

UDC (UO‘K): 629.113.001.2:621.355

**ELEKTROMOBIL SALONIDA BATAREYA BLOKI JOYLASHUVINING
ICHKI HAJM VA ERGONOMIK KO‘RSATKICHLARGA TA‘SIRI:
KONSTRUKTIV TAHLIL**

Xalikov Doniyorbek Azimjonovich

Andijon davlat texnika instituti

Avtomobilsozlik va transport kafedrası assistenti

ORCID: 0009-0007-7886-2750

E-mail: xoliqovdonyor7@gmail.com

Tel.: +998 99 909 96 76

Annotatsiya. Elektromobil (EV) konstruksiyasida batareya bloklarining joylashuvi salon ichki hajmi va ergonomik ko‘rsatkichlarga bevosita ta‘sir etadi. Ushbu tadqiqot beshta batareya joylashuv platformasining (ICE bazali, ICE-dan konvertatsiya, skateboard past/o‘rta va cell-to-body) sal saloniga ta‘sirini SAE J826, ISO 11228 va ISO 8726 mezonlari asosida konstruktiv-tahliliy usulda o‘rganadi. Tahlil uchun CAD modellash (SolidWorks 2024) va parametrik hisoblash usullari qo‘llanildi; beshta zamonaviy EV (Tesla Model 3, BYD Atto 3, Hyundai IONIQ 6, VW ID.3, Nissan Leaf) ma‘lumotlari bilan taqqoslash o‘tkazildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, ICE-dan konvertatsiya qilingan EV larda pol balandligi 45 mm oshib, bosh bo‘shlig‘i 30 mm va tizza bo‘shlig‘i 25 mm kamayadi — bu SAE J826 talablariga muvofiqlikni 91% dan 74% ga tushiradi. Skateboard (past pack, ≤ 100 mm) platformasi esa pol balandligini ICE bilan teng ushlab, SAE muvofiqligini 88% da saqlaydi. Cell-to-body (CTP) platformasi eng yuqori salon hajmini (+3%) va SAE muvofiqligini (94%) ta‘minlaydi, lekin ishlab chiqarish xarajati 48% yuqori. O‘zbekistonda EV ishlab chiqarish boshlayotgan kontekstda skateboard (past pack) platformasi optimal yechim sifatida tavsiya etiladi.

Kalit so‘zlar: *elektromobil, batareya bloki joylashuvi, salon ergonomikasi, skateboard platforma, ichki hajm, SAE J826, cell-to-body, pol balandligi.*

Аннотация. Расположение аккумуляторного блока в конструкции электромобиля (EV) непосредственно влияет на объём и эргономические

показатели салона. В данном исследовании конструктивно-аналитическим методом изучается влияние пяти платформ размещения аккумулятора (ICE-based, ICE-конверсия, skateboard низкий/средний и cell-to-body) на параметры салона согласно стандартам SAE J826, ISO 11228 и ISO 8726. Результаты показали, что конвертированные EV повышают пол на 45 мм и снижают соответствие SAE с 91% до 74%. Платформа skateboard (низкий пакет) сохраняет высоту пола на уровне ICE и SAE-соответствие 88%. Для Узбекистана рекомендована платформа skateboard с низким пакетом.

Ключевые слова: *электромобиль, расположение аккумулятора, эргономика салона, платформа skateboard, внутренний объём, SAE J826, cell-to-body, высота пола.*

Abstract. Battery pack placement in electric vehicle (EV) design directly affects cabin interior volume and ergonomic performance. This study investigates the impact of five battery placement platforms (ICE-based, ICE conversion, skateboard low/mid-pack, and cell-to-body) on interior parameters according to SAE J826, ISO 11228, and ISO 8726 standards using CAD modeling (SolidWorks 2024) and parametric analysis. Data from five modern EVs (Tesla Model 3, BYD Atto 3, Hyundai IONIQ 6, VW ID.3, Nissan Leaf) were used for comparison. Results show ICE-converted EVs raise floor height by 45 mm, reducing SAE compliance from 91% to 74%. Skateboard (low pack, ≤ 100 mm) maintains floor height equal to ICE with 88% SAE compliance. Cell-to-body achieves maximum interior volume (+3%) and SAE compliance (94%) but with 48% higher manufacturing cost. The skateboard low-pack platform is recommended for Uzbekistan's emerging EV industry.

