

Primena endoskopa kod ispitivanja motornih vozila

VOJISLAV N. BOŽANIĆ, Centar za ispitivanje motornih vozila
AUTO VISIT, Beograd

Stručni rad
UDC: 656.13.05
DOI: 10.5937/tehnika2403368B

Industrijski endoskopi su uređaji koji su namenjeni za vizuelni pregled nepristupačnih prostora bez rastavljanja delova ili bilo koje destruktivne metode. Industrijski endoskopi koriste svoj izvor svetla, dovoljno jak da mogu da osvetle nepristupačne prostore u kojima nema prirodnog ili veštačkog svetla. Endoskopi se primenjuju za pregled cevovoda u parnim kotlovima centralnih otvora turbina, stanja unutrašnjih delova generatora, površina zupčanika u prenosnicima, površine cilindara i oštećenja na ventilima motora i klipnih kompresora, sudova pod pritiskom, položaja jezgra transformatora, stanja aksijanih kompresora, mlaznih motora. U slučaju sklopova i delova savremenih motornih vozila, kod kojih zbog kompaktne strukture, nije moguće izvršiti pregled i kontrolu bez složene i skupe demontaže, primena endoskopa pojednostavljuje i značajno snižava cenu zahvata.

Industrijska endoskopija je počela da se primenjuje kao metod kontrole i inspekcije, sa izvesnom dozom subjektivizma. Hardver, a posebno softver koji je primenjen u današnjim endoskopima, omogućio je da industrijska endoskopija postane egzaktan merni metod. Ovo omogućava da se industrijska endoskopija uvrsti u ravnopravne metode laboratorije koja je akreditovana prema standardy SRPS ISO IEC 17025:2017. kao kriterijumi ponovljivosti i obnovljivosti dati u seriji standarda SRPS ISO 5725:2007. Prikazan je kratak kritički prikaz primene odnosnih standarda. Ponovljivost i reproduktivnost metode omogućavaju smanjenje merne nesigurnosti. U zaključku su date preporuke koje se odnose na upravljanje rizicima.

Ključne reči: *industrijska endoskopija, ispitivanje, standard SRPS ISO IEC 17025 i standard SRPS ISO 5725, upravljanje rizicima*

1. UVOD

Vizuelno snimanje stanja je najčešća nedestruktivna metoda vrlo primenjiva u raznim oblastima dijagnostike. Vizuelni pregled stručnog i iskusnog lica, tamo gde je on moguć, daje izobilje važnih zapažanja i smernica za dalji dijagnostički rad.

Vizuelni pregled ima za cilj kontrolu i snimak stanja ili radi utvrđivanja uzroka i specifičnosti neke neispravnosti ili preduzimanja blagovremenih radnji održavanja radi prevencije neispravnosti. Kod jednostavnih i očiglednih neispravnosti vizuelni pregled je dovoljan, međutim kod složenijih neispravnosti primenjuju se defiktaže kojima se obuhvataju i druge me-

tode merenja i ispitivanja, kao i ekspertize ukoliko se radi o multifunkcionalnoj neispravnosti.

Početni korak defektaže je vizuelni pregled (ukoliko je primenjiv), međutim u cilju utvrđivanja prirode neispravnosti i pretpostavke ili saznanja o uzročniku, primenjuju se ostale potrebne metode ispitivanja, prvenstveno metode bez razaranja, kao lakše i „bezopasnije“, a ako to nije moguće metode za razaranjem, pogotovu u slučajevima kada se već vizuelnim pregledom utvrdi da su delovi nepovratno oštećeni.

Kod vizuelnog pregleda važnu ulogu igra čulo vida, međutim, obrada vizuelnih informacija i njihovo upoređivanje sa prethodnim znanjem, a naročito iskustvom lica koje vrši vizuelni pregled, čini razliku između ekspertskog i laičkog pregleda.

Uopšteno rečeno vizuelnim pregledom se mogu utvrditi sledeće promene na delovima:

- promene oblika;
- mehanička oštećenja;
- naslage;

Adresa autora: Vojislav Božanić, Centar za ispitivanje motornih vozila AUTO VISIT, Beograd, Milošev kladenac 14 b

e-mail: vojkanbozanic@gmail.com

Rad primljen: 15.04.2024.

Rad prihvaćen: 09.05.2024.

