

ОИД БА БЕХАТАРИИ АВТОМОБИЛҲОИ БАРҚӢ

¹Мамадамон Абдулло, ²Ш.С. Саъдуллозода, ³А.А. Абдуллоев

¹Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ,

²ДП ДТТ ба номи академик М.С.Осимӣ дар ш. Хучанд,

³ҚСҚ “ТГЭМ”

Дар мақола бехатарии автомобилҳои барқӣ ва гибридӣ, ки омилҳои асосии паҳншавии васеи онҳо ва эътиמודи истеъмолкунандагон мебошад, инчунин стандартҳои бехатарии нақлиёти автомобилӣ баррасӣ шудааст. Тадқиқоти охири ва натиҷаҳои озмоишҳои садамаҳои нишон медиҳанд, ки ин мошинҳо ҳамчун моделҳои анъанавӣ бо муҳарриқҳои дарунсӯзӣ бехатаранд ва дар баъзе ҷиҳатҳо ҳатто аз онҳо зиёдтаранд. Автомобилҳои барқӣ аз ҷисби ҷойгиркунии батареяҳои аккумуляторӣ маркази вазнинии паст доранд, ки устуворияти онҳоро зиёд мекунад ва ҳатари чаппашавиро коҳиш медиҳад. Набудани муҳарриқи дарунсӯз аз пеш имкон медиҳад, ки ҳудуди деформатсия васеътар гардида, муҳофизати бехатари мусофирон таъмин гардад. Автомобилҳои гибридӣ бартариқҳои автомобилҳои анъанавиро бо қарорҳои инноватсионӣ муттаҳид мекунад, аммо ба онҳо ҳатарҳои муштаракӣ ҳам системаи сӯзишворӣ ва ҳам батареяҳои аккумуляторӣ ҳосанд. Мушкилоти асосии бехатарии автомобилҳои барқӣ ва гибридӣ ин эҳтимоли “фирори гармӣ”-и батареяҳои аккумуляторӣ ва душвории ҳомӯш кардани онҳо мебошад, ки технологияҳои махсус ва омӯзиши ҳадамоти фавқулоддaro талаб мекунад. Дар маҷмӯъ, онҳо сатҳи баланди бехатарии ғайрифавқулоддaro ва пас аз садамаро бо риояи стандартҳои байналмилалӣ таъмин мекунад.

Калидвожаҳо: бехатарии электромобилҳо, бехатарии ғайрифавқулоддaro, бехатарии экологӣ, бехатарии электромагнитӣ, гибрид, аккумуляторҳои литий-ионӣ, фирори гармӣ.

О БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Мамадамон Абдулло, Ш.С. Саъдуллозода, А.А. Абдуллоев

В статье проведен обзор безопасности электромобилей и гибридных автомобилей, являющаяся ключевым фактором их широкого распространения и доверия потребителей, а также стандарты безопасности для автотранспортных средств. Недавние исследования и результаты краш-тестов показывают, что эти автомобили не уступают по безопасности традиционным моделям с двигателями внутреннего сгорания, а в некоторых отношениях даже превосходят их. Электромобили имеют низкий центр тяжести благодаря расположению аккумуляторных батарей, что повышает их устойчивость и снижает риск опрокидывания. Отсутствие двигателя внутреннего сгорания в передней части кузова обеспечивает большую зону деформации и лучшую защиту пассажиров. Гибридные автомобили сочетают в себе преимущества обычных автомобилей с инновационными решениями, но им свойственны общие риски, связанные как с топливной системой, так и с аккумуляторными батареями. Основной проблемой безопасности электромобилей и гибридных автомобилей является возможность «тепловой разгона» аккумуляторных батарей и сложность их отключения, что требует применения специальных технологий и подготовки сотрудников экстренных служб. В целом, они обеспечивают высокий уровень активной, пассивной и послеварийной безопасности, соответствующий международным стандартам.

Ключевые слова: безопасность электромобилей, активная и пассивная безопасность, экологическая безопасность, электромагнитная безопасность, гибрид, литий-ионные аккумуляторы, тепловой разгон.

ABOUT THE SAFETY OF ELECTRIC VEHICLES

Mamadamon Abdullo, Sh.S. Sadullozoda, A.A. Abdulloev

The article provides an overview of the safety of electric vehicles and hybrid vehicles, which is a key factor in their widespread adoption and consumer confidence, as well as safety standards for motor vehicles. Recent research and crash test results show that these cars are not inferior in safety to traditional models with internal combustion engines, and in some respects even surpass them. Electric vehicles have a low center of gravity due to the location of the batteries, which increases their stability and reduces the risk of tipping over. The absence of an internal combustion engine in the front of the body provides a larger deformation zone and better protection for passengers. Hybrid cars combine the advantages of conventional cars with innovative solutions, but they share common risks associated with both the fuel system and batteries. The main safety problem of electric vehicles and hybrid vehicles is the possibility of "thermal acceleration" of batteries and the difficulty of disconnecting them, which requires the use of special technologies and training of emergency personnel. In general, they provide a high level of active, passive, and post-emergency safety that meets international standards.

Keywords: safety of electric vehicles, active and passive safety, environmental safety, electromagnetic safety, hybrid, lithium-ion batteries, thermal acceleration.

Пешгуфтор

Автомобилҳои барқӣ дорои дараҷаи баланди бехатарии истифодабарӣ низ мебошанд. Онҳо аз озмоишҳои шадиди садамавӣ (краш-тест), санҷиши батареяҳои аккумуляторӣ ва сертификатсияи ҳатмӣ мегузаранд, то эътимодноқӣ ба бехатарии худро дар вақти истифодабарӣ исбот кунанд. Дар зер ҷанбаҳои асосии бехатарии электромобилҳо ва автомобилҳои гибридро таҳлил мекунам.

Сифати автомобил ин маҷмӯи хосиятҳои он мебошад, ки ба талаботи дода шуда дар шароити муайяни истифодабарӣ ҷавобгӯ мебошад.

Хосиятҳои автомобилро метавон ба се гурӯҳ тақсим намуд (расми 1):

- функционалӣ;
- истифодабарӣ (истеъмолӣ);
- бехатарӣ.

Хосиятҳои бехатарӣ ба чор зергурӯҳ ҷудо мешаванд:

а) Хосиятҳои бехатарии ғайрифавқулоддaro қобилияти кам намудани эътимолияти ба садама дучоршавии автомобилро нишон дода, қисмҳои зеринро дар бар мегирад:

- хосиятҳои боздорӣ (тормозӣ) — қобилияти зуд паст кардани суръат, боэътимод боздоштан ва ором нигоҳ доштани автомобил;
- идорашавандагӣ ва устуворият дар ҳолатҳои фавқулода — қобилияти тез тағйир додан (идорашавандагӣ) ва доимӣ нигоҳ доштани (устуворият) параметрҳои ҳаракати автомобил (суръат, шитоб, самти ҳаракат ва ғайра) дар ҳолатҳои фавқуллода тибқи хоҳиши ронанда;
- доираи назар аз ҷои ронанда — имконияти аз тарафи ронанда қабул намудани иттилоот ба тариқи чашм дар бораи муҳити атроф, ки ба сохти кабина, шишаҳо, оинаҳои диди қафо ва ғайра вобаста аст;
- иттилопазирии берунаи автомобил — миқдор, ранг, ҷойҳои ҷойгиршавии асбобҳои равшанидиҳандаи беруна (чароғҳои асосӣ, нишондиҳандаҳои гардишу боздорӣ ва ғайра);
- дараҷаи ғулғула дар ҷойи нишастии ронанда — дараҷаи пастшавии коршоямии ронанда дар зери таъсири мағали (ғулғулаи) давомнок.



Расми 1 – Бехатарии нақлиёти автомобилӣ

Автомобилҳои барқӣ дорои дараҷаи баланди бехатарии истифодабарӣ низ мебошанд. Онҳо аз озмоишҳои шадиди садамавӣ (краш-тест), санҷиши батареяҳои аккумуляторӣ ва сертификатсияи ҳатмӣ мегузаранд, то эътимоднокии ва бехатарии худро дар вақти истифодабарӣ исбот кунанд. Дар зер ҷанбаҳои асосии бехатарии электромобилҳо ва автомобилҳои гибридро таҳлил мекунам.

Хосиятҳои бехатарӣ ба чор зергурӯҳ ҷудо мешаванд:

а) Хосиятҳои бехатарии фаъол қобилияти кам намудани эътимолияти ба садама дучоршавии автомобилро нишон дода, қисмҳои зеринро дар бар мегирад:

- хосиятҳои боздорӣ (тормозӣ) — қобилияти зуд паст кардани суръат, боэътимод боздоштан ва ором нигоҳ доштани автомобил;
- идорашавандагӣ ва устуворият дар ҳолатҳои фавқулода — қобилияти тез тағйир додан (идорашавандагӣ) ва доимӣ нигоҳ доштани (устуворият) параметрҳои ҳаракати автомобил (суръат, шитоб, самти ҳаракат ва ғайра) дар ҳолатҳои фавқуллода тибқи хоҳиши ронанда;
- доираи назар аз ҷои ронанда — имконияти аз тарафи ронанда қабул намудани иттилоот ба тариқи чашм дар бораи муҳити атроф, ки ба сохти кабина, шишаҳо, оинаҳои диди қафо ва ғайра вобаста аст;
- иттилопазирии берунаи автомобил — миқдор, ранг, ҷойҳои ҷойгиршавии асбобҳои равшанидиҳандаи беруна (чароғҳои асосӣ, нишондиҳандаҳои гардишу боздорӣ ва ғайра);
- дараҷаи ғулғула дар ҷойи нишастии ронанда — дараҷаи пастшавии коршоямии ронанда дар зери таъсири мағали (ғулғулаи) давомнок.

