

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей»

# ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГО- ИНФОРМАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БЕЗАВАРИЙНУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Электронные учебно-методические материалы для студентов по специальности  
1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей», для самостоятельного  
изучения

Минск 2023

УДК 629.33.03-83-049.5+537.612.2

Авторы:

*В.В.Савлучинский, В.М. Изоитко,*

*А.С.Гурский.*

Рецензенты:

*Зав. кафедрой моделирования и проектирования учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» к.п.н., доцент Н.Г.Серебрякова.*

*Заместитель декана автотракторного факультета «Белорусский национальный технический университет» кандидат технических наук, доцент К.В. Буйкус*

В работе приводятся рекомендации водителю автотранспортного средства, такого как электромобиль по его защите от резонансных явлений электромагнитных излучений. Электрооборудование электромобиля может создать фон, который приведет к появлению сверхнизкочастотных электромагнитных излучений, изменит уровень переменных, постоянных и импульсных магнитных полей или приведет к частотной комбинации электромагнитных излучений с магнитными полями с критическими параметрами, что может повлиять на реакцию водителя транспортного средства и создаст аварийную ситуацию во время движения.

Белорусский национальный технический университет  
Пр-т Независимости, 59, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел (017) 292-85-90

© Савлучинский В.В., Изоитко В.М.,  
Гурский А.С.

© Белорусский национальный  
технический университет, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Глава 1 Обзор исследований связанных с влиянием системы комфорта и безопасности на предпосылки аварийной ситуации при движении автомобиля.	7
Глава 2. Оценка влияния психофизиологических факторов на возникновение происшествий.	18
Заключение	44
Литература	45

## Введение

С момента первого запрещения движения дизельных транспортных средств в центрах городов возникла необходимость в альтернативном решении для двигателей внутреннего сгорания. Поэтому автомобильная промышленность начала инвестировать в разработку электромобилей, пригодных для серийного производства.

Многочисленные разные электрические блоки, такие как чипы, приборы управления или модули мобильной связи, генерируют различные частоты. Частота полей, возникающих при электромобильности, составляет между нулем герц (статические поля) и до нескольких десятков или сотен килогерц (низкочастотные поля и поля с промежуточной частотой). Чем больше подается электроэнергии – тем сильнее электромагнитное поле.

В части защиты от излучений важную роль играют, прежде всего, магнитные поля. Риски для здоровья, связанные с полями с промежуточными частотами, меньше исследованы, чем воздействие низкой или высокой частоты. Электромагнитная экологическая совместимость рассматривает биологическое воздействие технических устройств на здоровье. В Европе для транспортных средств законом не предусмотрены отдельные граничные значения. Поэтому на них распространяются действующие в этой сфере нормы Международной Комиссии по защите от неионизирующего излучения.

Исследования предупреждают о высокой опасности лучевой нагрузки в электромобиле. Исследования предупреждают о сильной нагрузке электромагнитного излучения. Поэтому еще в 2009г. «Федеральное ведомство по защите от излучений» в рамках исследования провело измерение электромагнитного поля в разных электромобилях. Цель исследования заключалась в определении нагрузки из-за магнитных полей альтернативных приводных механизмов, которые излучаются приводными механизмами электромобилей и гибридных автомобилей.

Замеры производились: в транспортных средствах на роликовом испытательном стенде в реальных условиях уличного движения. При этом учитывались разные скорости движения, влияние разгона и торможения. Результаты отличались в зависимости от того, как передвигался автомобиль и где установлена проводка и аккумуляторы. Поэтому на уровне головы показатели были ниже. Рядом с корпусом показатели были намного выше. Самые высокие показатели чаще всего наблюдались в пространстве для ног возле передних сидений. В некоторых случаях аккумулятор или электропроводка размещались непосредственно под, или позади задних сидений [1-8].

В настоящее время не изучено кратковременное появление опасных излучений при движении на различных географических участках, в зависимости от размещения вблизи этих участков излучающих устройств, при излучении которых могут возникнуть резонансные явления, провоцирующие районы опасных излучений.

Установлено, что при движении автотранспортных средств, в потоке возможно явление резонанса электромагнитного излучения в диапазонах частот (48-53), (76-82), (186-192) и (220-225) МГц, что приводит к увеличению среднего уровня излучения. Кроме опасности электромагнитного загрязнения окружающей среды вне автотранспортного средства, существует еще опасность воздействия электромагнитных излучений на пассажиров, находящихся внутри салона

автомобиля из-за большого количества электрооборудования, способного формировать электромагнитное поле.

Вклад электромагнитного излучения дизельного, карбюраторного и инжекторного автотранспорта незначительный, наибольшее влияние оказывает электротранспорт [9]. Гибридные автомобили и электромобили являются наиболее опасными для здоровья водителя, так как большое количество мощной автомобильной электроники сосредотачивается в пределах относительно небольшого по размерам автотранспортного средства. Кроме этого, батареи и силовые кабели в гибридах и электромобилях часто расположены близко к водителю, следовательно, электрический ток, который приводит в действие их двигатель, на малых скоростях создает магнитные поля, которые представляют серьезный риск для здоровья водителя в результате воздействия электромагнитного поля [10].

Установлено что основными факторами являются, количество и мощность электрооборудования, работоспособность систем подавления электромагнитного излучения, наличие электронных средств в системе зажигания, пробег, тип кузова и т.п. Исследования [11] показали, что параметры электрических и магнитных полей, зафиксированные в автотранспортном средстве, имеют достаточно сложные закономерности. Также установлено существенное влияние на уровень электромагнитного излучения электронных устройств бортовой диагностики и управления, пассивных и активных средств шумо- и виброзащиты, систем навигации, оперативного доступа информации, устройств климаторегулирования, очистки воздуха, системы обеспечения безопасности. Кроме того в процессе движения автотранспортного средства происходит изменение электромагнитного излучения за счёт присутствия внешних полей от линий электропередач, вышки теле радиопередающего центра, базовых станции сотовой связи и др. [12].

Нагрузки, возникающие при работе автомобиля, неизбежно оказывают воздействие на элементы его конструкции, в результате чего они изменяются. Кроме обычных эксплуатационных неисправностей, которые неизбежны, всегда может иметь место внезапных возникновений неисправностей вследствие изменения технического состояния автотранспортного средства и дорожных условий, что носит случайный характер [13].

Таким образом, при эксплуатации автотранспортного средства, работающего на электротяге, генерируются электромагнитные поля, которые могут нарушить электромагнитную безопасность. Поэтому для обеспечения электромагнитной совместимости необходима оценка характеристик и источников электромагнитного поля в электротранспорте. Зафиксированные высокие уровни воздействия электромагнитного излучения как на водителя, так и на пассажиров в автотранспортного средства хоть и не превышают предельно допустимый уровень, но заставляют задуматься о поиске экранирующего оборудования, а также проведении более тщательного исследования различных электромобилей и гибридных автотранспортных средств. Это связано с длительным пребыванием водителей за рулем автотранспортного средства в отличие от кратковременного воздействия на них электромагнитных излучений от бытовых электроприборов [14].

Так как в любом автотранспортном средстве присутствует система комфорта и безопасности, то ее влияние на реакцию водителя транспортного средства при аварийной ситуации во время движения изучено не достаточно, именно на

географических участках дороги, где возможны резонансные явления электромагнитных излучений. Система комфорта и безопасности автомобиля и электрооборудование автомобиля может создать фон, который приведет к появлению сверхнизкочастотных электромагнитных излучений, изменит уровень переменных, постоянных и импульсных магнитных полей или приведет к частотной комбинации электромагнитных излучений с магнитными полями с критическими параметрами, что может повлиять на реакцию водителя транспортного средства и создаст аварийную ситуацию во время движения.

## Глава 1. Обзор исследований связанных с влиянием системы комфорта и безопасности на предпосылки аварийной ситуации при движении автомобиля.

Чем привлекателен электромобиль, он почти не дает выброса вредных веществ [15]. Ядовитых газов, попадающих в атмосферу при зарядке и разрядке аккумуляторных батарей, несравненно меньше, чем при работе двигателей внутреннего сгорания.

Второе преимущество — простота устройства. Электродвигатель обладает очень привлекательной для транспортных средств характеристикой: на малых скоростях вращения у него большой крутящий момент, что очень важно, когда нужно тронуться с места или преодолеть трудный участок дороги. Двигатель внутреннего сгорания тоже развивает максимальный крутящий момент при средних оборотах, поэтому, если требуется большое усилие на малых, его приходится увеличивать с помощью коробки передач.

Третье преимущество - электромобиль не требует столь тщательного ухода, как обычное авто: меньше регулировок, не потребляет много масла, проще система охлаждения, а топливная (если не считать отопитель) вообще отсутствует. В тоже время системы комфорта и безопасности и электрооборудование могут создать предпосылки для аварийной ситуации, перечень которых приведен в таблице 1 [16].

Таблица 1 – Причины возникающих ошибок при управлении транспортным средством.

Тип ошибок	Возможные источники ошибок
Ошибки восприятия обстановки сзади автомобиля	Последовательность осмотра обстановки с использованием зеркала заднего вида; редкое использование зеркала заднего вида для оценки обстановки сзади; неправильная регулировка зеркала заднего вида способствующая появлению слепой зоны.
Ошибки оценки изменения пространственно-временных параметров до встречного автомобиля.	Динамические характеристики движения своего автомобиля; пространственно-временные параметры встречного автомобиля (скорость, расположение на проезжей части дороги); характеристика дорожного участка (ширина, кривизна, величина сужения); динамические габариты своего и встречного автомобиля; безопасный интервал для разъезда со встречным автомобилем.
Ошибки прогноза возможного поведения других участников дорожно-транспортной ситуации.	Действия других участников ситуации и их признаки, им сопутствующие; маловероятные события; интерпретация сигналов, подаваемых другими участниками ситуации; предположение о видимости своего автомобиля другими участниками движения; особенности данного участка дорожной сети (организация дорожного движения, расположение участков движения пешеходов).

Ошибки выполнения действий.	Навыки двигательных реакций при управлении автомобилем, переход на управление автомобилем новой марки; наличие повреждений опорно-двигательного аппарата; наличие длительного стресса.
-----------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Из таблицы видно, что все характерные ошибки, возникающие при управлении транспортным средством связаны с реакцией водителя автотранспортного средства, которая может зависеть от системы комфорта установленной в автотранспортном средстве.

В книге Б.Е. Боровского «Условия безаварийной работы» [17] излагаются основы безаварийной эксплуатации автотранспортного средства, приводятся основные физиологические особенности состояния водителя, обуславливающие возникновение автомобильных происшествий, но в данной книге не отражено влияние системы комфорта и безопасности, присутствующей на современных автомобилях, особенно электромобилях на замедление реакции водителя автотранспортного средства.

Электромобиль устроен не так просто, как может показаться: ему необходимы сложные преобразователи напряжения и много тяжелых и громоздких аккумуляторов [18]. Электроника проникает не только в управление работой отдельных агрегатов автомобиля, но и в различные вспомогательные системы и элементы его конструкции, в том числе, влияющие на безопасность движения и общую комфортность эксплуатации.

Оснащение автомобилей самыми различными электронными системами автоматического контроля и управления, в том числе и для повышения активной безопасности движения, широко используется на современных автомобилях. При этом интенсивному внедрению электроники для всестороннего повышения безопасности подвержены не только престижные и дорогие модели, но и автомобили среднего и малого классов.

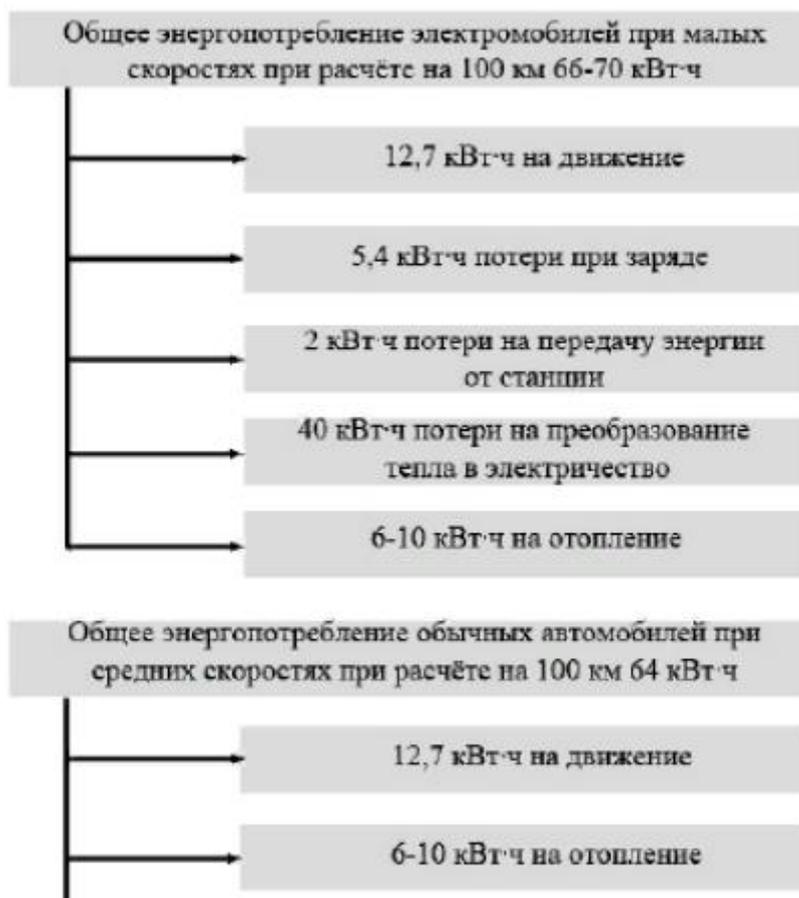


Рисунок 1 – Сравнение энергетической эффективности автомобиля и электромобиля [19].

