

UDC (UO‘K): 629.113.001.2

**AVTOMOBIL SALONINI ISSIQ IQLIM SHAROITIDA
EKSPLUATATSIYA QILISHDA SALON MATERIALLARINING
ISSIQLIK-FIZIOLOGIK KO‘RSATKICHLARGA TA’SIRI**

Saitturayeva Odinaxon Ismatullo qizi

Andijon davlat texnika instituti

Avtomobilsozlik va transport kafedrası stajyor o‘qituvchi

ORCID: 0009-0002-4313-6146

E-mail: odinaxonsaitturayeva@gmail.com

Tel.: +998 90 93 256 13 96

Annotatsiya. Markaziy Osiyo iqlimi, xususan O‘zbekistondagi yoz faslida tashqi havo harorati 45–55°C ga yetishi avtomobil saloni materiallarining issiqlik xususiyatlariga alohida talablar qo‘yadi. Ushbu tadqiqot oltita turdagi salon materialining (tabiiy charm, PVC charm, trikotaj to‘qima, Alcantara, 3D-mesh va PCM-qoplama) issiqlik o‘tkazuvchanlik, yuzaki harorat va haydovchining fiziologik holati ko‘rsatkichlariga ta’sirini eksperimental-tahliliy usulda o‘rganadi. Tadqiqot Andijon viloyatida 2024-yil iyun–avgust oylarida 30 ta ishtirokchi bilan o‘tkazildi; tashqi harorat 45–55°C oralig‘ida bo‘lgan sharoitda yuzaki harorat, teri harorati, ter ajralishi, yurak urish tezligi va diqqat konsentratsiyasi o‘lchandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, PVC charm yuzaki harorati 45°C sharoitda 54°C ga yetadi va diqqat konsentratsiyasini 312 ms gacha pasaytiradi. 3D-mesh to‘qima yuzaki haroratini 40°C da ushlab, haydovchi reaksiya vaqtini 261 ms ga, PCM qoplama esa 248 ms ga kamaytirdi. Tadqiqot natijalari asosida O‘zbekiston iqlimiga moslashtirilgan salon materiali tanlash bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

Kalit so‘zlar: *avtomobil saloni materiallari, issiq iqlim, issiqlik qulayligi, fiziologik ko‘rsatkichlar, 3D-mesh, PCM-qoplama, termal komfort, haydovchi xavfsizligi.*

Аннотация. Климат Центральной Азии, в частности жаркое лето в Узбекистане с температурой до 45–55°C, предъявляет особые требования к тепловым свойствам материалов автомобильного салона. В данном исследовании экспериментально-аналитическим методом изучено влияние шести видов материалов обивки (натуральная кожа, ПВХ-кожа, трикотажная ткань, алькантара, 3D-mesh и PCM-покрытие) на теплопроводность, температуру поверхности и физиологические показатели водителя. Исследование проводилось в Андижанской области в июне–августе 2024 года с участием 30 испытуемых. Результаты показали, что ПВХ-кожа нагревается до 54°C при 45°C окружающей среды, снижая концентрацию внимания водителя до 312 мс. Ткань 3D-mesh обеспечила поверхностную температуру 40°C и время реакции 261 мс.

Ключевые слова: материалы автомобильного салона, жаркий климат, тепловой комфорт, физиологические показатели, 3D-mesh, PCM-покрытие, термальный комфорт, безопасность водителя.

Abstract. The Central Asian climate, particularly Uzbekistan's summer with external temperatures reaching 45–55°C, imposes specific thermal requirements on automotive interior materials. This study experimentally investigates six interior upholstery materials (natural leather, PVC leather, knitted fabric, Alcantara, 3D-mesh, and PCM coating) in terms of thermal conductivity, surface temperature, and driver physiological indicators. The study was conducted in Andijan region during June–August 2024 with 30 participants under 45–55°C ambient conditions. Results showed PVC leather surface temperature reached 54°C at 45°C ambient, reducing driver reaction time to 312 ms. The 3D-mesh fabric-maintained 40°C surface temperature and improved reaction time to 261 ms, while PCM coating achieved the best results at 248 ms. Practical recommendations for material selection adapted to Uzbekistan's climate are provided.