б) Хосиятҳои бехатарии ғайрифаъол қобилияти паст кардани вазнинии оқибати садамаи рухдодаро нишон дода, қисмҳои зеринро дар бар мегирад:

- хосияти паст кардани дараҷаи маъюбшавии ронанда ва мусофирон ҳангоми садама, ки ба қобилияти фурубурди энергия аз тарафи кузови автомобил, асбобҳои ҳимоякунанда (тасмаи бехатарӣ, болини дамшавандаи (подушек) бехатарӣ, зерсарақҳо (подголовников) ва ғайра), сохти шишаҳо, идоракунии рулӣ ва сохти дарунии салони автомобил;

- хосияте, ки дараҷаи маъюбшавии пиёдагардонро кам менамояд (набудани қисмҳои хатарноки беруна);
- бехатарии сӯхтор, ки аз рӯи сохти системаи ғизодиҳӣ, ҷойгиршавии зарфи (баки) сӯзишворӣ, мавҷуд будани воситаҳои сӯхторхомушкунӣ ва ғайра баҳо дода мешавад.
- с) Бехатарии экологӣ – хосияти кам кардани таъсири зараровари автомобил ба муҳити атроф буда, қисмҳои зеринро дар бар мегирад:
 - дараҷаи элементҳои зарарнок дар таркиби газҳои боқимондаи муҳаррикҳои автомобил – дараҷаи ифлоскунии муҳити ҳаво тариқи газҳои заҳрнок (оксиди карбон, оксидҳои нитроген, карбогидратҳо ва ғайра);
 - дараҷаи мағалнокӣ — дараҷаи таъсири манфии мағал ба одамоне, ки дар гирду атрофи шоҳроҳҳои автомобилгард ҷойгиранд;
 - дараҷаи истифодашавии маводди безарар дар тайёр намудани чузҳои автомобил;
 - мутобиқат ба безараргардонӣ баъди муҳлати истифода — мутобиқати автомобил, узвҳо ва қисмҳои таркибии он барои коркарди дубора.
- д) Бехатарии баъдисадамавӣ маҷмуи чорабиниҳои мебошад, ки ба ҳадди ақалл расонидани оқибатҳои садамаи нақлиётӣ барои ронанда, мусофирон ва дигарон нигаронида шудаанд. Он як қисми системаи умумии бехатарии воситаҳои нақлиёт буда, масъалаҳои зеринро дар бар мегирад:
 - Нигоҳ доштани якпорчагии салони мусофирон;
 - Мустаҳкамии бадана (кузов) ва минтақаҳои дефроматсияшаванда;
 - Ҳифзи системаи сӯзишворӣ аз фишор ва сӯхтор;
 - Кам кардани ҷароҳатҳои дуҷумдараҷа;
 - Ба таври автоматӣ ҷудо кардани батареяи аккумуляторӣ;
 - Қатъ кардани занҷирҳои баландшиддати автомобилҳои барқӣ;
 - Таъмини эвакуатсияи мусофирон;
 - Имконияти кушодани дарҳо пас аз бархӯрд;
 - Нигоҳ доштани фаъолияти қуфлҳо ва механизмҳои ҳолати фавқулодда;
 - Системаҳои алоқаи фавқулодда ва огоҳкунӣ;
 - системаи худкори занги таъҷилӣ ҳангоми садама (eCall);
 - фиристодани маълумот оид ба макони дақиқи автомобили ба садама дучор шуда ба ҳадамоти таъҷилӣ.

Ҷанбаҳои асосии бехатарии электромобилҳо ва автомобилҳои гибридӣ дар ҷадвали 1 оварда шудаанд.

Ҷадвали 1 – Бехатарии электромобилҳо ва автомобилҳои гибридӣ

Намуд	Стандартҳои асосии танзимкунанда
Бехатарии фаъол, яъне системаҳои, ки хатари бархӯрдро дар марҳилаи аввал пешбинӣ ва пешгирӣ мекунад, сарбории ронандаро коҳиш медиҳанд ва идоракунии автомобилро беҳтар мегардонанд.	ISO 26262-1 (бехатарии функционалӣ) [49], Euro NCAP AEB testing ¹ , UNECE R13–R155 ² (системаҳои боздорӣ, ADAS - (Advanced Driver Assistance Systems)) ва ғайра.
Бехатарии ғайрифавол, яъне амалҳои, ки дар лаҳзаи бархӯрӣ зарба ба қисмҳои меҳнатӣ: бадана (кузов), курсиҳо, камарбандҳо ва болишти бехатарӣ энергияро фурӯ бурда, мусофирон ва пиёдагардонро муҳофизат мекунад.	UNECE R94/R95 (краш-тести рӯ ба рӯ ва паҳлӯӣ) ³ , FMVSS 214 ва ГОСТ Р 54811-2011 (дар Федератсияи Россия) танзим карда мешаванд [7; 36; 55; 58].
Бехатарии экологӣ, ки тамоми занҷири давраи ҳаёти воситаи нақлиётро аз истихроҷи ашёи хом (маъдани оҳан, литий, сӯзишворӣ ва ғайра) то безараргардонӣ ва коркарди дубораи маводду масолеҳи истифодашударо дар бар мегирад, бо хусусиятҳои зерин тавсиф мешавад.	Euro 6 / Euro 7 / WLTP (Европа), ISO 14001 - (талабот ба системаи идоракунии муҳити зист)[48]. Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон “Дар бораи таъмини амнияти экологии нақлиёти автомобилӣ”[2].
Бехатарии баъдисадамавӣ технологияҳои роҳро дар бар мегирад, ки фавран пас аз ҳодиса ба қисмҳои меҳнатӣ, аз ҷумла онҳо аз сӯхтор пешгирӣ мекунад, қисмҳои зарардидагонро осон мекунад ва хатарҳои дуҷумдараҷаро кам мекунад.	UNECE R131 ⁴ (eCall) — системаи занги таъҷилӣ. UNECE R100 ⁵ (муҳофизат аз зарбаи барқ ва ғайра). ISO 26262 – (бехатарии функционалӣ, ки алгоритмҳои барои ҳифзи электроника ва пешгирии ноқомиҳо пас аз бархӯрд фаро мегирад). FMVSS 305 (ИМА) – (пешгирии ихроҷи электролит ва расиши кӯтоҳ пас аз садама) [35]. ГОСТ Р 54811-2011 (системаҳои пас аз садама). GB/T 18384 Чин (ҳифзи батарея ва қатъи автоматики системаҳо пас аз садама) [39].

Сарчашма: таҳияи муаллиффон

¹ <https://www.euroncap.com/en/car-safety/the-ratings-explained/safety-assist/aeb-car-to-car/>

² United Nations Economic Commission for Europe. <https://unece.org/>

³ United Nations Economic Commission for Europe. <https://unece.org/>

⁴ <https://unece.org/transport/documents/2023/02/standards/regulation-no-131-revision-1-amendment-2>

⁵ <https://unece.org/transport/documents/2022/03/standards/regulation-no-100-rev3>

Рейтинги бехатарӣ дар асоси як қатор озмоишҳои автомобилӣ, ки аз ҷониби Euro NCAP таҳия ва гузаронида шудааст, муайян карда мешавад.

Euro NCAP⁶ системаи панҷситорадори рейтингӣ бехатариро таъсис додааст, то ба истеъмолкунандагон ва корхонаҳо муқоиса кардани автомобилҳо ва дар интиҳоби бехатартарин воситаи нақлиёт барои эҳтиёҷоти онҳо кӯмак расонад.

Рейтинги бехатарӣ дар асоси як қатор озмоишҳои автомобилӣ, ки аз ҷониби Euro NCAP таҳия ва гузаронида шудааст, муайян карда мешавад. Ин озмоишҳо сценарияҳои соддакардашудаи садамаҳои воқеиро ифода мекунад, ки метавонанд боиси ҷароҳат ё марги мусофирон ё дигар иштирокчиёни ҳаракат дар роҳ шаванд. Он тамоми ҷанбаҳои ҷаҳони воқеиро пурра инъикос карда натавонанд ҳам, технологияҳои такмилёфтаи нақлиёт, ки дар солҳои охир дар натиҷаи стандартҳои баланди бехатарӣ ба вуҷуд омадаанд, самаранок будани худро исбот карданд ва ба истеъмолкунандагон манфиати воқеӣ меоранд.

Гарчанде автомобилҳои барқӣ дар вақти истифодабарӣ партови бевоситаи газҳои заҳрнок ва гулхонагӣ тавлид накунад ҳам, таъсири умумии онҳо ба муҳити зист, баҳусус ба партовҳои газҳои гулхонаӣ, ба таври назаррас аз манбаи нерӯи барқе, ки барои заряд додани онҳо истифода мешавад, вобаста аст. Яъне нақлиёти барқиро дар он сурат аз ҷиҳати экологӣ нисбатан тоза шуморидан мумкин аст, ки энергия барои заряд додани он аз манбаҳои барқароршавандаи энергия гирифта шавад. Агар заряддиҳӣ тавассути манбаҳои энергияи барқ, ки аз сӯхтани сӯзишворӣ (ангишт, газ, маводди нафӣ ва ғайра) анҷом дода шавад, бартариҳои экологии он назаррас нахоҳад буд [4].

Ҷумҳурии Тоҷикистон дорои манбаи асосии барқароршавандаи энергия, яъне захираҳои бузурги гидроэнергетикӣ мебошад ва то 98 фоизи истеҳсоли нерӯи барқ ба истифодаи захираҳои обӣ рост меояд [1].

Бартариҳои технологияҳои нав дар бисёр ҳолатҳо ба таври интиқодӣ қабул мешавад ва аҳолии одатан садоқатро ба технологияҳои ҷорӣ ва муқаммал кардани он нигоҳ медоранд. Инро ҳолатро дар рушди нақлиёти автомобилӣ барқӣ низ мушоҳида кардан мумкин аст, аз ҷумла таъсири афканишоти (радиатсияи) электромагнитӣ, безаргардонии аккумуляторҳои литий-ионӣ ва ғайра.

Ин озмоишҳо сценарияҳои соддакардашудаи садамаҳои воқеиро ифода мекунад, ки метавонанд боиси ҷароҳат ё марги мусофирон ё дигар иштирокчиёни ҳаракат дар роҳ шаванд.

Гарчанде, ки рейтингӣ бехатарӣ тамоми ҷанбаҳои ҷаҳони воқеиро пурра инъикос карда натавонанд ҳам, технологияҳои такмилёфтаи нақлиёт, ки дар солҳои охир дар натиҷаи стандартҳои баланди бехатарӣ ба вуҷуд омадаанд, самаранок будани худро исбот карданд ва ба истеъмолкунандагон манфиати воқеӣ меоранд.

Бехатарии барқӣ

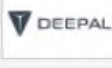
Бехатарии барқии электромобилҳо маҷмуи ҷораҳо ва ҳалли техникӣ мебошад, ки ба пешгирии таъсири зараровари ҷараёни барқ, майдонҳои электромагнитӣ ва дигар омилҳои электрикӣ ба одамон ва муҳити зист нигаронида шудааст. Бо афзоиши маъруфияти нақлиёти барқӣ, масъалаҳои бехатарӣ бо назардошти хатарҳои мушаххасе, ки бо системаҳои баландшиддат ва батареяҳои литий-ионӣ алоқаманданд, махсусан муҳим арёбӣ мешаванд.

Системаҳои баландшиддат. Автомобилҳои барқии муосир аз системаҳои баландшиддати шиддташон аз 200 то 650 вольт истифода мебаранд. Батареяҳои аккумуляторӣ бо шиддати аз 200 то 300 вольт кор мекунад ва қувваи ҷараён метавонад ба 50 ампер мерасад, ки хатари ҷиддии зарбаи барқиро ба вуҷуд меорад. Дар схемаи таъмини муҳаррики барқӣ шиддат метавонад ба 650 вольт расад, ки ҳангоми хизматрасонии техникӣ ва таъмир ҷораҳои махсуси эҳтиётро талаб мекунад [13].

