



XIZMAT MUDDATI UZAYTIRILADIGAN VAGONLARNI PUTUR YETKAZMASDAN TEKSHIRISH USULLARI VA UNING AKTUALLIGI

Muminov Shaxriyor Djamolovich

Toshkent davlat transport universiteti tayanch doktoranti

muminovshaxriyor25081998@gmail.com

Amonov Akbar O'ktam o'g'li

Toshkent davlat transport universiteti tayanch doktoranti

Raximov Rustam Vyacheslavovich

Toshkent Davlat Transport Universiteti texnika fanlari doktori, professor

Annotatsiya. Xizmat muddati uzaytiriladigan yuk vagonlarining texnik holatini baholash hamda aniqlashda putur yetkazmasdan tekshiruv usullari va uning aktualligi yoritilgan. Ultratovushli tekshiruv, magnit kukunli tekshiruv, vizual-o'lchov usuli, kapillyar va uyurma tokli nazorat usullarining qo'llanilish yo'nalishi hamda ushbu usullarning xizmat muddatini uzaytirish jarayonidagi rolining tahlili qilingan. Tadqiqot natijalariga asosan vagon konstruksiyasining qoldiq resursini aniqlash hamda ekspluatatsiya xavfsizligini ta'minlashda putur yetkazmasdan tekshirish usullaridan keng qamrovli foydalanish yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: yuk vagoni, mukammal ta'mirlash, xizmat muddati, diagnostika, mustahkamlik, korroziya, ekspluatatsiya, ultratovush, magnit-kukunli, uyurma tokli, vizual-o'lchov, qoldiq resurs.

Аннотация. В данной статье рассмотрены методы неразрушающего контроля, применяемые при оценке технического состояния грузовых вагонов, срок службы которых подлежит продлению, а также обоснована их актуальность. Проанализированы области применения ультразвукового, магнитопорошкового, визуально-измерительного, капиллярного и вихретокового методов контроля, а также их роль в процессе продления срока службы вагонов. Результаты исследования показывают, что комплексное применение методов неразрушающего контроля обеспечивает высокую эффективность при определении остаточного ресурса конструкции вагона, своевременном выявлении скрытых дефектов и обеспечении безопасности эксплуатации.

Ключевые слова: грузовой вагон, капитальный ремонт, срок службы, диагностика, прочность, коррозия, эксплуатация, ультразвук, магнитопорошковый, вихретоковый метод, визуально-измерительный, остаточный ресурс.

1. PUTUR YETKAZMASDAN TEKSHIRISH VOSITALARINI ISH JARAYONIGA TAYYORLASH VA TARTIBI

Yuk vagonlarini diagnostika qilishning dastlabki bosqichi vizual tekshiruv usuli hisoblanib, unda 10 marta kattalashtirilgan lupa, shtangensirkul, fonarlar yordamida yuk vagon uzellari va detallarining sirt yuzasi tekshiruvdan o'tkaziladi.

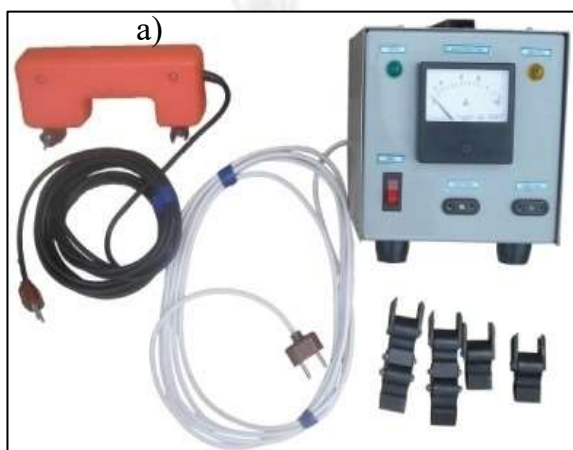
Tekshiruv vaqtida yuk vagonining xrebetli balkasi, shkvoren balkasi, ko'ndalang balkalari, pastki va yuqori obvyazkalari, yon ustunlari, payvand choklari hamda kuzovning boshqa yuk ko'taruvchi elementlarida korroziya alomatlari, mexanik shikastlanish, deformatsiya va yoriqlar mavjud yoki mavjud emasligi aniqlanadi. Vizual tekshiruv natijalari asosida chuqurlashtirilgan diagnostika talab etiladigan zonalar tanlab olinadi.