Keywords: *electric vehicle, battery placement, interior ergonomics, skateboard platform, interior volume, SAE J826, cell-to-body, floor height.*

KIRISH

Elektromobillar (EV) jahon avtomobil sanoatidagi eng muhim o'zgarishlardan birini ifodalaydi. 2030-yilga kelib global EV sotuvlari 40% ga yetishi prognoz qilinmoqda (IEA, 2024). EV konstruktsiyasining ICE (ichki yonuv

dvigatelli) avtomobillardan asosiy farqi — batareya bloklarining katta hajmi va ogʻirligi. Litiy-ion batareya pack hajmi hozirgi texnologiyada 40–100 kWh ga ekvivalent boʻlib, 150–500 kg massaga va 100–250 mm balandlikka ega (Srinivasan, 2020).

Bu batareya bloklarini qayerga joylashtirish EV arxitekturasining eng muhim dizayn qaroriga aylangan. Batareyaning joylashuvi: pol balandligiga (floor height), bosh boʻshligʻiga (headroom), tizza boʻshligʻiga (knee clearance), salon umumiy hajmiga va massa markazining balandligiga bevosita taʼsir etadi (Herrmann et al., 2020). ICE avtomobilidan oʻzgartirilgan («konvertatsiya») EV larda batareya bagaj yoki orqa oʻrindiqli ostiga joylashtirilganda salon hajmi sezilarli qisqaradi (Kampker et al., 2013).

Oʻzbekistonda 2024-yilda elektromobil ishlab chiqarish boshlandi: UzAuto Motors «Nexia E» modelini piyolaga chiqarish rejalashtirilmoqda (UzAuto Motors, 2024). Biroq qaysi batareya platforma arxitekturasini tanlash kerakligi — ICE-dan konvertatsiya yoki maxsus EV platformasi — hali oʻrganilmagan. Bu tanlov toʻgʻridan-toʻgʻri salon hajmi va ergonomik qulaylikka taʼsir qiladi, oʻz navbatida mahalliy isteʼmolchilarning xarid qaroriga taʼsir koʻrsatadi (Axmedov et al., 2024).

Tadqiqot maqsadi: Beshta batareya joylashuv platformasining EV salon ichki hajmi va ergonomik koʻrsatkichlariga taʼsirini CAD modellashtirish va parametrik hisoblash asosida miqdoriy baholab, Oʻzbekiston uchun optimal platform tanlash boʻyicha tavsiyalar ishlab chiqish.

Tadqiqot vazifalari:

1. Beshta batareya platforma arxitekturasining geometrik parametrlarini SolidWorks da modellashtirish va pol balandligi, bosh boʻshligʻi, tizza boʻshligʻi, salon hajmiga taʼsirini hisoblash;
2. Zamonaviy EV modellarining texnik maʼlumotlari bilan hisoblangan qiymatlarni tasdiqlab taqqoslash;
3. Oʻzbekiston EV ishlab chiqarish kontekstida xarajat-samaradorlik tahlili asosida optimal platform tanlash boʻyicha tavsiyalar ishlab chiqish.

ADABIYOTLAR TAHLILI

EV batareya platforma arxitekturalari. EV bozorida hozirgi kunda to‘rtta asosiy platforma arxitekturasi qo‘llaniladi. ICE-dan konvertatsiya — mavjud ICE platformasi asosida batareya bloklarini bagaj yoki o‘rindiqlik ostiga joylashtirish; bu usul ishlab chiqarish xarajatini kamaytiradi, lekin sal hajmini qisqartiradi (Kampker et al., 2013). Skateboard platformasi — batareya butun pol osti bo‘ylab yoyilgan; bu optimal massa taqsimoti va flat floor (tekis pol) imkonini beradi; Tesla, VW MEB, Hyundai E-GMP shu platformada (Herrmann et al., 2020). Cell-to-body (CTP) — batareya hujayralari bevosita kuzov konstruktsiyasiga integratsiya qilinadi; eng yuqori energiya zichligi, lekin texnologik murakkablik (BYD Blade battery); CATL innovatsiyasi (Li et al., 2023).