Батареяҳои аккумулятории электромобилҳо дар қуттҳои махсуси устувор ҷойгир карда мешаванд, ки онҳоро аз осеби механикӣ, ҷанг ва об муҳофизат мекунад. Системаҳои зидди сӯхтор пешбинӣ шудаанд, ки дар ҳолати расиши кӯтоҳ ё ҳарорати аз ҳад зиёд ба таври автоматӣ барқро хомӯш мекунад [9].

Системаи идоракунии батареяҳои аккумуляторӣ (BMS) раванди заряд ва разряди батареяи аккумуляториро назорат мекунад ва барои кори бехатарӣ он ва назорати ҳолати он масъул аст. BMS аз расиши кӯтоҳ, қувваи ҷараёни аз ҳад зиёд, заряди барзиёд, аз ҳад зиёд гармшавӣ ва аз ҳад зиёд хунукунӣ муҳофизат мекунад. Система метавонад шиддати ҳар як ҳуҷайраи алоҳидаро бо дақиқияти чанд милливольт чен кунад ва ҳароратро бо дақиқии $\pm 1^\circ\text{C}$ назорат кунад [10; 16].

⁶ <https://www.euroncap.com/en/about-euro-ncap/>

Make & Model ▾		Safety Equipment ▾	Overall rating ▾				
	ZEEKR X	Standard	★★★★★	91%	90%	84%	83%
	Audi Q6 e-tron	Standard	★★★★★	91%	92%	81%	80%
	Maxus eTERRON 9	Standard	★★★★★	91%	85%	84%	83%
	ZEEKR 001	Standard	★★★★★	89%	88%	84%	83%
	Deepal S07	Standard	★★★★★	95%	87%	74%	77%
	Porsche Macan	Standard	★★★★★	90%	90%	83%	78%
	Cupra Tavascan	Standard	★★★★★	89%	86%	80%	79%
	Maxus MIFA 7	Standard	★★★★★	92%	87%	81%	75%
	NIO EL6	Standard	★★★★★	93%	85%	78%	76%
	Volvo EX30	Standard	★★★★★	88%	85%	79%	80%
	XPENG G6	Standard	★★★★★	88%	85%	81%	75%
	Ford Capri	Standard	★★★★★	89%	86%	80%	72%
	Ford Explorer	Standard	★★★★★	89%	86%	80%	72%
	Leapmotor C10	Standard	★★★★★	89%	85%	77%	76%
	Alpine A290	Standard	★★★★☆	80%	80%	76%	68%

Расми 1 – Бехтарин электромобилҳои бехатар дар соли 2024 тибқи рейтинги тибқи озмоишҳои Euro NCAP [32]

HVIL (High Voltage Interlock) - хусусияти дигари бехатарӣ мебошад, ки барои назорат кардани якпорчагии занҷири баландшиддат аз занҷири (ҳалқаи) пастшиддат истифода мебарад. Система барои муҳофизат кардани одамон аз шиддати баланд тарҳрезӣ шудааст, ки метавонанд бо чузъҳои баландшиддати электромобилҳо дар тамос шаванд, инчунин, ронандаро дар ҳолати канда шудани пайвасти баландшиддат ва ҳалалдоршавии кори он огоҳ мекунад [43].

Дастгоҳи заряддиҳӣ бо системаҳои муҳофизатии гуногун мучахҳаз шудааст, то бехатарии раванди заряддиҳиро таъмин кунад. Муҳофизати аз шиддати аз меъёр барзиёд ва паст. Ин система одатан вақте, ки сатҳи шиддатро, ки аз ҳадди бехатар зиёд аст, ошкор мекунад ва манбаи барқро хомӯш мекунад. Муҳофизат аз шиддати паст кафолат медиҳад, ки раванди заряддиҳӣ қатъ мегардад, агар шиддати таъминот аз сатҳи муайян паст шавад, ки ин метавонад боиси заряддиҳии бесамар ё вайрон шудани батарея гардад. Муҳофизати аз сарбории аз ҳад зиёд ба дастгоҳи заряддиҳӣ имкон медиҳад, ки дастгоҳи заряддиҳӣ аз ҳад зиёд гарм нашавад ва сӯхтори эҳтимолӣ рух надиҳад. Муҳофизат аз талафоти ҷорӣ

энергия барои ошкор кардани ҳама гуна талафоти қорӣ дар дастгоҳи заряддиҳӣ, ки метавонад боиси зарбаи барқ гардад, муҳим аст. Он фавран барқро қатъ мекунад, то ҳар гуна зарарро пешгирӣ кунад. Заминваслаи муҳофизавӣ кафолат медиҳад, ки дастгоҳи заряддиҳӣ ба таври дуруст ба замин пайваст шуда, хатари зарбаи барқро коҳиш медиҳад ва таҷҳизотро қаҳиши шиддати барқ муҳофизат мекунад. Системаи муҳофизати аз гармии аз ҳад зиёд ҳарорати дастгоҳи заряддиҳӣ назорат мекунад ва агар он аз ҳарорати бехатари қорӣ зиёд бошад, барқро қатъ мекунад. Системаҳои муҳофизат аз раъду барқ барои муҳофизат кардани дастгоҳи заряддиҳӣ аз шиддати раъду барқ, ки метавонанд махсусан харобиовар бошанд, тарҳрезӣ шудаанд. Системаи муҳофизати аз расиши кӯтоҳ як хусусияти муҳими бехатарӣ мебошад, ки расиши кӯтоҳро дар дохили дастгоҳи заряддиҳӣ ё электромобили васлшуда ошкор мекунад ва барқро барои пешгирӣ кардани осеб қатъ мекунад. Дар конструксияи дастгоҳи заряддиҳӣ маводҳои ба оташ тобовар истифода мешавад, то паҳншавии сӯхтор дар сурати рух додани он пешгирӣ карда шавад [24].

Стандартҳои асосии байналмилалӣ ISO 26262 барои бехатарии функционалии воситаҳои нақлиёти роҳ ва IEC 618517 барои системаҳои заряддиҳии электромобилҳо мебошанд. ISO 64698 талаботи бехатариро барои системаҳои нигоҳдории энергияи барқгиранда ва хусусиятҳои функционалии бехатарӣ муқаррар мекунад.

Бехатарии электромагнитӣ

Афканишоти электромагнитӣ воқеан дар автомобилҳои барқӣ аз сабаби қори муҳаррикҳои барқӣ, батареяҳои аккумулятори кашанда, электроникаи идоракунии ва системаи заряддиҳӣ ҳосил мешавад (Расми 2). Радиатсияи электро-магнитиро дидан ғайриимкон аст, онро танҳо тавассути асбобҳои махсус чен кардан мумкин аст [5; 15]. Истифодаи пуршиддати энергияи электромагнитӣ дар қомеаи муосир ба он оварда расонд, ки дар охири асри 20 омили нави муҳими ифлосшавии муҳити зист – омили электромагнитӣ ба вучуд омад ва ташақкул ёфт.

Миқёси ифлосшавии электромагнитӣ дар муҳити инсон то ҳадде назаррас шудааст, ки Созмони Ҷаҳонии Тандурустӣ (World Health Organization, WHO) ин мушкилотро ба қатори мушкилоти барои инсоният мубрамтарин шомил кардааст ва бисёре аз олимони онро омили қавии экологӣ, ки барои тамоми мавҷудоти зинда дар рӯи замин оқибатҳои фалокатовар доранд, ворид намудааст. Истилоҳи "ифлосшавии глобалии электромагнитии муҳити зист" расман соли 1995 аз қониби WHO қорӣ карда шудааст. Дар байни якҷанд лоиҳаҳои глобалӣ, WHO Лоиҳаи байналмилалӣи электромагнитӣ (WHO International EMF Project) -ро амалӣ мекунад, ки аҳамият ва таваҷҷуҳ ба ин мавзӯро аз қониби қомеаи ҷаҳонӣ таъкид мекунад [14].

Дар электромобилҳо манбаҳои асосии майдони электромагнитӣ таҷҳизоту дастгоҳи зерин мебошанд:

— Муҳаррикҳои барқӣ — манбаъи асосии майдонҳои электромагнитӣ, ки тавассути эҷод ва тағйир додани майдонҳои электромагнитӣ барои табдил додани энергияи электрикӣ ба энергияи механикӣ қор мекунад [12].

— Батареяҳои аккумулятори қашишӣ ва ноқилҳои қараёндор — манбаи энергияи барқ дар автомобил ва ноқилҳои (кабелҳо) майдонҳои электромагнитии басомади пастро (60–420 Гс) ба вучуд меорад [8; 12].

— Электроникаи идоракунии ва табдилдиҳандаҳои барқ — инвертерҳо, конвертерҳо ва контроллерҳо бо истифода аз транзисторҳои баландсуръат (IGBT, MOSFET) манбаъи майдони электромагнитии баландбасомад дар ҳудуди аз 2 то 20 кГц ва болотар мебошанд [11].

— Дастгоҳи заряддиҳӣ — ҳангоми заряд додани автомобили барқӣ, онҳо дар басомадҳои 50–60 Гс (қараёни тағйирёбанда) майдонҳои электромагнитӣ ба вучуд меояд. Инчунин, искони тавлиди басомади баландтар низ мавҷуд аст [5].

Таҷҳизоти иловагии барқӣ – системаҳои ҳавотозакунӣ ва гармидиҳӣ (сардкунӣ), равшанидиҳӣ ва ғайра низ сарчашмаи майдонҳои электромагнитии ҳудуди басомади пастр мебошанд [8].

Комиссияи байналмиллалӣ оид ба ҳифзи радиатсияи иондоршаванда (ICNIRP - The International Commission of Non-Ionizing Radiation Protection) дастурҳо ва стандартҳои илман асоснокшударо таҳия мекунад, ки ба маҳдуд кардани таъсири майдонҳои электромагнитӣ (EMF) ба инсон ва ҳифзи саломатӣ равона шудаанд [17].