Ultratovushli tekshiruvni boshlashdan oldin avval nazorat qilinadigan yuza zang, bo'yoq, moy va boshqa iflosliklardan tozalanishi talab etiladi. Hozirgi kunda ko'plab vagon ta'mirlash depolarida UD-4TM va UD-5 Tomograf modeldagi (1-rasm) ultratovushli defektoskoplar foydalanib kelinmoqda. Tekshiruvning aniqligini ta'minlash uchun ultratovush o'zgartirgichi bilan metal yuzasi orasiga maxsus akustik kontakt suyuqligi suriladi. Ish jarayonini boshlashdan oldin ultratovush defektoskopi standart namuna birliklari bilan kalibrlanadi va tekshirilayotgan elementning materiali va qalinligiga to'g'ri keluvchi to'lqin chastotasi tanlanadi. So'ngra shkvoren balka, xrebetli balka, yon ustunlar va payvand birikmalari bo'ylab ketma-ket skanerlash ishlari olib boriladi. Olingan signal amplitudasi va amplitudaning qaytish vaqti natijasida ichki yoriqlar, qatlamlanishlar, g'ovaklar hamda metall qalinligining kamayishi aniqlanadi.



1-rasm. a) UD4-TM modeldagi ultratovushli defektoskop b) UD-5 Tomograf modeldagi ultratovushli defektoskop

Magnit kukunli tekshiruv usulida nazorat qilinadigan detal sirti avvalo mexanik tozalangan, yog' va changdan xoli holatga keltirilgan bo'lishi kerak. Ushbu usulni amalga oshirishda asosan MED-120 yoki MD-E defektoskoplari (2-rasm) foydalaniladi. Ushbu usul, ayniqsa, payvand choklari, yon ustunlarning tutashish zonalar va yuqori kuchlanish to'planadigan uchastkalarda o'z samarasini ko'rsatadi [2,3].



2-rasm. a) MED-120 magnit kukunli defektoskop b) MD-E magnit kukunli defektoskop

Kapillyar nazorat usulida tekshiruvdan oldin detal yuzasi tozalanib va quritilib, unga penetrant suyuqligi surtiladi (3-rasm). Penetrant suyuqligining yoriq ichiga kirib borishi uchun ma'lum bir vaqt ushlab turilgandan so'ng ortiqcha suyuqlik olib tashlanadi hamda penetrant yana sepiladi. Natijada metal yuzasiga ochilgan mikroyoriqlar rangli yoki lyuminestsent chiziqlar ko'rinishida ko'rinadi. Bu usul, asosan, mukammal ta'mirdan keyin payvand choklari sifatini baholash va kichik yuzadagi nuqsonlarini aniqlashda foydalaniladi.



3-rasm. Kapillyar nazorat usulida penetrant suyuqlik yordamida tekshiruv

Uyurma tokli nazorat usulida bo'lsa metal yuzasida elektromagnit maydon hosil qilinadi. Metal ichida yuzaga kelgan uyurma toklarining parametrlari nuqson mavjud bo'lgan joylarga kelgan vaqtda o'zgaradi va ushbu o'zgarishlar uyurma tokli defektoskop ekranida qayd etiladi. Asosan ishlatilayotgan uyurma tokli defektoskop modeli VD-1 hisoblanib (4-rasm), u o'zining universalligi bilan ajralib turadi. Mazkur uslub metal yuzasidagi mikroyoriqlarni, korroziya mavjud nuqtalarni hamda bo'yoq qatlami ostida bo'lgan ayrim nuqsonlarni aniqlash imkonini beradi. Shuningdek, uyurma tokli nazorat yuqori tezkorligi bilan boshqa usullardan ajralib turadi.