- promena boje materijala;
- koroziona i eroziona oštećenja i
- fisure (pukotine) i frakture (lomovi).

Sve navedene promene se beleže (foto i video zapisima, poželjno i tekstualnim opisima).

Tu dolazi do izražaja znanje i iskustvo lica koje vrši pregled, koje koristi sledeće „logičke alate“:

- analogija sa ranije poznatim (upoređenje stanja predmeta sa prethodnim znanjima i iskustvima);
- indukcija (izvođenje zaključka na osnovu pojedinačnih neposrednih činjenica koje su međusobno dovoljno slične);
- dedukcija (polazeći od opštih premisa o mogućem uzroku, eliminacijom se dolazi do pretpostavki koje se u tom trenutku prihvataju kao moguće); i
- premise čiji je redosled formiran prema logičkoj verovatnoći koje se postepeno isključuju počev od logički najmanje verovatne.

Vizuelni pregled se može vršiti korišćenjem belog svetla ili UV svetla. UV svetlo se koristi kada se vizuelni pregled kombinuje sa nekom od metoda za ispitivanje bez razaranja kao što su penetranti i magnetni fluks [1].

2. INDUSTRIJSKA ENDOSKOPIJA

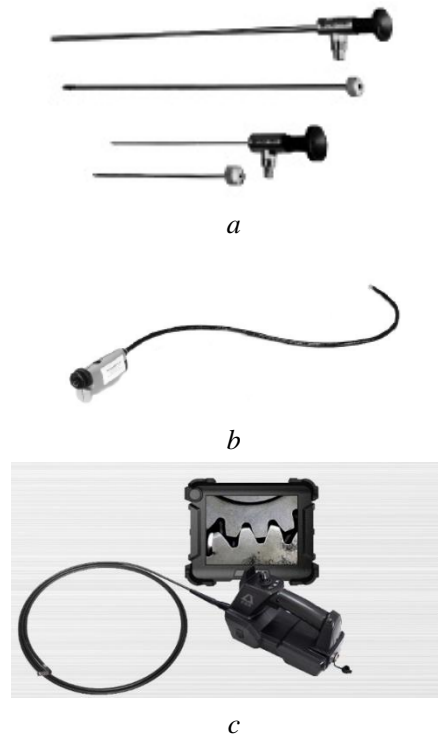
U slučaju pregleda sklopova i delova savremenih motornih vozila, zbog kompaktne strukture, često je nemoguće izvršiti pregled i kontrolu bez složene i skupe demontaže, pa čak specijalizovanih alata, jednokratno upotrebljivih zaptivnih materijala, kao i posebno obučene radne snage, pa primena endoskopa kao dijagnostičke metode pojednostavljuje i značajno snižava cenu zahvata.

Prvobitni industrijski endoskopi korišćeni do 1970-ih godina su bili endoskopi sa krutom cevi pod nazivom - boroskopi i periskopi. Veliki gubitak svetla je ograničavao dužinu ovakvih uređaja do najviše 1m. Zbog ograničene pristupačnosti skrivenim prostorima, kao i zbog sferne aberacije slike, boroskopi su mogli biti korišćeni samo za osmatranje, a na i za merenje.

Tehnološki napredak u oblasti optike i optoelektronike je omogućio prenos slike pomoću snopova tankih staklenih vlakana, tako da svako stakleno vlakno debljine od 1 do 5 μm prenosi po jednu tačku slike. Snop staklenih vlakana debljine 3 do 5 mm, koji u sebi sadrži više miliona staklenih vlakana, prenosio bi praktično „tačku po tačku“ celu sliku. Rezolucija slike je direktno proporcionalna broju staklenih vlakana.

Savitljivost staklenih vlakana omogućila je pojavu savitljivih endoskopa i otvorila velike mogućnosti u oblasti pristupa skrivenim prostorima.

Najčešći oblici endoskopa prikazani su na slici 1.



Slika 1 - a. kruti endoskop - boroskop; b. savitljivi endoskop sa okularom; c. endoskop sa ekranom

Savitljivi endoskop ima elastičnu čeličnu oblogu, obično kao pleteno čelično crevo preko kog je prevučeno visoko otporno teflonsko crevo.