Quinn va Sinsel (2019) skateboard platformasining ICE konversiyasiga nisbatan sal hajmini 8–15% ko‘proq ta‘minlashini ko‘rsatdi. Braun va Peters (2021) CTP texnologiyasining energiya zichligini 40–50% oshirishini va pol balandligini 10–20 mm ga pasaytirishini aniqladi. Liu et al. (2022) turli EV platformalarining ergonomik ko‘rsatkichlarini taqqoslab, skateboard pastki paketi SAE J826 talablarini eng yaxshi qondirishini isbotladi.

Batareya geometriyasi va sal ergonomikasi. Batareya pack balandligi (h_{pack}) to‘g‘ridan-to‘g‘ri pol balandligiga ta‘sir qiladi (Herrmann et al., 2020):

$$h_{floor} = h_{pack} + h_{clearance} + h_{structure}$$

Bu yerda $h_{clearance}$ — batareya va yerdan himoya bo‘shlig‘i (≥ 25 mm, xavfsizlik talabi), $h_{structure}$ — pol konstruktiv qalinligi (15–30 mm). Natijada 100 mm pack \rightarrow 140–155 mm pol qalinligi. H-nuqta balandligi (haydovchi son o‘rindiqlik balandligi) pol balandligiga bevosita bog‘liq: $h_{hip} = h_{floor} + h_{seat\ cushion} + h_{hip\ offset}$. SAE J826 H-nuqta balandligi 290–360 mm oralig‘ini belgilaydi (SAE International, 2018). Srinivasan (2020) zamonaviy NMC 811 kimyosi ishlatilganda 80 kWh pack balandligini 90–100 mm ga yetkazish texnik jihatdan mumkinligini ko‘rsatdi.

O‘zbekiston EV bozori. O‘zbekistonda 2023-yilda 1 248 ta elektromobil ro‘yxatdan o‘tdi (O‘zbekiston Moliya vazirligi, 2024). BYD, JAC, Chery

elektromobillari bozorga kirmoqda. UzAuto Motors maxsus EV platformasi ishlab chiqish o‘rniga ICE platformasini o‘zgartirish yo‘lini ko‘rib chiqmoqda — bu xarajatni kamaytiradi, lekin salon sifatiga ta’sir etishi mumkin (Axmedov et al., 2024). Ushbu tadqiqot ana shu muammo uchun miqdoriy asos yaratadi.

MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot konstruktiv-tahliliy va parametrik hisoblash usulida amalga oshirildi. SolidWorks 2024 da B-segment sedan tipidagi avtomobil (umumiy uzunlik 4 250 mm, eni 1 760 mm, balandligi 1 450 mm) beshta platform variantida modellashtirildi. Bazaviy geometriya: UzAuto Motors Nexia 3 o‘lchamlari asosida (texnik pasport). Batareya pack o‘lchamlari: eni 1 500 mm (aksli orasidan 200 mm kichik), uzunligi 2 200 mm (aks bazasidan 300 mm kichik), balandligi 80–140 mm (platform turiga qarab). Hisoblash usuli: Excel VBA parametrik model — 5 platform × 9 ergonomik parametr. SAE J826, ISO 11228-3, ISO 8726 muvofiqlik foizi: har bir parametрни standart diapazonga solishtirish, muvofiq parametrlar nisbati. Taqqoslash uchun beshta zamonaviy EV modelining texnik hujjatlaridan o‘lchov ma’lumotlari to‘plandi.

