

Електромагнітне випромінювання гібридних автомобілів

Бажинов О. В.¹, Кравцов М. М.¹

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Анотація. В статті проаналізовано вплив на людину електромагнітного випромінювання гібридного автомобіля. Визначено елементи які прямо чи опосередковано впливають на виникнення електромагнітного випромінювання: ступінь стиснення двигуна; пластмасові та металеві дахи, крила, повітряні фільтри; розміри і форма електродвигуна, котушки запалювання і місце їх розташування; розміщення тягової акумуляторної батареї; якість і довжина високовольтних проводів; форма і розміри моторного місця; відстань між колесами і мотором; електронні засоби і системи запалювання; механізми і пристрої радіопередачі і систем обчислення. Запропоновано засоби захисту від електромагнітного випромінювання в гібридних автомобілях.

Ключові слова: гібридний автомобіль, електромагнітне випромінювання, обладнання транспортного засобу.

Вступ

Всесвітня організація охорони здоров'я включила електромагнітне забруднення, як найбільш актуальну проблему для людства. В результаті автомобільного руху кожного року 20-30 % території міст підлягають електромагнітному забрудненню [1]. Це відбувається за рахунок збільшення потужності і кількості електрообладнання кожного окремого автомобіля. Актуальність проблеми електромагнітного забруднення є важливим етапом визначення впливу електромагнітного випромінювання на людину в умовах швидкого розвитку гібридних автомобілів.

Аналіз публікацій

Публікації де яких авторів свідчить про проведення ряду досліджень з метою знаходження технічних рішень з мінімізації впливу на людину електромагнітного випромінювання в автомобільному транспорті.

Протягом останніх десятиліть рівень інтенсивності технологічного електромагнітного оточення, електромагнітного забруднення катастрофічно зріс. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) розглядає проблему негативного впливу електромагнітних полів на робочих місцях, вдома та у навколишньому

середовищі як пріоритетну для світової спільноти. Міський, приміський та міжнародний електротранспорт, що працює як на постійному, так і на змінному струмі, генерує магнітні поля в широкому діапазоні частот з переважанням складових в ультранизьких (УНЧ: 0,001 - 10 Гц) та крайок низькому (КНЧ: 10-300Гц). Авторами показано [1], що поруч з електротранспортом магнітні поля в 50-100 разів вищі, ніж далеко від них, а у салоні їх рівень може підвищуватися в 2-3 тис. разів.

У статті [2] виконано аналіз впливу на людину електромагнітного випромінювання, джерелом яких є автомобіль, оснащений двигуном внутрішнього згоряння та гібридний автомобіль.

Автори статті [3] розглянули вплив сучасних автомобілів і автомобільних потоків на навколишнє середовище та здоров'я людини. Внесені пропозиції щодо розроблення методики вимірювань електромагнітного випромінювання автомобілів на етапі їх експлуатації та ремонту.

Автор статті [4] стверджує, що у електричних транспортних засобах пасажир сидить дуже близько до електричних систем зі значною потужністю, як правило за дуже короткий проміжок часу. Відносно високі струми досягнуті в цих системах і короткі відстані

між силових прилаштувань та пасажирами означає, що останні піддаються дії відповідних магнітних полів. З огляду на це важливо вивчити значення електромагнітного поля, їх параметри на борту електромобілів для забезпечення сумісності з міжнародними стандартами вимірювання.

В статті [5] надана інтерференція механізмів впливу слабких електромагнітних полів та вкрай низьких частот на організм людини і тварин.

В [6] розглядаються схемні рішення та особливості побудови автомобілів з гібридною силовою установкою, електричні системи та комплекси гібридного автомобіля. Монографія призначена для науковців, пов'язаних із проектуванням, експлуатацією і ремонтом машин, докторантів та аспірантів, які займаються дослідженням та розробкою сучасних екологічно чистих транспортних засобів, студентів автомобільного, механічного, електричного та комп'ютерного профілю, а також може бути корисною для спеціалістів з продажу, ремонту та технічного обслуговування автомобілів.

Мета та постановка задачі

Метою роботи є визначення впливу електромагнітного випромінювання в умовах швидкого розвитку гібридних автомобілів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- огляд електромагнітних полів антропогенного характеру;
- знаходження елементів впливу електромагнітного поля у гібридному автомобілі;
- найбільш поширені методи захисту від впливу електромагнітних полів.