Kod prvih savitljivih endoskopa za registraciju slike korišćen je foto aparat ili kino kamera spojeni na okular putem adaptera. Kod današnjih endoskopa je uobičajeno da se slika ne prenosi na okular već na ekran visoke rezolucije gde se uz pomoć softvera, nanosi merna mreža ili odgovarajuća merna traka sa bojama.

Ukupna dužina fleksibilnih endoskopa – fiberskopa je od 1 do 3 m od čega je deo koji se može zavući u skriveni prostor 90% ukupne dužine endoskopa, a ostatak se odnosi na ekran ili okular i držač sa uređajem za prostorno upravljanje aktivnim krajem endoskopa gde se nalazi objektiv. [3]

Kod fleksibilnih endoskopa – fiberskopa, dužine do 3 m prenos slike obezbeđuje snop izuzetno tankih staklenih vlakana koji sadrži 3 do 4 miliona vlakana pri čemu je svako vlakno presvučeno nano keramičkim slojem koji reflektuje svetlost ka unutrašnjosti vlakna. Ukupna debljina snopa staklenih vlakana je 2 do 3 mm.

3. FORMIRANJE SLIKE

Slika koja se formira u objektivu na operativnom vrhu endoskopa razlaže se na piksele tako da svako vlakno prenosi po jedan piksel slike do okulara,

odnosno ekrana koji se nalazi na rukohvatu kod operatera. Granica rezolucije slike jednaka je broju staklenih vlakana u snopu za prenos slike, a to je 3 do 4 miliona piksela.

Svetlo kojim se osvetljava skriveni prostor se prenosi posebnim optičkim kablom od izvora koji se nalazi van prostora koji se pregleda, pored rukovaoca, do mesta koje se pregleda, neposredno pored objektiva koji se nalazi na operativnom vrhu endoskopa. S obzirom da staklena vlakna prenose samo svetlost, a ne i toplotu, operativni vrh endoskopa se ne greje i može se bezbedno koristiti i prilikom pregleda zapaljivih ili eksplozivnih prostora (isparenja naftinih derivata kao što su benzin, nafta, kerozin, petrolej ili tečni gasovi kao što su acetilen, vodonik, propan, butan, metan, etilen itd). Ukupna debljina endoskopa kod kraćih endoskopa je $\varnothing 15$ mm, a kod dužih endoskopa oko $\varnothing 15$ mm, pa u skladu sa tim mora postojati prilazni otvor.

Osvetljenje skrivenog prostora koji se pregleda i eventualno snima ostvaruje se uz pomoć izvora svetla tzv CLS (Cold Light Source) koji se nalazi van uređaja koji se pregleda. Potrebna količina svetla je nekoliko hiljada lumena, kod registracije filmom i kod zidova skrivenog prostora koji su visoko apsorbujući u pogledu svetla.

Za pregled dugačkih cevovoda (kanalizacija, gasovod, naftovod i sl) koriste se endoskopi koji imaju drugačiju građu. Na operativnom vrhu nije objektiv već kamera, a prenos slike od kamere do spoljnog ekrana obavlja električni provodnik.

Konfiguracija savremenih manjih endoskopa obuhvata digitalnu registraciju pomoću ugrađenog digitalnog fotoaparata visokih performansi sa mogućnosti da se slike memorišu, radi dalje obrade i korišćenja. Ovaj ugrađeni fotoaparat je visoke rezolucije sa osetljivim filterima za boje. [5]

4. STANDARDIZACIJA U OBLASTI ENDOSKOPIJE

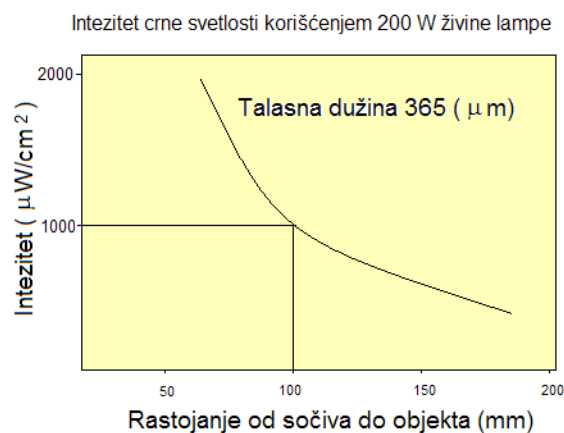
Endoskopija je u medicini u masovnoj i nezamenljivoj primeni, tako da postoje specijalizovani endoskopi skoro za svaku granu medicine (gastroenterologija, urologija, pulmologija, kardiologija itd). Za svaku od grana medicine razvijani su endoskopi posebne građe i oblika.

