Saviša Todorović,
dipl. inž.
Slobodan Dželetović,
dipl. inž.
Radisav Jugović,
dipl. inž.
Tehnički opitni centar KoV,
Beograd

ISPITIVANJE VOZILA NA NISKIM TEMPERATURAMA OKOLINE*

UDC: 629.13.004.15

Rezime:

Na niskim temperaturama okoline često se javljaju problemi u funkcionisanju pojedinih sistema vozila. Cilj ovog rada je da ukaže na značaj ispitivanja vozila na niskim temperaturama okoline i potrebu za izradom standarda iz ove oblasti, kao i da ukaže na sadržaj ovih ispitivanja kroz prezentaciju dosadašnjih iskustava u sprovođenju ovakvih ispitivanja na vojnim vozilima.

Ključne reči: niska temperatura, ispitivanje, vozilo, standardi, motor, transmisija, električna oprema, grejač.

VEHICLES TESTING AT LOW AMBIENT TEMPERATURES

Summary:

This paper presents the problem of vehicles usability at low ambient temperatures. Which problems in military vehicles and how to solve them is the purpose of this study.

Key words: low temperature, testing, standards, vehicle, engine, transmission, electric equipment, heater.

Uvod

Savremena vojna vozila, a sve više i sva teretna, terenska i putnička vozila i građevinske mašine moraju konstrukcijski da zadovolje zahteve za upotrebu i na niskim temperaturama okoline. S obzirom na specifična konstrukcijska rešenja koja iziskuje upotreba na niskim temperaturama okoline, i ispitivanja vozila u ovim uslovima postaju neophodna. Ona su neophodna i zbog činjenice da je ova oblast nedovoljno pokrivena domaćim i

stranim standardima (postoje samo GOST standardi u oblasti hladnog starta motora, određeni standardi u oblasti traktora, kao i fabričke norme većih proizvođača vozila i komponenata).

Ispitivanje vozila

Prema važećim jugoslovenskim vojnim standardima konstrukcija vozila mora da obezbedi pouzdanu upotrebu do temperature okoline od -30°C . Uslove upotrebe vozila na ovako niskim temperaturama definiše korisnik vozila postavljanjem taktičko-tehničkih zahteva. Zadatak ispitivača jeste da na osnovu rezultata ispitivanja zaključi da li ispitivano

* Rad je saopšten na savetovanju „Ispitivanje upotrebnog kvaliteta mototehničkih sredstava i ocena generalnog remonta“ 08. 12. 1998. u Beogradu.

vojno vozilo ispunjava postavljene zahteve korisnika.

Na osnovu iskustava stečenih na ispitivanju više od stotinu terenskih automobila, kamiona, elektroagregata, inženjerskih mašina i dr., može se definisati minimalni sadržaj ispitivanja vozila na niskim temperaturama okoline. To ispitivanje obuhvata:

- hladni start motora vozila,
- funkcionisanje sklopova transmisije i kočnog sistema,
- karakteristike rada elektroenergetske instalacije i opreme,
- toplotne ugodnosti radnog prostora.

Ispitivanja funkcionalnih karakteristika drugih sistema vozila kao i specijalnih nadgradnji, zasebnih uređaja i agregata, sprovode se po posebnom programu prema zahtevima korisnika.

Ispitivanje hladnog starta motora

Kao prvi problem pri upotrebi vozila na niskim temperaturama okoline pojavljuje se pokretanje (startovanje) pogonskog motora.

Na prvi pogled problem pokretanja motora može izgledati jednostavan i lako rešiv. Naime, potrebno je ispuniti „samo“ tri zahteva:

- spoljnim izvorom energije saopštiti motoru minimalni broj obrtaja potreban za pokretanje,
- u cilindru motora obezbediti temperaturu neophodnu za pravilno formiranje smeše i (ili) samopaljenje,
- u pravom trenutku ubrizgati određenu količinu goriva i (ili) obezbediti varnicu dovoljne energije za paljenje smeše.

Međutim, kada se posebno analizira svaki od ovih zahteva, zatim njihov među-

sobni uticaj, a posebno uticaj sniženih temperatura na mogućnost ispunjenja svakog od njih, dobija se sasvim druga slika. Na primer, sa snižavanjem temperature okoline minimalni broj obrtaja potreban za pokretanje motora, takozvani startni broj obrtaja, povećava se. Sa druge strane, sa snižavanjem temperature povećavaju se unutrašnji gubici u motoru, pa je sve teže postići taj broj obrtaja. Istovremeno spoljašnji izvor energije ima sve manji kapacitet, jer opada kapacitet akumulatorskih baterija u sistemu za električno pokretanje, pada pritisak vazduha u instalaciji za pneumatsko pokretanje, pa se čak i u slučaju ručnog pokretanja na niskim temperaturama smanjuje sposobnost rukovaoca. Kao poseban problem postavlja se pitanje odgovarajućeg goriva za niske temperature, posebno za dizel motore, itd.