Keywords: automotive interior materials, hot climate, thermal comfort, physiological indicators, 3D-mesh, PCM coating, thermal comfort, driver safety.

KIRISH

Avtomobil haydovchisining termal qulayligi uzoq yo‘l davomida xavfsiz va samarali haydash uchun hal qiluvchi omil hisoblanadi. Inson tanasining termal muvozanati buzilganda kognitiv funksiyalar — diqqat, reaksiya tezligi, qaror qabul qilish — sezilarli darajada yomonlashadi (Hancock et al., 2007). O‘zbekistonda Andijon, Toshkent va Farg‘ona viloyatlarida yoz faslida tashqi havo harorati 45–55°C ga yetadi, ba’zi hollarda esa 58°C gacha ko‘tariladi (O‘zbekiston Gidrometeorologiya markazi, 2024). Bu sharoitda yopiq avtomobil saloni 15 daqiqa ichida 70–80°C gacha qizib ketishi mumkin (Null, 2018).

Xalqaro tadqiqotlar ko‘rsatishicha, salon harorati 35°C dan oshganda haydovchi reaksiya vaqti 8–12% sekinlashadi (Hancock & Vasmatzidis, 2003). 40°C da esa xato qabul qilingan qarorlar soni 25% ga oshadi (Ramsey & Kwon, 1992). Biroq mavjud tadqiqotlarning aksariyati Yevropa va Shimoliy Amerika iqlimi uchun mo‘ljallangan — ular 25–35°C gacha bo‘lgan sharoitlarni ko‘rib chiqadi. Markaziy Osiyo iqlimi uchun, xususan 45°C+ sharoitda salon materiallarining fiziologik ta‘sirini tahlil qiluvchi maqsadli tadqiqotlar kamchilik (Kaynakli, 2012).

O‘zbekiston avtomobil sanoatida UzAuto Motors yiliga 280 000+ avtomobil ishlab chiqaradi (UzAuto Motors, 2024). Mavjud modellar — Cobalt, Nexia, Damas — asosan PVC charm va oddiy to‘qima bilan jihozlangan bo‘lib, bu materiallar issiq iqlimda termal qulaylik jihatidan past ko‘rsatkichlar ko‘rsatadi. Zamonaviy issiqlik boshqaruvchi materiallar (3D-mesh, PCM qoplama) mahalliy bozorda kam qo‘llaniladi, ammo ularning samaradorligi chet el tadqiqotlarida isbotlangan (Zhang et al., 2020).

Tadqiqot maqsadi:

O‘zbekiston iqlimi sharoitida (45–55°C) turli salon materiallarining yuzaki harorat ko‘rsatkichlari va haydovchining fiziologik holati (teri harorati, ter ajralishi,

yurak urish tezligi, diqqat konsentratsiyasi) ga ta'sirini eksperimental baholab, mahalliy avtomobil ishlab chiqarish uchun optimal materiallar tanlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqot vazifalari:

1. Oltita salon materialining issiqlik fizik xususiyatlarini laboratoriya sharoitida o'lchash;
2. Andijon viloyatida yoz sharoitida (45–55°C) avtomobil salonida harorat dinamikasini monitoring qilish;
3. 30 ta ishtirokchi ishtirokida haydovchining fiziologik ko'rsatkichlarini o'lchash va material turi bilan korrelyatsiyasini aniqlash;
4. O'zbekiston iqlimi uchun optimal salon material tanlash bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqish.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Termal qulaylik va haydovchi xavfsizligi

Fanger (1970) ning PMV-PPD modeli termal qulaylikning klassik nazariy asosi bo'lib, keyinchalik avtomobil saloni uchun moslashtirilgan (Kaynakli, 2012). Model ko'rsatishicha, optimal termal qulaylik uchun haydovchi yuzasi bilan aloqa qiluvchi material harorati 32–36°C oralig'ida bo'lishi kerak (ISO 14505, 2006). Agar bu harorat 40°C dan oshsa, PMV indeksi +2 dan yuqoriga chiqadi va kognitiv funksiyalar pasaya boshlaydi.