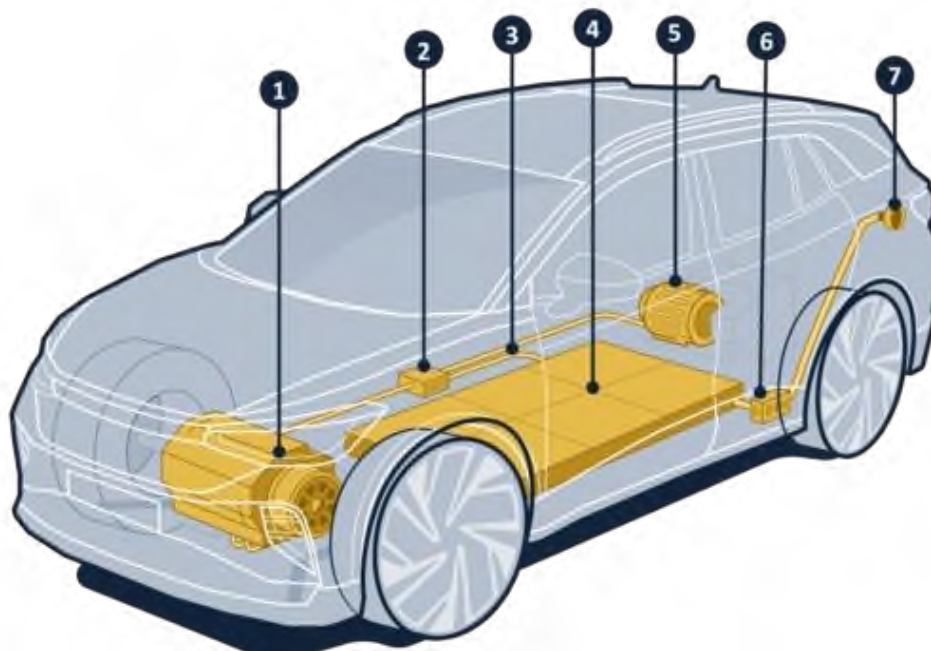
Муқаррароти асосии стандартҳои ICNIRP:

— Доираи васеи басомадҳоро дар бар мегирад - аз майдонҳои электромагнитии пастрбасомад ва болотар аз он, аз ҷумла афканишоти радиобасомад.

⁷ IEC 61851. Electric vehicle conductive charging system. <https://webstore.iec.ch/en/>

⁸ Electrically propelled road vehicles — Safety specifications Part 1: Rechargeable energy storage system (RESS). <https://www.iso.org/standard/68665.html>

- Маҳдудиятҳои асосиро, ки ба таъсири биологӣ асос ёфтаанд, муқаррар карда мешаванд ва дар ҳеҷ ҳолат афканишот набояд аз меъёр зиёд бошад.
- Ҳам таъсири мустақими майдонҳои электромагнитиро ба бадани инсон ва ҳам таъсири ғайримустақим - тавассути тамос бо объектҳои дорои потенциали электромагнитии гуногун ба назар гирифта мешаванд.
- Маҳдудиятҳоро барои параметрҳои гуногун дар бар мегирад: шиддатнокии майдони электрикӣ (V/m), индуксияи магнитӣ (μT), суръати хоси фурӯбарӣ (Specific Absorption Rate, SAR₉, W/kg) ва ғайра.
- Ба натиҷаҳои тадқиқоти лабораторӣ ва эпидемиологӣ асос ёфта, инчунин маълумотро дар бораи озмоишҳо бо ҳайвонот ба назар мегиранд ва онҳоро нисбат инсон экстраполятсия меkunанд.
- Барои таҳияи стандартҳо ва қоидаҳои миллӣ дар кишварҳои гуногун замина фароҳам меоранд.



Расми 2 – Манбаъҳои асосии майдонҳои электромагнитӣ дар электромобилҳо [20]: 1 – муҳаррики барқии пеш, 2 – инвертер, 3 – симҳои баландшиддат, 4 – батареяҳои аккумулятори баландшиддат, 5 – муҳаррики барқии қафо, дастгоҳи заряддиҳии дохилӣ, 6 – пайванди заряддиҳӣ

Мақсад ва вазифаи Стандартҳои ICNIRP:

— Таъмини сатҳи қобили қабули ҳифзи саломатӣ аз таъсири майдони электромагнитӣ ва пешгирӣ кардани бад шудани вазъи саломатӣ дар натиҷаи таъсири он.

— Эҷоди заминаи илман асоснок барои арзёбии хатарҳо ва мониторинги сатҳи афканишоти электромагнитӣ дар муҳити саноатӣ ва маишӣ.

Стандартҳои ICNIRP ҳуҷҷатҳои роҳнамо дар сатҳи байналмилалӣ эътирофшуда барои арзёбӣ ва маҳдуд кардани таъсири майдонҳои электромагнитӣ ба инсон, аз ҷумла радиатсия аз автомобилҳои барқӣ, дастгоҳҳои маишӣ ва саноатӣ, инчунин технологияҳои мобилӣ ва дигар радиомавҷҳо мебошанд. Риояи ин стандартҳо сатҳи муносиби ҳифзи саломатии ҷамъиятро таъмин мекунад.

ICNIRP инчунин, маҳдудиятҳои асосиро муайян мекунад, аз ҷумла тибқи талаботи SAR:

- Барои аҳоли: $SAR \leq 0,08 \text{ Вт/кг}$ (ба ҳисоби миёна), $\leq 2 \text{ Вт/кг}$ (нуқтавӣ, сар/тана).
- Барои Корманд: $SAR \leq 0,4 \text{ Вт/кг}$ (ба ҳисоби миёна), $\leq 10 \text{ Вт/кг}$ (нуқтавӣ, узвҳо).

Дар қадвали 2 меъёрҳои ҳудудии афканишоти электромагнитӣ тибқ дастури ICNIRP барои ҳудуди гуногуни басомадҳо ва намудҳои майдонҳо дар асоси тавсияҳои расмӣ оварда шудааст [17; 41; 62]:

⁹ SAR - дараҷаи хоси азхудкунии энергияи электромагнитӣ нишондиҳандаест, ки энергияи майдони электромагнитии дар бофтаҳои бадани инсон дар як сония ҷаббидашударо муайян мекунад. Ин нишондиҳанда, аз ҷумла, ҳаҷми таъсири зараровари телефонҳои мобилӣ ба инсонро чен мекунад.

Ҷадвали 2 – Нишондиҳандаҳои ҳудудии майдонҳои электромагнитӣ (1 Гс – 300 ГГс) тибқи ICNIRP

Басомад (f10)	Гуруҳ	E, В/м	H, А/м	B, μT	S, Вт/м²	Асос
Ҳудуди басомади паст (Таъсир ба системаи асаб)						
1 – 8 Гс	Корманд	20000	8 000 / f(Гс)	1x10 ⁷ /f(Гс)		ICNIRP (2010)
	Аҳоли	10000	32 000 / f(Гс)	4x10 ⁷ /f(Гс)		
8 – 25 Гс	Корманд	20000	8 000 / f(Гс)	1x10 ⁷ /f(Гс)		
	Аҳоли	10000	4 000 / f(Гс)	5x10 ⁶ /(Гс)		
25 – 400 Гс	Корманд	5 x 10 ⁵ /f(Гс)	320	400		
	Аҳоли	250/f(Гс)	100	125		
400 Гс – 3 кГс	Корманд	5 x 10 ⁵ /f(Гс)	320	400		
	Аҳоли	250/f(Гс)	0,25*f(Гс)	0,1*f(Гс)		
3 кГс – 100 кГс	Корманд	167	320	400		
	Аҳоли	83	83	104		
Ҳудуди басомади баланд (Таъсир: гармшавии бофтаҳои бадан)						
100 кГс – 10 МГс	Корманд	610	1,6*f (МГс)	(воб. аз Н)		ICNIRP (2020)
100 кГс – 400 кГс	Аҳоли	87	0,73	(воб. аз Н)		
400 кГс – 2 МГс	Корманд	87	0,73	(воб. аз Н)	f(МГс)/ 400	
2 МГс – 10 МГс	Аҳоли	1,375*f0,5 (МГс)	0,0037*f0,5 (МГс)	(воб. аз Н)	f(МГс)/ 400	
10 – 400 МГс	Корманд	61	1,6	(воб. аз Н)	10	
	Аҳоли	1.375*f0,5 (МГс)	0,0037*f0,5 (МГс)	(воб. аз Н)	f(МГс)/ 400	
400 МГс – 2 ГГс	Корманд	61	1,6	(воб. аз Н)	10	
	Аҳоли	27,5	0,073	(воб. аз Н)	2	
2 – 300 ГГс	Корманд	137/ f0,5 (ГГс)	0,36/f0,5 (ГГс)	(воб. аз Н)	50	
	Аҳоли	61	0,16	(воб. аз Н)	10	

Сарчашма: [17; 41; 62]

Эзоҳ: E-шадидияти майдони электрикӣ, В/м; H-шадидияти майдони магнитӣ, А/м, B - индуксияи магнитӣ, μ Tл, S- зичии селайи энергия, Вт/м². Дар ҳудуди басомадҳои баланд, нишондиҳандаи индуксияи магнитӣ одатан нишон дода намешаванд (B). Онро аз рӯи шадидияти майдони магнитӣ (H) бо формулаи $B=\mu_0 \cdot H$, ки дар инҷо $\mu_0 \approx 1.257 \times 10^{-6}$ Тл·м/А мебошад, ҳисоб кардан мумкин аст. Аҳоли аксар вақт аз таъсири майдонҳои электромагнитӣ огоҳ нест ва шароити будубоши худро дар ҳудуди чунин майдон назорат карда наметавонад. Корманд аз хатарҳои эҳтимолӣ огоҳ буда, аз омӯзиши мегузаранд ва метавонанд аз таҷҳизоти муҳофизатии инфиродӣ истифода баранд ё чораҳои эҳтиётӣ андешанд.

Дар ҷадвали зерин қиммати миёна ва максималӣ майдони электромагнитӣ аз асбобҳои маишӣ ва саноатӣ бо назардошти маълумоти ICNIRP, WHO, IEEE, IEC ва тадқиқоти дигар дар Аврупо оварда шудаанд (Ҷадвали 2).