Електромагнітні поля антропогенного і природного походження

Урбанізація у всьому світі та використання мобільних та бездротових технологій (5G Інтернет речей), електро/гібридних, транспортних засобів веде до поширення антропогенного електромагнітного випромінювання (ЕМВ), а учасники кампаній продовжують закликати до визнання ризику для здоров'я людини. Антропогенне радіочастотне електромагнітне випромінювання (AREMR), що використовується в бездротових технологіях (4G, 5G) або виходить від ліній електропередач, електро/гібридних транспортних засобів створюють додаткову загрозу для людини.

Відсутність високоякісних наукових досліджень означає, що знання про ризик для людини від антропогенних ЕМ або непереконливі, не вирішені, або встановлені лише частково. Отже, ще належить встановити, чи становлять антропогенний ЕМВ значну загрозу для людства.

Над цією проблемою працюють вчені ХНАДУ. Група вчених ХНАДУ та співробітників Харківського інституту технічних проблем магнетизму Національної академії наук України провела дослідження електромагнітного випромінювання (ЕМВ) гібридного автомобіля. Проведено виміри ЕМП приладом МАГНІТОСКОПОМ 1.069, дано оцінку ЕМП, складено протоколи вимірювань,

Як видно за результатами вимірювання табл. 1, найбільше ЕМВ спостерігається в кабіні автомобіля, де знаходиться пасажир. Згідно ДСНіП № 239-96 норма ЕМВ становить $2,5 \text{ мкВт/см}^2$. Європейські стандарти FCC і ANSI C/1-92 допускають показання $1,5 \text{ мкВт/см}^2$.

Таблиця 1 – Показники вимірювань напруженості (індукції) змінного магнітного поля (H) гібридного автомобіля Пікап-Ланос МАГНІТОСКОПОМ 1.069

Місце вимірів	Місце водія (мкТл)	Переднє місце пасажира (мкТл)	Виміри магнітного поля (мкТл)	Вимірювання електромагнітного поля (ліве переднє сидіння, мкТл)	Вимірювання електромагнітного поля (праве переднє сидіння), мкТл	Відповідність нормативним документам, +/-
Ліве переднє сидіння	X = 0,5	X = 0,5	0,27	70,0	70,0	-
Праве переднє сидіння	Y = 2,0	Y = 1,4	0,202	200,0	240,0	-
Пасажир-місто	Z = 0,2	Z = 0,5	0,65	70,0	70,0	-

Також проведено аналіз діючих вітчизняних норм, які допускають роботу людини при інтенсивності випромінювання 1000 мкВт/см^2 тривалістю не більше 20 хв.

Автори деяких зарубіжних джерел затверджують що допустимі ЕМВ та їх рівень не повинен перевищувати $0,02 - 0,03 \text{ мкТл}$. На нашу думку ще потребує багато часу досліджень щоб доказати перелічені показники.

Крім ЕМП, що виникають за рахунок природних джерел, в спектрі електромагнітних полів є і ті, які створюються антропогенними джерелами: наприклад, рентгенівські промені, які використовуються для діагностування переломів кінцівок в результаті спортивних травм. Електрика в кожній мережі електроживлення змінного струму веде до утворення супутніх ЕМП низької частоти. Різні радіохвилі більш високої частоти використовуються для передачі інформації за допомогою ТВ антен, радіостанцій або базових станцій мобільного зв'язку.

Біосфера протягом всієї еволюції перебувала деякі зміни. Природне радіаційне тло оточує нас всюди. Фонова радіація змінюється від місця до місця та з часом, залежно від кількості природних радіоактивних елементів у ґрунті, воді та повітрі. Це пов'язано з тим що антропогенні електромагнітні випромінювання (ЕМВ) у десятки тисяч разів перевищують природне електромагнітне тло. За останні 50 років ЕМП від експлуатованих у промисловості та на транспорті джерел зростає вище, ніж у 50000 разів і продовжує стрімко наростати.

Така дія на навколишнє середовище, звісно, не могла не позначитися на самій людині. Питання охорони здоров'я населення та працівників від впливу ЕМП має дуже важливе соціально-економічне значення.