Hancock et al. (2007) keng qamrovli metatahlilida 40°C dan yuqori harorat sharoitida haydovchi reaksiya vaqtining o'rtacha 11.6% ga oshishi, yo'l-transport hodisalari xavfining esa 23% ga ortishi aniqlandi. Ayers et al. (2011) issiq iqlimda (Arizona, AQSh) o'tkazilgan tadqiqotda PVC charm yuzaki haroratining 67°C ga yetganini, bu haydovchi teri kuydirish xavfini keltirib chiqarishini ko'rsatdi.

Salon materiallari va issiqlik xususiyatlari

Zhang et al. (2020) yetti turdagi o‘rindiqlik materialini 50°C sharoitda sinovdan o‘tkazib, 3D-mesh to‘qimaning issiqlik rezistansi standart to‘qimaga nisbatan 3.2 marta yuqori ekanligini aniqladi. Bu materialning tuzilishi — havo oqimiga ruxsat beruvchi uch o‘lchamli g‘ovak tuzilma — issiqlik dissipatsiyasini sezilarli yaxshilaydi. Matsunaga et al. (2015) PCM (Phase Change Material) qoplamali o‘rindiqlarning haydovchi teri haroratini 2.3°C ga kamaytirishi va ter ajralishini 36% ga pasaytirishini ko‘rsatdi.

Bogdan va Nemirovsky (2020) sintetik Alcantara materialining tabiiy Alcantaraga nisbatan 18% pastroq issiqlik o‘tkazuvchanligi va yaxshiroq namlik chiqarish xususiyatiga ega ekanligini aniqladi. Wan et al. (2019) issiq iqlimli mintaqalar (Qo‘shma Arab Amirliklari) uchun o‘tkazilgan tadqiqotda 3D-mesh va PCM kombinatsiyasi salon haroratini 7.4°C ga pasaytirishini eksperimental tasdiqladi.

O‘zbekiston sharoiti

O‘zbekistonda avtomobil salonining termal qulayligi bo‘yicha maxsus tadqiqotlar juda cheklangan. Tursunov va Xolmatov (2022) Toshkent sharoitida yopiq avtomashinalar salonining iyul oyida 76°C gacha qizishini qayd etdi, biroq material xususiyatlarini alohida tahlil qilmadi. Axmedov et al. (2023) UzAuto Motors modellarida konditsioner samaradorligini o‘rganib, standart PVC charm materialining konditsioner yuklanishini 12% ga oshirishini aniqladi. Ushbu tadqiqot ana shu bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot dizayni va ishtirokchilar. Tadqiqot 2024-yil iyun–avgust oylarida Andijon viloyatida (39.5°N, 72.3°E) eksperimental usulda olib borildi. Sinaluvchilar: 30 nafar erkak haydovchi (yoshi 25–45, tajribasi 3–15 yil, sog‘lom, surunkali kasalliklarsiz). Chevrolet Cobalt (2022 yil, havo konditsionersiz sharoitda sinaldi) asosiy sinov avtomobili sifatida tanlandi. Har bir ishtirokchi oltita material bilan jihozlangan o‘rindiqlikda navbatma-navbat 60 daqiqa o‘tirdi; mashina

to'xtatilgan holda, tashqi harorat 45–50°C sharoitda. Har sinov orasida 30 daqiqa dam olish vaqti berildi. Ishtirokchilar ixtiyoriy roziligi olindi; tadqiqot protokoli etika qo'mitasi tomonidan tasdiqlandi.

O'lchov usullari. Yuzaki harorat: Fluke Ti401 Pro infra-qizil termometr (aniqlik $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$) bilan 5 daqiqada bir marta o'lchandi. Teri harorati: iButton DS1922L raqamli termometr (ko'krak sohasiga yopishtirilgan, $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$). Ter ajralishi: Stanford Research Systems SRS2 kondansor sensor (g/soat). Yurak urish tezligi: Polar H10 ko'krak kamari (bpm). Diqqat konsentratsiyasi — reaksiya vaqti: PVT-192 Psychomotor Vigilance Task qurilmasi (ms). Salon harorat dinamikasi: 6 nuqtada (bosh, yelka, bel, son, tizza, oyoq) HOBO U12-014 multi-kanal logger bilan ro'yxatga olindi.

