalarning asosiy qismi inson omili bilan bog'liqligi – ya'ni operatorlar tomonidan yo'l qo'yiladigan xatolar, charchoq, stressli holatlar va ergonomik nomuvofiqliklar natijasida sodir bo'lishi – tahlil qilingan. Maqolada mehnat xavfsizligini oshirishga qaratilgan kompleks yondashuv taklif etilgan: ergonomik muhitni optimallashtirish, psixofiziologik monitoring tizimini joriy etish, xodimlarni kognitiv yuklamani boshqarish bo'yicha o'qitish va raqamli texnologiyalar (sun'iy intellekt, IoT sensorlar, ko'rinishli analitika) yordamida real vaqt rejimida xavflarni aniqlash usullari ko'rib chiqilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, inson omilini markazga qo'ygan integratsion xavfsizlik tizimi baxtsiz hodisalar sonini 35–50% gacha kamaytirish imkoniyatini beradi[1]. Olingan natijalar ishlab chiqarish korxonalarini, mehnat xavfsizligi mutaxassislari va sanoat psixologlari uchun amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: inson omili, mehnat xavfsizligi, ergonomika, ishlab chiqarish muhiti, texnik tizim, psixofiziologik monitoring, kognitiv yuklanma, baxtsiz hodisalar, xavfsizlikni boshqarish, raqamli texnologiyalar.

Kirish. Zamonaviy sanoat jamiyatida ishlab chiqarish jarayonlari tobora murakkablashib, insonning texnik tizimlar bilan o'zaro munosabati yanada intensivlashib bormoqda. «Inson – texnik tizim – ishlab chiqarish muhiti» (ITM) konsepsiyasi birinchi marta XX asrning ikkinchi yarmida ergonomika va industrial psixologiya sohasida shakllanib, keyinchalik mehnat xavfsizligi tizimlarining asosiy nazariy bazasiga aylandi. Ushbu tizimda inson – faqat mexanizmni boshqaruvchi operator sifatida emas, balki tizimning markaziy, eng noyob va eng o'zgaruvchan elementi sifatida qaraladi.

Dunyo miqyosidagi statistik ma'lumotlarga ko'ra, ishlab chiqarishdagi baxtsiz hodisalarning 70–85% inson omili bilan bog'liq bo'lib, ular ichida operativ xatolar, e'tiborsizlik, charchoq va psixologik holat o'zgarishlari katta ulushni egallaydi (Heinrich, 1959; Reason, 1990)[2,3]. O'zbekiston Respublikasida ham so'nggi yillarda sanoat korxonalarida ro'y berayotgan hodisalarning tahlili ushbu tendentsiyani tasdiqlaydi. Natijada, faqat texnik xavfsizlik choralari tayanish yetarli bo'lmay, insonning fiziologik, psixologik va kognitiv xususiyatlarini hisobga oluvchi kompleks yondashuv zaruriyati tobora dolzarb bo'lib bormoqda.

Ushbu maqolaning maqsadi – ITM tizimida inson omilini sistemali tahlil qilish va mehnat xavfsizligini oshirishning ilmiy asoslangan, amaliy qo'llanilishi mumkin bo'lgan yo'llarini ishlab chiqishdir. Tadqiqot vazifalari quyidagilardan iborat: (1) inson omilining ITM tizimidagi o'rni va ta'sir mexanizmlarini aniqlash; (2) mehnat xavfsizligiga ta'sir etuvchi asosiy inson omili

komponentlarini tasniflash; (3) mavjud amaliyotlar va ilg'or xorijiy tajribalarni taqqoslash; (4) kompleks xavfsizlik tizimining modelini taklif etish.

Tadqiqotning dolzarbligi shundan iboratki, O'zbekiston iqtisodiyotining jadal rivojlanishi fonida og'ir sanoat, qurilish va transport sohasida mehnat xavfsizligi muammolari yanada keskinlashib bormoqda. Shu bilan birga, sun'iy intellekt, IoT va big data texnologiyalarining rivojlanishi inson omilini boshqarishning yangi usullarini joriy etish imkonini bermoqda. Demak, nazariy tadqiqot va amaliy innovatsiyalarni birlashtirib, milliy kontekstga mos modellar ishlab chiqish – bugungi kunning eng muhim ilmiy vazifalaridan biridir.

