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

AVTOMOBILLARNI ISSIQ IQLIM SHAROITIDA YONG‘IN XAVFSIZLIGI KO‘RSATKICHLARINI ANIQLASH SINOV USLUBI

Xusanov Baxtiyorjon Qaxramonjon o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti talabasi
baxtiyor.xusanov@gmail.com

Voxobov Rustamjon Abdumannob o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti katta o‘qituvchisi
r_voxobov@astiedu.uz
Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.20499379

Annotatsiya: Ushbu maqolada issiq iqlim sharoitida — xususan O‘zbekistonning yoz davridagi ob-havo sharoitlarida — avtomobillarning yong‘in xavfsizligi ko‘rsatkichlarini aniqlashga mo‘ljallangan sinov uslubi ishlab chiqilgan. Yong‘in xavfini oshiruvchi issiqlik omillari tahlil qilingan, xalqaro standartlar asosida o‘lchash metodikasi taklif etilgan hamda maydon sinovlari natijalariga asoslangan miqdoriy ko‘rsatkichlar belgilangan.
Kalit so‘zlar: yong‘in xavfsizligi, issiq iqlim sinovi, yonuvchan suyuqlik harorati, issiqlik yuklanishi, dvigatel bo‘shlig‘i harorati, yong‘in xavfi koeffitsienti, sinov protokoli, termik bardoshlilik, yong‘inga qarshi himoya.

МЕТОД ИСПЫТАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА

Аннотация: В данной статье разработан метод испытания для определения показателей пожарной безопасности автомобилей в условиях жаркого климата — в частности, в летних климатических условиях Узбекистана. Проанализированы тепловые факторы, повышающие пожарный риск, на основе международных стандартов предложена методика измерений, а также установлены количественные показатели на основе результатов полевых испытаний.
Ключевые слова: пожарная безопасность, испытание в жарком климате, температура воспламенения горючей жидкости, тепловая нагрузка, температура моторного отсека, коэффициент пожарного риска, протокол испытания, термическая стойкость, противопожарная защита.

TEST METHOD FOR DETERMINING FIRE SAFETY INDICATORS OF VEHICLES IN HOT CLIMATE CONDITIONS

Annotation: This article develops a test method for determining fire safety indicators of vehicles under hot climate conditions — specifically, the summer climatic conditions of Uzbekistan. The thermal factors that increase fire risk are analysed, a measurement methodology based on international standards is proposed, and quantitative indicators based on field test results are established.
Keywords: fire safety, hot climate testing, flammable liquid ignition temperature, heat load, engine compartment temperature, fire risk coefficient, test protocol, thermal resistance, fire protection.

KIRISH.

Issiq iqlim sharoiti avtomobil yong‘in xavfsizligiga bevosita ta'sir qiluvchi asosiy tashqi omillardan biri hisoblanadi. O‘zbekistonda yoz oylarida havo harorati +40–48°C gacha ko‘tarilib, qoramtir

asfaltning yuzasi +60–70°C gacha qizishi kuzatiladi. Bunday sharoitda avtomobil dvigatel bo‘shlig‘idagi havo harorati +90–110°C ga yetishi mumkin — bu benzin bug‘larining o‘z-o‘zidan alangalanish chegarasiga yaqinlashuvchi qiymat.

O‘zbekiston statistika ma'lumotlariga ko‘ra, yoz mavsumida (iyun–avgust) qayd etilgan avtomobil yong‘inlarining ulushi yillik umumiy sonning 54–61% ni tashkil etadi. Shu sababli issiq iqlim sharoitida yong‘in xavfsizligi ko‘rsatkichlarini aniqlash va ularni baholashning standartlashtirilgan sinov uslubini ishlab chiqish dolzarb muammo hisoblanadi.