На рисунке приведено общее энергопотребление электромобилей и обычных автомобилей на 100 км. пути, из которого следует, что энергопотребление обычного автомобиля и электромобиля отличаются незначительно. В то же время сильное действие электромагнитных полей проявляется в автомобилях гибридного типа, в которых аккумуляторная батарея помещается под задним сидением или в багажном отделении, а ток течёт фактически по всему автомобилю, превращая машину в заряженный контур. При этом максимум электромагнитного поля приходится на область, где сидит водитель.

Низкочастотное поле в электрическом автомобиле изменяется в тысячи раз, и именно эти изменения оказывают вредное воздействие на человеческий организм: стоит привыкнуть к одному уровню воздействия, и оно тут же меняется. Такие колебания неизбежно нарушают работоспособность организма. На клеточном уровне низкочастотные электромагнитные колебания приводит к тому, что клетки организма получают ионный заряд. В результате химические процессы в организме нарушаются, ткани перестают получать в должном объёме кислород для питания. Человек становится вялым, плохо ориентируется в пространстве, проявляет раздражительность, что естественно может влиять на скорость реакции водителя.

В книге И.Н. Пугачева «Организация и безопасность движения» [20] даны основы организации движения, способы изучения и оценки её эффективности. Проанализированы причины дорожно-транспортных происшествий, дана их классификация и система учета. Приведены характеристики транспортных и пешеходных потоков. Рассмотрены практические мероприятия по организации движения на отдельных элементах улично-дорожной сети. Дана экологическая оценка мероприятий по организации движения транспортных средств. В книге не

приводится влияние электромагнитного поля на область, где сидит водитель применительно к электромобилям, что может влиять на скорость реакции водителя.

В работе Третьяка Л.Н. [1], Вольнова А.С. [1], Бурасова Д.А. ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» [14] установлено, что при движении автотранспортных средств в потоке возможно явление резонанса электромагнитного излучения в диапазонах частот (48-53), (76-82), (186-192) и (220-225) МГц., сделан вывод о существовании опасности воздействия электромагнитных излучений на водителя и пассажиров, находящихся внутри салона автомобиля из-за большого количества электрооборудования, способного формировать электромагнитное поле.

Приведены результаты эксперимента согласно разработанной процессной модели по измерению электромагнитного излучения от автотранспортных средств г. Оренбурга с использованием измерителя уровня электромагнитного фона АТТ-2592.

В качестве объекта оценки электромагнитного загрязнения был выбран электромобиль Nissan Leaf (2012 года выпуска, пробег 78 тыс. км). При проведении измерения автотранспортное средство было расположено на горизонтальной площадке, отсутствовали атмосферные осадки, двери, капот, багажник были закрыты, двигатель был прогрет до рабочей температуры. Из полученных результатов наблюдений были взяты максимальные значения, которые сравнивались с предельно допустимыми значениями (таблица 2).

Таблица 2 – Средние значения параметров электромагнитного поля в различных точках измерений.

Точка измерения	Характеристики электромагнитного поля в диапазоне частот 50 МГц – 3,5 ГГц		
	Напряженность электрического поля, В/м.	Напряженность магнитного поля, мА/м.	Плотность потока энергии, мВт/м.
Водительское место	2,280	2,816	2,806
Центральная консоль	2,132	2,860	2,942
Двигатель	2,517	4,087	4,215

В работе сделан вывод, что при эксплуатации автотранспортных средств, работающих на электротяге, генерируются электромагнитные поля, которые могут нарушить электромагнитную безопасность. При этом для обеспечения электромагнитной безопасности водителей и пассажиров необходимо вести поиски результативных и эффективных способов уменьшения электромагнитного поля. Это могут быть многослойные экраны, изготовленные из современных материалов на основе сплавов с аморфной и нанокристаллической структурой, которые не утяжеляют конструкцию автотранспортного средства и могут уменьшать низкочастотные магнитные поля, характерные для электротранспорта [21-25].

В настоящее время существует ГОСТ Р 54811-2011 «Национальный стандарт Российской Федерации - ЭЛЕКТРОМОБИЛИ» [26], в соответствии с которым электромобиль: Колесное транспортное (автотранспортное) средство категорий и по ГОСТ Р 52051, приводимое в движение одним или несколькими

электрическими двигателями, получающими энергию от аккумуляторных батарей, емкостных накопителей и (или) топливных элементов, предназначенное для эксплуатации на автомобильных дорогах общего пользования и на дорогах, специально предназначенных для электромобиля.

Примечание - Троллейбусы, включая троллейбусы, в настоящем стандарте к электромобилям не относятся.

В соответствии с ГОСТом комплект тягово-энергетического электрооборудования включает в себя:

- тяговый электродвигатель-генератор;
- батарею накопителей энергии;
- бортовое зарядное устройство;
- комплект преобразовательного электрооборудования и силовой коммутации;
- тяговые электрические провода (кабели);
- пульт управления, сигнализации и контроля.

Это оборудование подлежит оценке на электромагнитную безопасность водителей и пассажиров, что требует разработки соответствующей методики.

Системы обеспечения безопасности автомобиля можно классифицировать на активные, пассивные и экологические. Иногда рассматривают еще послеаварийную безопасность автомобиля, заключающуюся в снижении к минимуму возможного вреда, который может причинить окружающему миру попавший в аварию автомобиль.

Системы активной безопасности - это различные технические устройства, которые уменьшают вероятность попадания автомобиля в аварийную ситуацию. К системам активной безопасности относятся антиблокировочная система торможения, система антипробуксовки колес, система динамической стабилизации направления движения, системы адаптивного круиз-контроля, системы пробуждения водителя от сна за рулем, системы ориентирования в условиях плохой видимости, система контроля за давлением воздуха в шинах, и некоторые другие.

Перечень систем активной безопасности автомобилей постоянно расширяется, при этом основная роль в управлении этими системами отводится электронным устройствам

Системы пассивной безопасности предназначены для обеспечения безопасности людей в автомобиле и снижения тяжести последствий дорожно-транспортного происшествия, когда авария все-таки случилась.

К системам пассивной безопасности можно отнести системы ограничения перемещений и перегрузок человека при столкновении, при конструировании которых большое внимание уделяется краш-тестам, позволяющим имитировать разнообразные ситуации при дорожно-транспортном происшествии. В последние годы инженеры пытаются моделировать и создавать автомобильные кузова с изменяемой при ударе структурой, но о практическом применении таких разработок, управляемых электроникой, пока информации нет.

Экологической безопасности автомобилей в последние годы уделяется все более пристальное внимание, поскольку львиная доля выбросов в атмосферу принадлежит эксплуатируемой моторизованной технике, в том числе – автомобилям. За чистотой продуктов «выдыхания» автомобилей следят такие

устройства, как нейтрализаторы отработавших газов, системы рециркуляции выхлопа, а также системы типа «старт-стоп» [27].

В настоящее время в Республике Беларусь руководствуются глобальными техническими правилами №20 касающиеся безопасности электромобилей. Технология электрической тяги хорошо отработана, но последние достижения в области энергоаккумулирования (аккумуляторы, конденсаторы, маховики) позволили существенно улучшить характеристики электромобилей и сделали их реальной альтернативой для потребителей [28].

В учебном пособии Б.П. Бусыгина «Электромобили» даны общие сведения об электромобильном транспорте, рассмотрены вопросы, связанные с электрическими установками, электрическими тяговыми двигателями, системами и механизмами управления, трансмиссиями, ходовой частью, кузовами и дополнительным оборудованием, но не рассматривается оборудование электрооборудование, которое подлежит оценке на электромагнитную безопасность водителей и пассажиров [29].

В книге О.А. Ставрова «Электромобили» рассматриваются аккумуляторные электромобили, электромобили на топливных элементах, их преимущества и перспективность. Приводятся сведения о применении аккумуляторных электромобилей, подробно рассматриваются технические параметры, конструкция и эксплуатационные свойства электромобилей.

Книга издания 1968 года [30], соответственно применительно к 2023 году и появлению в Республики Беларусь концепции развития электротранспорта в данном издании не рассматриваются выявленные проблемы, полученные по опыту эксплуатации электромобилей, такие как обеспечение электромагнитной безопасности водителя и пассажиров; не приводится влияние электромагнитного поля на область, где сидит водитель применительно к электромобилям, что может влиять на скорость реакции водителя; не рассмотрена проблема влияния электромобиля на водителя на клеточном уровне, где низкочастотные электромагнитные колебания приводят к тому, что клетки организма получают ионный заряд, в результате химические процессы в организме нарушаются, ткани перестают получать в должном объёме кислород для питания, водитель становится вялым, плохо ориентируется в пространстве, проявляет раздражительность, что естественно может влиять на скорость его реакции; не рассматривается ситуация, когда сильное действие электромагнитных полей проявляется в электрокарах гибридного типа, в которых аккумуляторная батарея помещается под задним сидением или в багажном отделении, а ток течёт фактически по всему автомобилю, превращая машину в заряженный контур, что наглядно представлено на рисунке 2.

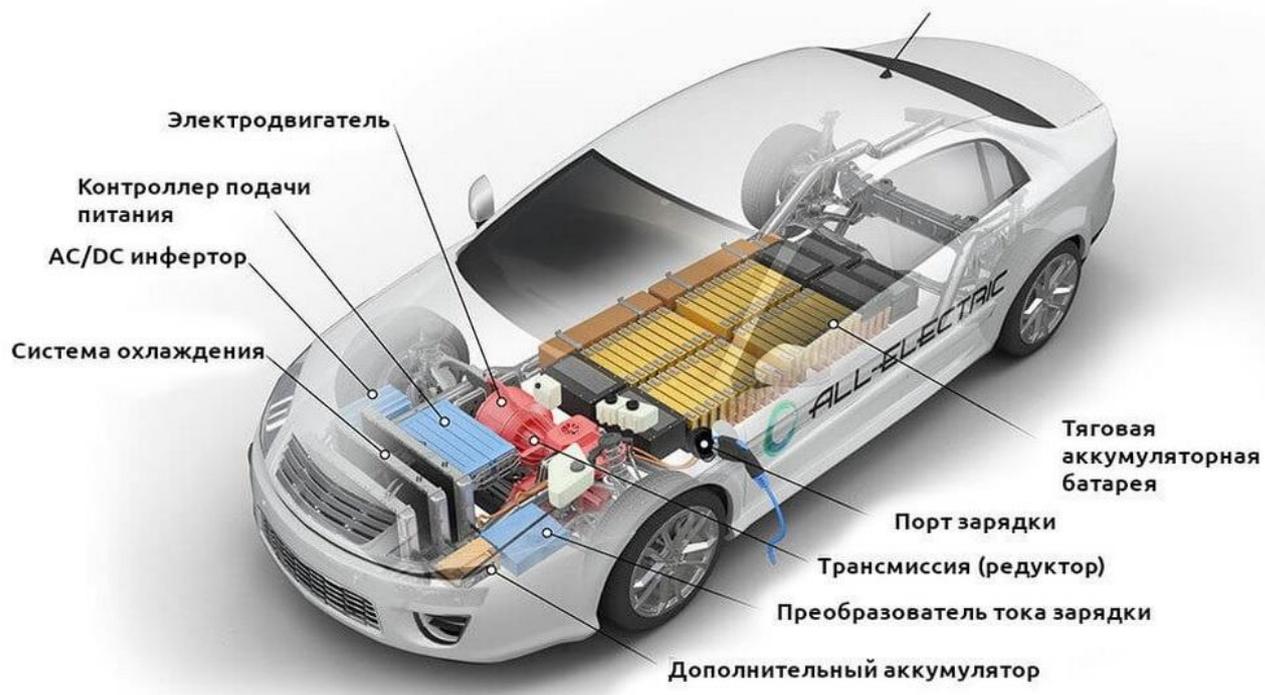


Рисунок 2.- Размещение электрооборудования в электромобиле.