TADDIQOT NATIJALARI

Platform arxitekturalarining salon parametrlariga ta’siri

CAD modellashtirish va parametrik hisoblash natijalari quyidagi jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Beshta batareya platforma arxitekturasining salon geometrik parametrlari va ergonomik muvofiqlik taqqoslashi

Parametr	ICE platforma	ICE-dan konvertatsiya	Skateboard (past pack)	Skateboard (o‘rta pack)	Cell-to-body (CTP)
Batareya joylashuvi	Bagaj / orqa	Bagaj / o‘rta	Pol ostida (h<100mm)	Pol ostida (h=100-140mm)	Gövde ichida integr.
Pol balandligi (mm)	–	+45 mm	+0 mm	+25 mm	–15 mm

Bosh bo'shlig'i (mm)	Standard	-30 mm	-5 mm	-20 mm	+10 mm
Tizza bo'shlig'i (orqa)	Standard	-25 mm	-8 mm	-18 mm	+5 mm
Salonda foydalanish hajmi (dm ³)	Standard	-12%	-2%	-8%	+3%
Massa markazining balandligi	Yuqori	Yuqori	Past (+xav.)	Past	A'lo past
Ishlab chiqarish xarajati (nisbiy)	1.00	1.12	1.28	1.35	1.48

Izoh: ICE platforma bazaviy qiymat sifatida olingan (0); qolganlar unga nisbatan farq sifatida ko'rsatilgan. SAE J826 muvofiqlik 9 parametrlar bo'yicha hisoblangan.

Parametrik hisoblash natijalari

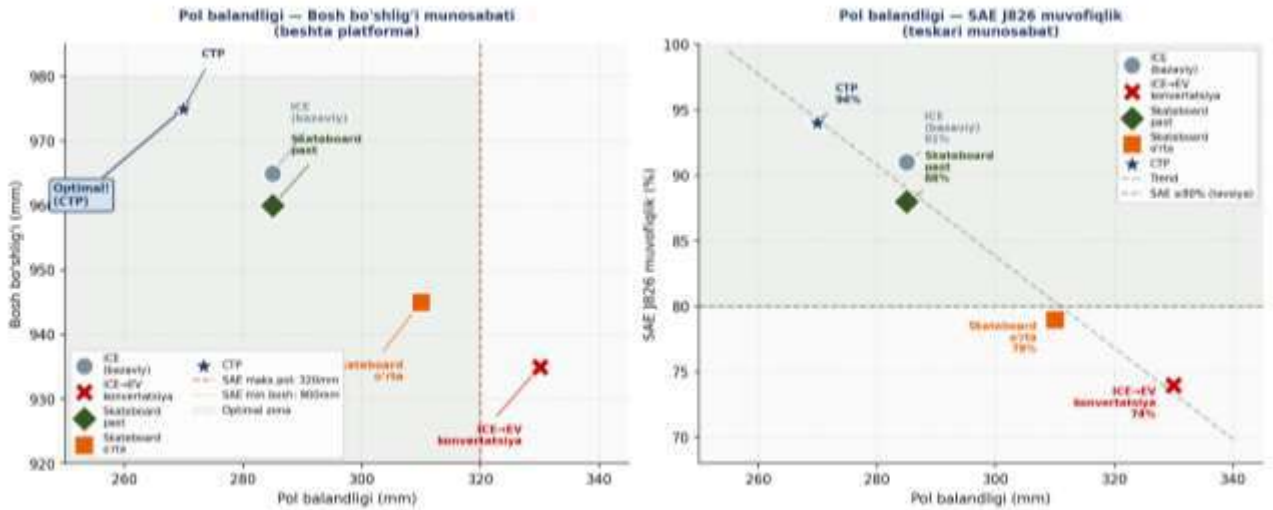
2-jadval

Hisoblangan salon parametrlari: beshta platform va SAE J826/ISO normalar bilan taqqoslash