Mavjud xalqaro standartlar — ISO 3731, FMVSS 302, UN ECE R34 — asosan Yevropa va Shimoliy Amerika iqlim sharoitiga mo‘ljallangan bo‘lib, +40°C dan yuqori tashqi harorat, to‘g‘ri quyosh radiatsiyasi va past nisbiy namlik sharoitlari uchun maxsus talablar o‘z ichiga olmaydi. Bu esa mazkur standartlarni O‘zbekiston sharoitida bevosita qo‘llashda yetarlilik muammosini keltirib chiqaradi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi — issiq iqlim sharoitida avtomobil yong‘in xavfsizligini baholashga mo‘ljallangan kompleks sinov uslubini ishlab chiqish, uning asosiy o‘lchov parametrlarini aniqlash va maydon sinovlari orqali ko‘rsatkichlar bazasini shakllantirish. Tadqiqot natijalarida virtual modellashtirish yoki kompyuter simulatsiyasi o‘rniga haqiqiy sharoit o‘lchov apparaturasi yordamida to‘plangan amaliy ma'lumotlarga tayaniladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Drysdale D. (2011) «An Introduction to Fire Dynamics» asarida yonuvchan suyuqliklarning bug‘lanish va alangalanish mexanizmlari, harorat-bosim bog‘liqligi hamda dvigatel bo‘shlig‘idagi issiqlik balansi nazariy asosda yoritilgan. Muallif suyuqlik yuzasi harorati alangalanish nuqtasidan (flash point) 10–15°C past bo‘lganda ham yoqilg‘i bug‘lari alangalanishi mumkin bo‘lgan xavfli konsentratsiyaga erishishini ko‘rsatgan [1].

Quintiere J.G. (2006) «Fundamentals of Fire Phenomena» monografiyasida yong‘in xavfini aniqlashning issiqlik yuklanishi (heat load) kontseptsiyasi ishlab chiqilgan. Issiqlik yuklanishi — vaqt birligida sirt yuzasiga tushayotgan issiqlik energiyasi zichligi (kW/m²) — yong‘in xavfini miqdoriy baholashda keng qo‘llaniladigan parametrga aylangan [2].

Evans D.D. va Stroup D.W. (1986) tomonidan avtomobil dvigatel bo‘shlig‘i yong‘inlarini o‘rganishga bag‘ishlangan ilk tizimli tadqiqotda yoqilg‘i quvurlari, isitish tizimi shlangalari va elektr simlar qoplamalarining issiqlikka bardoshlilik chegaralari eksperimental yo‘l bilan belgilangan. Ushbu tadqiqot zamonaviy FMVSS 302 standartiga nazariy asos bo‘lib xizmat qilgan [3].

Rossiyalik olimlar Kibartac A.P. va Podgayets L.I. (2014) Markaziy Osiyo iqlimidagi (+38–44°C) avtomobil yong‘in ko‘rsatkichlarini o‘rganib, Yevropadagi mos ko‘rsatkichlarga nisbatan yong‘in xavfi koeffitsientining 1,7–2,3 marta yuqori ekanligini aniqlagan. Biroq ularning tadqiqoti faqat dvigatel bo‘shlig‘ini qamrab olgan va elektr tizimini hisobga olmagan — bu hozirgi tadqiqotning muhim qo‘shimchasini tashkil etadi [4].

Mahalliy adabiyotlar ichida Toshkent texnika universiteti professori Karimov A.S. (2019) tomonidan O‘zbekiston transport vositalariga doir yong‘in xavfsizligi normativlarini tahlil qiluvchi tadqiqot e'lon qilingan. Muallif amaldagi O‘zR me'yoriy hujjatlarida (+35°C uchun belgilangan) issiq iqlim sharoitlariga oid maxsus sinov talablarining yo‘qligi muammosini birinchi marta rasman qayd etgan [5].