Upravo zbog toga su i prvi standardi iz oblasti endoskopije razvijeni za potrebe medicine ASTM F1518-00 [6] i ASTM F1992-99 [7], kao i prSRPS EN 60601-2-18:2018 [8].

Za sada u oblasti industrijskih endoskopa nisu razvijeni standardi. Postoji i još uvek je na snazi američki vojni standard MILSTD45662A: [9], iz daleke 1988 godine.

Ovaj metrološki standard daje opšte smernice za proveru merila, za zapise o stanju i statusu merila, tako da ovi principi važe i danas.

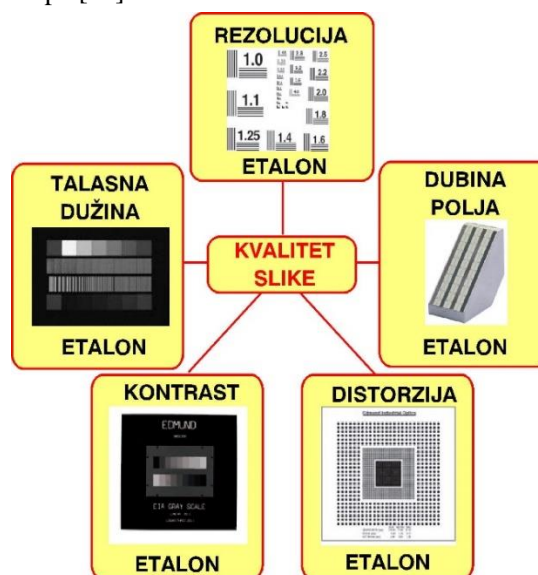
Zahtev u pogledu kvaliteta osvetljavanja je prikazan na slici 2. Na slici je prikazan odnos rastojanja sočiva od ispitivanog predmeta i potreban intenzitet svetla. [10].



Slika 2 - Odnos između svetlosnog intenziteta i udaljenosti od sočiva do objekta (pod terminom „crna svetlost“ se podrazumeva UV svetlost talasne dužine manje od 400 μm)

Softver koji je u primeni kod današnjih endoskopa u značajnoj meri je omogućio da industrijska endoskopija postane pouzdana merna metoda.

Na slici 3 su prikazani potrebni zahtevi koji se nose na kvalitet slike, a na slici 4 zahtevi za kvalitetom optičkih i elektronskih delova kod savremenih endoskopa [11].



Slika 3 - Slika prikazuje koji optički zahtevi kod endoskopa utiču na kvalitet

Da bi se ostvarila ponovljivost ispitivanja [12] neophodna je ponovljivost u pogledu rezolucije slike,

talasne dužine svetla, polja dubinske oštine, kontrasta i distorzije lika.

Ovi parametri se direktno mere pomoću za to namenjenih etalona i to predstavlja prvi korak provere ponovljivosti.

Drugi korak provere ponovljivosti prikazan je na slici 4 koji se sastoji iz provere električnih, odnosno, optoelektronskih veličina preko odgovarajućih električnih, merljivih i uporedivih veličina.



Slika 4 - Optičke i elektronske komponente koje su od uticaja na kvalitet endoskopske slike

5. ENDOSKOPSKO ISPITIVANJE KAO METODA KOJU PRIMENJUJE LABORATORIJA AKREDITOVANA PREMA STANDARDU SRPS ISO/IEC 17025

Ispitna laboratorija koja ima u svom sastavu i endoskopska ispitivanja akredituje se prema zahtevima standarda SRPS ISO/IEC 17025: 2017 [13].

Tom prilikom je posebno značajno zadovoljenje zahteva poglavlja 6. ovog standarda Zahtevi za resurse, što predstavlja jedan od dokaza o tehničkoj kompetentnosti laboratorije.

Kada je reč o laboratoriji koja koristi endoskopska ispitivanja, posebno se proverava zadovoljenje zahteva tačke 6.2 Osoblje, kao i zahtev tačke 7.6 Vrednovanje merne nesigurnosti i zahtev 7.7 Obezbeđenje validnosti rezultata.