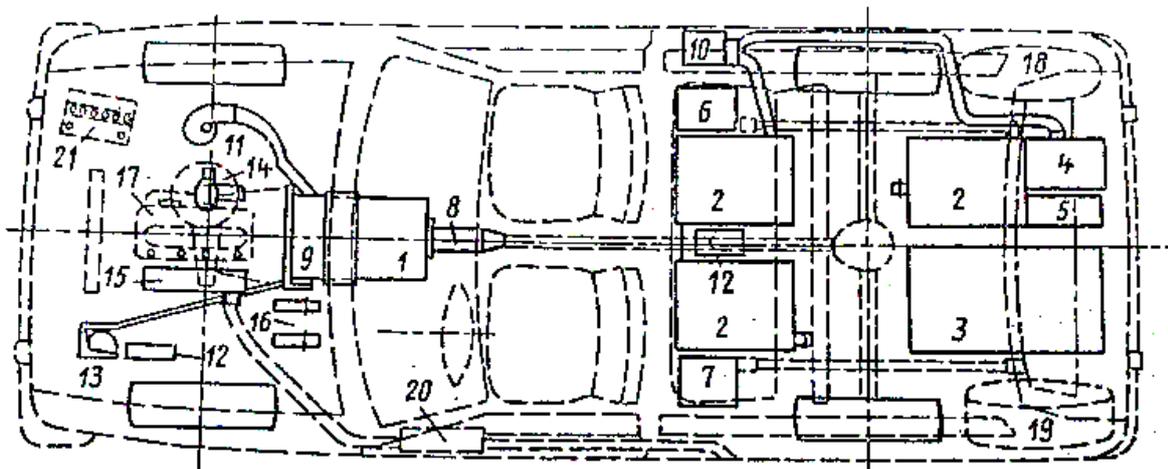


Рисунок 3 – Размещение основных агрегатов на электромобиле фирмы Bosch: 1- электродвигатель, 2- батареи, 3- электроника управления, 4 - преобразователь для заряда батареи 12В, 5- дроссельная катушка, 6- предохранитель, 7- главный выключатель, 8 – сцепление, 9 – фрикционное сцепление, 10 - вентилятор охлаждения батарей, 11 – вентилятор охлаждения электродвигателя, 12 – переключатель, 13- механизм выключения сцепления, 14 – карбюратор, 15 – термический дожигатель, 16- педали дроссельной заслонки и тормоза, 17- бензиновый двигатель, 18 – бензобак, 19 – запасное колесо, 20- глушитель, 21- аккумуляторная батарея 12 В [31, 32].

Из рисунка 2, 3 видно, что батарея помещается под водителем, а ток течёт фактически по всему автомобилю, превращая машину в заряженный контур. Схема управления электромобилем приведены на рисунке 4.

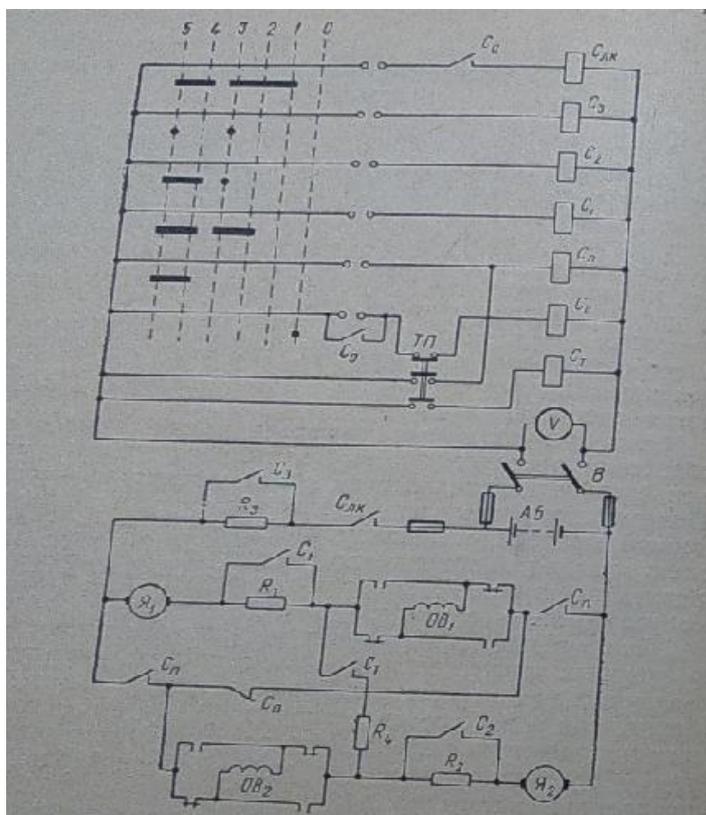


Рисунок 4. - Схема управления электромобилем.

Из рисунка 4 видно, что в схеме управления электромобилем [33] присутствует значительное количество контакторов, при работе которых могут появляться условия для возникновения внутри автомобиля магнитных полей, влияющих на электромагнитную безопасность водителей и пассажиров.

На рисунке 5 представлено оборудование, которое создает условия для возникновения внутри электромобиля магнитных полей.

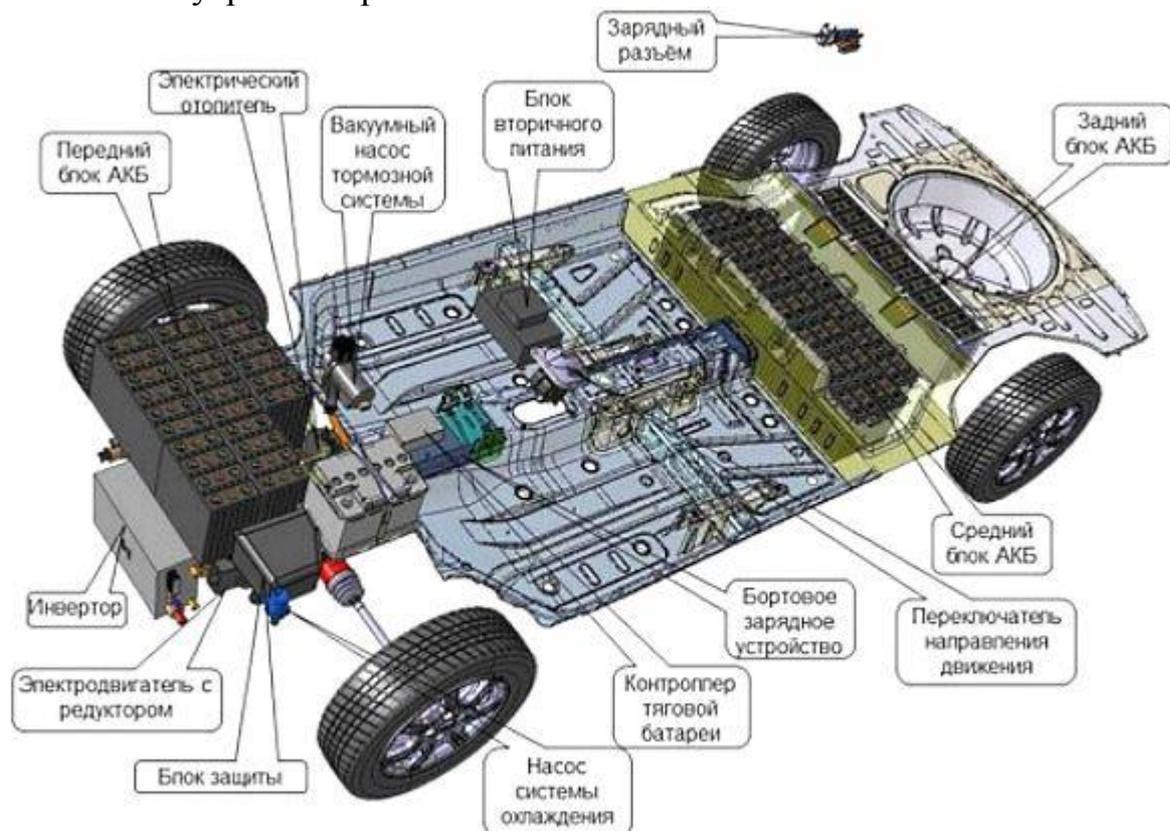


Рисунок 5 – Оборудование, которое создает условия для возникновения внутри электромобиля магнитных полей.

В электромобилях, как правило, отсутствует коробка передач, поэтому регулирование общей мощности и крутящего момента должно обеспечиваться электроприводом, притом в широких диапазонах. В последнее десятилетие для привода электромобилей используются синхронные машины с постоянными магнитами, что само по себе создает условия для появления слабых магнитных полей, опасное действие которых наименее изучено биофизикой. На рисунке 6 представлена лабораторная установка для исследования работы синхронной машины с постоянными магнитами [34].

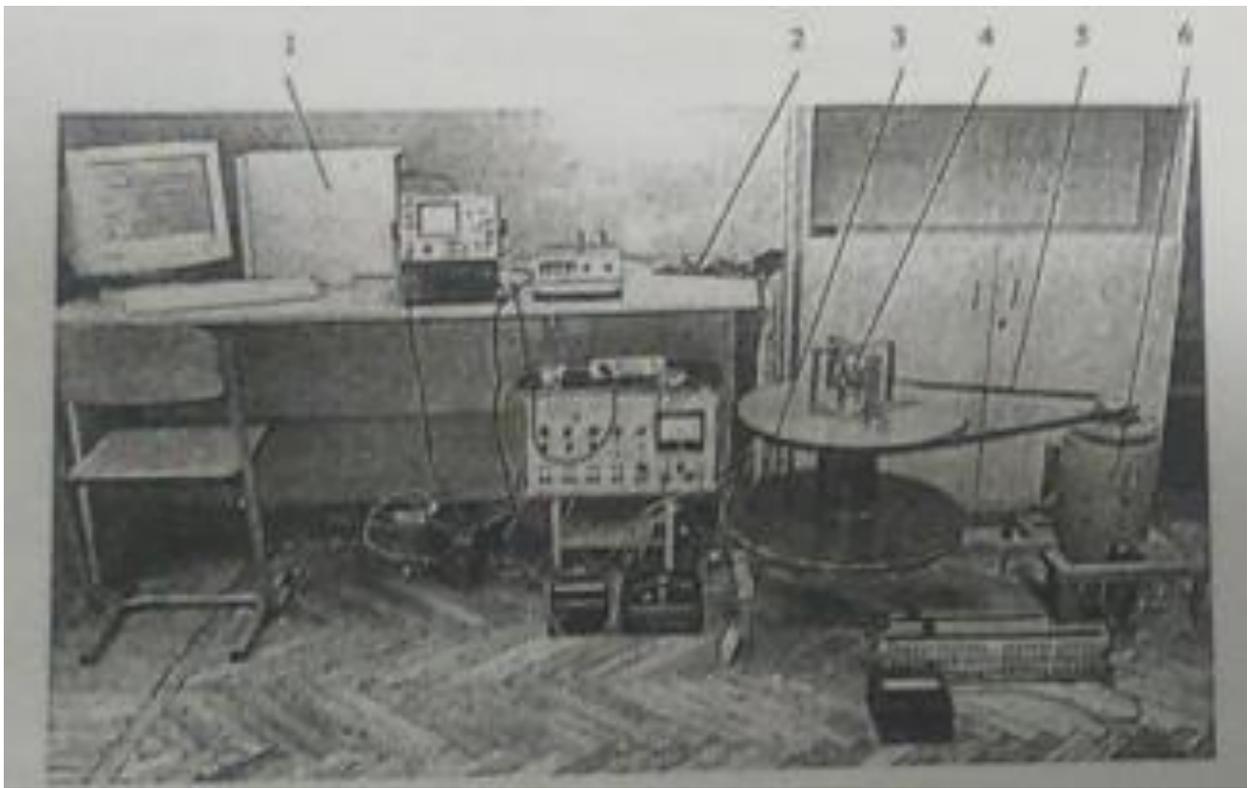


Рисунок 6 - Лабораторная установка для исследования работы синхронной машины с постоянными магнитами. 1 – компьютер, 2 – плата микроконтроллера для силовых ключей, 3 – экспериментальная синхронная машина с постоянными магнитами аксиальной конструкции, 4 – многоточечный абсолютный энкодер, 5 – ременная передача, 6 – нагруженная машина постоянного тока.

