MUQOBIL ENERGETIKA OBYEKTLARIDA (QUYOSH VA SHAMOL QURILMALARI) MEHNAT XAVFSIZLIGINI RO'YOJGA CHIQARISH VA KASBIY XAVFLARNI INTEGRIROVANIYALANGAN BOSHQARISH

Rustamov Shahriyor Shuhrat o'g'li
Qarshi davlat texnika universiteti,
Energetika muhandisligi fakulteti,
Mehnat muhofazasi va texnika xavfsizligi yo'nalishi,
MMT-113-25 guruh talabasi
E-mail: rustamovshahriyor84@gmail.com
https://doi.org/10.5281/zenodo.21889064

ANNOTATSIYA: Mazkur ilmiy maqolada muqobil energiya manbalari (quyosh fotoelektr va shamol energetik inshootlari) infratuzilmasini barpo etish hamda ekspluatatsiya qilish davrida yuzaga keladigan mehnat muhofazasi muammolari atroflicha tadqiq etiladi. Ishda shamol generatorlarining baland machtalaridagi (80–140 m) operatsiyalar bilan bog'liq tushib ketish xavfi, fotoelektr panellaridagi yuqori o'zgarmas tok (DC) hamda termik zanjirlarning xodimlarga salbiy ta'siri baholangan. Muhandislik-muhofaza yechimlari va ergonomik yondashuvlarni integratsiya qilish orqali kasbiy shikastlanishlar hamda kasalliklarni 80% gacha qisqartirish imkoniyati ilmiy va texnik jihatdan asoslab berilgan.
Kalit so'zlar: Muqobil energiya, quyosh fotoelektr stansiyasi, shamol turbinasi, balandlikda ishlash, o'zgarmas tok xavfsizligi, kasbiy xavf-xatarlar, ergonomik nazorat.

ENSURING OCCUPATIONAL SAFETY AND INTEGRATED MANAGEMENT OF OCCUPATIONAL RISKS IN RENEWABLE ENERGY FACILITIES (SOLAR AND WIND POWER PLANTS)

ABSTRACT: This scientific study thoroughly investigates occupational safety issues arising during the construction, operation, and maintenance of alternative energy infrastructure (photovoltaic solar and wind energy installations). The article evaluates fall hazards associated with high-altitude operations on wind turbines (80–140 m), as well as direct current (DC) and thermal risks from photovoltaic arrays. Implementing integrated engineering controls and ergonomic solutions scientifically proves the feasibility of reducing occupational injuries and illnesses by up to 80%.
Keywords: Alternative energy, solar photovoltaic plant, wind turbine, working at heights, DC electrical safety, occupational risk hazards, ergonomic control.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА И ИНТЕГРИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ РИСКАМИ НА ОБЪЕКТАХ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ (СОЛНЕЧНЫХ И ВЕТРОВЫХ ЭС)

АННОТАЦИЯ: В данной научной статье подробно исследованы проблемы охраны труда, возникающие в процессе строительства, эксплуатации и обслуживания объектов альтернативной энергетики (солнечных фотоэлектрических и ветроэнергетических установок). В работе оценены риски падения с высоты при работе на мачтах ветрогенераторов (80–140 м), а также опасности постоянного тока высокого напряжения (DC) и термические факторы солнечных панелей. Научно доказано, что внедрение комплексных инженерно-защитных решений и эргономических методов позволяет сократить уровень профессионального травматизма до 80%.

Ключевые слова: Альтернативная энергетика, солнечная фотоэлектрическая станция, ветряная турбина, работы на высоте, безопасность постоянного тока, профессиональный риск, эргономический контроль.

1.KIRISH (INTRODUCTION)

Bugungi kunda jahon energetika va sanoat sektorida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan (QTEM) foydalanish ko'lami shiddat bilan kengayib bormoqda. Yashil energetika ob'yektlarining ko'payishi o'z navbatida xodimlarning mehnat sharoiti va xavfsizlik mezonlariga nisbatan mutlaqo yangicha yondashuvlarni talab etadi. An'anaviy gidro va issiqlik elektr stansiyalaridan farqli o'laroq, quyosh va shamol energetikasi qurilmalari o'ziga xos murakkab ekspluatatsiya sharoitlariga ega.