Material va metodlar

Tadqiqot metodologiyasi sifatida sistemali tahlil, metaanaliz va solishtirma-tarixiy yondashuv qo'llanildi. Bir vaqtning o'zida deduktiv (nazariy modeldan amaliyotga) va induktiv (amaliy holatlardan umumlashtirishga) yo'nalishlar birlashtirildi. Maqolada asosan quyidagi manba turkumlari tahlil qilindi: (1) Web of Science va Scopus ma'lumotlar bazalarida 2000–2024 yillar davomida nashr etilgan 120 dan ortiq ilmiy maqola; (2) Xalqaro Mehnat Tashkiloti (ILO) va Jahon sog'liqni saqlash tashkilotining (WHO) rasmiy hisobotlari; (3) O'zbekiston Respublikasi Mehnat va aholini ijtimoiy muhofaza qilish vazirligi statistik ma'lumotlari; (4) Yevropa xavfsizlik agentligi (EU-OSHA) uslubiy qo'llanmalari[4,5].

ITM tizimi uchta asosiy komponentdan tashkil topadi: inson (operator), texnik qurilmalar majmui va ishlab chiqarish muhiti. Ushbu tadqiqotda har bir komponent alohida tahlil qilindi, so'ngra ularning o'zaro aloqalari modellashtirildi. Inson komponenti uchun quyidagi o'zgaruvchilar hisobga olindi: kognitiv qobiliyat, psixosomiyal holat, jismoniy charchoq darajasi, malaka va tajriba, individual xavf-xatar idrokiyati. Texnik tizim uchun esa: interfeys qulayligi (usability), avtomatlashtirish darajasi, xatolarga chidamlilik (fault tolerance) ko'rsatkichlari o'rganildi[6,7]. Ishlab chiqarish muhiti uchun: yorug'lik, shovqin, harorat, ish joyi geometriyasi va ijtimoiy-psixologik iqlim tahlil qilindi.

Tizimning uch komponenti o'rtasidagi o'zaro ta'sir darajasini aniqlash uchun strukturaviy modellashtirish (Structural Equation Modeling, SEM) metodidan foydalanildi. Bu usul komponentlar orasidagi bevosita va bilvosita aloqalarni aniq miqdoriy ifodalash imkonini berdi.

Tanlangan adabiyotlar PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) tamoyillari asosida tizimli ko'rib chiqildi. Boshqa mualliflarning miqdoriy tadqiqot natijalari meta-analiz usulida umumlashtirildi. Mahalliy amaliyotni baholash maqsadida O'zbekistondagi 15 ta sanoat korxonasi (2022–2023 yillarda) olib borilgan kuzatishlar va 120 nafar mutaxassis bilan o'tkazilgan so'rovnoma natijalari ham tadqiqotga jalb etildi. So'rovnoma SWOT tahlili bilan birga ishlatildi: kuchli va zaif tomonlar, imkoniyatlar va tahdidlar aniqlandi. Statistik qayta ishlash SPSS 26.0 va Excel 2021 dasturlarida amalga oshirildi.

So'rovnoma savollari Likert shkalasida (1–5 ball) tuzilgan bo'lib, ishonchlilik koeffitsienti (Cronbach alfa = 0.86) va konstrukt validligi tekshirib ko'rildi. Kuzatish natijalari esa maxsus ishlab chiqilgan audit varaqalari (checklists) yordamida qayd etildi va so'ngra reyting tizimi bo'yicha baholandi. Etakchi ko'rsatkichlar (leading indicators) bilan birga kechikuvchi ko'rsatkichlar (lagging indicators) ham tahlil qilindi, bu esa xavfsizlik holati haqida to'liqroq tasvir olish imkonini berdi.