В Республике Беларусь действует СТБ 2594-2021 «Низковольтные электрические установки» - силовые установки для внешнего подключения электрических транспортных средств или гибридных транспортных средств. Практическое руководство для электромобилей и гибридных автомобилей с возможностью зарядки с помощью гнезд для розеток. В стандарте не рассмотрена проблема возникновения внутри автомобиля магнитных полей, влияющих на электромагнитную безопасность водителей и пассажиров [35].

Таким образом системы комфорта и безопасности могут создать предпосылки для аварийной ситуации: все характерные ошибки, возникающие при управлении транспортным средством связаны с реакцией водителя автотранспортного средства, которая может зависеть от системы комфорта установленной в автотранспортном средстве; сильное действие электромагнитных полей проявляется в автомобилях гибридного типа, в которых аккумуляторная батарея помещается под задним сидением или в багажном отделении, а ток течёт фактически по всему автомобилю, превращая машину в заряженный контур; максимум электромагнитного поля приходится на область, где сидит водитель, низкочастотное поле в электрическом автомобиле изменяется в тысячи раз, и именно эти изменения оказывают вредоносное воздействие на человеческий организм, что может влиять на скорость реакции водителя; при эксплуатации автотранспортных средств, работающих на электротяге, генерируются электромагнитные поля, которые могут нарушить электромагнитную безопасность.

В соответствии с ГОСТ Р 54811-2011 «Национальный стандарт Российской Федерации - ЭЛЕКТРОМОБИЛИ» троллейвозы, включая троллейбусы, в настоящем стандарте к электромобилям не относятся, хотя при эксплуатации этих

транспортных средств существует электрооборудование, которое подлежит оценке на электромагнитную безопасность водителей и пассажиров. В Республике Беларусь руководствуются глобальными техническими правилами №20 касающиеся безопасности электромобилей.

## Глава 2. Влияние психофизиологических факторов на возникновение происшествий.

Безопасность движения и возможность возникновения происшествий во многом зависят от профессиональных и моральных качеств водителя. Нервное напряжение водителя за время работы неодинаково. Оно зависит как от общего – физического и психологического – состояния организма, так и от многочисленных внешних факторов, например, времени суток, освещенности и видимости пути, климатических условий, интенсивности и скорости движения, качества и ширины дороги.

Находясь за рулем, водитель должен все время оценивать дорожную обстановку и выбирать соответствующий режим движения. С приобретением опыта оценка и выполнение нужных для данной дорожной ситуации действий, приобретают автоматизм и рефлексивность, а время, за которое водитель выполняет эти действия, с ростом его профессионального мастерства уменьшается.

Дорожная обстановка складывается из ряда многочисленных и непостоянных факторов. Комбинации этих факторов во время движения машины постоянно изменяются. Понятие «дорожная обстановка» складывается из следующего:

- профиля, ширины, материала и состояния дорожного покрытия;
- видимости и освещенности пути;
- наличия дорожных знаков;
- скорости машин (своей, обгоняемой или встречной) в данный момент времени;
- интенсивности движения транспорта и пешеходов на данном участке пути;
- расстояния от машины до появившегося препятствия;
- профессиональных качеств водителя и его психофизиологического состояния;
- характера и расположения груза в кузове машины;
- технического состояния машины, особенно механизмов, непосредственно влияющих на безопасность движения (тормозов, рулевого управления, шин, освещения, звукового сигнала).

Между мыслью и физической реакцией существует связь. Процесс реакции водителя на внешнюю обстановку сложен. Простейшая схема представляется следующим образом: органы чувств – зрение, слух – получают информацию о препятствии на дороге, которое затем передается головному мозгу, где происходит осознание информации. После этого мозг «подает команду» рукам и ногам произвести нужные действия по управлению машиной, например, нажать педаль тормоза, повернуть руль. Глаз передает информацию головному мозгу за 0,19-0,35 с., ухо – за 0,15 – 0,3с.

Временем реакции водителя называют время, необходимое для передачи головному мозгу информации, полученной одним из органов чувств водителя с момента обнаружения им препятствия на пути движения до момента начала действия механизмами управления. В таблице 3 приведены затраты времени на действия водителя при необходимости внезапного торможения [36, 37].

Таблица 3 – Затраты времени на действия водителя при необходимости внезапного торможения.

Время	Индекс	На какие психофизиологические процессы или действия расходуется время
Реакция водителя		Появление препятствия на дороге.
	T1, T2	Передача информации от глаз головному мозгу (испуг, замешательство, растерянность, удивление).
	T3	Осознание опасности.
	T4	Передача головным мозгом «команды» действовать рукам и ногам.
	T5	Начало действия – перенос ноги на педаль тормоза и нажатие на нее, поворот руля.
Торможение	T6	Наращение тормозного усилия в тормозном механизме до его максимально возможного значения.
	T7	Замедление и остановка автомобиля.

В таблице 4 представлены изменения отдельных составляющих общего времени, затрачиваемого водителем на торможение.

Таблица 4 – Изменение отдельных составляющих общего времени, затрачиваемого на торможение, под влиянием различных факторов.

Факторы, изменяющие время составляющих	В какую сторону изменяется время
Профессиональные навыки водителя	У водителя с большим опытом T2, T3, T4 бывает меньшими.
Физическое состояние водителя	При утомлении, плохом самочувствии, после длительной работы T1, T2, T3, T4, T5 бывает большим.
Скорость движения перед торможением	При увеличении скорости или резком ее изменении возрастает T2, так как чувство испуга и растерянности слабее воздействует на психику водителя при ощущении им большой скорости движения. Для их преодоления требуется значительное нервное напряжение, занимающее большее время.
Езда в условиях, требующих от водителя повышенной осторожности	Ввиду психологической подготовленности водителя к появлению препятствия T2 и T3 бывает меньшим. Уменьшение T2, T3, T4 и T5 возможно также заблаговременной подготовкой водителя – перенесением ноги на педаль тормоза, выключением сцепления или передачи.
Однообразная обстановка на пути, монотонное движение и ритмичные эффекты. Езда ночью.	T1, T2, T3 увеличивается, так как однообразная дорога вызывает психологическую утомляемость и ослабление внимательности. T1 и T2 увеличивается, так как ночная работа быстрее утомляет организм.
Воздействие системы комфорта и средств коммуникаций во время движения	T1, T2, T3 увеличивается, так как однообразная дорога и ритмичные эффекты вызывают психологическую утомляемость и усыпляющее воздействие на определенных частотах, и как следствие, ослабление внимательности.

Движение автомобиля на участках времени  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  (таблица 4) происходит без снижения его скорости. В зависимости от ее величины автомобиль проходит большие или меньшие отрезки пути. Иногда это может настолько близко приблизить автомобиль к препятствию, что водитель не успеет произвести нужных действий, а механизмы сработать, чтобы избежать происшествия. Время  $T_2$  – испуга и растерянности, время реакции принимают 0.5 – 1.5 с, 0.5 – 2с [36, 37]. Время реакции связывается также со сложностью дорожной ситуации – от 0.5 с. Среднее время реакции принимают в 1с.

Рассматривая эти данные, следует отметить следующее. При анализе происшествия следует точно выяснять условия движения и определить наличие времени испуга и растерянности  $T_2$ . Если таковое установлено обстоятельствами происшествия, то его суммируют с физиологически неустранимым временем передачи зрительного или слухового ощущения, осознания опасности и передачи «команды» действовать в головной мозг.

При заблаговременной подготовке водителя время реакции может составить 0.08-0.2 с., что меньше физиологического минимума, необходимого для передачи команды головному мозгу. Среднее время реакции (без учета времени испуга и растерянности), можно принимать 0.8-1с. и корректировать его в соответствии с таблицей «Изменение отдельных составляющих общего времени, затрачиваемого на торможение, под влиянием различных факторов». При длительной езде на повышенной скорости водитель как бы «привыкает» к ней и перестает ощущать ее истинное значение. Недоучет этих обстоятельств и часто встречаемая у водителей уверенность в правильности оценки скорости на основе только своих ощущений, отсутствие привычки контролировать скорость движения по спидометру часто являются причинами происшествий.

С увеличением скорости встречных машин возникает опасность совместного влияния аэродинамических сил, стремящихся повернуть два близко проходящих автомобиля вокруг общего центра. Поэтому, чем больше скорость встречных автомобилей, тем большее расстояние между ними, называемое «динамическим коридором». Динамические габариты автомобиля возрастают с ростом скорости.

Наиболее опасное для водителя явление – замедление времени реакции, которое находится в прямой зависимости от содержания алкоголя в крови. Появляется расстройство координации движений. Алкоголь действует на центральную нервную систему и на головной мозг, резко угнетая его нормальную деятельность. Он оказывает влияние на тонкие психические функции: ухудшается внимание, теряется точность расчета, проявляется беспечность и замедляется быстрота реакции, появляется вялость, сонливость, мышечная слабость. Как следствие дорожно-транспортное происшествие, в основе которого лежит позднее торможение автомобиля из-за невнимательности или сонного состояния, что представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Симптомы в зависимости от алкоголя в крови.

Концентрация алкоголя в крови, г/л, %..	Стадия	Симптомы
0.1-0.5	Трезвость	Поведение почти нормальное, легкие признаки опьянения при специальном тестировании.
0.3-1.2	Эйфория	Разговорчивость, повышенная самооценка, сниженное поведение, ослабленное внимание.
0.9-2.5	Возбуждение	Эмоциональная нестабильность, снижение критики, ухудшение памяти, снижение чувствительности, дискоординация движений, снижение внимания и суждений снижение времени реакции, мышечная дискоординация, снижение тормозных моментов в поведении.
1.8-3.0	Спутанность	Дезориентация, головокружение, спутанная речь, изменение эмоционального статуса (страх, печаль, гнев) диплопия, снижение болевой чувствительности.
2.7-4.0	Ступор	Апатия, значительное снижение ответа на стимуляцию и дискоординация, невозможность ходить и стоять, рвота, непроизвольное мочеиспускание и дефекация, сон или поверхностная кома (ступор).
3.5-5.0	Кома	Полное отсутствие сознания, снижение или отсутствие рефлексов, анестезия, снижение температуры, депрессия дыхания и кровообращения, возможна смерть.
более 4.5	Смерть	Смерть от остановки дыхания.



Рисунок 7 – Влияние алкоголя на способность к управлению автомобилем.

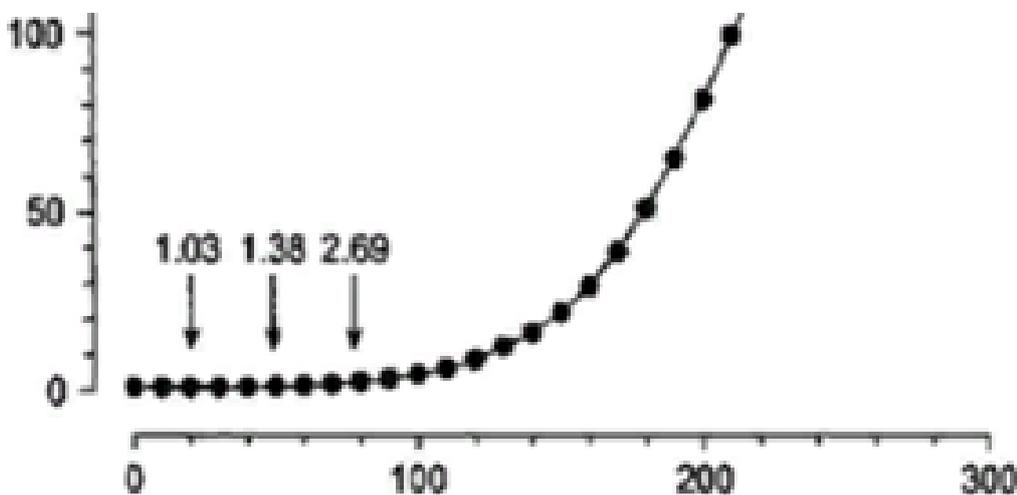


Рисунок 8 – Степень риска дорожно-транспортного происшествия в зависимости от концентрации алкоголя в крови водителя, рассчитанной по результатам выдыхаемого воздуха.

На рисунке 8 представлены результаты анализа дорожно-транспортных происшествий с участием водителей, в крови которых обнаружен алкоголь. Существенный рост риска дорожно-транспортного происшествия начинается при концентрации этанола 0.8 г/л (риск возрастает в 2.7 раза); при концентрации 0.5 г/л (риск возрастает в 1.4 раза), при концентрации 0.2 г/л (риск отсутствует).

Как видно из рисунка 7, 8 время реакции водителя в состояниях легкого и среднего опьянения увеличивается от 1,5 до 9 раз, что в сравнении с общепринятым нормативом 1с. и может составить от 1,5 до 9 с. Соответственно это приведет к позднему обнаружению препятствия и гарантированной аварии. На графике рисунка представлена зависимость коэффициента опасности  $\alpha$  возникновения дорожно-транспортного происшествия  $\alpha$  от концентрации алкоголя в крови водителя  $K_a$ .