Može se zaključiti da je otežano pokretanje motora na niskim temperaturama okoline prouzrokovano čitavim nizom složenih uticaja. Zbog toga i rešavanje ovog problema zahteva sistematsko i sveobuhvatno sagledavanje, prvo u fazi razvoja motora, a zatim u fazi konstruisanja ili odabiranja opreme motora i vozila za konkretnu ugradnju.

Svi veći proizvođači motora i vozila u toku razvoja, pored ostalih ispitivanja, vrše i ispitivanja startnih karakteristika motora na niskim temperaturama okoline prema svojim standardima i metodama. Na taj način utvrđuju graničnu temperaturu pouzdanog startovanja motora. Međutim, taj podatak najčešće nije poznat krajnjem korisniku, jer se ne prikazuje u tehničkoj specifikaciji ili uputstvu za vozilo kupljeno na tržištu. Na zahtev većih korisnika proizvođač može da deklariše i startne karakteristike motora, ali one su teško uporedive sa deklaracijom drugog

proizvođača, jer ne postoje opšteprihvaćeni standardi po kojima se one utvrđuju i proveravaju.

Ispitivanje startnih karakteristika motora na niskim temperaturama okoline u vojnim vozilima i svim drugim sredstvima za potrebe VJ, obavlja se prema metodi koja je 1982. godine prihvaćena kao važeći armijski standard *SNO 0142 – Metoda ispitivanja startnih karakteristika motora SUS na niskoj temperaturi okoline*. Standard definiše kompletnu metodologiju ispitivanja startnih karakteristika od pripreme motora i merne opreme, uslova i redosleda ispitivanja, do kriterijuma za ocenu rezultata ispitivanja.

Iskustva stečena na osnovu ispitivanja velikog broja najrazličitijih sredstava prema Standardu *SNO 0142* pokazala su opravdanost njegovog postojanja. Standard pomaže korisniku da definiše karakteristike koje sredstvo treba da ispuni u upotrebi, proizvođaču ili onome ko razvija sredstvo jasno ukazuje na tehničke, konstrukcijske i opšte zahteve u okviru kojih treba da se reši problem, a ispitnoj organizaciji olakšava postupak provere ispunjenja zahteva korisnika.

Kao ilustraciju navedenih stavova o složenosti problema pokretanja motora na niskim temperaturama okoline, koji se uspešno rešavaju sistematskim pristupom u svim fazama može se navesti primer prototipa terenskog automobila IMR 0,75 t razvijanog za potrebe VJ. Naime, pravilnim odabirom i ugradnjom odgovarajuće opreme u sistem za napajanje gorivom, sistem za hlađenje motora i sistem za predgrevanje uspešno je startovan motor na temperaturi okoline od -30°C sa dizel gorivom D1 koje nije deklarirano za upotrebu na ovako niskim temperaturama i sa motornim uljem gradacije SAE 30 koje, takođe, po svom

viskozitetu nije predviđeno za upotrebu u ovakvim uslovima. Kao što se vidi iz dijagrama (slika 1) motor vozila je uspešno startovan i samostalno je počeo da radi već nakon 5 sekundi kada je i pritisak ulja u motoru dostigao vrednost 2,5 bara.

Sl. 1 – Karakteristike startovanja na niskoj temperaturi

Ispitivanje funkcionisanja sklopova transmisije i kočnog sistema

Kompletna ispitivanja sklopova transmisije i kočnog sistema vozila u laboratorijskim uslovima na niskim temperaturama okoline nije moguće sprovesti bez hladne komore sa dinamometrijskim valjcima. S obzirom na to da VJ ne poseduje tako opremljenu hladnu komoru, ispitivanja ovih sistema na vojnim vozilima sastoje se u proveru njihove funkcionalne ispravnosti pri radu vozila u mestu. Naime, vozilo se u hladnoj komori postavlja na krute oslonce tako da se točkovi ne oslanjaju o podlogu, i nakon izlaganja

uticaju temperature proveravaju se funkcije svih sklopova transmisije i kočnog sistema u svim radnim položajima (spojnica, menjač, razvodnik pogona, pogonski mostovi, blokade, radna kočnica, parkirna kočnica, signalizacija).