5.1 Zahtevi 6.2 u standardu SRPS ISO/IEC 17025 [13]

Ispunjenost zahteva 6.2. Osoblje podrazumeva: odgovarajuću stručnu spremu osoblja i iskustva u endoskopskim ispitivanjima, kao i određene fizičko-zdravstvene osobine osoblja.

Iskustvo osobe ne podrazumeva samo niz ranijih tehničkih događaja u kojima je osoblje uzelo učešća i vremenski period (radni staž) proveden na radu, već pre svega, intelektualnu obradu događaja koji su se desili, uz korišćenje prethodno stečenih znanja i prethodno pomenutih „logičkih alata“.

Ovako obrađeno iskustvo vodi ka stvaranju zaključaka o uzročno-posledičnim vezama koje podnose ispit ponovljivosti i u koje se može verovati. Time se povećava fond znanja, kako pojedinca tako i laboratorije.

Ove veštine osoblje stiče kroz organizovane eksternu i interne obuke, o čemu se sačinjavaju zapisi. Dokazana i proverljiva iskustva predstavljaju najvažnije reference pojedinaca i laboratorije u kojoj deluju.

5.2 Zahtev 7.6 u standardu SRPS ISO/IEC 17025

Zahtev 7.6. (Merna nesigurnost) je ranije, kod endoskopskih ispitivanja, obezbeđivan putem obaveznih uvežbavanja veštine ocenjivanja na unapred pripremljenim uzorcima.

Razvoj endoskopskih softvera, koji omogućavaju da se preko slike ubace, vrlo precizne, čak i trodimenzionalnih merne mreže, obezbeđuje da se putem endoskopskog ispitivanja obave i pouzdana unutrašnja merenja. Ovim se značajno smanjuje merna nesigurnost, a procena postaje objektivnija i pouzdanija uz odgovarajuću ponovljivost i reproduktivnost merenja.

Iskustvo u izazovima i mogućim greškama kod endoskopskog ispitivanja (koje uvek nosi i deo subjektivne procene ispitivača), poznavanje sklopa ili dela koji se ispituje, kao i odlično poznavanje uslova u kojima će taj deo raditi u eksploataciji (temperature, pritisci, vibracije) su osnove za sigurnu procenu stanja i predikciju daljeg rada uređaja i podatke o validaciji.

Organizacija rada, i kompletnost zapisa (tekstualnih, klasičnih fotografija ili digitalnih slika) je važna za obezbeđenje poverenja u kvalitet rezultata ispitivanja putem obezbeđenja validnosti rezultata (tačka 7.7) Adekvatna, primena statističkih tehnika, korišćenjem referentnih materijala, ukoliko je primenljivo, omogućava da se ispitivanje može ponoviti na uporediv način.

Kada se endoskopom ispituju sklopovi i uređaji čiji je vek dug, čak i 30 i 40 godina više desetina godina (sklopovi snage u hidro i termo elektranama, lokomotivski motori i prenosnici, brodski motori i postrojenja itd), podaci o ranijim ispitivanjima imaju veliki značaj i zahtevaju pažljivo čuvanje, da bi se omogućilo upoređenje stanja tog sklopa u toku njegovog „životnog perioda“ kako zbog praćenja degradacije, tako i zbog predikcije veka, a posebno zbog određivanja optimalnog perioda do sledećeg ispitivanja [12].

Savremeni softveri, kod složenijih endoskopa, omogućavaju analize promene boje metala uz određivanje toplote boje čime, na primer, mogu da pomognu u proceni veličine i inteziteta zone uticaja toplote (ZUT) na unutrašnjosti cevi koje su zavarivane sa spoljne strane.

6. PRIMENJIVOST STANDARDA SRPS ISO 5725:2007

Putem preciznosti se izražava rasipanje rezultata kada se ispitivanje ponavlja pod istim uslovima.

Ponovljivost i reproduktivnost su mere kojima se preciznost izražava.

Ponovljivost pokazuje rasipanje rezultata kada isti izvršilac ponovi merenje koristeći istu opremu. Ponovljivost označava ujednačenost u rutini postupka

Reproduktivnost pokazuje rasipanje rezultata kada se ista metoda primenjuje u različitim laboratorijama, kada je sprovede različiti izvršioци i kada se primenjuje različita oprema.