4-rasm. Uyurma tokli VD-1 defektoskopi

Putur yetkazmasdan tekshirish usullarini bajarishda barcha o'lchov vositalari, defektoskoplar belgilangan tartibda davlat metrologik tekshiruvdan o'tkazilgan va kalibrlangan bo'lishi talab etiladi. Diagnostika jarayonida olingan natijalar texnik hujjatlarga qayd etilib, nuqsonlarning joylashuvi, o'lchami va xavflilik darajasi baholanadi. Ushbu ma'lumotlar chekli elementlar usuli asosida bajariladigan mustahkamlik hisoblari bilan birgalikda tahlil qilinib, vagon konstruksiyasining qoldiq resursini aniqlash hamda xizmat muddatini uzaytirish bo'yicha ilmiy asoslangan xulosa chiqarishga xizmat qiladi [1], [2].

2. ZAMONAVIY PUTUR YETKAZMASDAN TEKSHIRISH TEXNOLOGIYALARINING TEMIR YO'L SANOATIDA ISTIQBOLLARI

Temir yo'l transportida raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi putur yetkazmasdan tekshirish usullari va turlarining ham takomillashishiga olib kelmoqda. Zamonaviy diagnostika tizimlari yuqori aniqlikdagi elektron qurilmalar, avtomatlashtirilgan ma'lumotlarni qayta ishlash algoritmlari va sun'iy intellekt elementlari bilan integratsiyalashgan holda ishlab mukammal holdagi aniq tahlil va xulosa olishda katta rol o'ynamoqda. Natijada nuqsonlarni aniqlash aniqligi ortib, inson omili ta'siri sezilarli darajada kamaymoqda.



Bugungi kunda ko'plab xorijiy temir yo'l korxonalarida diagnostika natijalari yagona elektron ma'lumotlar bazasida jamlanmoqda. Ushbu bazalar orqali har bir vagonning ekspluatatsiya tarixi, bajarilgan ta'mirlash ishlari, aniqlangan nuqsonlar va qoldiq resurs ko'rsatkichlari muntazam ravishda yangilanib boriladi. Bu esa texnik xizmat ko'rsatishni rejalashtirish va vagon parkidan samarali foydalanish imkoniyatlarini kengaytiradi.

So'nggi yillarda chet el korxonalarida vagonlardagi ichki nuqsonlarni anqlashda fazoviy lazerli skanerlash, raqamli radiografiya, fazali panjarali ultratovush (Phased Array Ultrasonic Testing - PAUT), vaqt bo'yicha difraktsiya usuli (Time of Flight Diffraction - TOFD) hamda akustik emissiya nazorati kabi ilg'or texnologiyalar keng joriy etilmoqda. Ushbu usullar murakkab shakldagi konstruksiya elementlarini yuqori aniqlikda tekshirish hamda nuqsonlarning fazoviy koordinatalarini aniqlash imkoniyatini bermiqda.

Kelgusida yuk vagonlarining texnik holatini baholashda raqamli egizak (Digital Twin texnologiyasi) texnologiyasi, sun'iy intellekt asosidagi diagnostika algoritmlari va real vaqt rejimida ishlovchi monitoring tizimlaridan foydalanish muhim ilmiy va amaliy yo'nalishlardan biri bo'lib qolmoqda.

Ushbu texnologiyalar diagnostika natijalarini avtomatik tahlil qilish, qoldiq resursni baholash va xizmat muddatini uzaytirish bo'yicha mukammal qarorlarni ishlab chiqishda muhim ahamiyat kasb etadi [3].

O'zbekiston temir yo'llari vagonlarni ta'mirlash korxonalarida vagonlardagi nosozliklarni bartaraf etish uchun PAUT sistemasini qo'llash vagonlarning ishonchliligini oshiradi. PAUT o'zi nima? Ingliz tilidan olingan atama hisoblanib Phased Array Ultrasonic Testing - Fazali panjarali ultratovushli nazorat deya tarjima qilinadi.