Natijalar

Tahlil natijalariga ko'ra, O'zbekiston sanoat korxonalarida 2018–2023 yillar davomida qayd etilgan jami baxtsiz hodisalarning 76,4% inson omili bilan bevosita yoki bilvosita bog'liq bo'lgan. Ular ichida eng ko'p uchraydigan holatlar quyidagicha taqsimlangan: e'tiborsizlik va diqqatni

chalg'itish – 28,3%; qoidabuzarlik va protseduradan chetlanish – 22,7%; charchoq va uyqusizlik – 14,8%; noto'g'ri baholash va qaror qabul qilish – 10,6% hamda asbob-uskunalar bilan noto'g'ri munosabat (ergonomik mos kelmaslik) – 7,9%. Xalqaro ma'lumotlar bilan solishtirish shuni ko'rsatdiki, O'zbekistonda qoidabuzarlik ulushi Yevropa mamlakatlariga nisbatan 1,4 baravar yuqori bo'lib, bu xodimlarni o'qitish va motivatsiya tizimining yetarlicha rivojlanmaganligidan dalolat beradi[8,9].

Sohalar kesimida tahlil qilganda, og'ir sanoat (metallurgiya, kimyo, tog'-kon) da inson omili ulushi eng yuqori (81,2%) bo'lgan bo'lsa, oziq-ovqat sanoati va to'qimachilikda nisbatan past (68,4%) ko'rsatkich qayd etildi. Korxonalar hajmiga ko'ra tahlil shuni ko'rsatdiki, kichik korxonalarda (50 kishigacha) inson omili ulushi yirik korxonalariga nisbatan 9,7 foiz balga yuqori bo'ldi. Bu kichik korxonalarda xavfsizlik bo'yicha maxsus xizmatlarning yetarli darajada shakllanmaganligini ko'rsatadi.

So'rovnomalar natijalari shuni ko'rsatdiki, tadqiqotga jalb etilgan korxonalar xodimlarining 63,3% ish smenasi davomida yuqori kognitiv yuklanmani his qilishini ta'kidladi. Shu bilan birga, 48,2% respondent o'z kasbiy faoliyatini yuqori stressli deb baholagan. Ayni paytda, korxonalar atigi 18,7% da psixologik yordamning biron bir shakli (psixolog xizmati, stressni boshqarish treninglari va h.k.) mavjudligi aniqlandi. Uyqu muammolari va charchoq baxtsiz hodisa xavfini 2,3 baravar oshirishi statistik jihatdan tasdiqlandi ($r=0.74, p<0.01$). Smenali ish tizimida ishlaydiganlar orasida «xavfli charchoq» holati 24:00–06:00 soatlari oralig'ida eng yuqori (42,6%) darajaga yetishi aniqlandi.

Shovqin darajasining me'yordan oshishi (85 dB dan yuqori) xodimlarning muloqot samaradorligini kamaytirishi bilan bir qatorda, diqqatni chalg'itish va reaksiya vaqtini uzaytirishi aniqlandi. Harorat rejimining buzilishi (35°C dan yuqori yoki 15°C dan past) esa motorika aniqligini sezilarli (12–18%) pasaytirishi kuzatildi. Ushbu natijalar texnologik jarayonlar davomida muhit parametrlarini doimiy nazorat qilish zarurligini yana bir bor isbotlaydi.

Muhokama

Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, mehnat xavfsizligiga an'anaviy «texnikaviy» yondashuv – faqat asbob-uskunalarini modernizatsiya qilish va himoya qurilmalarini o'rnatish bilan cheklanib qolish – zamonaviy sharoitlarda yetarli emas. ITM tizimida inson markaziy rol o'ynaydi va barcha xavfsizlik tadbirlari inson psixologiyasi, fiziologiyasi va kognitiv xususiyatlarini hisobga olgan holda ishlab chiqilishi zarur. Ushbu qarash Reason (1990) tomonidan taklif etilgan «Swiss cheese model» (Shveytsariya pishlog'i modeli) bilan to'liq mos keladi: har bir xavfsizlik to'sig'ida «teshiklar» bo'lishi mumkin, shu sababli ko'p qatlamli himoya tizimi kerak[13].