Reproduktivnost pokazuje kvalitet i robustnost metode. Ponovljivost i reproduktivnost su dva ekstrema, od kojih prvi predstavlja minimum, a drugi maksimum varijabilnosti rezultata [15].

Primena zahteva serije standarda SRPS ISO 5725:2007, naročito Deo 2 i Deo 4 ne samo moguća i primenjiva, već i obavezna [16], [17].

Metode koje obezbeđuju pouzdanost i ponovljivost procesa merenja uz ponovljivost ili reproduktivnost metode, su u potpunosti primenjive na endoskopska ispitivanja. [15].

7. MENADŽMENT RIZIKOM KOD ENDOSKOPSKIH ISPITIVANJA

Endoskopska ispitivanja, kada se primenjuju za pregled i/ili unutrašnja merenja vrlo skupih (kapitalnih) sklopova i uređaja kao što su parni kotlovi, sklopovi snage termo i hidro elektrana, brodski i lokomotivski motori i postrojenja, obuhvataju značajnu pripremu i često višednevni rad iskusnog pregledača uz korišćenje odgovarajuće opreme.

Stoga se endoskopska ispitivanja primenjuju:

- kada je demontaža i montaža radi pregleda složena, dugotrajna, skupa ili zahteva specijalizovanu radnu snagu i skupe potrošne materijale ili
- prema njihovoj prirodi demontaža nije moguća, tj. nemoguće je prići na drugi način osim endoskopom, kao što su centralni otvori osovine rotora turbina, kanali u velikim odlivcima i slično.

Inicijalne pukotine na unutrašnjosti osovine rotora turbina mogu se utvrditi isključivo endoskopom.

Centralni otvori prečnika 90 do 120 mm i dužine 5.000 do 7.000 mm su konstruktivno predviđeni za endoskopski pregled, koji se obavlja na 100% unutrašnje površine korišćenjem bele i UV svetlosti i aktiviranjem površine penetrantima i magnetnim fluksom. Cena rotora u sklopu snage u termoelektrani, u zavisnosti od veličine i snage kreće se između 5 i 20 miliona dolara.

Otkriće značajne (po više od ½ obima) i dublje inicijalne pukotine predstavlja tehničku osnovu za skupocenu investicionu odluku o zameni rotora.

Ovo je razlog zbog koga je kod endoskopskih ispitivanja potrebno i poželjno primeniti načela upra-

vljanja rizikom, koja su definisana u standardu SRPS ISO *Guide 73:2015* [18], u standardu SRPS ISO 31000:2019 [19], kao i standardu SRPS EN IEC 60300:2022 - Deo 3, Odeljak 9 - Menadžment pouzdanosti [20].

Analize rizika se sprovede individualno, a za važne i skupe odluke kao ekspertske metode.

Tehnička poboljšanja koja su moguća su:

- razvoj endoskopskog hardvera (osvetljenje, dimenzije endoskopa, poboljšanja daljinskog upravljanja kod endoskopa namenjenih za dugačke cevovode i naftovode i slično) kao i
- poboljšanje preciznosti i pouzdanosti endoskopskog softvera posebno u pogledu trodimenzionalnih merenja.

Ova poboljšanja omogućavaju definisanja kriterijuma rizika, ocenjivanje i analizu rizika, kao i validaciju rizika.

U daljem razvoju endoskopskih metoda može se očekivati razvoj ovakvih performansi.

8. PRIMENA ENDOSKOPA KOD ISPITIVANJA MOTORNIH VOZILA

Pravilnik o ispitivanju motornih vozila [21], kao podzakonski akt Zakona o bezbednosti saobraćaja [22], je pravna osnova po kojoj rade Centri za ispitivanje motornih vozila u Srbiji. Prilikom ispitivanja vozila, u zavisnosti od vrste ispitivanja, registruje se, na osnovu pregleda ili merenja, od 80 do 85 podataka od čega se 40-ak, pored zapisivanja i fotografije, od čega 2 do 10 endoskopski.



Slika 5 - Korišćenje industrijskog endoskopa kod pregleda skrivenih prostora motornih vozila

Neki identifikacioni podaci na vozilima nisu direktno optički vidljivi, tako da bi za potrebe pristupa i njihovog pregleda i fotografisanja bilo potrebno dosta demontaža delova, kao i montaža posle pregleda, što bi zahtevalo odgovarajuće veštine i specijalizovane uslove i alate, i značajno produžilo vreme i trošak ispitivanja.

