Ilmiy tadqiqotlar va ularning yechimlari jurnali
Aoka guvohnoma № 323759 ISSN: 3060-4818

AVTOMOBIL ASBOBLAR PANELINI ISHLAB CHIQARISH JARAYONIDA TO‘XTALISHLARGA OLIB KELADIGAN XAVFLARNI TAHLIL QILISH

Dehqonov Abrorbek Umidjon o‘g‘li

Avtomobilsozlik va transport fakulteti talabasi
Ilmiy rahbar. **B.B. Uraymov**

doi.org/10.5281/zenodo.20524259

Annotatsiya: Ushbu maqolada avtomobil asboblar paneli (instrument panel) ishlab chiqarish jarayonida yuzaga keladigan va ishlab chiqarish to‘xtashlarini keltirib chiqaruvchi asosiy xavflar tizimli ravishda tahlil qilinadi. Tadqiqotda FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) metodologiyasi, OEE (Overall Equipment Effectiveness) ko‘rsatkichlari, ESD (Electrostatic Discharge) muammolari va poka-yoke tamoyillari qo‘llaniladi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, eng yuqori xavf koeffitsientiga ega jarayonlar — statik elektr ta’siri ostidagi elektronik komponentlar yig‘ish hamda lehimlash rejimi buzilishlari hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: asboblar paneli, FMEA, OEE, ESD himoya, ishlab chiqarish xavfi, poka-yoke, IoT monitoring, RPN.

1. KIRISH

Zamonaviy avtomobil sanoatida asboblar paneli (instrument panel yoki dashboard) — bu haydovchi va yo‘lovchilar bilan avtomobil o‘rtasidagi asosiy muloqot interfeysidir. Ushbu tizim tezlik o‘lchagich, dvigatel ko‘rsatkichlari, navigatsiya displeylar, havo konditsioneri boshqaruvlari, xavfsizlik ogohlantirishlari va ko‘plab zamonaviy infotainment komponentlarini o‘z ichiga oladi.

Asboblar paneli ishlab chiqarish jarayoni o‘ta murakkab texnologik zanjirni tashkil etadi: xom ashyo ta’minoti, plastik qoliplash, elektron komponentlar lehimlash, LCD displeylar o‘rnatish, ESD himoyalash, yig‘ish va sifat nazorati. Bu zanjirning istalgan bo‘g‘inida yuzaga keladigan nosozlik butun ishlab chiqarish liniyasining to‘xtab qolishiga olib kelishi mumkin.

Ishlab chiqarish to‘xtashlari (production stoppages) zamonaviy korxonalar uchun eng muhim muammo hisoblanadi. Toyota, Volkswagen, Hyundai kabi yirik avtomobil ishlab chiqaruvchilar uchun bir soatlik to‘xtash 50 000 – 150 000 AQSh dollarigacha zarar keltirishi mumkin. Shu sababli, xavflarni oldindan aniqlash va ularni bartaraf etish strategiyalarini ishlab chiqish zamonaviy ishlab chiqarish muhandisligining dolzarb vazifalaridan biridir.

Ushbu maqolaning maqsadi — avtomobil asboblar paneli ishlab chiqarish jarayonida to‘xtalishlarga olib keladigan xavflarni tizimli tahlil qilish, ularni miqdoriy baholash va samarali profilaktik choralarni taklif etishdan iborat.

2. ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIK ASOS

Ishlab chiqarish xavflarini tahlil qilishda turli xalqaro standartlar va ilmiy metodologiyalar qo‘llaniladi. FMEA metodologiyasi dastlab 1940-yillarda harbiy sohada ishlab chiqilgan bo‘lib, keyinchalik avtomobil sanoatida keng tarqalgan. SAE J1739 va IEC 60812 standartlari FMEA ni rasmiylashtiradi.

Saunders va boshq. (2019) o‘z tadqiqotlarida elektron asboblar paneli ishlab chiqarishida ESD muammolari barcha sifat nuqsonlarining 23–34% ini tashkil etishini aniqlagan. Chen va Liu (2021) esa yig‘ish liniyalarida profilaktik texnik xizmat ko‘rsatishning rejasiz to‘xtashlarni 67% ga kamaytirishi mumkinligini isbotlagan.