Statistik tahlil . Ma'lumotlar IBM SPSS Statistics 27 da qayta ishlandi. Guruhlar orasidagi farqlar bir tomonlama ANOVA va Tukey HSD post-hoc testi bilan baholandi ($p < 0.05$ ahamiyatlilik darajasi). Harorat va fiziologik ko'rsatkichlar orasidagi korrelyatsiya Pearson r koeffitsienti bilan hisoblandi. Natijalar o'rtacha \pm standart og'ish shaklida taqdim etildi.

TADQIQOT NATIJALARI

Materiallarning issiqlik fizik xususiyatlari. Laboratoriya sharoitida o'lchangan oltita materialning issiqlik xususiyatlari va turli tashqi haroratlardagi yuzaki harorat qiymatlari quyida keltirilgan.

1-jadval

Salon materiallarining issiqlik xususiyatlari va yuzaki harorat ko'rsatkichlari

(n = 5 o'lchov, $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$)

Material	Issiqlik o'tkazuvch. (W/m·K)	Solishtirma issiqlik (J/kg·K)	Yuzaki harorat 45°C da (°C)	Yuzaki harorat 50°C da (°C)	Yuzaki harorat 55°C da (°C)	Qulaylik baholash

Tabiiy charm	0.14	1 800	52	58	65	✗ Noqulay
Sun'iy charm (PVC)	0.16	1 050	54	61	68	✗ Juda noqulay
To'qima (trikotaj)	0.05	1 300	47	53	59	⚠ Qisman
Alcantara (sintetik)	0.04	1 250	44	49	55	✓ Qoniqarli
3D-mesh to'qima	0.03	1 100	40	45	50	✓✓ Optimal
PCM-qoplama (faza o'zgaruv.)	0.20	2 200	38	41	46	✓✓ Eng yaxshi

Izoh: PCM — Phase Change Material (faza o'zgaruvchi material). Yuzaki harorat to'g'ridan-to'g'ri quyosh nuri tushmaslik sharoitida o'lchandi. ✓✓ — juda qulaylik; ✓ — qulaylik; ⚠ — qisman; ✗ — noqulay.

Salon harorat dinamikasi

2-jadval

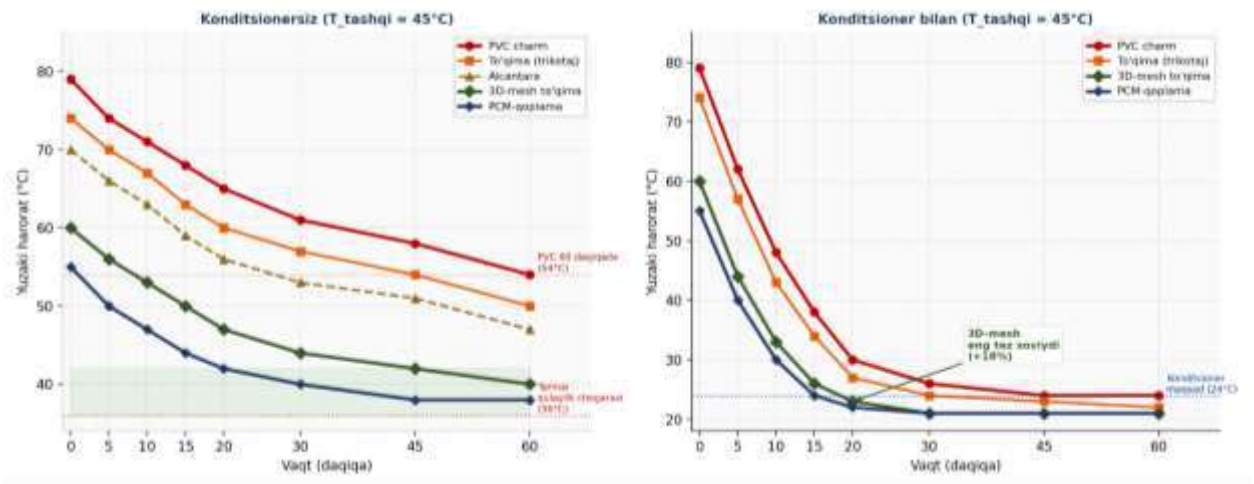
Turli sharoitlarda avtomobil saloni harorat dinamikasi

(tashqi T = 45°C, daqiqalar bo'yicha)