Застосування радіотехнічних приладів і систем, нових технологічних процесів, використання яких призводить до випромінювання електромагнітної енергії в навколишнє середовище створює ряд труднощів, пов'язаних з негативним впливом електромагнітного випромінювання на організм людини. Під впливом ЕМП відбувається перегрів організму, спостерігається негативний вплив на центральну нервову систему, ендокринну, обміну речовин, серцево-судинну, на зір. Підвищується стомлюваність, артеріальний тиск, порушується стійкість впливу.

ЕМП відповідно до законів Максвелла характеризується векторами напруженості електричного E (В/м) і магнітного H (А/м) полів. Вектори E і H біжить електромагнітної хвилі в зоні

поширення завжди взаємно перпендикулярні. При поширенні в провідному середовищі вони пов'язані співвідношенням, В/м:

$$E = H \sqrt{\frac{\omega \mu}{\gamma}} e^{-kR},$$

де ω – частота електромагнітних коливань; γ – питома провідність речовини екрана; μ – магнітна проникність цієї речовини; k – коефіцієнт загасання; R – відстань від вхідної площини екрану до розглянутої точки.

В оточуючому нас довкіллі постійно присутні електромагнітні поля антропогенного та природного походження. Джерела електромагнітних полів антропогенного характеру поділяють на низькочастотні (0-3 кГц) та високочастотні (від 3 кГц до 300 ГГц).

Перші містять в собі всі системи виробництва, розподілу електроенергії, домашню та офісну електронну техніку, а також інформаційні засоби відображення індивідуального користування (монітори ПК), автомобільний, міський, залізничний транспорт, та транспорт на електроприводі [5]. Головні складові електромагнітного забруднення знаходяться в низькочастотному діапазоні, тому що електромагнітний спектр лежить в області від 0 до 1010 Гц [6].

Вплив електромагнітного поля на організм людини було розглянуто в 40-х роках, першим з дослідників був лікар П. Іжевський. Було доказано що електромагнітне випромінювання впливає на працездатність та здоров'я людини і цей вплив може бути досить непередбаченим. [3]. На сьогоднішній день ЕМП штучного походження є значним екологічним чинником, біологічна активність якого дуже висока.

Зазначимо, що електромагнітне випромінювання і її розподіл в людському тілі визначається розмірами і формою органу, а також тканин, а саме їх електричними властивостями.

Розглянувши детальніше було виявлено, що тіло людини вбирає поле в себе і поглинає більше енергії при частоті $0,04 - 10 \text{ ГГц}$. Внаслідок багаторічної тривалої дії біологічний ефект накопичується, що призводить до розвитку пухлини мозку, раку крові, дегенерація нервової системи та інші

Центральна нервова система є найбільш чутливою при впливі електромагнітного випромінювання на людину, також не менш чутливими є очі та імунна система. В результаті цього може погіршитися кровоносна, серцево-судинна та імунна система [7].

Людина, яка довгий час перебувала під впливом випромінювання відчуває втому, що призводить до зменшення сексуального похилу до протилежної статі, зменшується потенція., що призводить частковими змінами ендокринної системи. З'являється слабкість імунітету клітинної системи, за рахунок зменшення у крові спеціальних ферментів. Ознаками такого розладу є порушення сну, стомлюваність, дратівливість, послаблення пам'яті, загальна напруженість [8].

Гіпогеомагнітне поле (ГГМП) при довгому впливу негативно діє на здоров'я людини, тим самим викликає зміни біохімічного, фізіологічного та морфологічного функціонування організму. Наявність ГГМП відносно магнітного поля характеризують коефіцієнтом ослаблення, рівним 2. При ослабленні в 2...5 разів ГГМП, збільшується на 45% кількість захворювань людей, працюючих в такому приміщенні.

Електромагнітне поле, джерелом якого є гібридні автомобілі є складним органом впливу електромагнітного випромінювання на людину.

Головною перевагою гібридних автомобілів – є зменшення викидів шкідливих газів і витрати палива. За рахунок повного автоматичного управління роботи двигунів бортовим комп'ютером., з можливістю підзарядки акумуляторів, використанням електродвигуна як генератора електричного струму, така система називається рекуперацією. Акумуляторна батарея є більш легкою в порівнянні з батареєю електромобіля, через меншу ємність, тому можна вважати, що схема гібридного автомобіля є значно модифікованою.