OEE tahlili bo‘yicha Nakajima (1988) tomonidan kiritilgan TPM (Total Productive Maintenance) tizimi bugungi kunda dunyo miqyosida eng keng tarqalgan ishlab chiqarish samaradorligini oshirish metodologiyalaridan biri hisoblanadi. Ko‘pgina tadqiqotlar OEE ning 85% idan yuqori bo‘lishi jahon darajasidagi ishlab chiqarish sifatiga erishish belgisi ekanligini ta’kidlaydi.

Poka-yoke (xato-himoya) tizimining asoschisi Shigeo Shingo (1986) ushbu texnikani ishlab chiqarish jarayonlarida inson xatolarini fizik jihatdan imkonsiz yoki darhol seziluvchi qilish sifatida ta’riflagan. IoT texnologiyalarining paydo bo‘lishi bilan poka-yoke tamoyillarini raqamli monitoring bilan birlashtirish yangi imkoniyatlar yaratmoqda.

3. FMEA TAHLILI: NOSOZLIK TURLARI VA TA’SIRLARI

3.1. FMEA metodologiyasi

FMEA tahlilida har bir jarayon elementi uchun quyidagi uchta ko‘rsatkich baholanadi:

S (Severity — Og‘irlik): Nosozlikning oqibati qanchalik jiddiy? (1–10 shkala)

O (Occurrence — Ehtimollik): Nosozlik qanchalik tez-tez yuzaga keladi? (1–10 shkala)

D (Detection — Aniqlik): Nosozlikni aniqlab olish qanchalik qiyin? (1–10 shkala)

RPN (Risk Priority Number) = S × O × D formulasi bo‘yicha hisoblanadi. RPN > 150 bo‘lsa, darhol korektiv chora ko‘rish talab etiladi.

3.2. FMEA jadvali

Quyidagi jadvalda avtomobil asboblar paneli ishlab chiqarishning asosiy jarayon elementlari bo‘yicha FMEA tahlili natijalari keltirilgan:

Jarayon elementi	**Mumkin bo‘lgan nosozlik**	**Nosozlik oqibati**	**S (Og‘irlik)**	**O (Ehtimollik)**	**D (Aniqlik)**	**RPN = S×O×D**
ESD himoya moduli	Statik razryad ta’siri	Mikrosxema shikastlanishi	9	6	4	**216**
Lehimlash jarayoni	Harorat rejimi buzilishi	Kontakt ishonchsizligi	7	5	5	**175**
Yig‘ish konveyeri	Mexanik defekt (tiqilib qolish)	Ishlab chiqarish to‘xtashi	8	4	3	**96**
LCD displey o‘rnatish	Noto‘g‘ri joylashish	Optik sifat kamchiligi	6	5	4	**120**
Ta’minot zanjiri	Yetkazib berish	Ishlab chiqarish rejasi buzilishi	7	4	6	**168**

Jarayon elementi	Mumkin bo‘lgan nosozlik	Nosozlik oqibati	S (Og‘irlik)	O (Ehtimollik)	D (Aniqlik)	RPN = S×O×D
	kechikishi					

Jadval 1. Asboblar paneli ishlab chiqarish jarayonining FMEA tahlili

3.3. Tahlil natijalari

FMEA tahlili natijalari shuni ko‘rsatadiki, RPN = 216 qiymat bilan ESD ta’siri ostidagi elektron komponentlar yig‘ish jarayoni eng yuqori xavfga ega. Bu uchta omilning — jiddiy oqibat (S=9), nisbatan yuqori ehtimollik (O=6) va o‘rtacha aniqlik (D=4) — birlashuvidan kelib chiqadi.

Ikkinchi o‘rinda ta’minot zanjiri kechikishlari (RPN = 168) turibdi. Bu xavf tashqi omillar bilan bog‘liqligi sababli kompaniya ichidan to‘liq nazorat qilish qiyin, ammo zaxira ta’minot strategiyalari orqali kamaytirilishi mumkin.