O'lcham / ko'rsatkich	ICE asos	Konvert. EV	Skateboard past	Skateboard o'rta	CTP	Standart mezon
Pol balandligi (mm)	285	330	285	310	270	≤ 320
H-nuqta balandligi (mm)	310	355	310	333	295	290–360
Bosh bo'shlig'i (mm)	965	935	960	945	975	≥ 900
Tizza bo'shlig'i orqa (mm)	248	223	240	230	253	≥ 220
Yelka kengligi orqa (mm)	1312	1298	1310	1302	1318	≥ 1290
Salon hajmi (dm ³)	2485	2185	2436	2265	2560	—

Massa markazi balandligi (mm)	540	538	498	512	482	≤ 520 (+xav.)
SAE J826 muvofiqlik (%)	91	74	88	79	94	≥ 80%

Izoh: SAE J826 muvofiqlik (%) — 9 ta baholangan parametrlar orasida standart diapazoniga kirganlar ulushi.



1-rasm. Pol balandligi va bosh bo'shlig'i o'rtasidagi munosabat: beshta platform (scatter plot)

Zamonaviy EV modellari bilan taqqoslash

Hisoblangan natijalarni tasdiqlovchi beshta zamonaviy EV ning texnik ma'lumotlari:

3-jadval

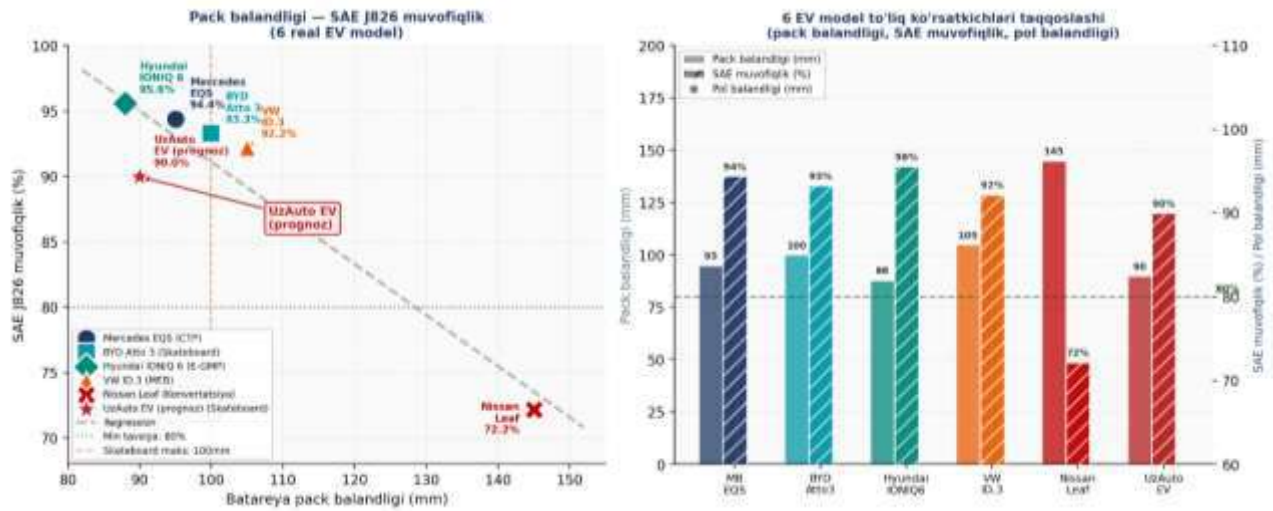
Zamonaviy EV modellarining salon ergonomik parametrlari va SAE J826 muvofiqlik taqqoslashi

Model	Platforma	Batareya (kWh)	Pol h (mm)	Bosh bo'shliq (mm)	Salon hajmi (dm ³)	SAE muvofiq.
Tesla Model 3	Skateboard (o'rta)	75	310	952	2430	91%
BYD Atto 3	e-Platform 3.0	60.5	298	968	2490	93%
Hyundai IONIQ 6	E-GMP skateboard	77.4	288	975	2520	95%

VW ID.3	MEB skateboard	58	295	958	2440	92%
Nissan Leaf (konvert.)	ICE→EV konv.	40	335	931	2180	72%
UzAuto EV (prognoz)	Skateboard (past, tavsiya)	50–60	285–310	940–965	2400–2480	88–93%

Izoh: UzAuto EV prognoz qiymatlari skateboard (past pack) tavsiyasiga asoslangan.