При збільшенні електромагнітного випромінювання електромагнітне поле також збільшується, а саме для гібридного автомобіля воно лежить в діапазоні від 5 Гц до 1 ГГц.

Електромагнітне поле щільності потоку транспортних засобів можливо зменшити в результаті:

- збільшити середню швидкість руху;
- зменшення часу знаходження автотранспорту на перехресті;
- забезпечити рухи з постійними швидкостями та інші.

Також великої небезпеки підлягають люди, які знаходяться всередині салону. Особливо це стосується водіїв, які протягом тривалого часу зазнають електромагнітне випромінювання, тому що проводять багато годин за кермом.

В разі того, як буде розглядатися вплив еле-

ктромагнітного поля (вплив на людей, які знаходяться в середині автомобіля чи забруднення навколишнього середовища), буде залежати схема моніторингу електромагнітних забруднень автотранспортними засобами. Забруднення навколишнього середовища транспортним потоком кожного автомобіля має вимірюватися рівень електромагнітного поля, за допомогою вимірювальної антени приладу, для цього її повинні розташувати по центру автомобіля на відстані 10 - 12 м від нього, та на висоті 3м, в залежності від розташування двигуна, позаду або попереду, та збоку антени приймача радіо автомобіля [9].

В випадку з впливом на людину, яка знаходиться у салоні автомобіля, то методики поки не існує. Але згідно з [9], можливо провести вимірювання електромагнітного поля на робочому місці, на відстані від джерела, якому знаходиться тіло працівника, від поверхні землі з максимальним значенням напруженості електромагнітного поля на робочому місці. Проводиться не менше трьох вимірювань, потім заносяться у протокол найбільш зареєстровані значення. Людина, яка проводить виміри не може ставати між вимірювальною антеною і джерелом електромагнітного випромінювання.

Елементи впливу електромагнітного поля автомобіля

Вплив електромагнітних полів (ЕМП) на здоров'я людини досліджувалося десятиліттями [10].

Кілька досліджень намагалися довести взаємозв'язок між ними тривалий вплив електромагнітних полів та ін. патології здоров'я, не досягаючи остаточного успіху.

Наслідки тривалого впливу низькочастотних ЕМП дуже важко оцінити через невизначеність, властиві наукові дані. З іншого боку, цього достатньо наукові підстави стверджують, що вплив низькочастотних електричних полів можуть спричинити чітко визначені біологічні реакції та фізіологічні ефекти [11].

У цьому контексті деякі країни прийняли нормативні акти основи яких, засновані на критеріях або рекомендаціях щодо запобігання розроблені різними установами.

Це рекомендується межі впливу ЕМВ високі у порівнянні з більшістю звичайні значення полів, що існують у побуті та роботі середовищах.

З останніми розробками в галузі гібриду та електрики транспортних засобів (електромобілів), оцінка електромагнітних навколишніх середовищ в салоні цих транспортних засобів

стає необхідні [12].

Електромобілі мають значну електричну систему потужності, що складається з акумуляторів, перетворювачів потужності та електричних двигуни (крім усіх сполучних проводів).

На електромагнітне поле автомобіля впливають такі елементи: ступінь стиснення двигуна; пластмасові або металеві дахи, крила, повітряні фільтри; розміри, форма котушки запалення, місце її розташування; якість і довжина високовольтних дротів; форма і розміри моторного місця; відстань між колесами і мотором; електронні засоби системи запалення; сервісні механізми, якщо вони є, пристрої радіопередачі та систем обчислювання; всі системи і вузли, якщо вони не в технічному стані, з яких складається електромагнітне поле; система гасіння електромагнітного випромінювання; умови її характер руху автомобіля.

Дані дослідження були проведені на основі автомобіля типу Toyota Prius, виміри були зняті поруч з автомобілем, а також у його салоні, були проведені вимірювачем параметрів магнітних та електричних полів ВЕ - МЕТР-АТ 002 в двох смугах частот 5 Гц – 2 кГц та 2 кГц - 400кГц. Місце проведення експерименту вибирали схеми розташування компонентів автомобіля та основних джерел у салоні автомобіля електромагнітного випромінювання. Основні елементи гібридного агрегату, а також їх призначення було розглянуто у [13].