Pri ispitivanju motornih vozila prema Pravilniku ne vrše se unutrašnja merenja, tako da se ovde primenjuju relativno jednostavniji endoskopi.

Za ispitivanje nepristupačnih prostora kod vozila koristi se industrijski endoskop, sa mogućnošću osvetljenja unutrašnjeg prostora koji se pregleda i mogućnošću fotografisanja. Potrebna dužina ovog endoskopa je 1,5 do 2 metra, a debljina 10 do 20 mm.

Pored navedenih ispitivanja motornih vozila prema Pravilniku, preglede industrijskim endoskopom vrši policija i carina u cilju utvrđivanja da li u nepristupačnim prostorima konstrukcije vozila ima sakrivenih nedozvoljenih materijala.



Slika 6 - Broj motora BMW X6-X drive 4.0 endoskop BOSCH profesional GIC 125 [22]



Slika 7 - Broj motora BMW 740d X drive, endoskop BOSCH profesional GIC 125 [22]

9. ZAKLJUČAK

Kod industrijske endoskopije, kao i kod velikog broja drugih mernih metoda, postoji subjektivni uticaj operatora. Ovo je posebno bilo primetno kod starijih verzija endoskopa. Tu je veština, uvežbanost, iskustvo i znanje operatora bilo dominantno.

Razvojem hardvera i softvera endoskopsko ispitivanje postaje sve objektivnije, tako da po tačnosti, preciznosti, i ostalim odlikama zadovoljava zahteve standarda SRPS ISO IEC 17025.

Na endoskopska ispitivanja se mogu primeniti zahtevi standarda SRPS ISO 5725:2007 u pogledu ponovljivosti i reproduktivnosti, što omogućava kontrolisane uslove za održavanje merne nesigurnosti.

Ocena rizika kod endoskopskih ispitivanja je u skladu sa zahtevima standarda SRPS ISO 31000:2019 i standarda SRPS ISO Guide 73:2015.

Sve ovo čini da današnja endoskopska ispitivanja predstavljaju siguran put ka tehničkoj istini, i da

predstavljaju pouzdan oslonac prilikom donošenja skupih i značajnih investicionih odluka u oblasti održavanja.

LITERATURA

- [1] Vojislav Božanić, Industrijski endoskop - uređaj za pregled nepristupačnih prostora, *Železnica*, broj 4 / 1986 Zajednica jugoslovenskih železnica, strana 85-96 UDK 658.581:625.23.24.282. 286:620.170.179.1.6
- [2] Autorizovana predavanja Vojislav Božanića, na kursu Vizuelne kontrole I i II nivo - održano u Centru za permanentno obrazovanje Instituta za nuklearne nauke „Vinča“ maj, 1989.
- [3] OLYMPUS IF - 8D3/11D3 Industrijski fiberskop (uputstvo za rad) prevod Vojislav Božanić. maj 1986
- [4] OLYMPUS CLV - Izvor hladnog svetla velikog inteziteta (uputstvo za rad) prevod Vojislav Božanić. maj 1986
- [5] Autorizovana predavanja Vojislav Božanića, na kursu Vizuelno ispitivanje materijala I i II nivo - održano u Centru za permanentno obrazovanje Instituta za nuklearne nauke „Vinča“ 25.09 - 06.10 1995
- [6] Standard ASTM F1518-00 Standard Practice for Cleaning and Disinfection of Flexible Fiberoptic and Video Endoscopes Used in the Examination of the Hollow Viscera, ASTM 2000. godine i povučen 2009.
- [7] Standard ASTM F1992-99 Standard Practice for Reprocessing of Reusable, Heat-Stable Endoscopic Accessory Instruments (EAI) Used with Flexible Endoscopes, ASTM 1999.
- [8] Standard pr SRPS EN 60601-2-18:2018 Elektromedi-cinski uređaji – Deo 2-18: Posebni zahtevi za osnovnu bezbednost i bitne performanse uređaja za endoskopiju, 2018.
- [9] Standard MIL-STD-45662A: Calibration Systems Requirements, izdanje Department of Defense USA, june 1980
- [10] Živoslav Adamović Održavanje prema stanju u mašinstvu, *Pronalazaštvo*, Beograd 1990
- [11] Asturio Baldin - Luciano Furlanetto *La manutenzione secondo condizione*, Editore: Franco Angeli, Milano, 1980.
- [12] Vojislav Božanić, Upravljanje kvalitetom u oblasti endoskopskih ispitivanja, *Elektroprivreda* br. 1/2006, 2006.