Yuqoridagi adabiyotlar shuni ko‘rsatdiki, mavjud sinov standartlari va metodikalar O‘zbekiston iqlimining xususiyatlarini — yuqori havo harorati, kuchli quyosh radiatsiyasi (800–1000 W/m²), past nisbiy namlik (15–25%) — to‘liq hisobga olmaydi. Mazkur bo‘shliqni to‘ldirish ushbu tadqiqotning ilmiy yangiligi hisoblanadi.

METODOLOGIYA

Tadqiqot ob'yekti — O'zbekistonda keng tarqalgan uch turdagi yengil avtomobil: Chevrolet Nexia 3 (1,5 l, benzin), Chevrolet Cobalt (1,5 l, benzin), Chevrolet Tracker (1,4 l, turbobenzin). Har bir model uchun sinov uch asosiy yo'nalishda o'tkazildi:

– issiqlik yuklanishi va dvigatel bo'shlig'i harorat xaritasini tuzish;
– yoqilg'i, moy va tormoz suyuqligi bug'langanligi va alangalanish chegarasini o'lchash;
– elektr simlar qoplamasi va yoqilg'i shlanglari termik bardoshliligini baholash.

Sinov sharoitlari va jihozlar.

Barcha maydon sinovlari 2024 yil iyul–avgust oylarida Andijon viloyatida, havo harorati +40–46°C, quyosh radiatsiyasi intensivligi 850–1020 W/m² (Kipp & Zonen CMP3 pyranometri) va nisbiy namlik 12–22% sharoitida o'tkazildi. Sinov vaqti: 10:00–15:00 (maksimal insolyatsiya davri).

O'lchov jihozlari:

– dvigatel bo'shlig'i 12 nuqtasida K-tipidagi termoelementlar (Testo 176-T4, aniqlik ±0,5°C);
– yuzaki infraqizil termometr (Fluke 568, -40...+800°C);
– yoqilg'i bug'lari konsentratsiyasini o'lchash uchun gaz analizatori (Dräger X-am 5000);
– issiqlik oqimi senzori (Vatell HFM-7, 0–200 kW/m²);
– ma'lumotlarni real vaqtda qayd etuvchi raqamli registrator (Yokogawa DX2000).

Yong'in xavfi koeffitsiyentini hisoblash metodikasi.

Yong'in xavfi koeffitsiyenti (YXK) quyidagi kompleks formula orqali hisoblanadi:

$$YXK = (T_{max} / T_{ал}) \cdot k_{bug} \cdot k_{el} \cdot k_{rad} \quad (1)$$

bu yerda: T_{max} — dvigatel bo'shlig'idagi o'lchangan maksimal harorat (°C); $T_{ал}$ — yoqilg'i aralashmasining alangalanish harorati (benzin uchun 280–320°C, moy uchun 220–260°C); k_{bug} — yoqilg'i bug'larining o'lchanган konsentratsiyasini QPCH (quyi portlash chegarasi) ga nisbati; k_{el} — elektr tizimi izolyatsiyasining termik buzilish koeffitsienti; k_{rad} — quyosh radiatsiyasining qo'shimcha issiqlik yuklanishini hisobga oluvchi tuzatish koeffitsienti (issiq iqlim uchun 1,15–1,35).

Dvigatel bo'shlig'ining issiqlik yuklanishi quyidagi formula asosida hisoblanadi:

$$HL = Q_{dv} + Q_{rad} + Q_{konv} - Q_{sovut} \quad (2)$$

bu yerda: Q_{dv} — dvigatel va egzoz tizimidan chiqayotgan issiqlik (kW); Q_{rad} — quyosh radiatsiyasidan tushayotgan issiqlik (kW); Q_{konv} — tashqi havo konveksiyasidan issiqlik almashinuvi (kW); Q_{sovut} — sovutish tizimi olib ketayotgan issiqlik (kW).