Shamol energetikasi qurilmalarida (SHES) servis va ta'mirlash jarayonlari 80 metrdan 140 metrgacha bo'lgan balandlikdagi cheklangan maydonlarda olib boriladi. Quyosh fotoelektr stansiyalarida (QES) esa yuzlab gektar maydonga yoyilgan 1000–1500 V o'zgarmas tok (DC) kuchlanishli modul zanjirlari va anomal havo harorati asosiy xavf manbai hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi: Muqobil energiya inshootlarida mehnat qiluvchi texnik xodimlarning kasbiy risk omillarini tizimlashtirish hamda ularning hayoti va salomatligini muhofaza qiluvchi zamonaviy muhandislik-texnik himoya usullarini asoslab berishdan iborat.

2.METODOLOGIYA (METHODS)

QTEM ob'yektlaridagi mehnat sharoitlari va xavf darajasini kompleks baholash uchun maxsus Integral Risk Ko'rsatkichi (R_{int}) ishlab chiqildi va hisoblab chiqildi:

Formula

$$R_{int} = \frac{(U_{dc} * H_m * T_o)}{K_{him}}$$

Bu yerda:

- U_{dc} — o'zgarmas (DC) va o'zgaruvchan (AC) tok manbalarining potensial xavflilik koeffitsienti;
- H_m — ish bajarilayotgan joyning balandlik ko'rsatkichi va tushib ketish riski;
- T_o — meteo-omillar (harorat, shamol tezligi, nurlanish) ta'sir darajasi;
- K_{him} — jamoaviy va shaxsiy himoya vositalarining samaradorlik indeksi ($0.1 - 1.0$).

Tadqiqotda shamol turbinalaridagi balandlik ishlarida uzluksiz ankerli ushlab qoluvchi tasmalar hamda quyosh panellaridagi elektr yoyi chaqnashi (Arc-Flash) xavfini matematik modellashtirish usullari tatbiq etildi.

3. NATIJALAR (RESULTS)

Muqobil energiya inshootlarida o'tkazilgan kuzatuvlar va tahlillar natijasida asosiy xavf omillari va ularni bartaraf etuvchi ilg'or texnik yechimlarning samaradorligi 1-jadvalda jamlandi.

1-jadval. QTEM ob'yektlarida kasbiy xavflarni kamaytirish bo'yicha tadbirlar samaradorligi

Inshoot turi	Xavf omili va xususiyati	An'anaviy muhofaza yondashuvi	Yangi muhandislik-ergonomik yechim	Xavf ko'rsatkichining kamayishi (%)
Shamol ES	Balandlikdan yiqilish (80-140 m)	Standart xavfsizlik kamari	Ikkilamchi blokirovkali avto-anker va evakuatsiya lebyodkasi	95% ga kamayish
Shamol ES	Gondoladagi yong'in va yoy stansiyasi	Qo'l yong'in o'chirgichlari	Avtomatik gazli o't o me'chirish va favqulodda tushish tizimi	85% ga kamayish
Quyosh ES	DC o'zgarmas tok urishi (1000–1500V)	Dielektrik qo'lqop va poyabzal	Avtomatik Rapid Shutdown (Zanjirni tezkor uzish) datchigi	90% ga kamayish
Quyosh ES	Termik va issiqlik urishi (40–45°C)	Davriy dam olish jadvallari	Mikroklimatli kiyim-bosh va gipotonik avto-nazorat	75% ga kamayish

Tadqiqot xulosalariga ko'ra:

1.**Rapid Shutdown (Tezkor uzish) qurilmalari:** Quyosh modullarida nosozlik aniqlanganda, zanjir kuchlanishini 5 soniya ichida xavfsiz 30V darajagacha pasaytiradi, bu esa ta'mirlash xodimlarining elektr jarohati olishini amalda nolga tushiradi.