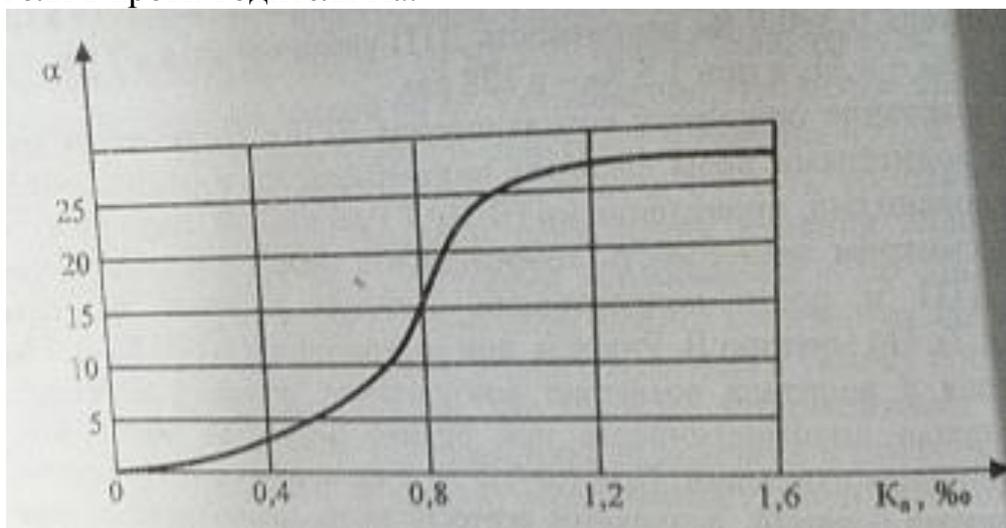


Рисунок 9 - Зависимость коэффициента опасности возникновения дорожно-транспортного происшествия  $\alpha$  от концентрации алкоголя в крови водителя  $K_a$  [38].

Сонное состояние водителя, появляющееся при средней степени опьянения может возникнуть при воздействии импульсного магнитного поля, при котором наблюдаются симптомы, характерные при принятии алкоголя, влияющие на центральную нервную систему и на головной мозг, резко угнетая его нормальную деятельность. Влияние магнитного поля, когда автомобиль представляет собой

замкнутый контур, особенно включенных систем комфорта можно сравнить с алкогольным опьянением и разделить на три степени: легкое, среднее и тяжелое.

Сравнение состояний при воздействии алкоголя и электромагнитного поля представлено в таблице 6 [39].

Таблица 6 - Сравнение состояний при воздействии алкоголя и электромагнитного поля.

Концентрация этанола в плазме крови и фаза действия, реакция водителя. <b>Степень опьянения.</b>	Клинические симптомы	Наблюдаемые изменения	Интенсивность электромагнитного поля, мВт/см <sup>2</sup>
0,5% (50мг%) субклиническая фаза. Небольшая рассеянность или появление агрессии.	Без видимых отклонений в поведении и самочувствии, регистрируется только с помощью специальных тестов	Ощущение тепла. Расширение сосудов. При облучении 0,5-1 ч. повышение давления на 20-300 мм рт.ст.	100
1,5% (150% мг) эйфория. Время реакции водителя увеличивается в полтора раза. Есть риск сбить пешехода. <b>Легкое опьянение.</b>	Увеличение контактности, говорливости, повышенная самооценка, снижение внимания и суждений, нарушение выполнения заданий по тестовой оценке. Эмоциональная нестабильность, снижение критики, ухудшение памяти, снижение чувствительности, дискоординация движений.	Слуховой эффект при воздействии импульсных магнитных полей	0,4
		<b>Начинается биологическое действие микроволн.</b>	10
2,5% (250 мг%) возбуждение. Реакция ухудшается в 6-9 раз, высок риск заснуть за рулем. <b>Среднее опьянение.</b>	.Эмоциональная лабильность, снижение тормозных моментов в поведении, потеря критики, нарушения памяти и способности сосредоточится, нарушение восприятия и снижение времени реакции, мышечная дискоординация. Дезориентация, головокружение, спутанная речь, изменение эмоционального статуса (страх, печаль, гнев) диплопия, снижение болевой чувствительности.	Снижение артериального давления, тенденция к учащению пульса, незначительные колебания объема крови сердца.	1

4% (400 мг%) сопор. Водитель себя не контролирует. <b>Сильное опьянение.</b>	Нарушение сознания до глубины сопора: выраженное снижение ответа на стимулы, полная мышечная дискоординация, неспособность стоять, мочеиспускание, дефекация, судорожный синдром. Апатия, невозможность ходить и стоять, непроизвольное мочеиспускание, дефекация, сон или поверхностная кома (ступор).	Повышение артериального давления с последующим его снижением. <b>Начинается гипнотическое воздействие, именно эти высшие клетки затормаживаются, отключаются</b>	100
5% (500 мг%) кома. <b>Тяжелое опьянение.</b>	Анестезия, анальгезия, снижение рефлексов, гипотермия, нарушение дыхания и гемодинамики, возможная смерть.	Голосовые изменения, двигательное возбуждение, выраженные голосовые изменения, судороги, температура тела, пульс, дыхательные движения (отдышка).	300
7% (700 мг%) и выше	Смерть в результате отека головного мозга, острой дыхательной и сердечно- сосудистой недостаточности.	Болевые ощущения в период облучения.	600

Их таблицы 6 видна корреляция между клиническими симптомами от концентрации этанола в крови и наблюдаемыми изменениями в физическом состоянии в зависимости от интенсивности электромагнитного поля, мВт/см<sup>2</sup>. Возможный результат это позднее торможение.

Показателем, характеризующим результат позднего торможения, является путь, проходимый автомобилем за время, в зависимости от скорости движения в момент обнаружения препятствия, который приведен в таблице 7.

Таблица 7 - Путь, проходимый автомобилем за время, в зависимости от скорости движения в момент обнаружения препятствия.

Скорость автомобиля в момент предшествующи й торможению, км/ч.	Путь в м., проходимый автомобилем за время, с.									
	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
10	0,5 5	1,11	1,66	2,22	2,77	3,33	3,88	4,44	4,99	5,55
15	0,8 3	1,66	2,50	3,33	4,16	5,00	5,83	6,66	7,50	8,33
20	1,1 1	2,22	3,33	4,44	5,55	6,66	7,77	8,88	9,99	11,1 0
25	1,3 9	2,77	4,16	5,55	6,04	8,33	9,72	11,1 1	12,4 9	13,8 8

30	1,6 7	3,38	5,00	6,66	8,33	9,99	11,6 6	13,3 3	15,0 0	16,6 6
35	1,9 4	3,89	5,83	7,78	9,72	11,6 6	13,6 1	15,5 5	17,5 0	19,4 4
40	2,2 2	4,44	6,66	8,88	11,1 1	13,3 3	15,5 5	17,7 7	19,9 9	22,2 2
45	2,5	5,00	7,50	10,0 0	12,5 0	15,0 0	17,5 0	20,0 0	22,5 0	25,0 0
50	2,7 8	5,55	8,33	11,1 0	13,8 8	16,6 6	19,4 3	22,2 1	24,9 8	27,7 7
55	3,0 6	6,12	9,18	12,2 4	15,3 0	18,3 6	21,4 2	24,4 8	27,5 4	30,6 1
60	3,3 3	6,66	10,0 0	13,3 3	16,6 6	19,9 9	23,3 2	26,6 6	29,9 9	33,3 2
65	3,6 1	7,22	10,8 3	14,4 4	18,0 5	21,6 6	25,2 7	28,8 8	32,6 9	36,2 0
70	3,8 9	7,78	11,6 6	15,5 5	19,4 4	23,3 3	27,2 2	31,1 0	34,9 9	38,8 8
75	4,1 4	8,33	12,4 9	16,6 6	20,8 2	24,0 8	29,1 5	33,3 1	37,4 8	41,6 4
80	4,4 4	8,89	13,3 3	17,7 7	22,2 2	26,6 6	31,1 1	35,5 5	40,0 0	44,4 4
85	4,6 2	9,35	14,1 6	18,8 8	23,6 0	28,3 2	33,0 4	37,7 6	42,4 8	47,2 0
90	5,0 0	10,0 0	15,0 0	20,0 0	25,0 0	30,0 0	35,0 0	40,0 0	45,0 0	50,0 0
95	5,2 8	10,5 5	15,8 3	21,1 0	26,3 8	31,6 6	36,9 3	42,2 1	47,4 8	52,7 6
100	5,5 5	11,1 1	16,6 6	22,2 2	27,7 7	33,3 2	38,8 8	44,4 8	49,9 9	55,5 4
110	6,1 1	12,2 2	18,3 2	24,4 3	30,5 4	39,6 5	42,7 6	48,8 6	54,9 7	61,0 8
120	6,6 7	13,3 3	20,0 0	26,6 6	33,3 3	40,0 0	46,6 6	53,3 3	60,0 0	66,6 6

Из таблицы 7 видно, что путь, проходимый автомобилем за время 1,4-2с при скорости движения от 90 до 120 км/ч, в момент обнаружения препятствия составляет от 50 до 65 метров. Этого вполне достаточно для автопроисшествия учитывая заторможенность водителя, находящегося под воздействием системы комфорта автомобиля, при оценке им дорожной обстановки. Учитывая, что время реакции водителя находящегося под влиянием алкоголя или импульсного магнитного поля увеличивается в 1,5 – 9 раз, то и время реакции водителя может составить от 2,1с. до 18 с., соответственно тормозной путь составит минимум 70 и более метров.

Наглядным примером, показывающим заторможенность водителя, находящегося под воздействием системы комфорта автомобиля, при оценке им дорожной обстановки является схема поля концентрации внимания водителя представленного на рисунке 12 [38].

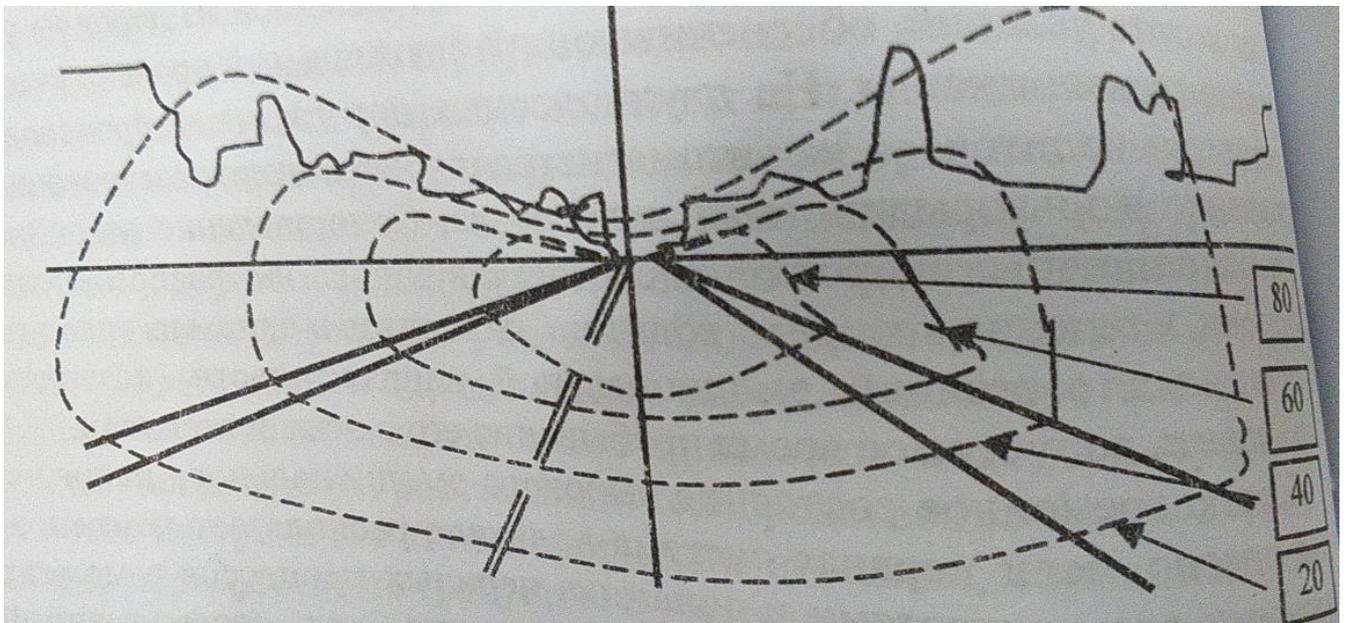


Рисунок 10 - Поле концентрации внимания водителя при скоростях движения 20, 40, 60, 80 км/ч.