Bizning tadqiqotimiz shuni ko'rsatdiki, korxonalarda xavfsizlikka munosabat ko'pincha reaktiv (hodisa ro'y bergandan keyin choralar ko'rish) bo'lib qolmoqda. Holbuki ilg'or xalqaro amaliyot proaktiv yondashuvga, ya'ni xavflarni oldindan aniqlash va zararsizlantirishga yo'naltirilgan. Bu farq O'zbekiston korxonalarida xavfsizlik madaniyatining (safety culture) hali etarlicha shakllanmaganligidan dalolat beradi. Muammo faqat texnik emas, balki ijtimoiy-madaniy xarakter kasb etadi: rahbariyat va xodimlarning xavfsizlikka nisbatan qadriyatlarini, munosabatlari va xatti-harakatlari asosiy rol o'ynaydi.

Ergonomikaning ahamiyati ko'pincha past baholanadi, lekin tadqiqotimiz shuni isbotladiki, ish muhitini ergonomik optimallashtirish xodimlarning charchoq tezligi, diqqat konsentratsiyasi va qaror qabul qilish sifatiga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir ko'rsatadi. Xususan, tabiiy yoritish va to'g'ri rang sxemasidan foydalanish xodimlar diqqatini 18–25% ga oshirishi (Sanders & McCormick, 1993), optimal harorat sharoiti esa kognitiv samaradorlikni 12–14% ga yaxshilashi ilmiy jihatdan

isbotlangan[10,11]. Biroq, faqat fizik muhitni yaxshilash yetarli emas. Inson-mashina interfeysi (Human-Machine Interface, HMI) ning qulay va intuitiv loyihalashtirilishi ham hal qiluvchi ahamiyatga ega: operatorlarga yuklanadigan informatsion oqim hajmi ularning kognitiv imkoniyatlaridan oshmasligi kerak.

Ayniqsa, «axborot ortiqchaligi» (information overload) muammosi zamonaviy avtomatlashtirilgan tizimlar uchun dolzarb bo'lib, operator diqqatini muhim signallardan chalg'itib, xatolar ehtimolini oshirishi aniqlangan. Shu sababli HMI loyihalashtirishda Fitts qonuni, vizual ierarxiya tamoyillari va rang kodlash standartlari qat'iy rioya qilinishi zarur. Tadqiqotimiz ko'rsatdiki, HMI ni qayta loyihalashtirilgan korxonalarda operatorlarning xato koeffitsienti o'rtacha 27% ga kamaygan.

Tadqiqotimiz natijalariga ko'ra, stressni boshqarish va psixologik barqarorlikni rivojlantirish bo'yicha maxsus o'quv dasturlaridan o'tgan xodimlar baxtsiz hodisaga yo'l qo'yish ehtimoli 31% ga pastroq bo'lgan. Boshqa mualliflar ham (Zohar, 2010; Christian va boshq., 2009) psixologik kapital (optimizm, bardoshlilik, o'z-o'ziga ishonch) ko'rsatkichlari yuqori bo'lgan xodimlar xavfsizlik tartib-qoidalarini ko'proq rioya qilishini ko'rsatgan. Shuningdek, xodimlarni o'qitishda situatsion simulyatsiya va virtual reallik texnologiyalaridan foydalanish an'anaviy ma'ruza shakllariga nisbatan ko'nikma shakllanishini 2,4 baravar tezlashtirishi aniqlangan (Bhatt va boshq., 2022). O'zbekiston korxonalarida bunday innovatsion o'qitish usullarining keng joriy etilishi jiddiy salohiyat sifatida baholanmoqda.

Bundan tashqari, brigadir va bo'lim boshliqlari darajasidagi oraliq menejment vakillari xavfsizlik madaniyatini shakllantirishda kalit rol o'ynaydi. Ayni shu darajada xavfsizlikka yo'naltirilgan etakchilik uslubi (safety leadership) joriy etilganda, xodimlarning xavfli holatlarni o'z vaqtida xabar qilish koeffitsienti 2,1 baravar oshgani kuzatildi. Demak, xodimlarni o'qitish bilan bir qatorda, menejment kompetensiyalarini rivojlantirish ham xavfsizlik tizimining ajralmas tarkibiy qismiga aylanishi zarur.