Ҷадвали 2 – Майдони электромагнитӣ аз асбобҳои маишӣ ва саноатӣ (дурии зиёда аз 30 см)

Таҷҳизот/асбоб	Соҳа	Қимати миёна (μ T)	Максимум (μ T)
Риштарошаки барқӣ	Асбобҳои рузгор	0.08 – 9.0	то 15.0
Мӯйхушунак	Асбобҳои рузгор	0.01 – 6.0	то 10.0
Танӯри микромавҷӣ	Асбобҳои рузгор	0.01 – 0.3	то 1.0
Чангкашак	Асбобҳои рузгор	0.1 – 2.0	то 7.0
Яхдон	Асбобҳои рузгор	0.01 – 0.3	то 0.5
Мошини чомашӯй	Асбобҳои рузгор	0.1 – 2.0	то 3.0
Плитаи индуксионӣ	Асбобҳои рузгор	0.3 – 2.0	то 15.0
Компютер, монитор, роутер	Офис ё хона	<0.05	то 0.2
Автомобилҳои кафшерӣ барқӣ	Истеҳсолот	100 – 300	то 1000
Трансформаторҳо 10-35 кВ	Истеҳсолот	20 – 200	то 1000
Танӯрҳои барқӣ (индуксионӣ)	Истеҳсолот	100 – 500	то 2000
Мухаррикҳои барқӣ >10 кВт	Истеҳсолот	10 – 200	то 500
Конвейерҳо (бо ҳаракатовари барқӣ)	Истеҳсолот	5 – 50	то 100
Кабелҳои баландшиддат (1-10 кВ)	Истеҳсолот	1 – 50	то 100
Таҷҳизоти радиобасомад (13,56 МГс)	Истеҳсолот	10 – 100	то 300
Таҷҳизоти рентгенӣ	Тиб	<0.1	то 1.0
Таҷҳизоти MRI (дар дохилаш)	Тиб	1500000 – 3000000	то 3000000
Ҳавзҳои электролизӣ	Истеҳсолот	5 – 200	то 500

¹⁰ f - басомад бо МГц

Таҷҳизот/асбоб	Соҳа	Қимати миёна (µT)	Максимум (µT)
Ҳаракатоварҳои бо басомад танзимшаванда	Истеҳсолот	10 – 150	то 400
Электромобил (ҳангоми заряддихӣ)	Нақлиёт	2 – 10	то 20
Электромобил (дар дохили кабина ҳангоми ҳаракат)	Нақлиёт	0.2 – 3.0	то 10
Автомобилии гибридӣ (ҳангоми рондан)	Нақлиёт	0.1 – 2.5	то 8
Троллейбус (салон, дар болои муҳаррик)	Нақлиёт	1 – 10	то 30
Трамвай (дар болои қараёнқабулкунак ё муҳаррики барқӣ)	Нақлиёт	2 – 20	то 50

Сарчашма: [18; 29; 34; 46; 47; 61]

Дастурҳои ICNIRP (2010), ки барои бисёре аз кишварҳои ҷаҳон истинодҳои муътабар мебошанд, барои майдонҳои магнитии басомади паст 50/60 Гц индуксияи магнитии то 200 микротесларо (µT) барои аҳоли муқаррар кардааст. Ин сатҳ бо захираи бузурги беҳатарӣ барои муҳофизат аз ҳама таъсири таълими кӯтоҳмуддат ва дарозмуддат ба саломатӣ муқаррар карда шудааст.

Тадқиқотҳои сершуморе, ки дар моделҳои гуногуни автомобилҳои барқӣ гузаронида шудаанд, нишон медиҳанд, ки сатҳи воқеии майдонҳои магнитӣ дар салони мусофирон дар аксари ҳолатҳо аз тавсияҳои ICNIRP даҳҳо ва ҳатто садҳо маротиба камтар аст.

Кшиштоф Гриз ва дигарон дар мақолаи худ натиҷаи тадқиқотро вобаста ба мушкilotи афканишоти электромагнитӣ аз нақлиёти шаҳрӣ нашр намудаанд [40].

Ҷадвали 3 – Индуксияи магнитии нақлиёти барқӣ

Восиати нақлиёт	Усули ченкунӣ		Миёна	Максималӣ
Трамвай	Дар наздикии таҷҳизоти AC ва DC	(N = 10)	0.48–0.85	1.8–20
	Ҷойҳои канорӣ	(N = 20)	0.05–0.20	0.18–2.9
Троллейбус	Дар наздикии таҷҳизоти AC ва DC	(N = 10)	0.03–1.00	4.9–33
	Ҷойҳои канорӣ	(N = 10)	0.03–0.29	0.57–1.7
Автобусҳои PEV	Дар наздикии таҷҳизоти AC ва DC	(N = 37)	0.03–2.6	4.8–28
	Ҷойҳои канорӣ	(N = 65)	0.08–1.7	0.55–2.2
Автомобилии PEV (1)	Ҷойҳои пеш	(N = 8)	0.04–0.10	0.95–1.3
	Ҷойҳои қафо	(N = 8)	0.17–0.30	1.3–1.5
Автомобилии HEV(2)	Ҷойҳои пеш	(N = 8)	0.05–0.12	0.76–1.2
	Ҷойҳои қафо	(N = 8)	0.12–0.73	1.9–16

Сарчашма: [40]

Эзоҳ [40]: Индуксияи магнитӣ дар ҳудуди басомади андозагирӣ 40–800 Гц бо басомади дискретикунӣ 1,5 с чен шудааст; N — миқдори ғашти электромобил бо сабти индуксияи магнитӣ; (1) Басти батареяҳои аккумуляторӣ дар зерини кабинаи нақлиёт ҷойгир буданд ва инвертер DC/AC ва муҳаррики барқӣ қараёни тағйирёбанда дар қафои автомобил буданд; (2) Басти батареяҳои аккумуляторӣ ва инвертер DC/AC дар қафои мошин ва муҳаррики барқӣ қараёни тағйирёбанда дар пеш ҷойгир буданд.

Яке аз тадқиқоти беҳтарин ва ҳамаҷониба муфасссал оид ба майдонҳои электромагнитӣ дар автомобилҳо аз тарафи BfS¹¹ гузаронида шудааст ва тадқиқот дар ин самт давом дорад. Маълумоти ҷамъовардашуда ба ченкунии мунтазами майдонҳо дар моделҳои ҷорӣ ҳангоми ҳаракат дар роҳҳои Ҷумҳурии федеролии Олмон асос ёфтааст. Тадқиқот дар се ҳолат гузаронида шудааст: дар стэнди махсуси динамометрии ғилдиракдор, дар роҳи озмоишии пӯшида ва ҳаракат дар ҳолати воқеии роҳ. Ҳамагӣ 11 мошини комилан электрикӣ, ду мошини гибридӣ ва як мошини дорои муҳаррики дарунсӯз таҳлил карда шуданд. Новобаста аз намуди манбаи энергияи механикӣ, майдонҳои магнитӣ дар ҳамаи автомобилҳои санҷидашуда аз ҳадди аксари барои ҳифзи саломатӣ тавсияшуда камтар буданд. Майдонҳои магнитӣ дар курсҳои нишастӣ 14 модели гуногуни автомобилҳои истеҳсоли солҳои 2019 – 2021 дар шароити гуногуни корӣ чен ва арзёбӣ гардидаанд. Инчунин, дучархаи электрикӣ дар шакли мопед, ду моторсикли сабук ва моторсикли муқаррарӣ маридаи тадқиқот қарор дода шудаанд, чунки дар онҳо низ майдонҳои магнитии баландтарин дар минтақаи пойҳо ва рони поёнӣ ба вуҷуд меоянд. Дар маҷмӯъ, пайдоиши таъсири собитшудаи майдони электромагнитии ба саломатӣ таъсирбахш, дар воситаҳои нақлиёти таҳлилшуда хеле кам арзёбӣ гардидааст [19; 53; 54].

Вобаста ба беҳатарии электромагнитии нақлиёти барқӣ:

— Афканишоти электромагнитӣ воқеан дар автомобилҳои барқӣ аз сабаби кори муҳаррикҳои барқӣ, батареяҳои аккумулятори кашанда, инвенторҳо (табдилдиҳандаҳо) электроникаи идоракунии ва системаи заряддихӣ мавҷуд аст [45; 52].

— Сатҳи майдони магнитӣ дар кабинаи автомобилҳои электрикии муосир ва гибридҳо, аз рӯи натиҷаҳои ченкунии систематикӣ, одатан аз 0,1 то 2 µT буда, ҳатто дар ҳолати сарбории баланд (шитоб,

¹¹ BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) – Созмони (Дафтари) федералии беҳатарии радиатсионӣ Олмон. <https://www.bfs.de>

боздорӣ, заряддиҳӣ) хеле кам ба 3–4 μT мерасад [22; 40]. Ин аз меъёрҳои кунунии байналмилалӣ ICNIRP (2010) барои аҳоли (200 μT) даҳҳо ва садҳо маротиба камтар аст [22; 31; 59].

— Қиматҳои баланд (то 100–500 μT) ба таври локалӣ ва кӯтоҳмуддат, асосан дар минтақаи пойҳо ё ғангоми рондани боизтироб имконпазиранд [22; 59].

— Майдонҳои магнитӣ дар электромобилҳо аз майдони магнитии бисёр асбобҳои маишӣ (масалан, дарзмол, танӯри микромавҷӣ ва ғайра) ва саноатӣ камтаранд ва қобили муқоиса бо ноқилҳои барқии маъмулии маишӣ ҳастанд [22].

— Саломатӣ ва бехатарӣ: Тадқиқоти мустақили кунунӣ (масалан, SINTEF, BfS, BMUV) тасдиқ мекунанд, ки майдонҳои электромагнитӣ дар электромобилҳо ба ронанда ва мусофирон таъсири зараровар надоранд ва аз талаботи меъёрҳои ҳифзи саломатӣ зиёд нестанд [21; 22; 40; 59].

— Майдонҳои электромагнитӣ дар автомобилҳои барқӣ тағйирёбандаанд ва топологияи мураккаб доранд, ки тадқиқоти минбаъдaro барои арзёбии таъсири дарозмуддат талаб мекунад, аммо маълумоти мавҷуда хатарҳои ҷиддиро барo саломатӣ ошкор накардааст [6; 8; 23; 37; 63].

Автомобилҳои барқӣ ва гибридо майдонҳои электромагнитиро тавлид мекунанд, аммо сатҳи онҳо дар кабина аз меъёрҳои амнияти байналмилалӣ хеле пасттар аст. То имрӯз, ягон асоси илмӣ вучуд надорад, ки кори электромобилҳоро аз ҷиҳати радиатсияи электромагнитӣ ба саломатӣ хатарнок тавсиф карда бошад [6; 8; 20; 22; 30; 33; 40; 57; 59]. Вобаста ба бехатарии зидди сӯхтори автомобилҳои барқӣ дар мақолаи пешина маълумот оварда будем [3].

Бехатарии экологӣ

Гарчанде автомобилҳои барқӣ дар вақти истифодабарӣ партови бевоситаи газҳои захрнок ва гулхонагӣ тавлид накунад ҳам, таъсири умумии онҳо ба муҳити зист, бахусус ба партовҳои газҳои гулхонаӣ, ба таври назаррас аз манбаи нерӯи барқе, ки барои заряд додани онҳо истифода мешавад, вобаста аст. Яъне нақлиёти барқиро дар он сурат аз ҷиҳати экологӣ нисбатан тоза шуморидан мумкин аст, ки энергия барои заряд додани он аз манбаҳои барқароршавандаи энергия гирифта шавад. Агар заряддиҳӣ тавассути манбаҳои энергияи барқ, ки аз сӯхтани сӯзишворӣ (ангишт, газ, маводди нафть ва ғайра) анҷом дода шавад, бартариҳои экологии он назаррас нахоҳад буд [4].