Из рисунка 10 видно, что большую часть времени (43.2%) внимание водителя сосредоточено в той части поля зрения, куда проецируется изображение перспективы дороги. Встречные и попутные автомобили занимают 40-60% времени внимания водителя. Удаление точки фиксации взгляда по глубине увеличивается с ростом скорости движения. Минимальная продолжительность фиксации взгляда, наблюдавшаяся при высокой информационной нагрузке при дефиците времени составляет 0.2 с. При воздействии импульсного магнитного поля  $100 \text{ мВт/см}^2$  начинается гипнотическое воздействие, клетки затормаживаются, отключаются.

Из всех операций по управлению автомобилем необходимость в торможении возникает наиболее часто. Появление различных препятствий на пути следования автомобиля, изменение профиля и качества дороги, видимость в пути, интенсивности движения требуют изменения скорости движения или остановки автомобиля. Условно различают два вида торможения, производимые водителем тогда, когда обстановка на дороге позволяет осуществить торможение без торопливости и спешки, и водитель успевает применить приемы, не вызывающие заноса и связанного с ним потери управления. В экстренных случаях, при обнаружении препятствия на пути следования, водитель, как правило, применяет интенсивное торможение, вызываемое интенсивным рефлексом. В этих случаях действия водителя обычно не согласуются с качеством дороги, он нажимает на педаль тормоза с максимальной силой и быстротой, определяемыми его физическим состоянием. Такие «аварийные» торможения часто приводят к заносам, потере управления и к опрокидыванию автомобиля.

Существует номограмма для определения тормозного пути (пути разгона)  $S$  времени торможения (разгона)  $t$ , скорости движения  $v$  и замедления (ускорения) автомобиля  $j$  [36], которая приведена на рисунке 11.

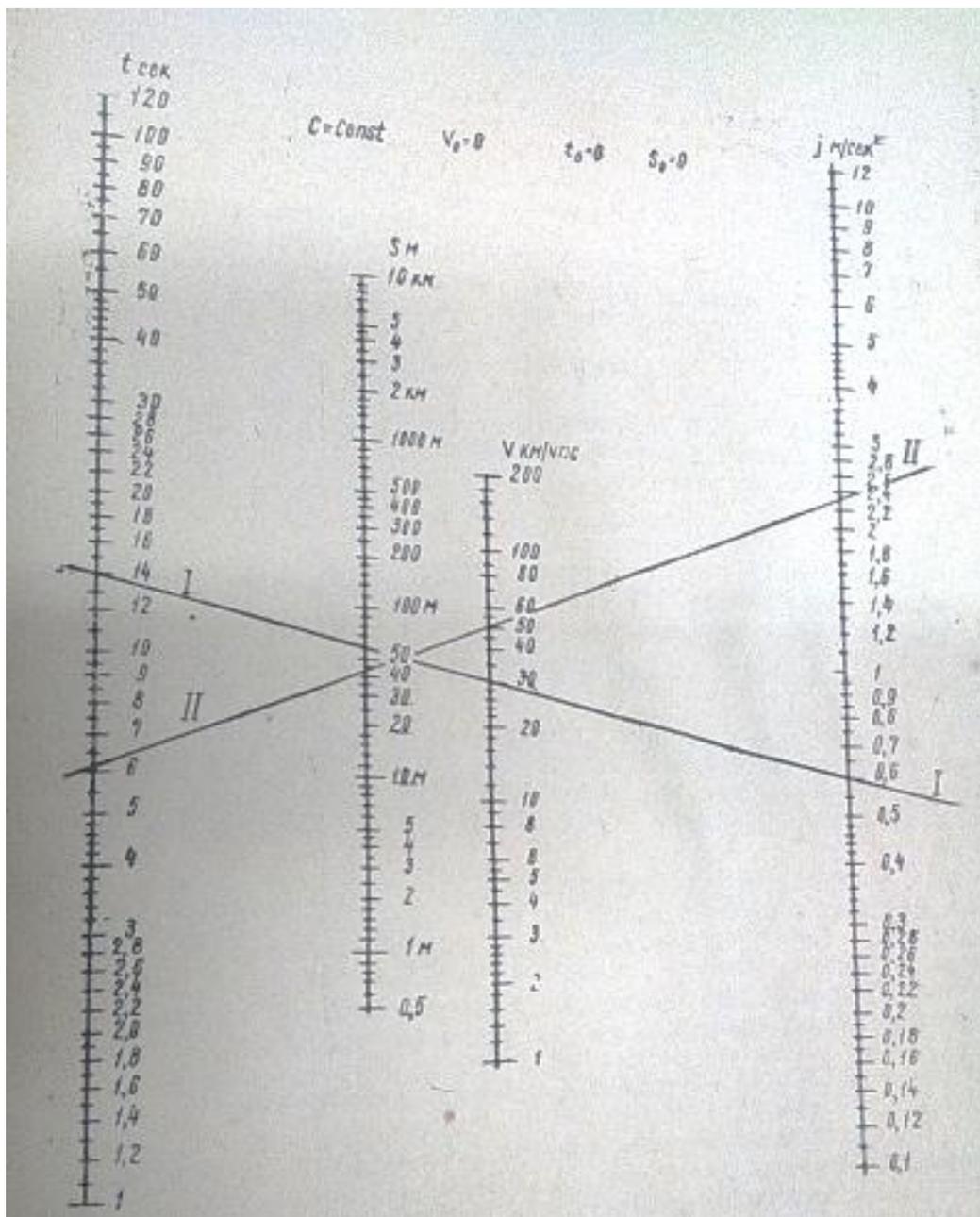


Рисунок 11 - Номограмма для определения тормозного пути (пути разгона)  $S$  времени торможения (разгона)  $t$ , скорости движения  $v$  и замедления (ускорения) автомобиля  $j$ .

Согласно номограмме можно определить время торможения автотранспортного средства и установить, был ли водитель подвержен опасному влиянию магнитных полей повлиявших на замедление реакции при торможении. В номограмме  $j$  – ускорение (замедление),  $v$  – скорость движения,  $s$  – тормозной путь (путь разгона),  $t$  – время торможения (разгона).

В учебнике по радиационной биофизике, издаваемом кафедрой биофизики МГУ им. Ломоносова [40,41] описано влияние природных и искусственных источников сверх низкочастотных электромагнитных полей и неионизирующих электромагнитных излучений на живые организмы в том числе и на человека. В учебнике раскрываются медико-биологические аспекты влияния на человека.

Любой человек может оценить работу своего мозга по ощущениям, основываясь на здравом смысле. Это зрение, слух, обоняние, осязание, вкус. Так как физиологической основой управления поведением являются альфа-ритмы головного мозга то изменения в ощущениях может быть связано с временем появления различных реакций нервной системы на магнитные поля свыше 20

мТл. Ритмы биоэлектрической активности головного мозга человека приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Ритмы биоэлектрической активности головного мозга человека.

Обозначение биоритма	Частота и амплитуда поля	Работа мозга
I ( $\delta$ )	Дельта волны частотой 0,5-3 Гц – амплитуда 10-30 мкВ	Сон, сновидения
II ( $\tau$ )	Тета-волны 4-7 Гц – амплитуда 10-30 мкВ	Мысли образы, программирование подсознания, глубокая релаксация, медитация.
III ( $\alpha$ )	Альфа-волны 8-13 Гц – амплитуда 10-100 мкВ	Восприятие, обучение, релаксация – «ритмы разума»
IV ( $\beta$ )	Бета-волны 14-20 Гц – амплитуда 5-30 мкВ	Легкое напряжение, обычное состояние.
V ( $\gamma$ )	Гамма-волны 30-100 Гц – амплитуда 10-100 мкВ	Сильное возбуждение.

Биохимические изменения в мозге при 10-минутном воздействии постоянного магнитного поля 50 мТл приводит к увеличению в ткани головного мозга содержания аммиака на 56%, глутаминовой кислоты на 62% аспарагиновой кислоты на 41,2% с одновременным снижением содержания глутаминна на 71,3%, а содержание гамма - аминопомаслянной кислоты связанной с тормозными процессами нервной системы увеличивается на 60% появляются веретена, и преобладают в электроэнцефалографии волны дельта диапазона, характеризующие состояние сна и влияющие на заторможенность водителя, находящегося под воздействием системы комфорта автомобиля, при оценке им дорожной обстановки.

Центром слухового восприятия является поле височной области. Самые сложные и высокоорганизованные структуры находятся в лобных долях полушарий, в которых осуществляется управление высшими формами поведения человека. Поэтому, когда начинается гипнотическое воздействие, именно эти высшие клетки затормаживаются, отключаются. Этот процесс торможения клеток лобных долей и приводит к состоянию сна, наблюдаемому в гипнозе.

Мобильный телефон, прикладываемый к уху, как излучатель волн дециметрового диапазона с большой проникающей способностью, может воздействовать на структуры мозга человека. Отмечено, что разные электромагнитные поля могут менять двигательную активность организма, изменять чувствительность к раздражителям, нарушать формирование условных рефлексов и угнетать память.

Поэтому целесообразно иметь устройство для установки мобильного телефона, позволяющим вести переговоры без использования рук и устройством сигнализирующим о появлении внутри транспортного средства опасных режимов излучения», коррелирующиеся с воздействием импульсного магнитного поля, при действии которого наблюдаются симптомы, характерные при принятии алкоголя, влияющие на центральную нервную систему и на головной мозг, резко угнетая его нормальную деятельность. Влияние магнитного поля, когда автомобиль представляет собой замкнутый контур, особенно включенных систем комфорта

можно сравнить с алкогольным опьянением и разделить на три степени: легкое, среднее и тяжелое.

Система комфорта, в зависимости от мощности ее функционирования внутри автомобиля вызывает отрицательное действие на тонкие психические функции: ухудшается внимание, теряется точность расчета, проявляется беспечность и замедляется быстрота реакции. Наиболее опасное для водителя явление – замедление времени реакции в зависимости от уровня возбуждения коры головного мозга во время движения автотранспортного средства и, в особенности, электромобиля. Может появиться расстройство координации движений.

Водитель автотранспортного средства, такого как электромобиль может быть подвержен влиянию магнитных полей таких как электромагнитного, переменного магнитного поля, постоянного магнитного поля, бегущего магнитного поля, импульсного магнитного поля, модулированного поля ультравысоких частот, поля сверхвысокой частоты. Все эти поля оказывают влияние на биообъекты с различной степенью вызываемых реакций организма и прежде всего на психические процессы (восприятие, память, воображение, мышление, внимание).

Среди всего спектра физических полей электромагнитной природы наибольшей биологической значимостью и выраженностью симптоматики выделяются электромагнитные поля микроволнового диапазона [42].

Источниками этих полей в электромобиле могут быть различные радиоизлучающие средства, такие как электрические блоки, чипы, приборы управления, модули мобильной связи, которые генерируют различные частоты. Частота полей, возникающих в электромобиле составляет от нуля герц (статические поля) и до нескольких десятков или сотен килогерц (низкочастотные поля и поля с промежуточной частотой).

Поэтому водителю необходимо иметь навыки по защите от информационных воздействий на психику и уметь выявлять переключение электроники автотранспортного средства на режимы излучения опасные для безопасности передвижения автотранспортного средства, таких как превышение уровня сверхвысокочастотного фона, появление сверхнизкочастотных электромагнитных излучений, изменения уровня переменных, постоянных и импульсных магнитных полей или частотной комбинации электромагнитных излучений с магнитными полями с критическими параметрами [42, 43, 44, 45].

Вследствие возможного психологического влияния облучения электромагнитным полем на водителя, целесообразно применять приборы с немедленной сигнализацией опасности требующих немедленного принятия мер защиты. Такими значениями могут быть: плотность потока энергии, удельная поглощенная мощность и экспозиционная доза, равная или более  $50 \text{ мВт/см}^2$  (2,4 ГГц),  $2 \text{ Вт/кг}$  и  $15 \text{ Дж/см}^2$  соответственно. Индикаторы должны быть настроены на резонансную область частот.