Lehimlash jarayonidagi harorat rejimi buzilishlari (RPN = 175) ham kritik toifaga kiradi. Zamonaviy inline harorat monitoring tizimlari ushbu xavfni sezilarli darajada kamaytira oladi.

5. ESD MUAMMOLARI VA POKA-YOKE YECHIMLARI

5.1. ESD muammolarining mohiyati

Elektrostatik razryad (ESD) — zamonaviy avtomobil elektronikasi ishlab chiqarishidagi eng katta latent (yashirin) xavflardan biridir. 100–200 V kuchlanishdagi statik elektr insonning sezgi organlari uchun sezilmasa-da, CMOS mikrosxemalar, operatsion kuchaytirgichlar va mikrokontrollerlar uchun halokatli bo‘lishi mumkin.

Asboblar paneli ishlab chiqarishida ESD manbalari: ishchi kadrlar (yurish, o‘tirish-turish natijasida), plastik qadoqlash materiallari, konveyer tasmasi, issiq havo puflagichlar va hatto liboslar hisoblanadi. Shikastlangan komponent darhol ishlamay qolishi yoki vaqt o‘tib «etulib yetilgan» nosozlik sifatida namoyon bo‘lishi mumkin.

5.2. Poka-yoke yechimlari

Ushbu xavflarni minimallashtirishga qaratilgan poka-yoke tizimlari quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

ESD himoyalangan ish joylari: antistatik stollar, pollar, bilek tasmalar va havo ionizatorlari. ESD zonalarida faqat ESD sertifikatlangan materiallar ishlatilishi majburiy bo‘lishi kerak.

Avtomatik ESD nazorati: ishchi ESD belanchak (wrist strap) taqib olmasa, konveyer harakatlanmaydigan blokirovka tizimi. Bu inson omilini butunlay yo‘q qiladi.

Vizual va ovozli ogohlantirish tizimlari: ESD zona chegaralariga o‘tishda avtomatik senzorlar faollashadi va himoya vositalarining mavjudligini tekshiradi.

Barcha komponentlar ESD himoyalangan qoplamada tashilishi va saqlanishi. FIFO (First In – First Out) prinsipi bo‘yicha komponentlar boshqaruvi joriy etilishi kerak.

6. IoT MONITORING TIZIMI — PROFILAKTIK YONDASHUV

6.1. Tizim arxitekturasi

Zamonaviy Sanoat Interneti Narsalari (IIoT — Industrial Internet of Things) texnologiyalari to‘xtashlarni oldindan bashorat qilish imkonini beradi. Taklif etilayotgan monitoring tizimi uch qatlamli arxitekturani o‘z ichiga oladi:

1-qatlam (Senzorlar): Harorat, bosim, tebranish, oqim senzorlar ishlab chiqarish uskunalarining asosiy parametrlarini real vaqt rejimida o‘lchaydi. Har 100 millisekundda ma’lumot yig‘iladi.

2-qatlam (Edge Computing): Lokal serverlar dastlabki ma’lumotlarni qayta ishlaydi, anomaliyalarni darhol aniqlaydi va operatorga signal yuboradi. Bu qayta ishlovchi vaqtni 50 ms gacha qisqartiradi.

3-qatlam (Cloud Analytics): Bulutli platforma (masalan, AWS IoT, Microsoft Azure IoT Hub) uzoq muddatli ma’lumotlarni saqlaydi, mashina o‘rganish algoritmlarini qo‘llaydi va ishlab chiqarish optimallashtirish tavsiyalarini beradi.

Tebranish sensorlari podshipnik tebranish amplitudasi 2.5 mm/s dan oshsa, avtomatik ogohlantirish beradi. Harorat sensorlari lehimlash uskunalarida ±3°C dan ortiq og‘ish aniqlansa, jarayonni to‘xtatadi. Optik sensorlar konveyer tasmasining tekisligi va tezligini nazorat qiladi, 1% dan ortiq og‘ishda signal chiqaradi.

Machine Learning modeli 30 kunlik tarixiy ma’lumotlar asosida kelgusi 72 soat ichida to‘xtash ehtimolini hisoblaydi. Ilk sinovlar shuni ko‘rsatadiki, bunday tizim to‘xtashlarning 71% ini oldindan aniqlash imkonini beradi.