Бартариати технологияҳои нав дар бисёр ҳолатҳо ба таври интиқодӣ қабул мешавад ва аҳоли одатан садоқатро ба технологияҳои ҷорӣ ва мукамал кардани он нигоҳ медоранд. Масалан дар асри XIX нақлиёти асосӣ дар шаҳрҳои калон воситаҳои гуногуни нақлиёти (аробаҳои хурду бузург) тавассути аспҳо ҳаракаткунанда буд. Як асп ба ҳисоби миёна дар як рӯз аз 15 то 35 кило пору партов мекунад. Аз ин сабаб, кӯчаҳои шаҳрҳои калони асри XIX бо поруи асп пур мешуданд, ки дар навбати худ шумораи зиёди пашшаро ба худ ҷалб мекард ва поруи хушк майдашударо шамол ба ҳар тараф паҳн мекард ва он сабаби бемориҳои гуногун гардида буд. Рӯзномаи The Times пешгӯӣ карда буд, ки "дар 50 соли оянда, ҳар кӯча дар Лондон зеро 9 фут (2,75 метр) пору гӯр карда мешавад" ва баъдтар он бо номи "Бӯҳрони бузурги поруи асп дар соли 1894" маъруф шуд [28; 50]. Соли 1898 дар Нью-Йорк аввалин конференсияи байналхалқӣ оид ба ҳалли масъалаи зикршуда, барои 10 рӯз ташкил шуда буд. Аммо он пас аз 3 аз сабаби пайдо накардани роҳҳои ҳалли мушкилот кори худро қатъ кард. Дар соли 1900 дар Нью-Йорк, зиёда аз 100 000 асп дар як рӯз 2,5 миллион фунт (≈ 1134 тонна) поруи асп партов мекарданд, ки онро ҳамарӯза рӯфта, коркард кардан лозим буд. [26; 28].

Ҳалли мушкилот тамоман аз дигар тараф пайдо шуд. Яъне тавассути тоза кардани кӯчаҳо аз поруи асп нею. иваз кардани асп. Муҳаррикҳои дарунсӯз ҳамчун манбаи энергияи механикӣ аспҳоро ба тадриҷ иваз карданд ва мушкилоти пору дар муддати кӯтоҳтарин ҳал гардид. Олмон дар таҳияи муҳаррики дарунсӯз бо ихтироъкорони барҷастааш, ба мисли Николаус Отто, Карл Бенс, Рудолф Дизел, Феликс Ванкел, Фердинанд Порше, Готлиб Даймлер ва Вилхелм Майбах нақши муҳим бозиданд [44].

Дар навбати худ муҳаррикҳои дарунсӯз мушкилоти дигареро ба вучуд оварданд. Садои баланди қорӣ, партови газҳои захрнок ва гулхонагӣ натиҷаи сӯзиши сӯзишворӣ дар муҳаррикҳои дарунсӯз мебошанд. Гарчанде партови газҳои захрнок бо ҷорӣ кардани талаботи экологӣ ва татбиқи технологияҳои нав то ҳадди аққал кам шуда бошанд ҳам, партови гази гулхонагӣ, яъне диоксидаи карбон (CO_2) аз байн нахоҳад рафт, чунки он натиҷаи сӯзиши пурраи ҳамагуна сӯзишвориҳои органикӣ мебошад. Марҳилаи аввали гузариш ба нақлиёти экологӣ ва самарабахш тавассути автомобилҳои гибридо оғоз ёфт, ки дар он дар баробари муҳаррики дарунсӯз аз ҳисоби сӯзишворӣ, инчунин, аз муҳаррики барқӣ ва батареяҳои аккумуляторӣ низ истифода мешавад.



Расми 3 – Хиёбони панҷуми Нью-Йорк 15 апрели соли 1900 (як автомобил) ва 23 марти соли 1913 (як асп) [25; 44]

Ҳалли мушкилоти партовҳо дар марҳилаи нав асосан тавассути нақлиёти барқӣ ҳалли худро пайдо карда истодааст. Муҳаррикҳои электрикӣ ҷойгузини муҳаррикҳои дарунсӯз гардиданд. Мушкилоти экологии нақлиёти барқӣ тамомен самти дигарро дарбар мегирад, ки он асосан давраи истеҳсол ва баъди аз истифода баромадани он, ё қисмҳои хоси он, аз ҷумла аккумуляторҳои литий-ионӣ зоҳир мегардад. Партовҳо дар тамоми давраи ҳаёт, аз ҷумла, раванди истеҳсол, истифодабарӣ ва безаргардониро дар бар мегирад. Истеҳсоли электромобилҳо, хусусан батареяҳои аккумуляторӣ одатан нисбат ба истеҳсоли автомобилҳои анъанавӣ бо муҳаррики дарунсӯз коркунанда партовҳои зиёдтарро дар бар мегирад, чунки истихроҷи ашёи хом ва истеҳсоли батареяҳои аккумуляторӣ равандҳои энергияталаб мебошанд [42; 44; 51; 60]. Аз тарафи дигар, тадқиқот нишон медиҳанд, ки ин партовҳои пешакӣ аксаран дар давоми мӯҳлати истифодабарии электромобилҳо аз ҳисоби манбаъҳои барқароршавандаи энергия ҷуброн карда мешаванд. Дар як қатор таҳлилҳо омадааст, ки электромобилҳо аз нуқтаи назари партовҳои умумӣ назар ба автомобилҳои дорои муҳаррики дарунсӯз дар тӯли 1,5 то 1,9 сол бартариати комилро соҳиб мешаванд ва дар тамоми давраи “ҳаёт” электромобилҳо дар қоҳиши умумии партовҳо, аз ҷумла “изи карбон” афзалият доранд [27; 38; 56; 60].

Албатта, технология ва инноватсия дар як ҷо намеистанд ва бо боварии том метавон гуф, ки ин мушкилот низ ҳалли худро меёбад, аз ҷумла тавассути электромобилҳои гидрогенӣ. Истифода аз энергияи гидроген тавассути ҳуҷайраҳои сӯзишворӣ (FCEV), ки дар онҳо энергиябаранда (дар ин сурат гидроген) дар зарфҳои (балонҳои) махсус зери фишори то 700 атмосфера нигоҳ дошта мешавад, самти афзалиятноки рушди нақлиёти автомобилӣ мебошад. Дар баробари ин чунин автомобилҳо бо микдори муайяни аккумуляторҳо низ ҷиҳозонида мешаванд. Тавлиди энергияи барқ тавассути ҳуҷайраҳои сӯзишворӣ бо истифодаи гидроген як самти бисёр ояндадор, хусусан дар нақлиёти автомобилӣ мебошад.

Бартариҳои муҳимтарини чунин электромобилҳо вақти кӯтоҳӣ пур кардани баллон бо гидроген мебошад. Баллони гидрогени электромобили FCEV-ро дар давоми камтар аз панҷ дақиқа пур кардан мумкин аст. Бартариҳои дигари кулӣ дар қиёс бо электромобилҳои аккумуляторӣ захираи ғашт мебошад, ки одатан аз 500 километр зиёд аст. Самаранокии чунин электромобилҳо аз ҳарорати беруна вобаста нест. Чуноне, ки дар боло зикр гардид, дар кишвари мо 98 фоизи нерӯи барқ бо истифода аз захираҳои об истеҳсол мешавад. Аммо истеҳсол ва сарфи энергияи барқ дар ҷумҳурӣ хусусияти мавсимӣ дорад ва дар ин росто истеҳсол ва захираи гидроген дар мавсими гарм аз ҳисоби энергияи барқ ва истифодаи минбаъдаи он дар мавсими хунук самаранокии истифодаи энергияи барқро зиёд менамояд. Аз тарафи дигар гидрогени истеҳсолшуда ба маҳсулоти воридотивазкунанда мубаддал мегардад, чунки зарурати ворид кардани сӯзвории нафтию газӣ ба тадриҷ кам мегардад.

Нерӯи барқе, ки аккумуляторҳои автомобилҳои барқӣ аз ҳисоби он заряд медиҳанд, аз манбаъҳои гуногун, аз ҷумла сӯзишвории истихроҷшаванда (ангишт, маҳсулоти нафӣ, газӣ табиӣ ва ғайра), энергияи атомӣ ва манбаъҳои таҷдидшаванда (оғтоб, шамол, об) тавлид мешавад. Партови нисбии газҳои гулхонаӣ аз манбаи энергия, ки барои зарядгирӣ истифода мешавад, вобаста аст. Минтақаҳое, ки фоизи баланди манбаъҳои барқароршавандаи энергияро истифода мебаранд, дар муқоиса бо минтақаҳое, ки аз сӯзишвории истихроҷшаванда саҳт вобастаанд, ба таври назаррас партовҳои камтарини нақлиёти барқӣ хоҳанд дошт.

Хулоса

Бехатарии автомобилҳои барқӣ ва гибридӣ яке аз масъалаҳои мубрами саноати автомобилсозии муосир ба шумор меравад, зеро он эътимоду боварии истеъмолкунандагон ва дурнамои таъбиқи васеи технологияҳои навро дар нақлиёт муайян мекунад. Дар маҷмӯъ, тадқиқоти сершумор, натиҷаҳои санҷиши садамаҳо ва таҷрибаи корӣ нишон медиҳанд, ки автомобилҳои барқӣ ва гибридӣ мисли автомобилҳои дорои муҳаррики дарунсӯзи анъанавӣ бехатаранд ва дар баъзе мавридҳо ҳатто аз онҳо бехатартар мебошанд. Бо вучуди ин, онҳо инчунин хатарҳои хос доранд, ки диққати махсусро талаб мекунанд. Дар робита ба бехатарии фаъол, автомобилҳои муосири барқӣ ва гибридӣ аксар вақт бо системаҳои пешрафтаи пешгирии садамаҳо мучахҳаз карда мешаванд: барномаи устувории электронӣ (ESP),

системаи зиддиблочкирокаи боздорӣ (ABS), назорати круизӣ, боздории автоматики фавқуллода, кӯмак дар нигоҳ доштани хати ҳаракат ва системаҳои ҳамаҷонибаи назорати атроф, ки эҳтимолияти садамаҳоро ба таври назаррас коҳиш медиҳанд. Дар робита ба бехатарии ғайрифавқуллода, автомобилҳои барқӣ, бидуни муҳаррики дарунсӯз дар пеш, тақсимоли муассиртари минтақаҳои шикаст ва фазои онро зиёдро барои азхуд кардани энергияи бархӯрд муҳайё месозанд. Автомобилҳои гибриди маъмулан дар платформаҳои замонавӣ сохта мешаванд, ки дорои ҷаҳорҷӯбаи мустақамшудаи бадан, камарбанди бехатарӣ ва болишти бисёрминтақавӣ мебошанд. Ғайр аз он, бастаҳои батарея бо корпусҳои мустақами муҳофизатӣ ва системаҳои назорати ҳарорат тарҳрезӣ шудаанд, ки хатари осебро дар ҳолатҳои муқаррари ронандагӣ коҳиш медиҳанд. Бартарии назарраси автомобилҳои барқӣ ва гибриди ин маркази пасти вазнинии онҳо мебошад, ки тавассути ҷойгир кардани батареяҳои аккумулятори вазнин дар дар зери бадана (кузов) ба даст меояд. Ин ба устуворӣ ва идоракунии автомобил таъсири мусбӣ мерасонад, хатари чаппашавиро коҳиш медиҳад ва идоракуниро ҳангоми манёврҳои ногаҳонӣ беҳтар мекунад.