Ці дослідження показали високу ступінь магнітної та електричної складової електромагнітного випромінювання гібридного силового агрегату. При роботі електричного двигуна напруженість електромагнітного поля склала 980 нТл, а при двигуні внутрішнього згорання 250 нТл, при частоті 5 Гц – 2 кГц.

Стосовно електромагнітного випромінювання у салоні автомобіля, то напруженість магнітного поля значно залежить від роботи гібридного агрегату, тому що силова шина, яка з'єднує акумуляторну батарею с силовим агрегатом є самим потужним джерелом електромагнітного поля у салоні, вона знаходиться під сидінням пасажира та водія.

В результаті численних досліджень встановлено, що реакція організму людини залежить від величини потужності випромінювання і від таких параметрів, як частота, вид модуляції, ширина спектра випромінюваного сигналу, поляризація, час опромінення, електрична та магнітна складова і ін. Виявити однозначно зв'язок між якимось одним параметром випромінювання і явно вираженим ефектом його дії поки

не вдалося. Експериментальні дані свідчать про високу біологічну активність ЕМП в усіх частотних діапазонах. При високих рівнях опромінюється ЕМП прийнято говорити про тепловому механізмі впливу. При низькому рівні ЕМП сучасна теорія визнає нетепловий або інформаційний характер впливу на організм. Механізми дії ЕМП в цьому випадку ще мало вивчені.

Відзначимо, що залежність поглинання енергії електромагнітного випромінювання (ЕМВ) і її розподілу всередині тіла людини визначається не тільки електричними властивостями тканин, а й формою і розмірами об'єкта (органу), а також співвідношенням цих розмірів з довжиною хвилі випромінювання. Детальний аналіз показав, що для частот 0,03 ... 10 ГГц характерна наявність ряду максимумів поглинання, при яких тіло людини як би вбирає в себе поле ЕМП і поглинає енергії більше, ніж припадає на його поперечний переріз. У цьому випадку різко проявляються інтерференційні картини, що призводять до сильної кореляції (взаємозв'язку) як загальної величини поглинання енергії, так і її розподілу в залежності від полів конкретних довжин хвиль, розмірів і анатомічної будови органів і електричних властивостей тканин людини. Локальні максимуми поглинання тілом людини («Гарячі точки») мають місце на частотах 750 ... 2500 МГц, а максимум, обумовлений резонансом із загальним розміром тіла, лежить в діапазоні частот 50 ... 300 МГц [14].

Найбільш поширені методи захисту від впливу електромагнітних полів

Найбільш поширені методи захисту від впливу електромагнітних полів різноманітних джерел електромагнітного випромінювання є:

- конструкційні;
- зонування;
- екранування;
- практичне заземлення.

Дуже складною проблемою є виготовлення електричних автомобілів з малим рівнем електромагнітного впливу. Рішення цієї проблеми розпочинаються в конструкторській розробці та є важливим моментом, направленим на безпеку транспортних засобів. Для підвищення електромагнітної безпеки приймаються різні конструкційні методи захисту.

На теперішній час для підвищення електромагнітної безпеки використовується електромагнітне екранування. Але дуже часто при виборі корпусу-екрана стінки дуже тонкі для

практичного застосування, або якщо це дуже рідкісні матеріали, вартість яких не може задовольнити інші потреби. В наслідок цього більшість екранів значно товщі, ніж це необхідно [15].

Традиційні методи захисту часу і відстані від електромагнітного випромінювання гібридних і електро транспортних засобів не завжди забезпечують нормативні рівні електромагнітних полів. На сьогоднішній день найбільш ефективним методом захисту пасажирів і водіїв автомобілів від електромагнітних впливів є використання електромагнітних екранів.

Електромагнітне екранування – широко відоме як ЕМІ-екранування – обмежує електромагнітне поле в області, блокуючи поля бар'єрами. Кожен бар'єр виготовлений із провідного або магнітного матеріалу. Зазвичай кожухи електричних пристроїв екрануються, щоб обмежити перешкоди від зовнішнього світу. Крім того, на кабелі використовується кабель екранування від електромагнітних перешкод, щоб ізолювати дроти від середовища, в якому проходить кабель. Популярна форма електромагнітного екранування називається захистом від радіоперешкод.