- [13] Standard SRPS ISO/IEC 17025:2017 Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i laboratorija za etaloniranje, Institut za standardizaciju Srbije 2017.
- [14] Standard SRPS ISO 5725-1:2007, Tačnost (istinitost i preciznost) metoda merenja i rezultata: Deo 1: Opšti principi i definicije, Institut za standardizaciju Srbije, 2007.
- [15] Standard SRPS ISO 5725-2:2007, Tačnost (istinitost i preciznost) metoda i rezultata merenja Deo 2: Osnovna metoda za određivanje ponovljivosti i reproducibilnosti standardne metode merenja, Institut za standardizaciju Srbije, 2007.
- [16] Standard SRPS ISO 5725-3:2007, Tačnost (istinitost i preciznost) metoda i rezultata merenja Deo 3 Srednje mere preciznosti standardne merne metode, Institut za standardizaciju Srbije, 2007.
- [17] Standard SRPS ISO 5725-4:2007, Tačnost (istinitost i preciznost) metoda i rezultata merenja Deo 4: Osnovne metode za određivanje istinitosti standardne merne metode merenja, Institut za standardizaciju Srbije, 2007.
- [18] Standard SRPS ISO Guide 73:2015 Menadžment rizikom – Rečnik, Institut za standardizaciju Srbije, 2015.
- [19] Standard SRPS ISO 31000:2019 Menadžment rizikom – Smernice, Institut za standardizaciju Srbije, 2019.
- [20] Standard SRPS EN IEC 60300:2022 - Deo 3, Odeljak 9 - Menadžment pouzdanošću, Institut za standardizaciju Srbije. 2022.
- [21] Pravilnik o ispitivanju vozila, *Sl. glasnik RS*, br. 8/2012, 13/2013, 31/2013, 114/2013, 40/2014, 140/2014, 18/2015, 82/2015, 88/2016, 108/2016, 129/2021 - dr. pravilnik, 110/2022 - dr. pravilnik i 83/2023
- [22] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima *Sl. glasnik RS*, br. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 - odluka US, 55/2014, 96/2015 - dr. zakon, 9/2016 - odluka US, 24/2018, 41/2018, 41/2018 - dr. zakon, 87/2018, 23/2019, 128/2020 - dr. zakon i 76/2023.
- [23] Tehničko-pravna arhiva Centra za ispitivanje motornih vozila Auto Visit Beograd

SUMMARY

APPLICATION OF THE ENDOSCOPE IN THE MOTOR VEHICLE TESTS

Industrial endoscopes are devices that are intended for visual inspection of inaccessible spaces without disassembling parts or any destructive method. Industrial endoscopes use their own light source, strong enough to illuminate inaccessible spaces where there is no natural or artificial light. Endoscopes are used to inspect pipelines in steam boilers, central openings of turbines, condition of internal parts of generators, surfaces of gears in transmissions, surfaces of cylinders and damage to valves of engines and reciprocating compressors, pressure vessels, position of core transformers, condition of axial compressors, jet engines. In the case of assemblies and parts of modern motor vehicles, where, due to their compact structure, it is not possible to perform inspection and control without complex and expensive disassembly, the application of the endoscope simplifies and significantly lowers the cost of the procedure.

Industrial endoscopy began to be applied as a method of control and inspection, with a certain amount of subjectivism. The hardware, and especially the software used in today's endoscopes, has enabled industrial endoscopy to become an exact measurement method. This allows industrial endoscopy to be included in the equal methods of a laboratory accredited according to the SRPS ISO IEC 17025:2017 standard. as repeatability and reproducibility criteria given in the series of standards SRPS ISO 5725:2007. A brief critical review in the application of existing standards, is presented. In conclusion, recommendations related to risk management are given.

Key Words: *Endoscopy, testing, standard SRPS ISO IEC 17025 and standard SRPS ISO 5725, risk management*