Ҳамзамон, автомобилҳои барқӣ мушкilotи беназири бехатарии пас аз садамаро ба бор меоранд: ҳангоми бархӯрди шадид, батареяҳои литий-ионӣ метавонанд ба истилоҳ ба "фирори гармӣ" гузаранд, ки боиси сӯхтани стихиявӣ ва ихроҷи газҳои заҳролудкунанда мешаванд. Хомӯш кардани чунин сӯхторҳо миқдори зиёди об ва технологияҳои махсусро талаб мекунад, ки барои сӯхторнишонии стандартӣ дастрас нестанд. Барои кам кардани ин хатарҳо, истеҳсолкунандагон қатъи автоматики системаи баландшиддатро ҳангоми бархӯрд, қатъи интиқоли барқ ба схемаҳои вайроншуда ва алгоритмҳои нармафзори худташхискунанда, ки барои барвақт ошкор кардани мушкilot кумак мекунад, татбиқ мекунад. Автомобилҳои гибриди бо як қатор хатарҳо рӯбарӯ мешаванд: ба ғайр аз хатари сӯхтори сӯзишворӣ, хатари вайрон шудани батареяҳои аккумуляторӣ низ вучуд дорад, гарчанде таҷриба нишон медиҳад, ки ба шарофати муҳофизати бисёрқабата ва стандартизатсияи система, чунин ҳодисаҳо кам рух медиҳанд.

Аз нуқтаи назари муҳити зист ва саломатӣ, автомобилҳои барқӣ ва гибриди аз сабаби вучуд надохтан ё ба таври назаррас коҳиш додани партовҳои CO₂ ва газҳои заҳролудкунанда, бартарихи назаррас доранд. Бо вучуди ин, ин барои иваз ва коркарди дубораи батареяҳои аккумуляторӣ, ки коркарди махсуси бехатарро талаб мекунад, мушкilot эҷод мекунад. Ғайр аз он, ҳадамоти фавқуллода барои кор бо автомобилҳои барқӣ ва гибриди ба омӯзиши махсус ва таҷҳизоти махсус ниёз дорад, зеро усулҳои анъанавии хомӯш кардан на ҳама вақт мувофиқ меоянд.

Дар маҷмӯъ, метавон хулоса кард, ки ҳангоми тарҳрезии дуруст ва мутобиқат ба стандартҳои байналмилалӣ, автомобилҳои барқӣ ва гибриди сатҳи баланди бехатарии фавқуллода, ғайрифавқуллода, экологӣ ва пас аз садамаро пешниҳод мекунад. Бо вучуди ин, онҳо муносибати ҳамаҷониба ба идоракунии хавфи системаи батареяҳои аккумуляторӣ, рушди инфрасохтори хизматрасонӣ, ҷаҳорҷӯбаи мукаммали меъёрӣ ва омӯзиши мутахассисонро барои ҳадади аксар расонидани манфиатҳо ва кам кардани хатарҳои эҳтимоли талаб мекунад.

Рецензент: Давлатшоев Ғ.А. — к.т.н., доцент қабдари «Эксплуатация автомобильного транспорта» ТПУ им. ақад. М.С.Осимӣ

Адабиёт

1. Суханронӣ дар вохӯрӣ бо бунёдгари неруғоҳи барқи обии «Роғун» : ПРЕЗИДЕНТИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН. – Речаи дастрасӣ: https://www.president.tj/event/domestic_trips/26117 (Санаи мурочиат: 03.09.2024). – [Захираи электронӣ].
2. Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон “Дар бораи таъмини амнияти экологии нақлиёти автомобилӣ”. – Речаи дастрасӣ: <https://mmih.tj/SEARCH/DocumentView?DocumentId=124975> (Санаи мурочиат: 17.09.2025). – [Захираи электронӣ].
3. Абдулло, М.А. Оид ба бехатарии зиддисӯхтори автомобилҳои барқӣ / М.А. Абдулло, А.А. Абдуллоев // Паёми Политехникӣ. Баҳши: Таҳқиқоти Муҳандисӣ. – 2025. – № 1 (69). – С. 55-64.
4. Абдулло, М.А. Электромобилҳо ва ҳифзи муҳити зист / М.А. Абдулло, З. Воҳидов // Маводи конференсия Конференсияи илмию амалии ҷумҳуриявӣ “Инноватсия, мушкilotи экологӣ ва технологияҳои захирасарфакунда дар нақлиёт”. – Душанбе : Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, 2024. – С. 35-39.
5. Вред электромобилей для здоровья человека: электромагнитное излучение. – Режим доступа: <https://online-dealer.ru/elektromagnitnoye-izlucheniye/> (дата обращения: 26.06.2025). – [Электронный ресурс].
6. Гипотезы и факты облучения от электроавтомобиля. – Режим доступа: <https://freecoder.by/test/elektromobili-i-gibridy/bezopasnost-elektrotransporta/gipotezy-i-fakty-oblucheniya-ot-elektroavtomobilya/> (дата обращения: 28.06.2025). – [Электронный ресурс].
7. ГОСТ Р 54811-2011 Электромобили. Методы испытаний на активную и пассивную безопасность. – Режим доступа: <https://vsegost.com/Catalog/51/51893.shtml> (дата обращения: 15.06.2025). – [Электронный ресурс].
8. Коробейников, А.Г. Измерительные системы магнитных полей в электромобилях для анализа электромагнитной безопасности / А.Г. Коробейников, В.С. Исмагилов, Ю.А. Копытенко, Н.Г. Птицына // Программные системы и вычислительные методы. – 2013. – № 4. – С. 384-396.

9. Насколько безопасны электромобили? – Режим доступа: <https://xn--80ajhbc1bp1czc.xn--p1acf/news/naskolko-bezopasny-elektromobili/> (дата обращения: 24.06.2025). – [Электронный ресурс].
10. Обзор систем управления батареями (BMS): описание, характеристики. – Режим доступа: <https://e-solarpower.ru/faq/vse-ob-akkumulyatorah/sistema-upravleniya-batarei-bms/> (дата обращения: 24.06.2025). – [Электронный ресурс].
11. Преодоление электромагнитных помех в приложениях для электромобилей. – Режим доступа: <https://tellur-el.ru/blog/tekhnologii/preodolenie-elektromagnitnykh-pomekh-v-prilozheniyakh-dlya-elektromobiley/> (дата обращения: 26.06.2025). – [Электронный ресурс].
12. Птицына, Н.Г. Электромагнитная безопасность электротранспортных систем: основные источники и параметры магнитных полей / Н.Г. Птицына, Ю.А. Копытенко, В.С. Исмаилов, А.Г. Коробейников // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – Электромагнитная безопасность электротранспортных систем. – № 2 (84). – С. 65-71.
13. Раков, В.А. Электробезопасность при ремонте электромобилей и гибридных автомобилей / В.А. Раков. – [Электронный ресурс] // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах. – 2015. – С. 65-65. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26487930> (дата обращения: 24.06.2025).
14. Селиванов, С.Е. Электромагнитные загрязнения биосферы автотранспортом (автомобили, электромобили, гибридные автомобили) / С.Е. Селиванов, В.В. Филенко, А.В. Бажинов, Э.Н. Будянская. – [Электронный ресурс] // Автомобильный транспорт. – 2009. – № 25. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektromagnitnye-zagryazneniya-biosfery-avtotransportom-avtomobili-elektromobili-gibridnye-avtomobili> (дата обращения: 26.06.2025).
15. Электромобили создают опасное излучение. Миф или правда? – Режим доступа: <https://rucars.ru/ev-danger-myth> (дата обращения: 26.06.2025). – [Электронный ресурс].
16. BMS (система управления аккумуляторными батареями) | ESG. – Режим доступа: <https://www.esgsolar.com/ru/products-detail-4964128> (дата обращения: 24.06.2025). – [Электронный ресурс].
17. ICNIRP Guidelines. Руководства МКЗНИ по ограничению воздействия переменных электрических, магнитных и электромагнитных полей (ДО 300 ГГц) / ICNIRP Guidelines. – ICNIRP, 1998. – Режим доступа: icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPEMFgdRus.pdf (дата обращения: 26.06.2025). – [Электронный ресурс].
18. Samaras, T. SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks), Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF), 27 January, 2015 / T. Samaras, N. Leitgeb, A. Auvinen, и др. – 2015.
19. Schmid, G. Bestimmung von Expositionen gegenüber elektromagnetischen Feldern der Elektromobilität: Vorhaben 3620S82473 // Accepted: 2025-03-12T07:33:21ZjournalAbbreviation: Ergebnisbericht – Teil 1: Elektromagnetische Felder beim Fahrenpublisher: Bundesamt für Strahlenschutz (BfS). – Режим доступа: <https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2025031250843> (дата обращения: 03.07.2025). – [Электронный ресурс].
20. Strahlenschutz bei der Elektromobilität. – Режим доступа: https://www.bfs.de/DE/themen/emf/e-mobilitaet/e-mobilitaet_node.html (дата обращения: 02.07.2025). – [Электронный ресурс].
21. Ziegler, P. Radiowecker gegen Elektroauto – was strahlt mehr? / P. Ziegler. – 2023. – Режим доступа: <https://creafield.ch/wie-stark-strahlt-ein-elektroauto/> (дата обращения: 03.07.2025). – [Электронный ресурс].
22. Воздействие электромагнитных полей от электромобилей. – 2025. – Режим доступа: <https://evon.by/vozdjstvje-elektromagnitnyh-polej-ot-elektromobilej/> (дата обращения: 28.06.2025). – [Электронный ресурс].
23. Aretxabaleta, I. High-Voltage Stations for Electric Vehicle Fast-Charging: Trends, Standards, Charging Modes and Comparison of Unity Power-Factor Rectifiers / I. Aretxabaleta, I. Martinez de Alegria, J. Andreu и др. // IEEE Access. – 2021. – Т. PP. – High-Voltage Stations for Electric Vehicle Fast-Charging. – С. 1-1. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3093696.
24. Basic Safe Protections of EV Charger | GREENC. – Режим доступа: <https://greenc-ev.com/basic-safe-protections-of-ev-charger/> (дата обращения: 24.06.2025). – [Электронный ресурс].
25. Battery Banter 1: Are Internal Combustion Engines Going the Way of the Horse? Risk and Well-Being.
26. Burrows, E.G. Gotham: a history of New York City to 1898. Gotham / E.G. Burrows, M. Wallace. – Oxford University Press, 1998. – Режим доступа: https://books.google.com/books?hl=ru&lr=&id=mObQCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=A+History+of+New+York+City+to+1898+&ots=eydrI_aGfx&sig=0WWH7-f2Zc9MkG2vll3N5EZudh8 (дата обращения: 06.07.2025). – [Электронный ресурс].
27. Carbon Footprint Face-Off: A Full Picture of EVs vs. Gas Cars. – Режим доступа: <https://www.recurrentauto.com/research/just-how-dirty-is-your-ev> (дата обращения: 06.07.2025). – [Электронный ресурс].
28. Davies, S. The Great Horse-Manure Crisis of 1894. – Режим доступа: <https://fee.org/articles/the-great-horse-manure-crisis-of-1894/> (дата обращения: 06.07.2025). – [Электронный ресурс].
29. Deventer, E. van. Environmental health criteria 238: Extremely low frequency fields / E. van Deventer // Environmental Health Criteria. – 2007. – Environmental health criteria 238. – С. 1-519.
30. Dong, X. Electromagnetic Exposure Levels of Electric Vehicle Drive Motors to Passenger Wearing Cardiac Pacemakers / X. Dong, Y. Qian, M. Lu // Sensors. – 2024. – Vol. 24. – № 13. – P. 4395. DOI: 10.3390/s24134395.