Kod sklopova transmisije problemi se javljaju na komandama agregata transmisije koje su ugrađene izvan osnovnog kućišta. Najčešće su to blokade razvodnika pogona i pogonskih mostova. Kod kočnog sistema sa pneumatičkim prenosnim mehanizmom, zbog prisustva vlage i korozije u instalaciji dolazi do zapušavanja komponenata sistema. Ova pojava se efikasno otklanja ugradnjom isušivača vazduha koji nisu našli širu primenu u vojnim vozilima. Kod kočnog sistema sa mehaničkim prenosnim mehanizmima dolazi, zbog neadekvatnog vođenja poluga i užadi, a uz prisustvo vlage na niskim temperaturama, do blokiranja u zakočenom ili otkočenom stanju. Takođe, kod kočnica u točkovima može da dođe do „lepljenja“ kočne obloge za doboš i blokiranja točkova.

Ispitivanje karakteristika rada elektroenergetske instalacije i opreme

Problemi vezani za uticaj sniženih temperatura okoline na elektroenergetsku instalaciju i opremu javljaju se kod izvora napajanja, električnih potrošača, elektromehaničkih komponenti i električne instalacije.

Izvore napajanja vojnih vozila predstavljaju akumulatorske baterije, alternatori povezani sa njima u „pufer“ vezu i razni oblici pretvarača napona. Treba istaći da snižene temperature okoline do -30°C negativno utiču na realni kapacitet akumulatorskih baterija (olovne, NiCd i

dr.). Tako, na primer, olovne akumulatorske baterije koje u eksploatacionim uslovima imaju kapacitet 75% od nazivnog kapaciteta, na temperaturi okoline -30°C imaju svega 30% realnog kapaciteta, što čini oko 23% od C_n (nazivnog kapaciteta). Ako se uzme u obzir da veliki broj vozila ima dizel motore koji traže predgrevanje, i da su povećani otpori na obrtnim elektromehaničkim delovima, uspešnost starta pogonskih motora na sniženim temperaturama okoline izuzetno je otežana.

Da bi se ovaj problem razrešio proizvođači vozila su primenjivali razna rešenja od kojih treba napomenuti ugradnju grejača akumulatorskih baterija, kojima se zagreva elektrolit i znatno povećava njihov kapacitet.

Problemi koji se javljaju kod alternatora u slučaju rada na sniženim temperaturama okoline odnose se, prvenstveno, na nizak nivo izlaznog napona da bi se zbog povećanja unutrašnjeg otpora akumulatorskih baterija moglo uspešno izvršiti njihovo punjenje. Alternatori novije proizvodnje poznatih proizvođača imaju temperaturnu kompenzaciju izlaznog napona kojom se ovaj problem rešava.

Na slici 2 prikazane su dve krive temperaturne kompenzacije na alternatorima BOSCH (tipa N1, 28V/55A i K1, 14V/23/80A) za temperature okoline od -20°C do $+50^{\circ}\text{C}$ ugrađenih u vozila PUCH i PINZGAUER.

U retkim slučajevima na sniženim temperaturama okoline dolazilo je i do otkaza regulatora napona nastalih zbog nekvalitetnih ugrađenih elektronskih komponenti. U slučaju pretvarača napona uočeni problemi odnose se na loš kvalitet ugrađenih elektronskih komponenti (koje nisu verifikovane za upotrebu u VJ), nekvalitetna izvođenja štampanih

pločica (bez lakiranja) i električne instalacije (mehanički oštećena), što je imalo za posledicu smanjenje električnog otpora izolacije i otkaz uređaja.

Sl. 2 – Krive temperaturne kompenzacije na alternatorima

Od električnih potrošača ugrađenih u vozila, značajno je analizirati elektropokretače i motore različite namene. Problemi koji se javljaju u slučaju rada elektropokretača vezani su za povećane otpore na obrtnim delovima, smanjen nivo napona i kapacitet akumulatorskih baterija. To je imalo za posledicu povećanje struje potrošnje (oko 20% u odnosu na struju merenu na referentnoj temperaturi), povećan pad napona (oko 20% u odnosu na pad napona meren u referentnim uslovima) i zbog manjeg broja obrtaja znatno produžen električni start motora (dvadesetak puta duže vreme starta u odnosu na start u referentnim uslovima okoline – reda veličine do 20 sekundi). U slučaju rada motora različite namene negativne posledice sniženih temperatura

okoline ogledaju se u povećanoj struji potrošnje (pri startu motora), zaleđivanju slabo zaptivenih rotirajućih elemenata (ležaja i sl.) i pregorevanju namotaja motora zbog blokade rotora.