Одним из способов раннего предупреждения о применении энергоинформационного воздействия это установка в автомобиле сигнализатора для раннего предупреждения о энергоинформационном воздействии. Требования предъявляемые к сигнализатору для раннего предупреждения о энергоинформационном воздействии на основе полученного сигнала от датчика установленного в автотранспортном средстве могут быть следующие [39, 46]:

- прибор должен сигнализировать о магнитном поле 50Гц индукцией 5мТл, которое лежит в области подпороговых величин;

- прибор должен сигнализировать о импульсном магнитном поле частотой 1, 10, 100 Гц при длительности прямоугольного импульса 1мс при пороге воздействия 3-0,5 мТл;
- прибор должен сигнализировать о нахождении электромобиля в искаженном геомагнитном поле;
- прибор должен сигнализировать о непрямом действии на зрительный анализатор наведенных электрических токов, при воздействии постоянных магнитных полей 2 Тл в течении нескольких минут могут происходить изменения вкусовых ощущений, в областях тела, находящихся под постоянным воздействием магнитного поля чаще всего районе рук может ощущаться зуд;
- прибор должен сигнализировать о появлении несущих частот в диапазоне 150-450 МГц при напряженности поля, наведенного в мозге, 10-100 мВ/см, которые влияют на поведенческие и физиологические реакции;
- немедленная сигнализация при плотности потока энергии равной 100-300 мВт/см<sup>2</sup> и частоте 2,45 ГГц вызывающая изменения в хрусталике через 24-48 ч., слезотечение, гиперемия, сужение зрачка и помутнение передней камеры глаза;
- прибор должен сигнализировать о плотности потока энергии равной 100, 300, 500 мВт/см<sup>2</sup>, что приводит к изменению частоты дыхательных движений и частоты сердечных сокращений, изменению электролитного баланса;
- прибор должен сигнализировать о энергии электромагнитных волн с частотой 2,45 ГГц., которая проникает практически до костного мозга, селезенки и тимуса;
- прибор должен сигнализировать о появлении магнитного поля свыше 20 мТл, при которых возникают реакции нервной системы;
- прибор должен сигнализировать о удельной поглощенной мощности 4 Вт/кг, что может быть принято в качестве критического значения, что соответствует 100 мВт/см<sup>2</sup> (2,45ГГц) и уровню риска 0,1%;
- прибор должен сигнализировать о появлении пороговых энергий, при которых наступает микроволново-акустическая реакция человека, как функция ширины импульса для радиочастотной энергии 2450 МГц. У обычного человека, независимо от пиковой плотности мощности и ширины импульса, пороговое значение для отдельного импульса близко к 20 мДж/кг. Установлено, что требуется плотность падающей энергии приблизительно 40 Дж/см<sup>2</sup> в импульсе;
- сигнализировать о намерении тетенизирующего воздействия т.е.использовании токов в диапазоне 20-50 мА, с частотой повторения импульсов от 1 Гц до 10 кГц, при котором происходит безожоговое преодоление сопротивления мышечных тканей, регламентируемым значением порядка 600 Вт. При силе тока выше 250 мА может быть летальный исход;
- сигнализировать о появлении различных комбинаций электромагнитных импульсов длительностью от 20 мсек до 1,25 с, повторяющиеся с частотой 25-0,4 Гц и модулируемые на несущей радиочастоте в диапазоне средних и коротких волн, оказывают влияние на отдельные зоны мозга, ответственные как за эмоциональный настрой, так и за работу отдельных внутренних органов;
- применять приборы с немедленной сигнализацией опасности только в особых доказанных случаях, требующих немедленного принятия мер защиты. Такими значениями могут быть: плотность потока энергии, удельная поглощенная мощность и экспозиционная доза, равная или более 50 мВт/см<sup>2</sup> (2,4 ГГц), 2Вт/кг и 15 Дж/см<sup>2</sup> соответственно. Индикаторы должны быть настроены

на резонансную область частот. Предельно допустимые уровни плотности потока энергии в диапазоне частот свыше 300 МГц до 300 ГГц, согласно СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»;

- панель прибора с надписями по уровням биологического действия электромагнитных излучений;

- индикатор по частотам отображаемым на цифровом табло с пояснениями предполагаемых последствий «Изменения под влиянием различных уровней электромагнитного поля»;

- раннее предупреждение о применении энерго – информационного воздействия на основе полученного сигнала от сигнализатора установленного в автомобиле о превышении уровня сверхвысокочастотного фона или появлении сверхнизкочастотных электромагнитных излучений.

В автомобиле должны быть средства для специальных измерений полей радиочастот и приборы для контроля состояния водителя [47, 48].

Европейская экономическая комиссия ООН разработала нормативы допустимой эффективности тормозных качеств механических транспортных средств. В качестве основного оценочного параметра принята величина минимального пути торможения, на котором может быть остановлено данное транспортное средство, движущееся с заданной, близкой к максимальной скоростью, поэтому энерго - информационные воздействие на водителя автотранспортного средства – автомобиля окажут влияние на его реакцию при торможении в сторону увеличения времени реакции.

При оценке кандидата на право управления автотранспортным средством существует профессиограмма водителя автомобиля, которая приведена в таблице 9.

Таблица 9 - Профессиограмма водителя автомобиля [47].

Семейное положение, образование, интеллект, стаж работы.	Личностные и социальные факторы	Функции, обеспечивающие деятельность водителя.	Ощущения
Интерес к профессии, отношение в коллективе (эгоизм, вежливость, грубость) и участникам движения транспорта, самооценка			Восприятия
Эмоциональная устойчивость.	Эмоциональная сфера		Комплексы реакций
Способность правильно действовать в сложных аварийных ситуациях.			Характеристики реакций
Подвижность нервных процессов	Тип высшей нервной деятельности (холерик, сангвиник, меланхолик, флегматик)		Внимание
Уравновешенность			Память
Сила нервных процессов.			Мышление
<b>Ощущения</b>			
Зрительная чувствительность (острота зрения, способность к адаптации, устойчивость к ослеплению, цветоразличение, величина поля зрения).	Суставно-мышечная и кожно-мышечная чувствительность (способность к различению усилий, скорости движения, ускорения, размаха, направления движения, величины и направления реакций опоры и органов управления)	Вестибулярный аппарат и вибрационные ощущения (оценка положений тела в пространстве и его изменения, способность к различению вибраций, устойчивости и действия ускорения)	Слух (острота слуха, локализация звуков)
<b>Восприятия</b>			
Зрительные восприятия (1. Неподвижных объектов и их свойств – размеров, формы, цвета, положения, расстояния между ними, удаленности глазомерным способом, статический глазомер. 2. Перемещающихся объектов (размеров, формы, расстояния между ними, направления и скорости их движения, направления и скорости собственного движения – динамический глазомер).	Восприятия времени (в частности кратковременных интервалов).	Слуховые восприятия (выделение характерных тембров из общего фона).	
<b>Комплексы реакций</b>			
Координация моторных реакций.	Координация сенсорных и моторных реакций (сенсомоторная реакция).	Переключаемость с одного комплекса реакций на другой.	

Характеристики реакций		
Правильность (выбор нужной реакции).	Точность (дозировка моторной реакции)	Скорость (скорость простых реакций, скорость и постоянство времени сложных реакций, скорость переключений, латентный период).
Внимание		
Распределение внимания (1. Между зрительными, слуховыми, двигательными компонентами деятельности. 2. Между объектами в зрительном поле.).	Переключение внимания в зрительном поле.	Устойчивость внимания при длительной работе, сохранение внимания при длительной работе.
Память		
Зрительная память на пространственное положение и перемещение предметов.	Мышечная память.	Запоминание правил и инструкций готовность памяти.
Мышление		
Способность к правильным и быстрым решениям в острых ситуациях.		

На основе проффессиограммы выделены показатели по весомости качеств водителя, которые могут влиять на скорость реакции при торможении, исходя из активного воздействия полей радиочастот электроники автотранспортного средства и особенно системы комфорта и безопасности.

Таблица 10 - Коэффициенты весомости качеств водителя, которые могут влиять на скорость реакции при торможении, исходя из активного воздействия полей радиочастот электроники автотранспортного средства

Качество	Коэффициент значимости (субъективное значение)
Острота зрения	10
Способность к адаптации	10
Устойчивость к ослеплению	10
Цветоразличение	3
Величина поля зрения	2
Способность к различению усилий	4
Способность к различению скорости движения	4
Способность к различению органов управления	4
Способность к различению ускорения	4
Способность к различению размаха	4
Способность к различению направления движения	5
Способность к различению величины и направления реакций опоры	5
Оценка положений тела в пространстве и его изменения	5
Способность к различению вибраций	7
Способность к различению устойчивости	8
Способность к различению действия ускорения	8
Острота слуха	3

Локализация звуков	6
Зрительные восприятия неподвижных объектов и их свойств – размеров, формы, цвета, положения.	5
Зрительные восприятия расстояния между объектами, удаленности глазомерным способом.	5
Перемещающихся объектов размеров, формы, расстояния между ними, направления и скорости их движения, направления и скорости собственного движения.	5
Восприятия времени в частности кратковременных интервалов	8
Слуховые восприятия выделение характерных тембров из общего фона.	10
Скорость простых реакций	10
Скорость и постоянство времени сложных реакций	10
Скорость переключений	5
Латентный период	10
Распределение внимания между зрительными, слуховыми, двигательными компонентами деятельности.	10
Распределение внимания между объектами в зрительном поле.	10
Переключение внимания в зрительном поле.	5
Устойчивость внимания при длительной работе.	9
сохранение внимания при длительной работе.	8
Зрительная память на пространственное положение и перемещение предметов.	4
Мышечная память.	2
Запоминание правил и инструкций готовность памяти.	1
Способность к правильным и быстрым решениям в острых ситуациях.	10

Таблица 11 - Наиболее значимые качества, которые могут влиять на скорость реакции водителя при активном воздействии полей радиочастот электроники автотранспортного средства и особенно системы комфорта и безопасности.

Качество	Коэффициент значимости (субъективные значения)
Способность к различению скорости движения	4
Оценка положений тела в пространстве и его изменения	5
Острота слуха	3
Локализация звуков	6
Зрительные восприятия расстояния между объектами, удаленности глазомерным способом.	5
Восприятия времени в частности кратковременных интервалов	8
Слуховые восприятия выделение характерных тембров из общего фона.	10
Латентный период	10

Распределение внимания между зрительными, слуховыми, двигательными компонентами деятельности.	10
Устойчивость внимания при длительной работе.	9
Сохранение внимания при длительной работе.	8
Зрительная память на пространственное положение и перемещение предметов.	4

Из таблицы 11 видно, что основная часть качеств водителя, которые могут влиять на скорость реакции водителя при активном воздействии полей радиочастот электроники автотранспортного средства относится к качествам восприятия и внимания.

Так как современные автомобили оборудованы различными электронными системами, то необходимо учитывать возможное их влияние на водителя при активном воздействии полей радиочастот электроники автотранспортного средства и особенно системы комфорта и безопасности.

Учитывая, что при движении автотранспортных средств в потоке возможно явление резонанса электромагнитного излучения в диапазонах частот (48-53), (76-82), (186-192) и (220-225) МГц, что приводит к увеличению среднего уровня излучения, электромобили являются наиболее опасными для здоровья, так как большое количество мощной автомобильной электроники сосредотачивается в пределах относительно небольшого по размерам автотранспортного средства. Кроме этого, батареи и силовые кабели в гибридах и электромобилях часто расположены близко к водителю, следовательно, электрический ток, приводящий в действие двигатель на малых скоростях создает магнитные поля, которые представляют серьезный риск в результате воздействия электромагнитного поля [10].

Установлено что основными факторами являются, количество и мощность электрооборудования, работоспособность систем подавления электромагнитного излучения, наличие электронных средств в системе зажигания, пробег, тип кузова и т.п.

Параметры электрических и магнитных полей, зафиксированные в автотранспортном средстве, имеют достаточно сложные закономерности. Также установлено существенное влияние на уровень электромагнитного излучения электронных устройств бортовой диагностики и управления, пассивных и активных средств шумо- и виброзащиты, систем навигации, оперативного доступа информации, устройств климаторегулирования, очистки воздуха, системы обеспечения безопасности.

Кроме того в процессе движения автотранспортного средства происходит изменение электромагнитного излучения за счёт присутствия внешних полей от линий электропередач, вышки телерадиопередающего центра, базовых станции сотовой связи и др. [12].

При эксплуатации автотранспортных средств, работающих на электротяге, генерируются электромагнитные поля, которые могут нарушить электромагнитную безопасность. При общем облучении сверхвысокочастотным полем возникающие изменения физиологических функций являются отражением теплового стресса, как и при других видах электромагнитной энергии. Необходимо строго различать эффекты, вызванные электромагнитными излучениями с большой интенсивностью и малым временем облучения и низкой

плотность потока энергии и длительным временем облучения от которых зависит тепловое распределение в организме поглощенной энергии.

Критерием переносимости электромагнитных излучений по тепловому эффекту следует считать уровень накопления метаболического тепла при физической работе. Удельная поглощенная мощность 4 Вт/кг может быть принята в качестве критического значения, оно соответствует  $100 \text{ мВт/см}^2$  (2,45ГГц) и уровню риска 0,1%.