Екранування високочастотного електромагнітного випромінювання (безпровідних радіохвиль будь-якого типу) засновано на віддзеркаленні випромінювання на металевих поверхнях (дзеркальний ефект), а також на принципі існування. Всі провідні радіочастотні екрануючі матеріали також можуть бути заземлені таким чином, а також підходять для екранування електричних полів змінного току та електростатичних полів.

Це текстові тканини з вплетеними внутрішніми металевими нитями або з металізованою поверхнею. Завдяки цим вони володіють металевими характеристиками. Вони підходять, наприклад, для штор і для захисту козирків.

Сітки Faraday, які складаються виключно з металеві проволочки. Ширина сітки визначає частотний діапазон вираженого випромінювання. Сітки можна монтувати, наприклад, під кришкою і всередині дверей, стіни, а також вони підходять для експериментальних мір по екрануванню. Ці сітки складаються виключно з металеві проволочки. Ширина сітки визначає частотний діапазон вираженого випромінювання.

Висновки

Результати дослідження показали, що гібридний автомобіль є джерелом електромагнітного

випромінювання, що негативно може позначитися на здоров'ї та самопочутті людини. Для зниження рівня напруженості електромагнітного поля у салоні автомобіля необхідно найбільш ізолювати силову шину, яка проходить під сидінням водія, перемістивши її під сидіння пасажирів, який перебуває в автомобілі значно менше, або додатково екранувати. Такі розробки повинні передбачатися ще на стадії конструкторської розробки.

Важливим є екранування від електромагнітного випромінювання салону та міст розміщення електрообладнання у гібридному та інших видах транспортних засобів.

Конфлікт інтересів

Автор заявляє, що немає конфлікту інтересів щодо публікації цієї статті.

Література

1. Птицына Е. Г., Виллорези Дж., Копытенко Ю. А., Тясто М. И. (2010) *Магнитные поля электротранспорта и экология человека. Монография*. СПб. Издат. «Нестор-История». Ptsiyina E. G., Villorezi Dzh., Kopyitenko Yu. A., Tyasto M. I. (2010) *Magnitnyie polya elektrottransporta i ekologiya cheloveka*. [Electric vehicle magnetic fields and human ecology.] Monografiya. SPb. Izdat. «Nestor-Istoriya», 2010. [in Russian].
2. Філепенко В. В., Будянська Е. М. (2010) НДІ гігієни праці і профзахворювань. ХНМУ. *Екологічна безпека навколишнього середовища*". Вісник ХНУ ім. В. Н. Каразіна. Серія "Екологія". 893. (5). Filiepenko V. V., Budianska E. M. (2010) NDI hihiieny pratsi i profzakhvoriuvan. [Research Institute of Occupational Hygiene and Occupational Diseases.] KhNMU. *Ekolohichna bezpeka navkolyshnoho seredovyscha*". Visnyk KhNU im. V. N. Karazina. Serii "Ekolohiia". 893. (5). [in Ukrainian]
3. Бажинов, О. В., Кравцов, М. М., & Ілічук, О. В. (2019). Методика вимірювання впливу електромагнітних випромінювань автотранспортних засобів на людину та навколишнє середовище. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*, 86 (1), 66-73. Bazhynov, O. V., Kravtsov, M. M., & Pichuk, O. V. (2019). *Metodyka vymiryuvannia vplyvu elektromahnitnykh vyprominiuvan avtotransportnykh zasobiv na liudynu ta navkolyshnie seredovyshe*. [Methods of measuring the impact of electromagnetic radiation of vehicles on humans and the environment.] Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho avtomobilno-dorozhnoho universytetu, 86 (1), 66-73. [in Ukrainian].