Negativni uticaj sniženih temperatura okoline na elektromehaničke komponente ogleda se u njihovom nepouzdanom radu (taster-prekidači, prekidači i potencijometri otkazuju, indikacija pregrevanja motora lažno signalizira). U većini slučajeva to je posledica slabog zaptivanja komponenti (ili nisu zaptivene ili su zaptivne gumice izgubile elastičnost) i zamrzavanja prodrle kondenzovane vlage.

Na električnoj instalaciji na sniženoj temperaturi okoline (do -30°C) dolazi do pojave neelastičnosti izolacije i plastičnih elemenata (oznaka, držača, stezaljki) koji pri održavanju pucaju. Takođe, na vodičima se kondenzuje vlaga koja u slučaju oštećenja izolacije smanjuje električnu otpornost izolacije, a može i da signalizira nepostojeće kvarove spajajući signalizator sa masom vozila.

Ispitivanja elektroenergetske instalacije i opreme pokazala su da neadekvatan odabir elemenata i sastavnih delova na niskim temperaturama okoline dovodi do pojave otkaza kao što su start motora, funkcija specijalne opreme i dr., a što se može izbeći pravilnim sagledavanjem problema eksploatacije vozila na niskim temperaturama okoline još u fazi projektovanja vozila.

Ispitivanje toplotne ugodnosti radnog prostora

Toplotna ugodnost vozila se u vojsci posmatra kao parametar zaštite i pokretljivosti vozila, a u krajnjem slučaju i kao parametar vatrene moći borbenog vozila,

jer samo potpuno spreman i sposoban vojnik (psihički i fizički) može da ispuni sve borbene zadatke sa vozilom i naoružanjem kojim rukuje. Međutim, sistem za grejanje i ventilaciju konstruktori vojnih vozila dugo nisu razmatrali kao značajan sistem. Smatralo se čak da je samo ugradnjom odgovarajućeg grejača u radne prostore problem obezbeđenja zadovoljavajućih mikroklimatskih uslova u zimskim uslovima upotrebe vozila rešen.

Rezultat takvog pristupa ovom problemu prikazan je na dijagramima slika 3 i 4.

Ispitivanjima koja su sprovedena na velikom broju vojnih vozila ustanovljeno je da mikroklimatski uslovi, kod većine, ne zadovoljavaju ni osnovne parametre toplotne ugodnosti kao što su temperatura komfora,¹ neravnomernost rasporeda temperatura, brzina strujanja vazduha i dr.

Sl. 3 – Brzina porasta srednje temperature vazduha u radnom prostoru

¹ Pod temperaturom komfora podrazumeva se temperatura vazduha radnog prostora na kojoj se osobe koje tu borave osećaju ugodno.

Na dijagramu (slika 3) prikazana je brzina porasta srednje temperature vazduha u radnom prostoru nekih specijalnih nadgradnji na vojnim vozilima. Ispiti-

Sl. 4 – Temperaturska neravnomernost radnog prostora vozila

vanja su vršena na $t_{ok} = -16^{\circ}\text{C}$, a prema SNO 0114/87 (kriterijum za ocenu dat u daljem tekstu rada). Iz prikazanih dijagrama vidi se da postoje znatne razlike u brzini porasta srednje temperature. Srednja temperatura kabina K-15, PATS i PVK ne dostiže vrednost temperature komfora ($+16^{\circ}\text{C}$), dok srednja temperatura kabina SnK i PTR dostiže tu vrednost, ali posle prekoračenja potrebnog vremena za efikasan sistem. Pored toga, prisutna je i velika temperaturska neravnomernost po zapremini grejanog prostora kod ovih kabina, koja se kreće i do 30°C , što je prikazano na dijagramu (slika 4).

Do pre par godina ovaj problem je bio izražen kako u civilnoj automobilskoj

industriji, tako i u građevinarstvu kod kabina radnih mašina, što je potvrđeno i ispitivanjima na vojnim vozilima i mašinama koje su proizvele civilne fabrike (Autokaroserija, FAP, TAM, Automontaža i dr.). Međutim, u poslednje vreme ovoj oblasti se pridaje znatno više značaja, pa su i ostvareni parametri toplotne ugodnosti znatno poboljšani (kamion IVECO 40.10W, terenski automobil PUCH 290GD6, kopač VOLVO, kamion FAP 2026).

Na dijagramu (slika 5) prikazani su rezultati ispitivanja jednog uspešno izvedenog sistema za grejanje. Sistem je izveden na vozilu PUCH GD6.