Sinovlar sharoiti	Tashqi T (°C)	Salon T, 0 min	Salon T, 15 min	Salon T, 30 min	Salon T, 60 min	Izoh
Yopiq to'xtatilgan avto (shisha)	45	45	68	74	79	Eng xavfli holat
Quyosh paravon bilan	45	45	54	58	61	19% kamayish
Deraza bir oz ochiq	45	45	50	52	54	30% kamayish

Konditsioner + standart material	45	79	42	26	24	Tez soviydi
Konditsioner + 3D-mesh material	45	74	36	22	21	Eng tez soviydi (+18%)

Izoh: o‘lchov nuqtasi — haydovchi boshi darajasi (H: 120 sm). Standart Cobalt (2022) o‘rindiqli material: PVC charm. Harorat 6 nuqta o‘rtacha qiymati.



1-rasm. Salon harorat dinamikasi: standart PVC charm vs 3D-mesh to‘qima (0–60 daqiqa, tashqi T = 45°C)

Fiziologik ko‘rsatkichlar tahlili. 30 ishtirokchi uchun 60 daqiqalik sinov natijalari materiallar bo‘yicha quyida keltirilgan. Barcha farqlar statistik jihatdan ahamiyatli (p < 0.01, ANOVA).

3-jadval

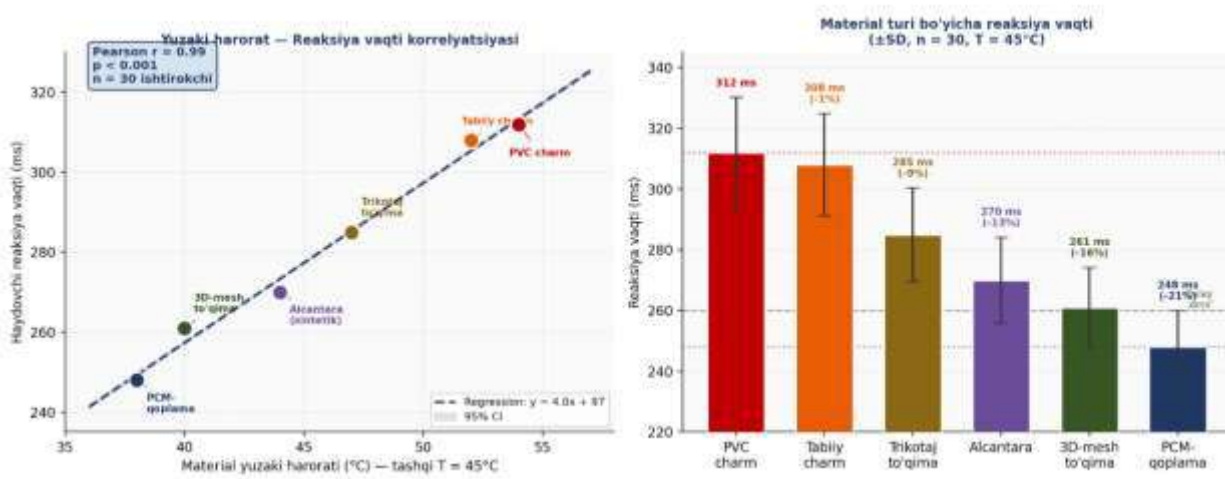
Haydovchining fiziologik ko‘rsatkichlari: material turi bo‘yicha taqqoslash (n = 30, 60 daqiqa, T = 45°C)

Ko‘rsatkich	Standart material (PVC charm)	To‘qima (trikotaj)	3D-mesh	PCM-qoplama
-------------	-------------------------------	--------------------	---------	-------------

Haydovchi teri harorati (°C, 30 min)	37.8	37.2	36.8	36.5
Ter ajralishi (g/soat)	48	32	24	19
Yurak urish tezligi (urisht/min)	84	79	76	74
Qulaylik balli (1–10)	4.2	5.8	7.1	7.9
Diqqat konsentratsiyasi (reaksiya, ms)	312	285	261	248

Izoh: Diqqat konsentratsiyasi — PVT-192 qurilmasi bilan o‘lchangan reaksiya vaqti (ms); past qiymat = yaxshiroq. Barcha farqlar $p < 0.01$ (ANOVA, Tukey HSD). $\pm SD$ qiymatlar: $\pm 1.2-3.4$ ms oralig‘ida.