Bu materiallar, detallar hamda payvand choklarining ichki nuqsonlarini aniqlashda qo'llaniladigan, oddiy ultratovush usulining (UT) eng zamonaviy va mukammallashtirilgan turi hisoblanadi. PAUT alohida bir mutlaqo yangi usul hisoblanmaydi, balki doimiy foydalanib kelayotgan ultratovush texnologiyasining raqamli va ko'p elementli ko'rinishi hisoblanadi.

Agar PAUT bu oddiy ultratovushning bir ko'rinishi bo'lsa unda nega alohida tarif etilayabdi degan savol paydo bo'lishi mumkin. Klassik ultratovush usuli ham, PAUT ham tovush to'lqinlarining aks sadosiga asoslanadi, biroq ularning ishlash samaradorligi va imkoniyatlarida katta farq bor va ular 2-jadvalda aks etgan.

Nima uchun PAUT afzalroq hisoblanadi?

1. Rentgen o'rnini bosa oladi: Atrof-muhit va inson uchun zararli radiatsiya nurlarisiz, xuddi rentgandek aniq ichki tasvirni beradi.
2. Murakkab geometriya: Qalin metallarning ichini osongina tekshiradi.
3. Raqamli arxiv: Tekshiruv natijalarini video va rasm formatida kompyuter xotirasida saqlash imkonini beradi.

PAUT usuli bugungi kunda neft-gaz quvurlari, atom elektrostansiyalari, aviatsiya, temir yo'l va metal konstruksiyalarni buzmasdan nazorat qilish sohasida eng xavfsiz va samarali yechim hisoblanadi.



2-jadval.

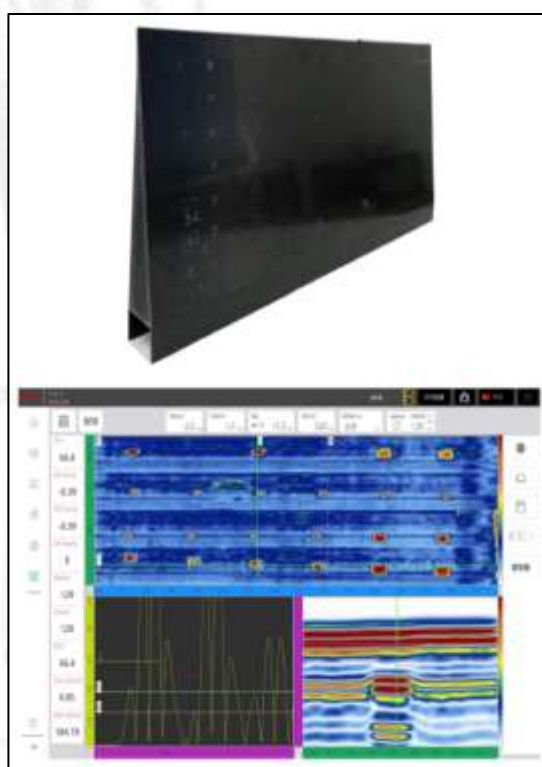
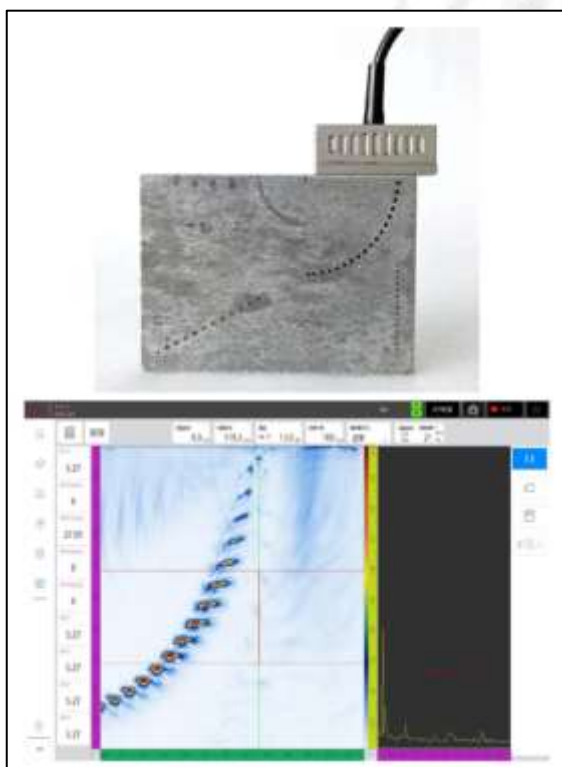
Xususiyatlari	Oddiy Ultratovush (UT)	PAUT (Phased Array Ultrasonic Testing)
Elementlar soni	Faqat 1 ta pyezoelement bor.	Ichida 16 tadan 128 tagacha mayda element mavjud.
Nurning burchagi	Nur faqat bitta belgilangan burchak ostida (masalan, 45°) harakat qiladi.	Dastur orqali nurning burchagini 30° dan 70° gacha avtomatik o'zgartirish funksiyasi mumkin.
Datchikning harakati	Nuqsonni to'liq ko'rish uchun datchikni tinimsiz oldinga va orqaga siljitish zarur.	Datchik chok bo'ylab bir marta yurgizilganda, barcha burchaklarni qamrab oladi.
Tasvirlash shakli	Ekranda faqat A-skaner (grafik/chiziqlar) ko'rinadi, uni o'qish qiyin.	Ekranda metalning ichki qismi S-skaner (rangli rentgen kabi 2D/3D tasvir) shaklida aniq ko'rinadi.
Tezlik va aniqlik	Nazorat vaqti uzoq davom etadi, mayda nuqsonlar ko'zdan qochishi mumkin.	Jarayon juda tez bajariladi, nuqsonning aniq o'lchami va chuqurligi ko'rinadi.