Ipak, nepostojanje odgovarajućih standarda i normi u ovoj oblasti, koji bi obavezivali proizvođače, pa samim tim i

vozilu, dovodi do toga da je i dalje prisutna šarolikost u kvalitetu ostvarene toplotne ugodnosti radnih prostora.

U VJ se ispitivanje toplotne ugodnosti vojnih vozila i vozila sa civilnog tržišta

Sl. 6 – Mesta za merenje temperature u kabini vozila

Sl. 5 – Rezultati ispitivanja sistema za grejanje vozila PUCH GD6

konstrukture motornih vozila da svoje projektovane sisteme za grejanje i ventilaciju potvrde merenjem na izvedenom

sprovodi prema standardu odbrane SNO 0114/87 – Efikasnost grejanja kabine i korisnog prostora vozila. Pod uslovima komfora po ovom standardu podrazumeva se isključivo stanje vazduha izraženo unutrašnjom projektnom temperaturom (temperatura komfora) koja iznosi $+16^{\circ}\text{C}$. Ostali parametri koji utiču na komfor, kao što su vlažnost, uticaj hladnih i toplih površina i dr. prema ovoj metodi se ne uzimaju neposredno u obzir.

Suština ispitivanja po ovom standardu jeste da se merenje temperature obavlja striktno na onim mestima gde borave ljudi (sedište vozača, suvozača, radna mesta rukovaoca i sl.) i to u visini stopala, kolena i glave, bilo u stojećem ili sedećem položaju (slika 6).

Ono što je posebno karakteristično za ovu metodu, a što neke druge norme ne uzimaju u obzir, jeste da se meri i vreme za koje se ostvari temperatura komfora na svim mernim mestima.

Ispitivanja po ovoj metodi u VJ se sprovode u hladnoj komori na tempera-

turi okoline -16°C , što je spoljna projektna temperatura prema ovom standardu.

Ocena sistema za grejanje daje se na osnovu koeficijenta efikasnosti koji je definisan izrazom:

$$K_{\text{ef}} = \frac{|t_0| + t_{\text{komf}}}{\tau_{\text{komf}}} [^{\circ}\text{C}/\text{min}]$$

gde je:

t_0 – temperatura okoline,

t_{komf} – temperatura komfora,

τ_{komf} – vreme postizanja temperature komfora.

Koeficijent efikasnosti praktično predstavlja brzinu postizanja temperaturnih uslova komfora u kabini i korisnom prostoru vozila.

Za borbena oklopna vozila mora biti $K_{\text{ef}} \geq 0,5$, pri čemu neravnomernost rasporeda temperatura Δt_{max} ne sme biti veće od 10°C .

Za vozačke kabine i specijalne nadgradnje vozila mora biti $K_{\text{ef}} \geq 0,7$, pri čemu $\Delta t_{\text{max}} \leq 10^{\circ}\text{C}$.

Za vozila čiji radni prostor podleže specijalnim zahtevima za grejanje (npr. sanitetska vozila) mora biti $K_{\text{ef}} \geq 1$, pri čemu $\Delta t_{\text{max}} \leq 5^{\circ}\text{C}$.

Standard *SNO 0114/87* propisuje, po mnogim mišljenjima, prilično stroge kriterijume za ocenu kvaliteta, ali njegova

striktna primena kod vozila kojima se vrši opremanje VJ pokazala se opravdanom, jer je znatno poboljšana toplotna ugodnost radnih prostora vozila.

Zaključak

Upotreba vozila na niskim temperaturama okoline zahteva sistematski pristup ovom problemu od faze projektovanja, razvoja, pa do proizvodnje vozila. Iskustva pokazuju da ove uslove primene vozila najčešće nisu dovoljno sagledali ni proizvođač vozila ni krajnji korisnik.

U svim fazama razvoja vozila neophodno je sprovoditi, pored ostalih ispitivanja, i ispitivanje karakteristika vozila pri upotrebi na niskim temperaturama okoline. Donošenje odgovarajućih standarda iz ove oblasti olakšalo bi krajnjem korisniku definisanje zahteva, projektantu sagledavanje svih mogućih problema konstrukcije, a ispitivačkim organizacijama proveru i ocenu ispunjenja zahteva.

Literatura:

- [1] SNO 0142, Metoda ispitivanja startnih karakteristika motora SUS na niskoj temperaturi okoline.
- [2] SNO 0114, Efikasnost grejanja kabine i korisnog prostora vozila.
- [3] Elaborat o završnom ispitivanju prototipske partije terenskog automobila 0,75 t.