4. Христов Р., Стефанов С., Костов П. (2020) Дослідження електромагнітного поля в електричному і гібридному автомобілі. *Факультет машинобудування та технологій технічного університету м. Варна (Болгарія). EKOVarna 2020. ЮР Conf. Серія: Матеріалознавство та техніка 977(2020). 012022. Khrystov R., Stefanov S., Kostov P. (2020) Doslidzhennia elektromagnitnoho polia v elektrychnomu i hibrydnomu avtomobilii. [Investigation of the electromagnetic field in an electric and hybrid car.] Fakultet mashynobuduvannia ta tekhnolohii tekhnichnoho universytetu m. Varna (Bolhariia). EKOVarna 2020. YuR Conf. Serii: Materialoznavstvo ta tekhnika 977(2020). 012022. doi: 10.1088/1757-899X/977/1/012022. [in Ukrainian].*
5. Мартынюк В.С., Цейслер Ю.В., Темурьянц Н.А. (2012) Интерференция механизмов влияния слабых электромагнитных полей крайне низких частот на организм человека и животных. *Журнал: Геофизические процессы и биосфера. 11(2). 16-39. Martyniuk V.S., Tseysler Yu.V., Temuryants N.A. (2012) Interferentsiya mehanizmov vlianiya slabyih elektromagnitnyih poley krayne nizkikh chastot na organizm chelo-veka i zhivotnyih. Zhurnal: Geofizicheskie protsessyi i biosfera. 11 (2). 16-39. [in Russian].*
6. Бажинов О. В., Смирнов О. П., Сериков С.А. та інші. (2008) Гібридні автомобілі. *ХНАДУ. Vazhynov O. V., Smyrnov O. P., Sierikov S.A. ta inshi. (2008) Hibrydni avtomobili. [Hybrid cars.] KhNADU. [in Ukrainian].*
7. ГОСТ 12.1.006-84. Электромагнитные поля радиочастот. *Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. GOST 12.1.006-84. GOST 12.1.006-84. Elektromagnitnyie polya radiochastot. [Radio frequency electromagnetic fields.] Dopustimyye urovni na rabochih mestah i trebovaniya k provedeniyu kontrolya. GOST 12.1.006-84. [in Russian].*
8. Грачев Н. Н., Мырова Н. Н. (2005) Защита человека от опасных излучений. М: БИНОМ. Grachev N. N., Myrova N.N. (2005) Zashchita cheloveka ot opasnyih izlucheniuy. [Protection of a person from hazardous radiation.] М: BINOM. [in Russian].
9. Гроднев И. И. (1972) *Электромагнитное экранирование в широком диапазоне частот. М.: Связь. Grodnev I. I. (1972) Elektromagnitnoe ekranirovaniye v shirokom diapazone chastot. [Electromagnetic shielding in a wide frequency range] М.: Svyaz. [in Russian].*
10. (1999) Environmental Health Sciences (NIEHS), “Health Effects from Exposure to Power – Line Frequency Electric and Magnetic Fields”.
11. International Commission on Non Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), “Guidelines for Limiting Exposure to Time Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GGz),” Health Physics.
12. Кривошеїн Д. А, Мурашка Л. А, Роева Н. Н. (2002) *Екологія і безпека життєдіяльності. ЮНІТА-ДАНА. Krivoshiein D. A, Murashka L. A, Roieva N. N. (2002) Ekolohiia i bezpeka zhyttiediialnosti: [Ecology and safety of life.] Н.: YuNITA-DANA. [in Ukrainian].*
13. Любимов, В. В., & Рагульская, М. В. (2004). Электромагнитные поля, их биотропность и нормы экологической безопасности. *Успехи современной радиоэлектроники, (3), 74-80. Lyubimov V. V., Ragulskaya M. V. (2004) Elektromagnitnyie polya, ih biotropnost i normyi ekologicheskoy bezopasnosti. [Electromagnetic fields, their biotropy and environmental safety standards.] 1-ya Troitskaya konferentsiya po meditsinskoy fizike: Tezisy dokl. –Troitsk. 75-76. [in Russian].*
14. Николаев, П. А., & Сошев, Р. Р. (2007). Автомобиль – источник электромагнитной опасности. О "вредных" мегагерцах автострад и способах борьбы с ними. *Экология и жизнь, (2), 54-57. Nikolaev, P. A., & Soeshev, R. R. (2007). Avtomobil – istochnik elektromagnitnoy opasnosti. O "vrednyih" megagertsah avtostrad i sposobah borbyi s nimi. Ekologiya i zhizn, (2), 54-57. [in Russian].*
15. Новиков, В., & Павлова, Е. (2021). *Экология транспорта 6-е изд., пер. и доп. Учебник и практикум для вузов. Litres. Novikov, V., & Pavlova, E. (2021). Ekologiya transporta. [Transport ecology.] 6-e izd., per. i dop. Uchebnik i praktikum dlya vuzov. Litres. [in Russian].*
16. Островський О. С., Одаренко Е. Н., Шматко А. А. (2003) Захисні екрани і поглиначі електромагнітних хвиль. *ФІП PSE, 1, 2. 1(2). 161-173. Ostrovskiy O. S., Odarenko E. N., Shmatko A. A. (2003) Zakhysni ekrany i pohlynachi elektromagnitnykh khvyl. FIP PSE, 1, 2. 1(2). 161-173. [in Ukrainian].*
17. *Физические принципы экранирования. Fyzycheskye pryntsyryy ekranirovaniya. [Physical principles of shielding.] Retrieved October 1, 2021, from http://neo-chaos.narod.ru/useful/emc/screening_physical.pdf [in Russian].*
18. Chung D.D.L. (2001) Electromagnetic interference shielding effectiveness of carbon materials. *Carbon. 39. 279 -285.*
19. Fenical, G. (n.d.). The Basic Principles of Shielding. *In Compliance Magazine.* Retrieved November 25, 2021, from <https://incompliancemag.com/article/the-basic-principles-of-shielding/>.