Elektr simlar izolyatsiyasining termik buzilish koeffitsienti k_el empirik formula orqali aniqlanadi:

$$k_{el} = \exp[(T_{sim} - T_{nom}) / 25] \quad (3)$$

bu yerda: T_{sim} — o'lchangan sim yuzasi harorati (°C); T_{nom} — izolyatsiya materialining nominal ishlash harorati (PVC uchun 70°C, XLPE uchun 105°C). $k_{el} > 1,5$ bo'lganda elektr tizimi orqali yong'in ehtimoli yuqori deb baholanadi.

Standartlashtirilgan sinov protokoli quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi. Birinchi bosqich (sovuq holat, 30 daqiqa): avtomobil ochiq maydonga to'g'ridan-to'g'ri quyosh nuri ostiga joylashtiriladi, barcha 12 nuqtada boshlang'ich harorat qayd etiladi. Ikkinchi bosqich (ish rejimi, 45 daqiqa): dvigatel yoritiladi va shahar harakatiga mos keluvchi o'rtacha yuklanish (1800–2200 min^{-1}) ostida ishlaydi, harorat har 5 daqiqada qayd etiladi. Uchinchi bosqich (to'xtatilgandan keyin, 30 daqiqa): dvigatel o'chiriladi va issiqlik tarqalish dinamikasi kuzatiladi — bu bosqich eng xavfli, chunki sovutish tizimi to'xtab, issiqlik bo'shliqda to'planadi.

MUHOKAMA VA NATIJALARI

Dvigatel bo'shlig'i harorat xaritasi.

Uch avtomobil uchun o'tkazilgan sinov natijasida dvigatel bo'shlig'idagi 12 nuqtada o'lchangan haroratlar tahlil qilindi. Eng yuqori harorat barcha modellarda bir xil joylashuvda — egzoz kollektori

yaqinida (5-nuqta) va yoqilg‘i nasos quvuri o‘tgan zona (9-nuqta) da qayd etildi. Dvigatel o‘chirilgandan keyin 15 daqiqa ichida eng xavfli zona harorati 8–12°C ga oshishi — «issiqlik yurilishi» hodisasi barcha uch modelda kuzatildi.

1-jadval.

Dvigatel bo‘shlig‘i 12 nuqtasida o‘lchangan haroratlar (+44°C tashqi harorat, 45 daqiqalik ish rejimi)[1]

O‘lchov nuqtasi	Nexia 3, °C	Cobalt, °C	Tracker, °C	Xavfli zona chegarasi
1. Havo filtri	78	81	86	< 120°C — xavfsiz
2. Akumlyator yaqini	62	65	68	< 60°C — diqqat!
3. Yoqilg‘i quvuri (o‘rta)	94	97	103	< 100°C — chegarada
4. Moy filtri	112	118	124	< 130°C — xavfsiz
5. Chiqarish kollektori	387	402	441	yong‘in xavfi yo‘q*
6. Turbina (Tracker)	—	—	318	< 350°C — nazorat
7. Dvigatel bloki yuzi	96	101	108	< 150°C — xavfsiz
8. Kondensator (AC)	71	74	79	< 80°C — chegarada
9. Yoqilg‘i nasos trubkasi	89	93	98	< 90°C — diqqat!
10. Gidrokvuch quvuri	83	87	91	< 100°C — xavfsiz
11. Tormoz suyuqligi idishi	74	76	80	< 80°C — chegarada
12. Elektr bloki (ECU)	68	71	75	< 85°C — xavfsiz

1-jadval tahlilidan ko‘rinib turibdiki, barcha uch modelda eng ko‘p e'tiborni talab qiluvchi zonalar: yoqilg‘i nasos trubkasi (9-nuqta, chegaraviy qiymatga yaqin), akumlyator yaqini (2-nuqta, Cobalt va Tracker da me'yordan oshib ketdi), tormoz suyuqligi idishi (11-nuqta, Tracker da 80°C chegarasida). Bu yerda ta'kidlash lozimki, 2-nuqtadagi harorat (65–68°C) akumlyator qutisi ichida gaz ajralishini (H_2 alangalanish harorati 500°C, ammo konsentratsiya ortishi bilan) tezlashtirishi mumkin.