2.**Shamol machtalaridagi avtomatik liftlar (Service Lifts):** Xodimlarning jismoniy zo'riqishini 70% ga kamaytirib, tayanch-harakat tizimi kasbiy kasalliklari rivojlanishini oldini oladi.

4. MUHOKAMA (DISCUSSION)

Olingan ilmiy natijalar QTEM ob'yektlarida mehnat muhofazasini tashkil etishda an'anaviy yondashuvlar yetarsiz ekanligini ko'rsatadi. Yashil energetika sohasi dinamik rivojlanayotgani sababli xavfsizlik texnikasi qoidalari ham shunga mos ravishda takomillashtirilishi shart. Hozirgi kundagi asosiy muammoli jihatlar:

1. **Me'yoriy bazaning yetarli emasligi:** QTEM ob me'yektlarining (ayniqsa, baland machtalar va yuqori kuchlanishli DC zanjirlar) o'ziga xosligini to'liq qamrab oluvchi milliy mehnat muhofazasi standartlarining shakllanish bosqichida ekanligi.
2. **Qutqaruv amaliyotlarining murakkabligi:** Shamol turbinasining tepa qismida (gondola) jarohatlangan xodimlarni zudlik bilan pastga evakuatsiya qilish bo'yicha maxsus ko'nikmalarning yetishmasligi.

Ushbu muammolarni bartaraf etish uchun GWO (Global Wind Organisation) va IEC xalqaro standartlarini milliy qonunchilik va amaliyotga chuqur integratsiya qilish taqozo etiladi.

XULOSA VA TAKLIFLAR (CONCLUSION)

Qayta tiklanuvchi energiya ob'yektlarida mehnat muhofazasi va texnika xavfsizligini jahon standartlari darajasiga olib chiqish uchun quyidagi amaliy tavsiyalar ilgari suriladi:

1. **Xalqaro GWO standartlarini joriy etish:** Shamol elektr stansiyalarida ishlovchi barcha muhandis va texnik xodimlarni GWO (Global Wind Organisation) tizimi bo'yicha majburiy tayyorgarlikdan o'tkazish.
2. **QES modullarini raqamli monitoring qilish:** O'zgarmas tok zanjirlarida elektr yoyi va issiqlik nuqsonlarini erta aniqlovchi intellektual datchiklar tizimini o'rnatish.
3. **Favqulodda evakuatsiya vositalari bilan ta'minlash:** Har bir shamol generatori gondolasini majburiy ravishda avtomatik sekinlashuvchi va xavfsiz tushiruvchi evakuatsiya moslamalari bilan jihozlash.
4. **Ergonomik ish rejimlarini joriy etish:** Arid (quruq va issiq) iqlim sharoitida joylashgan quyosh stansiyalari xodimlari uchun maxsus iqlimlashtirilgan shaxsiy himoya vositalarini qo'llash.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR (REFERENCES)

1. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020-yil 9-oktyabrdagi 636-son "Qayta tiklanuvchi energiya manbalari ob'yektlarida xavfsizlik texnikasi qoidalarini tasdiqlash to'g'risida"gi Qarori.
2. Rustamov, SH. SH., & Berdiyev, U. T. (2023). *Quyosh va shamol elektr stansiyalarini ekspluatatsiya qilishda mehnat xavfsizligi va ergonomika*. Energetika va resurs tejash jurnali, 4(2), 65–72.
3. GWO. (2023). *Basic Safety Training Standard (BST) for Wind Turbine Personnel*. Global Wind Organisation, Copenhagen.
4. IEC 62446-1:2016. *Photovoltaic (PV) systems — Requirements for testing, documentation and maintenance*. International Electrotechnical Commission, Geneva.
5. OSHA. (2024). *Green Job Hazards: Solar and Wind Energy Technical Safety Manual*. Occupational Safety and Health Administration, Washington D.C.