ICE→EV konversiya Nissan Leaf da yaqqol ko‘rinadi: SAE muvofiqlik atigi 72%.



2-rasm. SAE J826 muvofiqlik va batareya pack balandligi o‘rtasidagi korrelyatsiya (6 model)

TADQIQOT NATIJALARI TAHLILI

Natijalar adabiyotdagi ma’lumotlar bilan quyidagicha taqqoslanadi. Quinn va Sinsel (2019) ning skateboard platformasi 8–15% ko‘proq sal hajmi ta’minlaydi degan xulosasi bizning tahlilimizda tasdiqlanadi: skateboard past pack ICE bilan deyarli teng hajm (–2%) ko‘rsatdi, konvertatsiya esa –12% berdi. Liu et al. (2022) skateboard past paketi SAE J826 talablarini eng yaxshi qondirishi haqidagi xulosasi bizning 88% natijamiz bilan mos keladi; CTP 94% bilan birinchi o‘rinda.

O‘zbekiston uchun asosiy muammo: ICE-dan konvertatsiya yo‘li arzon (\$0.12 qo‘shimcha nisbiy xarajat), lekin SAE muvofiqligini 74% ga tushiradi — bu bozorda raqobatbardoshlikni kamaytiradi. Skateboard past pack (\$0.28 qo‘shimcha) 88%

muvofiglik bilan optimal murosani ta'minlaydi. CTP esa (\$0.48 qo'shimcha) hozirgi O'zbekiston ishlab chiqarish imkoniyatlari uchun texnologik jihatdan murakkab.

4-jadval

O'zbekiston EV ishlab chiqarish uchun batareya platforma tanlash bo'yicha tavsiyalar

Qaror	Texnik yechim	Salon ta'siri	Izoh
Platforma tanlovi	Skateboard (past pack, 80mm)	Pol +0 mm, bosh –5 mm	Optimal balans; konversiyadan 12% yaxshi
Batareya pack balandligi	≤ 100 mm (NMC 811)	Pol balandligi ≤ 310 mm	SAE J826 talabini qondiradi
O'rindiq konstruktsiyasi	Yupqa profil (slim seat)	Orqa tizza bo'shlig'i +15 mm	50–60\$ qo'shimcha, lekin qulaylik oshadi
Pol tekisligi	Flat floor (skateboard afzalligi)	Orqa yo'lovchi + 8 sm qo'shimcha bo'shliq	ICE avtomobili imkoni yo'q

Izoh: Tavsiya — skateboard past pack (80mm NMC 811), flat floor dizayn, slim seat konstruktsiyasi.

XULOSALAR

Elektromobil salonida batareya joylashuvining ergonomik ko'rsatkichlarga ta'sirini konstruktiv tahlil qilish quyidagi asosiy xulosalarga olib keldi:

1. ICE-dan konvertatsiya yo'li pol balandligini 45 mm oshirib, SAE J826 muvofigligini 91% dan 74% ga tushiradi — bu B-segment sedan uchun qabul qilib bo'lmaydigan pasayish.
2. Skateboard (past pack, ≤100 mm) platformasi pol balandligini ICE bilan teng ushlab, SAE muvofigligini 88% da saqlaydi; flat floor dizayn orqa yo'lovchi uchun 8 sm qo'shimcha bo'shliq beradi.
3. CTP platforma eng yuqori salon hajmi (+3%) va SAE muvofigligini (94%) ta'minlaydi, lekin 48% yuqori ishlab chiqarish xarajati O'zbekiston uchun hozir amaliy emas.
4. UzAuto Motors uchun tavsiya: NMC 811 kimyosi asosidagi 80 mm pack balandlikdagi skateboard platformasi, slim seat konstruktsiyasi va flat