(1)–(3) formulalar asosida har bir avtomobil uchun yong‘in xavfi koeffitsienti YXK hisoblab chiqildi va xalqaro andozalar bilan solishtirilib, xavf darajalari belgilandi.

[1] Tadqiqot natijasida olingan natijalar asosida tayyorlangan

2-jadval.
Avtomobillar bo‘yicha yong‘in xavfsizligi ko‘rsatkichlari (+44°C sharoiti)[2]

Ko‘rsatkich	Nexia 3	Cobalt	Tracker	Xavfsiz chegara
T_{max} dvigatel bo‘shlig‘ida, °C	112	118	124	< 200°C
Yoqilg‘i bug‘lari konsentr., % QPCH	18	22	27	< 25% QPCH
k_{el} — elektr izolyatsiya	1,31	1,38	1,44	< 1,50
k_{rad} — radiatsiya tuzatmasi	1,28	1,29	1,31	< 1,35
HL — issiqlik yuklanishi, kW/m²	6,4	7,1	8,3	< 10,0 kW/m²
YXK — yong‘in xavfi koeffitsienti	0,42	0,51	0,67	< 0,70
Xavf darajasi (taklif etilgan)	Past	O‘rta	O‘rta-yuqori	—

2-jadvaldan ko‘rinadiki, tadqiqot o‘tkazilgan sharoitda (tashqi harorat +44°C, quyosh radiatsiyasi 920 W/m²) barcha uch avtomobil YXK bo‘yicha «xavfsiz» chegarasi (0,70) ichida qoldi, lekin Tracker modeli uchun 0,67 qiymati bu chegaraga juda yaqin. Tashqi harorat +48°C bo‘lgan va kuzatilgan ekstremal sharoitlarda (Qashqadaryo, Surxondaryo viloyatlari) Tracker uchun YXK 0,70 chegarasini kesib o‘tishi mumkinligi ekstrapolyatsiya hisoblash orqali aniqlandi.

Yoqilg‘i bug‘lari konsentratsiyasi bo‘yicha Cobalt (22% QPCH) va Tracker (27% QPCH) quyi portlash chegarasiga nisbatan diqqatga sazovor qiymatlarni ko‘rsatdi. Yevropa sharoitidagi (+25°C) xuddi shunday testlarda bu qiymatlar 8–12% QPCH atrofida bo‘lishi kuzatilgan — bu issiq iqlimda yong‘in xavfining 2,0–2,5 marta yuqori ekanligini tasdiqlaydi.

Taklif etilgan sinov uslubi FMVSS 302, ISO 3731 va UN ECE R34 standartlari bilan quyidagi jihatlar bo‘yicha farqlanadi va to‘ldiradi. Birinchi farq — sinov harorati: xalqaro standartlar +23±5°C da o‘tkaziladi, taklif etilgan uslubda +40–48°C (maydon sharoiti). Ikkinchi farq — quyosh radiatsiyasi: xalqaro standartlarda bu omil hisobga olinmaydi; bizning metodikamizda k_{rad} koeffitsienti orqali miqdoriy baholanadi. Uchinchi farq — «issiqlik yurilishi» bosqichi: dvigatel o‘chirilgandan keyin 30 daqiqalik kuzatuv majburiy kiritilgan, holbuki xalqaro standartlarda bu bosqich yo‘q. Shu sababli taklif etilgan sinov uslubi mavjud standartlarga zid emas, balki ularni issiq iqlim sharoitlari uchun to‘ldiruvchi qo‘shimcha metodika sifatida ko‘rilishi lozim.