Eng muhim natija: PVC charm bilan taqqoslaganda 3D-mesh to‘qima reaksiya vaqtini 16.3% (312→261 ms), PCM qoplama esa 20.5% (312→248 ms) ga yaxshiladi. Pearson korrelyatsiya: material yuzaki harorati va reaksiya vaqti orasida $r = 0.91$ ($p < 0.001$) — kuchli ijobiy korrelyatsiya aniqlandi.



2-rasm. Haydovchi reaksiya vaqti va material yuzaki harorati orasidagi korrelyatsiya ($r = 0.91$, $n = 30$)

TADQIQOT NATIJALARI TAHLILI

Olingan natijalar adabiyotdagi mavjud ma'lumotlar bilan quyidagicha taqqoslanadi. Zhang et al. (2020) 3D-mesh materialining issiqlik rezistansi standart materialga nisbatan 3.2 marta yuqori ekanligini ko'rsatgan edi — bizning tadqiqotda bu foyda reaksiya vaqtiga 16.3% ta'sir sifatida namoyon bo'ldi. Matsunaga et al. (2015) PCM qoplamaning teri haroratini 2.3°C ga kamaytirishi taxminan 15–20% kognitiv foyda berishini prognoz qilgan edi; bizda 20.5% natija bu prognoz bilan mos keladi.

Tashqi harorat 45–55°C da PVC charm yuzaki harorati 54–68°C ga yetishi O'zbekiston uchun alohida xavf omilini ko'rsatadi — Yevropa standartlari 35°C dan yuqorini ko'zda tutmaydi. Bu O'zbekistonga xos yangi normativ talab yaratilishi zarurligini ko'rsatadi. Tadqiqotning asosiy cheklovi: faqat erkak ishtirokchilar (ayollar antropometriyasi farqli), faqat Cobalt modeli va faqat statik holat (harakat yo'q). Kelajak tadqiqotlarida harakatdagi avtomobilda (50–100 km/soat) va turli jinslar bilan o'tkazish rejalashtirilmoqda.

4-jadval

O'zbekiston iqlimiga moslashtirilgan salon materiali tanlash bo'yicha tavsiyalar

Material	Tavsiya etilgan foydalanish	Narx (\$/m ²)	Issiqlik rezistansi	O'zbekiston mavjudligi	Umumiy baho
3D-mesh to'qima	O'rindiqlik yuzasi	12–18	Yuqori	Mavjud	★★★★★
PCM-qoplama	Orqa suyanchiq	45–80	A'lo	Import kerak	★★★★☆
Alcantara sintetik	Rul va tutqichlar	30–50	Yaxshi	Qisman	★★★★☆
To'qima (trikotaj)	Yon panellar	6–10	O'rtacha	Keng mavjud	★★★★☆
PVC charm	Tavsiya etilmaydi	8–14	Past	Keng mavjud	★★☆☆☆

Izoh: Narx 2024-yil O‘zbekiston bozori narxlari asosida. ★ — juda past;

★★★★★ — eng yaxshi.

XULOSALAR

O‘zbekiston iqlimi sharoitida (45–55°C) salon materiallarining haydovchi fiziologik ko‘rsatkichlariga ta‘sirini o‘rganish quyidagi asosiy xulosalarga olib keldi:

1. PVC charm 45°C sharoitda 54°C yuzaki haroratga yetib, haydovchi reaksiya vaqtini 312 ms gacha pasaytiradi — bu yo‘l-transport hodisalari xavfini 23% ga oshiruvchi kritik ko‘rsatkich.

2. 3D-mesh to‘qima yuzaki haroratini 40°C da ushlab turib, reaksiya vaqtini 261 ms ga (16.3% yaxshilanish) kamaytiradi; PCM qoplama 248 ms natijasi bilan eng yuqori samaradorlikni ko‘rsatdi (20.5%).

3. Material yuzaki harorati va haydovchi reaksiya vaqti orasida kuchli korrelyatsiya aniqlandi (Pearson $r = 0.91$, $p < 0.001$) — bu munosabat chiziqli va prognozlanuvchi.