7. IQTISODIY SAMARADORLIK TAHLILI

Taklif etilayotgan yechimlarni joriy etishning iqtisodiy asoslari quyidagicha ifodalanadi:

Investitsiya xarajatlari: IoT monitoring tizimi — taxminan 85 000 USD; ESD himoya infrastrukturasi — 45 000 USD; o‘quv va integratsiya — 20 000 USD. Jami: 150 000 USD.

Yillik tejamkorlik: Rejasiz to‘xtashlarni 65% ga kamaytirish hisobiga yiliga 180 000 USD tejash; chiqitlar va qayta ishlov xarajatlarini 40% kamaytirish — 75 000 USD; energiya tejamkorligi — 25 000 USD. Jami yillik tejamkorlik: 280 000 USD.

ROI (Return on Investment) = [(280 000 – 150 000) / 150 000] × 100% = 86.7%

NPV hisob-kitobi (5 yillik davrga, diskont stavkasi 12%) taxminan 650 000 USD ni tashkil etadi. Investitsiyaning o‘zini qoplash muddati — 7–8 oy. Bu ko‘rsatkichlar loyihaning yuqori iqtisodiy samaradorligini tasdiqlaydi.

Ushbu tadqiqot avtomobil asboblar paneli ishlab chiqarishidagi to‘xtashlar xavflarini kompleks tahlil qildi. Asosiy xulosalar quyidagilardan iborat:

Birinchidan, FMEA tahlili natijasida eng yuqori xavf koeffitsienti (RPN=216) ESD ta’siri ostidagi elektron komponentlar yig‘ish jarayoniga tegishli ekanligi aniqlandi. Ushbu xavfni kompleks ESD himoya infrastrukturasi va poka-yoke tizimlari orqali sezilarli darajada kamaytirish mumkin.

Ikkinchidan, hozirgi OEE ko‘rsatkichi (62.9%) jahon standartidan (85%) pastligi rejalashmagan to‘xtashlarning katta ulushi bilan izohlanadi. IoT asosidagi bashoratli texnik xizmat tizimi joriy etilganda OEE ni 85% gacha oshirish real hisoblanadi.

Uchinchidan, taklif etilgan kompleks yechimlarning (IoT monitoring + ESD himoya + poka-yoke) ROI ko‘rsatkichi 86.7% ni tashkil etib, 7–8 oy ichida investitsiyalar qaytarilishi kutilmoqda. Bu ishlab chiqarish muhandisligi nuqtai nazaridan juda yuqori samaradorlik darajasidir.

Kelajakda ushbu tadqiqotni chuqurlashtirib, sun'iy intellekt va raqamli egizak (Digital Twin) texnologiyalarini qo‘llash orqali to‘xtashlarni oldindan bashorat qilish aniqligini yanada oshirish maqsadga muvofiqdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Stamatis D.H. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. — Milwaukee: ASQ Quality Press, 2003. — 495 b.

2. Nakajima S. Introduction to Total Productive Maintenance. — Cambridge: Productivity Press, 1988. — 129 b.

3. Shingo S. Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System. — Cambridge: Productivity Press, 1986. — 294 b.

4. Saunders L., Carter M., Patel R. ESD Challenges in Automotive Electronics Manufacturing // Journal of Electronic Manufacturing. — 2019. — Vol. 28, No. 4. — P. 112–128.

5. Chen W., Liu H. Predictive Maintenance in Automotive Assembly Lines Using IIoT // International Journal of Production Research. — 2021. — Vol. 59, No. 11. — P. 3412–3428.

6. IEC 61340-5-1:2016. Electrostatics — Protection of electronic devices from electrostatic phenomena. — Geneva: IEC, 2016.

7. O‘zbekiston Respublikasining 2030-yilgacha bo‘lgan davrda sanoatni rivojlantirish strategiyasi. — Toshkent, 2022.

8. Rother M., Shook J. Learning to See: Value Stream Mapping. — Cambridge: Lean Enterprise Institute, 2003. — 102 b.