Бажинов Олексій Васильович¹, д.т.н., професор кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів імені Говурущенко М. Я.
e-mail: alexey.bazhinov@gmail.com,
тел.: [+380996585101](tel:+380996585101)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5755-8553>

Кравцов Михайло Миколайович¹, к.т.н., доцент
каф. метрології та безпеки життєдіяльності,
e-mail: Super-mikvich@ukr.net,
тел. +(380)99-205-56-57,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3218-2182>

¹Харківський національний автомобільно-дорожній
університет, 61002, Україна, м. Харків,
вул. Ярослава Мудрого, 25.

Electromagnetic radiation of hybrid vehicles

Abstract. Problem. As a result of automobile traffic every year 20-30% of the territory of cities are subject to electromagnetic pollution in cities and settlements. This is due to the increase in power and number of electrical equipment of each individual car. The urgency of the problem of electromagnetic pollution is an important step in determining the impact of electromagnetic radiation on humans in the rapid development of hybrid cars. **Goal.** The aim of this work is to determine the effect of electromagnetic radiation on humans in the conditions of rapid development of hybrid cars. To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks: review anthropogenic electromagnetic fields; find the elements of the electromagnetic field in a hybrid car; consider the most common methods of protection against electromagnetic fields. **Methodology.** The article presents a general classification of electromagnetic radiation to humans arising in hybrid vehicles. It is extremely important to reveal the phenomena occurring in hybrid cars in the research work to find the truth and the processes of occurrence of electromagnetic radiation. This issue is given primary importance, because finding effective technical, environmental and other methods and means of protecting people in hybrid and other vehicles is extremely necessary and in demand at the present stage. Thus, based on the characteristics of the material and aspects of its analysis determined the

structure of the text in which some of the facts are given using the information available in the attached literature. **Results.** The result of the work were the proposed methods of shielding high-frequency and low-frequency levels based on physical properties – the reflection and absorption of electromagnetic waves during the transition from one medium to another. **Originality.** Methods of studying the effect of electromagnetic radiation on a person in vehicles (automotive, hybrid, electric) and especially on the reaction of a biological cell, its vital activity, require in-depth research to determine criteria, acceptable standards and optimal methods of protection against EMF and EMI. **Practical value.** The practical significance of this study is focused on readers and researchers of vehicles (automotive, hybrid, electric) which are interested in the negative effects of electromagnetic radiation, protection of passengers and drivers from them. The impact of electromagnetic radiation from hybrid and other types of vehicles on humans is a necessary task not only for scientists but also for manufacturers of these modes of transport, who for unknown reasons are trying to "freeze" the proposals and technical solutions offered by the World Scientific Society.

Key words: hybrid car, electromagnetic radiation, vehicle equipment.

Oleksiy Bazhinov¹, Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Technical Operation and Service of Automobiles named M. Govorushchenko
e-mail: alexey.bazhinov@gmail.com
tel. +380996585101,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5755-8553>
Kravtsov Mikhail¹, Ph.D., Associate Professor metrology and life safety, tel. + (380) 99-205-56-57,
e-mail: Super-mikvich@ukr.net,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3218-2182>.

¹Kharkiv National Automobile and Road University, 61002, Ukraine, Kharkiv, st. Yaroslav the Wise, 25.