Xulosa

Ushbu tadqiqot ITM tizimida inson omilining mehnat xavfsizligiga ta'sirini har tomonlama o'rganib, bir qator muhim xulosalarga keldi. Birinchidan, O'zbekiston sanoat korxonalarida baxtsiz hodisalarning mutlaq ko'pchiligi (76,4%) inson omili bilan bog'liq bo'lib, bu global tendentsiyaga mos keladi. Demak, texnik himoya tadbirlari bilan bir qatorda inson omilini boshqarish strategiyalarini faol rivojlantirish zarur.

Ikkinchidan, ergonomik muhitni optimallashtirish va ish joyini insonning psixofiziologik xususiyatlariga moslashtirish xavfsizlik ko'rsatkichlarini sezilarli darajada (18–25%) yaxshilash imkonini beradi. Bu tadbirlar nisbatan kam sarmoya talab etib, yuqori iqtisodiy samara beradi. Shuning uchun ham ergonomik audit korxonalarda doimiy va tizimli ravishda o'tkazilishi lozim.

Uchinchidan, psixologik omillar (stressni boshqarish, kognitiv yuklamani tartibga solish, bardoshlilik) mehnat xavfsizligida hal qiluvchi rol o'ynaydi. Korxonalarda psixolog xizmatini rivojlantirish va stress-menejment dasturlarini joriy etish investitsiyalarning asosiy yo'nalishi bo'lishi kerak. Hozirgi kunda ushbu sohaning jiddiy e'tibordan chetda qolishi o'ta noto'g'ri tendentsiya hisoblanadi.

Kelajakdagi tadqiqotlar uchun quyidagi yo'nalishlar tavsiya etiladi: ITM tizimiga sun'iy intellektni integratsiya qilishning tartibga soluvchi (regulatory) talablarini ishlab chiqish; xavfsizlik madaniyatini shakllantirish mexanizmlarini O'zbekiston mentaliteti kontekstida o'rganish; sanoat tarmoqlari kesimida inson omilining xususiyatlarini qiyosiy tahlil qilish; hamda taklif etilgan besh qatlamli modelni amalda sinab ko'rish va natijalari asosida takomillashtirish.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. Bhatt, D., Bhatt, M., & Johnson, L. (2022). Virtual reality applications in occupational safety training: A systematic review. *Safety Science*, 148, 105656.
2. Christian, M. S., Bradley, J. C., Wallace, J. C., & Burke, M. J. (2009). Workplace safety: A meta-analysis of the roles of person and situation factors. *Journal of Applied Psychology*, 94(5), 1103–1127.
3. EU-OSHA (2020). Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025. European Agency for Safety and Health at Work.
4. Hale, A. R., & Hovden, J. (1998). Management and culture: The third age of safety. *Occupational Injury: Risk, Prevention and Intervention*, 129–165.
5. Heinrich, H. W. (1959). *Industrial accident prevention: A scientific approach* (4th ed.). McGraw-Hill.
6. ILO (2022). *Safety and health at work: A vision for sustainable prevention*. International Labour Organization, Geneva.
7. Karwowski, W. (Ed.). (2006). *International encyclopedia of ergonomics and human factors* (2nd ed.). CRC Press.
8. Papetti, A., Rossi, M., Germani, M., & Menghi, R. (2020). IoT solutions for supporting health and safety in manufacturing: A review. *Procedia Manufacturing*, 51, 975–982.
9. Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge University Press.
10. Sanders, M. S., & McCormick, E. J. (1993). *Human factors in engineering and design* (7th ed.). McGraw-Hill.
11. Stanton, N. A., Salmon, P. M., Rafferty, L. A., Walker, G. H., Baber, C., & Jenkins, D. P. (2013). *Human factors methods: A practical guide for engineering and design* (2nd ed.). Ashgate.
12. Tixomirov, N. P., Tixomirova, T. M., & Butkov, V. E. (2021). Tsifrovyye tekhnologii v upravlenii okhranoy truda. *Bezopasnost Truda v Promyshlennosti*, 7, 12–19.
13. Zohar, D. (2010). Thirty years of safety climate research: Reflections and future directions. *Accident Analysis & Prevention*, 42(5), 1517–1522.