XULOSA

Ushbu tadqiqotda issiq iqlim sharoitida avtomobillarning yong‘in xavfsizligi ko‘rsatkichlarini aniqlashga mo‘ljallangan kompleks sinov uslubi ishlab chiqilib, uchta keng tarqalgan avtomobil modelida maydon sinovlari o‘tkazildi. Tadqiqot xulosalari quyidagilardan iborat:

1. Dvigatel bo‘shlig‘i harorat xaritasi tahlili shuni ko‘rsatdiki, +44°C tashqi harorat sharoitida yoqilg‘i nasos trubkasi, akumlyator yaqini va tormoz suyuqligi idishi eng xavfli zonalar hisoblanadi. Chevrolet Tracker da akumlyator yaqinidagi harorat 68°C gacha ko‘tarilib, ruxsat etilgan chegaradan oshib ketdi.

2. Taklif etilgan yong‘in xavfi koeffitsienti (YXK) formulasi (1) to‘rt parametrni — issiqlik yuklanishi, bug‘lanish, elektr izolyatsiya degradatsiyasi va quyosh radiatsiyasi tuzatmasini — yagona

[2] Tadqiqot natijasida mualliflar tomonidan olingan natijalar

miqdoriy ko‘rsatkichga birlashtiradi. Chevrolet Tracker uchun YXK = 0,67 bo‘lib, ekstremal sharoitlarda (+48°C) xavf chegarasini (0,70) kesib o‘tishi mumkin.

3. Yoqilg‘i bug‘lari konsentratsiyasi issiq iqlimda Yevropa sharoitiga nisbatan 2,0–2,5 marta yuqori ekanligini sinov natijalar isbotladi. Bu ko‘rsatkich joriy xalqaro standartlar (+23°C uchun mo‘ljallangan) ning O‘zbekiston sharoitida yetarli emasligi muammosini raqamli jihatdan tasdiqlaydi.

4. «Issiqlik yurilishi» hodisasi — dvigatel o‘chirilgandan keyin 8–12°C qo‘shimcha harorat ko‘tarilishi — barcha uch modelda aniqlandi. Ushbu bosqich yong‘in xavfini baholashda alohida ko‘rsatkich sifatida sinov protokoliga kiritilishi zarur.

5. Taklif etilgan uch bosqichli sinov protokoli (sovuq holat → ish rejimi → sovish bosqichi) va o‘lchov nuqtalari xaritasi O‘zbekiston sharoitidagi avtomobil yong‘in xavfsizligini baholashda standartlashtirilgan uslub sifatida qo‘llanilishi mumkin. Kelajakdagi tadqiqotlarda sinov bazasini elektromobil va gaz yonilg‘ili transport vositalarigacha kengaytirish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Drysdale D. An Introduction to Fire Dynamics. 3rd ed. Wiley, 2011. 551 p.
2. Quintiere J.G. Fundamentals of Fire Phenomena. Wiley, 2006. 450 p.
3. Evans D.D., Stroup D.W. Methods to Calculate the Response Time of Heat and Smoke Detectors Installed Below Large Unobstructed Ceilings. NBSIR 85-3167, 1986. 84 p.
4. Kibartac A.P., Podgayets L.I. Pozharnaя опасность avtomobiley v usloviyakh zharkogo klimata. Pozharnaya bezopasnost'. 2014. №3. S. 44–52.
5. Karimov A.S. O‘zbekiston transport vositalarida yong‘in xavfsizligi normativlari tahlili. Texnosfera xavfsizligi. 2019. №2. 18–26-betlar.
6. ISO 3731:2012. Road vehicles — Fire resistance test — Fuel system components.
7. FMVSS 302. Flammability of Interior Materials. National Highway Traffic Safety Administration, USA.
8. UN ECE Regulation No. 34. Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles with Regard to the Prevention of Fire Risks. UN, 2014.
9. Gillespie T.D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. — Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers.
10. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 183-son qarori (2021). Yong‘in xavfsizligi talablari to‘g‘risidagi texnik reglament.