31. Electric Vehicle Radiation Concerns | Aires Tech x The Wave. – Mode of access: <https://airestech.com/blogs/digital-wellness/emf-in-cars-radiation-from-electric-vehicles> (date of access: 03.07.2025). – [Electronic resource].
32. Electric Vehicles | Euro NCAP. – Mode of access: <https://www.euroncap.com:443/en/ratings-rewards/electric-vehicles/> (date of access: 26.06.2025). – [Electronic resource].
33. Elektro-magne-tische Felder in Elektro-autos - Bulletin DE. – Режим доступа: <https://www.bulletin.ch/de/news-detail/emf-in-elektroautos.html> (дата обращения: 02.07.2025). – [Электронный ресурс].
34. European Commission. Directorate General for Health and Consumers. Opinion on potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF). / European Commission. Directorate General for Health and Consumers. – LU : Publications Office, 2015. – Mode of access: <https://data.europa.eu/doi/10.2772/75635> (date of access: 26.06.2025). – [Electronic resource].
35. Federal Motor Vehicle Safety Standards; FMVSS No. 305a Electric-Powered Vehicles: Electric Powertrain Integrity Global Technical Regulation No. 20 Incorporation by Reference. – Mode of access: <https://www.federalregister.gov/documents/2024/12/20/2024-28707/federal-motor-vehicle-safety-standards-fmvss-no-305a-electric-powered-vehicles-electric-powertrain> (date of access: 15.06.2025). – [Electronic resource].
36. Federal Motor Vehicle Safety Standards No. 214, Side Impact Protection. – Mode of access: <https://www.federalregister.gov/documents/2025/05/30/2025-09743/federal-motor-vehicle-safety-standards-no-214-side-impact-protection> (date of access: 15.06.2025). – [Electronic resource].
37. Gao, F. Reduction of Electric Vehicle Electromagnetic Radiations Using a Global Network Model / F. Gao, M. Xu // Journal of Electromagnetic Engineering and Science. – 2023. – T. 23. – С. 335-343. DOI: 10.26866/jees.2023.4.r.175.
38. Gas vs Electric Cars: Evaluations & practical considerations. – Mode of access: <https://smartcar.com/blog/ev-emissions> (date of access: 06.07.2025). – [Electronic resource].
39. GB 18384-2020: Electric vehicles safety requirements. – Режим доступа: <https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/GB18384-2020> (дата обращения: 15.06.2025). – [Электронный ресурс].
40. Gryz, K. Complex Electromagnetic Issues Associated with the Use of Electric Vehicles in Urban Transportation / K. Gryz, J. Karpowicz, P. Zradziński // Sensors (Basel, Switzerland). – 2022. – T. 22. – № 5. – С. 1719. DOI: 10.3390/s22051719.
41. Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz) // Health Physics. – 2020. – Vol. 118. – № 5. – P. 483-524. DOI: 10.1097/HP.0000000000001210.
42. Hall, D. Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions / D. Hall, N. Lutsey.
43. Hauser, A. High-voltage battery management systems (BMS) for electric vehicles / A. Hauser, R. Kuhn. – [Электронный ресурс] // Advances in battery technologies for electric vehicles. – Elsevier, 2015. – С. 265-282. – Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978178242377500011X> (дата обращения: 24.06.2025).
44. Hoekstra, A. Comparing the lifetime green house gas emissions of electric cars with the emissions of cars using gasoline or diesel / A. Hoekstra, M. Steinbuch.
45. Hybrid & Electric Cars: Electromagnetic Radiation Risks. Hybrid & Electric Cars. – Mode of access: <https://www.saferemr.com/2014/07/shouldnt-hybrid-and-electric-cars-be-re.html> (date of access: 03.07.2025). – [Electronic resource].
46. IEC 62233:2005. – Mode of access: <https://webstore.iec.ch/en/publication/6618> (date of access: 26.06.2025). – [Electronic resource].
47. IEEE SA - IEEE C95.6-2002. – Режим доступа: <https://standards.ieee.org/ieee/C95.6/3236/> (дата обращения: 26.06.2025). – [Электронный ресурс].
48. ISO 14001:2015. – Mode of access: <https://www.iso.org/standard/60857.html> (date of access: 17.09.2025). – [Electronic resource].
49. ISO 26262-1:2018 - Road vehicles — Functional safety — Part 1: Vocabulary. – Режим доступа: <https://www.iso.org/standard/68383.html> (дата обращения: 17.09.2025). – [Электронный ресурс].
50. Johnson, B. The great horse manure crisis of 1894 / B. Johnson. – [Электронный ресурс] // Historic UK. – 2015. – Режим доступа: <https://courses.seas.harvard.edu/climate/eli/Courses/EPS101/Sources/Last-class/the-hope/The-Great-Horse-Manure-Crisis-of-1894.pdf> (дата обращения: 06.07.2025).
51. McLaren, J. Emissions Associated with Electric Vehicle Charging: Impact of Electricity Generation Mix, Charging Infrastructure Availability, and Vehicle Type. Emissions Associated with Electric Vehicle Charging / J. McLaren, J. Miller, E. O'Shaughnessy, et al. – 2016. – Mode of access: <http://www.osti.gov/servlets/purl/1247645/> (date of access: 05.07.2025). – [Electronic resource].
52. Moreno-Torres, P. Passenger Exposure to Magnetic Fields in Electric Vehicles / P. Moreno-Torres, M. Lafoz, M. Blanco et al. – [Electronic resource] // Modeling and Simulation for Electric Vehicle Applications. – IntechOpen, 2016. – Mode of access: <https://www.intechopen.com/chapters/52321> (date of access: 02.07.2025).
53. Radiation protection in electromobility. – Mode of access: https://www.bfs.de/EN/topics/emf/electromobility/electromobility_node.html (date of access: 03.07.2025). – [Electronic resource].

54. Radiation protection study: analysed electric cars comply with recommended maximum values for health protection. – Mode of access: <https://www.bfs.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/BfS/EN/2025/005.html> (date of access: 03.07.2025). – [Electronic resource].

55. Regulation No. 94. Rev.4 | UNECE. – Режим доступа: <https://unece.org/transport/documents/2022/12/standards/regulation-no-94-rev4> (дата обращения: 15.06.2025). – [Электронный ресурс].

56. Singh, P. The role of electric vehicles and eco-friendly technologies in reducing CO2 emissions / P. Singh, Namrata // Journal of Environmental Management. – 2025. – Т. 390. – С. 126321. DOI: 10.1016/j.jenvman.2025.126321.

57. Sztafrowski, D. Electromagnetic field in electric and hybrid cars / D. Sztafrowski, J. Winiarz. – [Электронный ресурс] // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022. – Т. 2408. – С. 012018. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2408/1/012018/meta> (дата обращения: 28.06.2025).

58. UN Regulation No.95 Revision 4 | UNECE. – Режим доступа: <https://unece.org/transport/documents/2023/09/standards/un-regulation-no95-revision-4> (дата обращения: 15.06.2025). – [Электронный ресурс].

59. Vassilev, A. Magnetic Field Exposure Assessment in Electric Vehicles / A. Vassilev, A. Ferber, C. Wehrmann и др. // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – 2015. – Т. 57. – № 1. – С. 35-43. DOI: 10.1109/TEM.2014.2359687.

60. Woody, M. Corrigendum: The role of pickup truck electrification in the decarbonization of light-duty vehicles (2022 Environ. Res. Lett. 17 034031) / M. Woody, P. Vaishnav, G.A. Keoleian et al. // Environmental Research Letters. – 2022. – Vol. 17. – Corrigendum. – № 8. – P. 089501. DOI: 10.1088/1748-9326/ac7cfc.

61. World Health Organization. Extremely low frequency fields : Environmental health criteria ; 238 / World Health Organization. – 2007. – P. 519.

62. ICNIRP Secretariat. GUIDELINES For limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz TO 100 kHz) / ICNIRP Secretariat // Health Physics. – 2010. – Vol. 99. – № 6. – P. 818. DOI: 10.1097/HP.0b013e3181f06c86.

63. Understanding Electromagnetic Fields : 文字. – Режим доступа: <https://www.taipower.com.tw/2764/2826/2853/2855/25164/> (дата обращения: 03.07.2025). – [Электронный ресурс].

МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН-СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ-INFORMATION ABOUT AUTHORS

TJ	RU	EN
Абдулло Мамадамон Абдурахмонбек	Абдулло Мамадамон Абдурахмонбек	Abdullo Mamadamon Abdurahmonbek
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Ph.D., associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осими	ТТУ имени акад. М.С. Осими	TTU named after acad. M.S. Osimi
mamadamonabdullo@gmail.com		
ORCID Id 0000-0002-6253-5946		
TJ	RU	EN
Саъдуллозода Шахриёр Саъдулло	Саъдуллозода Шахриёр Саъдулло	Sadullozoda Shahriyor Sadullo
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Ph.D., associate professor
Донишкадаи политехникии ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ дар ш.Хучанд	Худжандский политехнический институт ТТУ имени академика М.С. Осими	Khujand Polytechnic institute of TTU named after academician M.S. Osimi
Srsaidaliev@gmail.com		
ORCID Id 0000-0001-5801-9140		
TJ	RU	EN
Абдуллоев Аҳмад Акдодович	Абдуллоев Ахмад Акдодович	Abdulloev Ahmad Akdodovich
Мухандис-механик	Инженер-механик	Mechanical engineer
ҚСЖ “ТГЭМ”	ОАО “ТГЭМ”	OJSC “TGEM”
ahmad.abdulloev@tgem.tj		