PAUT usulida qo'llaniluvchi qurilmalar tavsifi.

Hozirgi kunda eng keng qo'llaniluvchi ultratovush detektori bu ESPA-1000 detektori (5-rasm) sanaladi [4]. Ushbu detektor tomonidan ko'rilayotgan natija 2D/3D ko'rinishida namoyon bo'ladi (6-rasm).



5-rasm. ESPA-1000 ultratovush detektori.



6-rasm. ESPA-1000 ultratovush detektorida natijaning 2D/3D ko'rinishi.



XULOSA

Xizmat muddati uzaytirilayotgan yuk vagonlarining texnik holatini baholashda putur yetkazmasdan tekshirish usullari muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Mazkur usullar konstruksiyaning yaxlitligini buzmaganda nuqsonlarni aniqlash, ularning rivojlanish darajasini baholash hamda qoldiq resursni ishonchli aniqlash imkonini beradi. Diagnostika natijalarini sonli modellashtirish va mustahkamlik hisoblari bilan uyg'unlashtirish xizmat muddatini uzaytirish bo'yicha qabul qilinadigan texnik qarorlarning aniqligini oshiradi. Shu bilan birga, zamonaviy raqamli diagnostika texnologiyalarini amaliyotga keng joriy etish ekspluatatsiya xavfsizligini ta'minlash, ta'mirlash xarajatlarini kamaytirish hamda yuk vagonlari parkidan samarali foydalanishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Правила по неразрушающему контролю вагонов, их деталей и составных частей при ремонте. Общие положения. ПР НК В.1 УТВЕРЖДЕНО Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества Протокол от 16–17 октября 2012 г. № 57.
2. Капустьян М.Ф. Контроль качества изделий методами неразрушающего контроля [Текст] / М.Ф. Капустьян, В.А. Рыбник. – ОмГУПС, Омск 2002. –27 с.
3. Федосов А.В. Методы неразрушающего контроля [Текст] / А.В.Федосов, Л.А. Гайнуллина. – М: Electrical and data processing facilities and systems. № 2, v. 11, 2015. – С. 73-78.
4. <https://www.ndtesteddysun.com/phased-array-ultrasonic-testing-paut-esp-1000>