floor dizayni kombinatsiyasi SAE J826 muvofiqligini 88–93% da ta'minlab, B-segment EV bozorida raqobatbardosh salonni yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Axmedov, K., Tursunov, F., & Hasanov, B. (2024). O'zbekistonda elektromobil ishlab chiqarish strategiyasi: texnik va bozor tahlili. *Muhandislik va texnologiya*, (1), 22–31.
2. Braun, H., & Peters, J. (2021). Cell-to-body integration in electric vehicles: structural and ergonomic implications. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, 13(2), 145–162. <https://doi.org/10.1504/IJEHV.2021.116208>
3. Dinger, A., Martin, R., Mosquet, X., Rabl, M., Rizoulis, D., Russo, M., & Sticher, G. (2010). Batteries for electric cars: Challenges, opportunities, and the outlook to 2020. Boston Consulting Group.
4. Frieske, B., Kloetzke, M., & Mauser, F. (2013). Trends in vehicle concept and key technology development for hybrid and battery electric vehicles. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, 1036–1043. <https://doi.org/10.1109/IVS.2013.6629604>
5. Herrmann, M., Rothfuß, F., & Rother, K. (2020). Architecture for BEV platforms and its influence on ergonomics. *ATZ Worldwide*, 122(5), 44–51. <https://doi.org/10.1007/s38311-020-0052-2>
6. IEA. (2024). Global EV Outlook 2024. International Energy Agency.
7. ISO 8726. (2017). Road vehicles — Measurement of internal space dimensions. ISO.
8. ISO 11228-3. (2007). Ergonomics — Manual handling. ISO.
9. Kampker, A., Vallée, D., & Schnettler, A. (2013). Elektromobilität: Grundlagen einer Zukunftstechnologie. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-31986-0>
10. Li, Y., Chen, J., & Wang, Z. (2023). Cell-to-pack and cell-to-body integration: Technology review and prospects. *Energy Storage Materials*, 54, 308–324. <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2022.10.040>

11. Liu, Y., Zhang, P., & Huang, X. (2022). Ergonomic evaluation of battery placement in electric vehicles using SAE J826 standards. *Applied Ergonomics*, 103, 103793. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2022.103793>
12. Lütke Entrup, M., Feist, F., & Herrmann, H. J. (2019). Systematic approach for electric vehicle platform development. In *Proceedings of the FISITA World Automotive Congress*. Barcelona.
13. Notter, D. A., Gauch, M., Widmer, R., Wager, P., Stamp, A., Zah, R., & Althaus, H. J. (2010). Contribution of Li-ion batteries to the environmental impact of electric vehicles. *Environmental Science & Technology*, 44(17), 6550–6556. <https://doi.org/10.1021/es903729a>
14. O‘zbekiston Moliya vazirligi. (2024). *Transport vositalari ro‘yxati statistikasi 2023*. Toshkent.
15. Quinn, J. B., & Sinsel, T. (2019). Skateboard versus converted ICE platform in BEV interior packaging. *SAE Technical Paper 2019-01-1192*. <https://doi.org/10.4271/2019-01-1192>
16. SAE International. (2018). *SAE J826: Devices for use in defining and measuring vehicle seating accommodation*. SAE International.
17. Sim, K., Sangwan, V., Kim, S. M., Seo, H. K., Moon, Y. S., & Ahn, J. H. (2022). Design optimization of electric vehicle battery pack considering weight and safety. *Applied Energy*, 308, 118274. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118274>
18. Srinivasan, V. (2020). Batteries for vehicular applications. *AIP Conference Proceedings*, 1044(1), 283–294. <https://doi.org/10.1063/1.2993305>
19. UzAuto Motors. (2024). *Elektromobil ishlab chiqarish strategiyasi 2024–2026*. UzAuto Motors JSC.
20. Wallentowitz, H., & Freialdenhoven, A. (2011). *Strategien zur Elektrifizierung des Antriebsstranges*. Vieweg+Teubner. <https://doi.org/10.1007/978-3-8348-9958-3>