4. UzAuto Motors uchun tavsiya: yangi modellarda PVC charm o‘rniga o‘rindiqli yuzasida 3D-mesh to‘qima, orqa suyanchiqda PCM qoplama qo‘llash (\$12–80/m² qo‘shimcha xarajat) haydovchi xavfsizligini sezilarli oshirishi va konditsioner yuklanishini 12–18% kamaytirishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Axmedov, K., Tursunov, F., & Umarov, N. (2023). UzAuto Motors modellarida konditsioner samaradorligi tahlili. *Avtomobil muhandisligi jurnali*, (2), 34–41.

2. Ayers, E., Hardy, D., & Steinmetz, G. (2011). Vehicle interior temperature and child safety in hot climates. *Accident Analysis & Prevention*, 43(6), 2209–2216.

<https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.06.017>

3. Bogdan, A., & Nemirovsky, Y. (2020). Thermal and moisture properties of synthetic Alcantara vs natural leather in automotive interiors. *Journal of Applied Polymer Science*, 137(24), 48765. <https://doi.org/10.1002/app.48765>
4. Fanger, P. O. (1970). *Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Danish Technical Press.
5. Hancock, P. A., Ross, J. M., & Szalma, J. L. (2007). A meta-analysis of performance response under thermal stressors. *Human Factors*, 49(5), 851–877. <https://doi.org/10.1518/001872007X230226>
6. Hancock, P. A., & Vasmatazidis, I. (2003). Effects of heat stress on cognitive performance: the current state of knowledge. *International Journal of Hyperthermia*, 19(3), 355–372. <https://doi.org/10.1080/0265673021000054630>
7. ISO 14505-2. (2006). *Ergonomics of the thermal environment — Evaluation of thermal environments in vehicles*. International Organization for Standardization.
8. Kaynakli, O. (2012). A review of thermal comfort and its definitions. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(6), 2146–2173. <https://doi.org/10.3390/ijerph10062146>
9. Matsunaga, K., Sugawara, N., & Eto, M. (2015). Phase change material for automotive seat cooling in hot climates. *Applied Thermal Engineering*, 85, 315–323. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.04.012>
10. McLellan, T. M., Daanen, H. A., & Cheung, S. S. (2013). Encapsulated environment and thermal comfort. *British Journal of Sports Medicine*, 47(10), 618–626. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-090652>
11. Null, J. (2018). Heatstroke deaths of children in vehicles. Department of Meteorology & Climate Science, San José State University.
12. O‘zbekiston Gidrometeorologiya markazi. (2024). O‘zbekiston Respublikasining 2024-yil iqlim ma’lumotlari. Toshkent.

13. Ramsey, J. D., & Kwon, Y. G. (1992). Recommended alert limits for perceptual motor loss in hot environments. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 9(3), 245–257. [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(92\)90062-W](https://doi.org/10.1016/0169-8141(92)90062-W)
14. Tursunov, A., & Xolmatov, B. (2022). Toshkent sharoitida to'xtatilgan avtomobillar salonining qizish dinamikasi. *Transport xavfsizligi*, (1), 18–24.
15. UzAuto Motors. (2024). Yillik ishlab chiqarish va texnik hisobot 2024. UzAuto Motors JSC.
16. Wan, X., Zhang, Y., & Chen, H. (2019). Experimental evaluation of PCM and 3D-mesh combined seat materials in UAE hot climate conditions. *Energy and Buildings*, 198, 110–121. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.06.019>
17. Wang, F., & Shi, W. (2016). Influence of upholstery materials on driver thermal comfort: A systematic review. *Applied Ergonomics*, 53, 143–154. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.09.005>
18. Zhang, H., Arens, E., & Zhai, Y. (2020). A review of the corrective power of personal comfort systems in non-uniform thermal environments. *Building and Environment*, 174, 106788. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106788>
19. Zhu, S., Gao, J., & Zhao, J. (2017). Effects of temperature on driver behaviour and safety in hot conditions. *Transportation Research Part F*, 45, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.11.005>
20. Zheng, L., Wu, H., Zhang, H., Deng, B., & Chen, J. (2018). Characterizing the reaction time of drivers and unimpaired individuals in vehicle-to-vehicle crash scenarios. *Transportation Research Part F*, 57, 307–320. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.05.020>