Система комфорта, в зависимости от мощности ее функционирования внутри автомобиля вызывает отрицательное действие на тонкие психические функции: ухудшается внимание, теряется точность расчета, проявляется беспечность и замедляется быстрота реакции. Наиболее опасное для водителя явление – замедление времени реакции в зависимости от уровня возбуждения коры головного мозга во время движения автотранспортного средства и, в особенности, электроавтомобиля. Может появиться расстройство координации движений.

Прямой зависимости в изменениях в биообъекте от частоты, интенсивности и длительности воздействия сверхнизких частот при проявившемся биологическом эффекте нет. Единственное существующее объяснение – это при определенных узких спектрах частот и амплитуд возникают энергетические поля, которые воздействуют на биообъекты, особенно в частном случае на водителя и пассажиров электроавтомобиля.

Любой человек может оценить работу своего мозга по ощущениям основываясь на здравом смысле. Это зрение, слух, обоняние, осязание, вкус. изменения в ощущениях может быть связано со временем появления различных реакций нервной системы на магнитные поля свыше 20 мТл.

Признаки, указывающие на воздействие магнитного поля в опасных режимах излучения.

- голосовые изменения;
- двигательное возбуждение;
- выраженные голосовые изменения;
- судороги;
- повышение (понижение) температуры тела;
- учащение (замедление) пульса;
- дыхательные движения (отдышка);
- изменение частоты дыхательных движений и частоты сердечных сокращений;
- ощущение вспышек света (магнитофосфен), возникает при действии магнитного поля на голову;
- раздражение сетчатки;
- воздействие постоянного магнитного поля на затылок повышает порог электрического раздражения руки;
- возникновение слабых ощущений, таких как покалывание, чувство тяжести, ползание мурашек;
- состояние засыпания, наблюдаемое в гипнозе;
- изменение двигательной активности организма, изменение чувствительности к раздражителям;
- ухудшение кратковременной памяти и внимания;
- снижения скорости ответных реакций на раздражители;
- снижение болевого порога;

- ощущение тепла в месте воздействия, схожее с действием солнечных лучей;
- слабое недомогание;
- головная боль;
- головокружение;
- тошнота;
- рвота;
- чувство страха;
- жажда; легкая слабость;
- боли в конечностях;
- повышенная потливость;
- повышение температуры тела;
- приступы тахикардии;
- нарушение сердечной деятельности;
- гипертензия.

Исследование Национальной Академии безопасности дорожного движения выявило потенциальную опасность одновременного нарушении изоляции высоковольтной шины обособленных ограждений, при котором водитель электромобиля может получить опасные уровни поражения электрическим током при прямом контакте с ограждениями. На рисунке 12 изображен сценарий непрямого контакта.

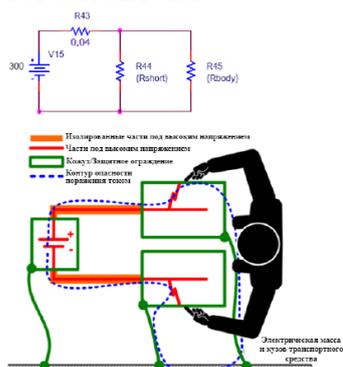


Рисунок 12 - Сценарий непрямого контакта.

Из рисунка 12 видно, что при нарушении изоляции и выходе на корпус электромобиля возможны негативные последствия для водителя электромобиля и пассажиров.

В Гостандарте Республики Беларусь [28] введено понятие электрическая изоляция высоковольтного источника в транспортном средстве, поддержание надлежащего уровня электрической изоляции обеспечивает положение, при котором высоковольтная система не использует непосредственно массу, чтобы закоротить (или замкнуть) цепь. Иными словами при нарушении изоляции и выходе на корпус электромобиля возможны негативные последствия для водителя электромобиля и пассажиров. В стандарте TS 60479-1:2005МЭК представлены данные по физиологической реакции человека на прохождение через его тело тока в разбивке по временным интервалам [48].

Интересен эксперимент, изложенный в книге Н. Винера «Кибернетика» [49] при помощи методов, применяемых в теории сервомеханизмов для определения частоты колебаний получены частоты, при появлении которых, возникают клинические судороги в мышцах, что может оказать влияние на физиологическое состояние водителя автотранспортного средства. Эти частоты от 7 до 30 Гц. с явными результатами в пределах 12 – 17 Гц.

На рисунке 13 представлены допустимые по показателю время/ток зоны воздействия переменных токов (15-100Гц) на тело человека при прохождении тока по петле «левая рука – нога».

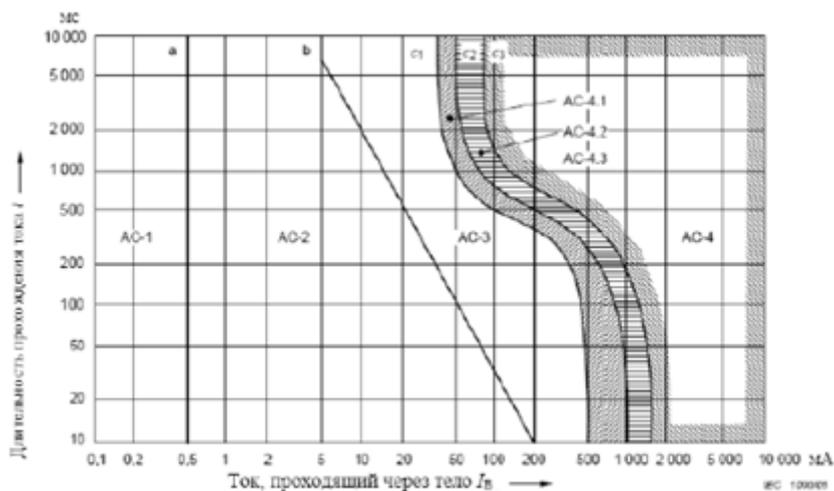


Рисунок 13 - Допустимые по показателю время/ток зоны воздействия переменных токов (15-100Гц) на тело человека при прохождении тока по петле «левая рука – нога».

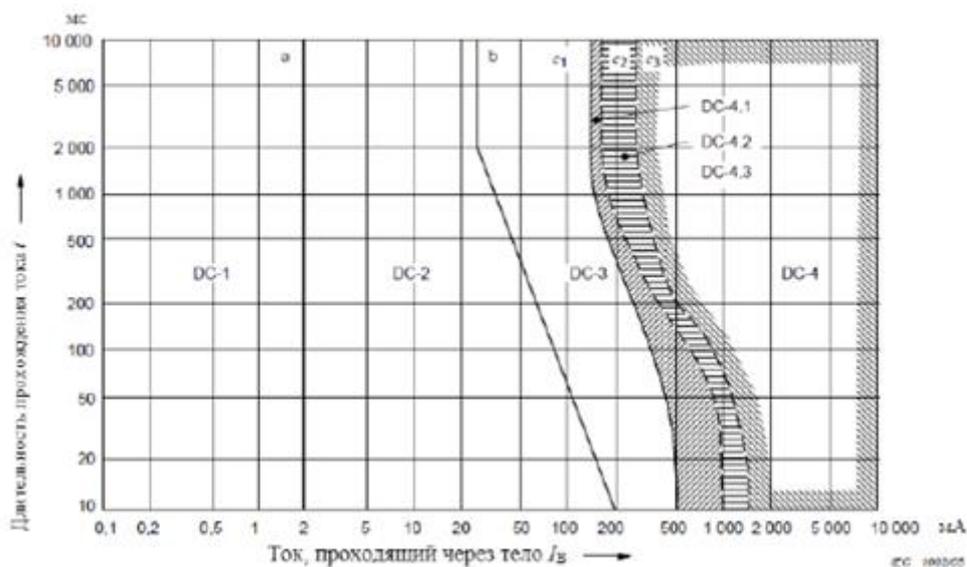


Рисунок 14 - Допустимые по показателю время/ток зоны воздействия постоянных токов на тело человека при прохождении тока по петле «левая рука – нога».

Если допустить, что зоны AC-2 и DC -2 отражают аналогичные виды физиологической реакции, то логично ожидать одинаковую реакцию на верхней и нижней границах. Если впоследствии свести анализ к оценке наиболее опасной длительности (10с), тогда точки вдоль линии 10-секундной длительности в зоне 2 будут представлять собой градацию физиологической реакции между двумя границами. Таким образом, соответствующие точки вдоль этих линий в зонах AC-2 и DC – 2 могут быть картированы и представлять собой наилучшую оценку вероятной физиологической ответной реакции [28].

Можно провести параллель между показателем время/ток зоны воздействия постоянных токов на тело человека при прохождении тока по петле «левая рука – нога» наиболее опасной длительности (10с), когда линия 10-секундной длительности дает физиологическую реакцию водителя подобную реакции водителя находящегося под влиянием алкоголя или импульсного магнитного с

увеличением физиологической реакции до 18 с., соответственно тормозной путь составит минимум 70 и более метров.

На рисунке 15 представлена частотная зависимость усредненных значений удельной поглощенной мощности в различных частях тела.

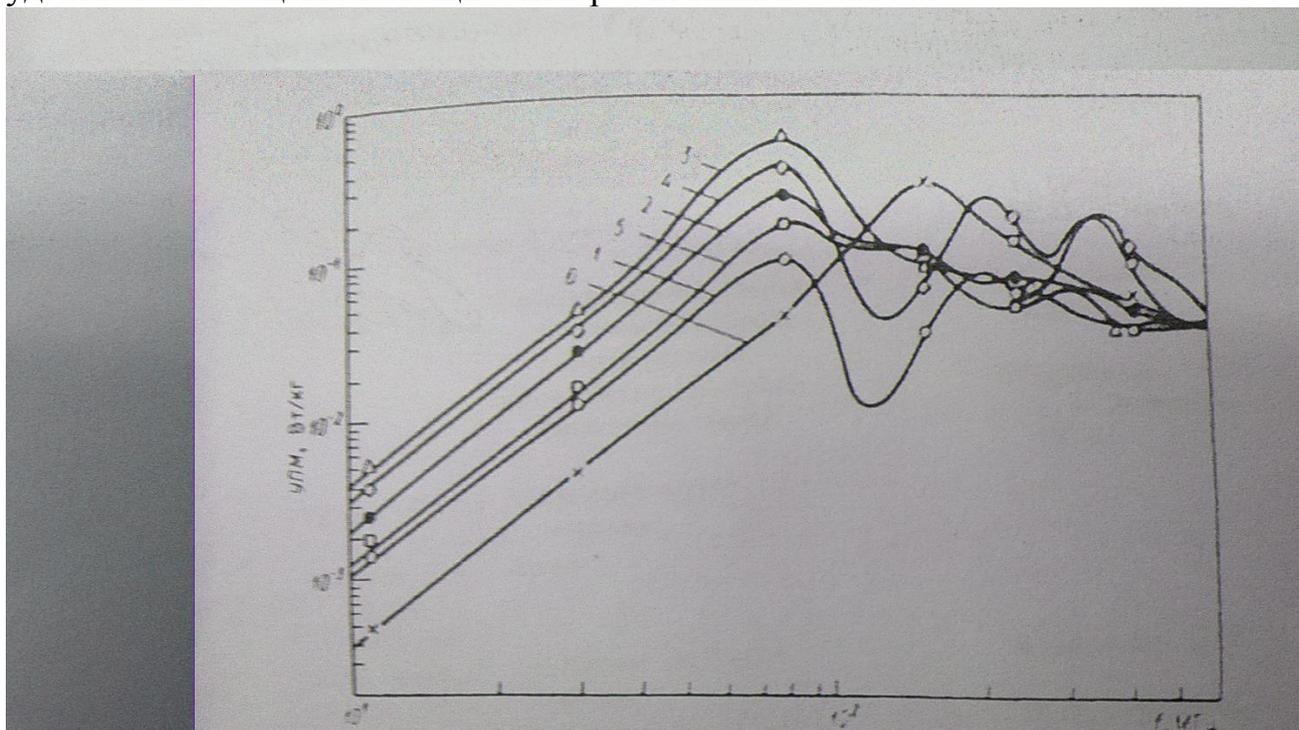


Рисунок 15 – Частотная зависимость удельной поглощенной мощности в различных частях тела человека, находящегося в свободном пространстве при интенсивности падающего электромагнитного излучения 1 мВт/см<sup>2</sup>. 1.- голова, 2 – тело, 3- нога, 4 – шея, 5 – торс, 6-рука.

Существует девять экстремальных факторов – перегрузка, вибрация, ионизирующее излучение, микроволны, гипоксия, гипероксия, холод, жара, т.е. те при которых возможен эффект гибели. Параметр интенсивности характеризуется как сила воздействия, отражающая, прежде всего энергетическую сторону фактора [43, 44].

На рисунке 16 представлено время возникновения клинических симптомов и некоторых физиологических сдвигов в период микроволнового облучения 300 мВт/см<sup>2</sup>.

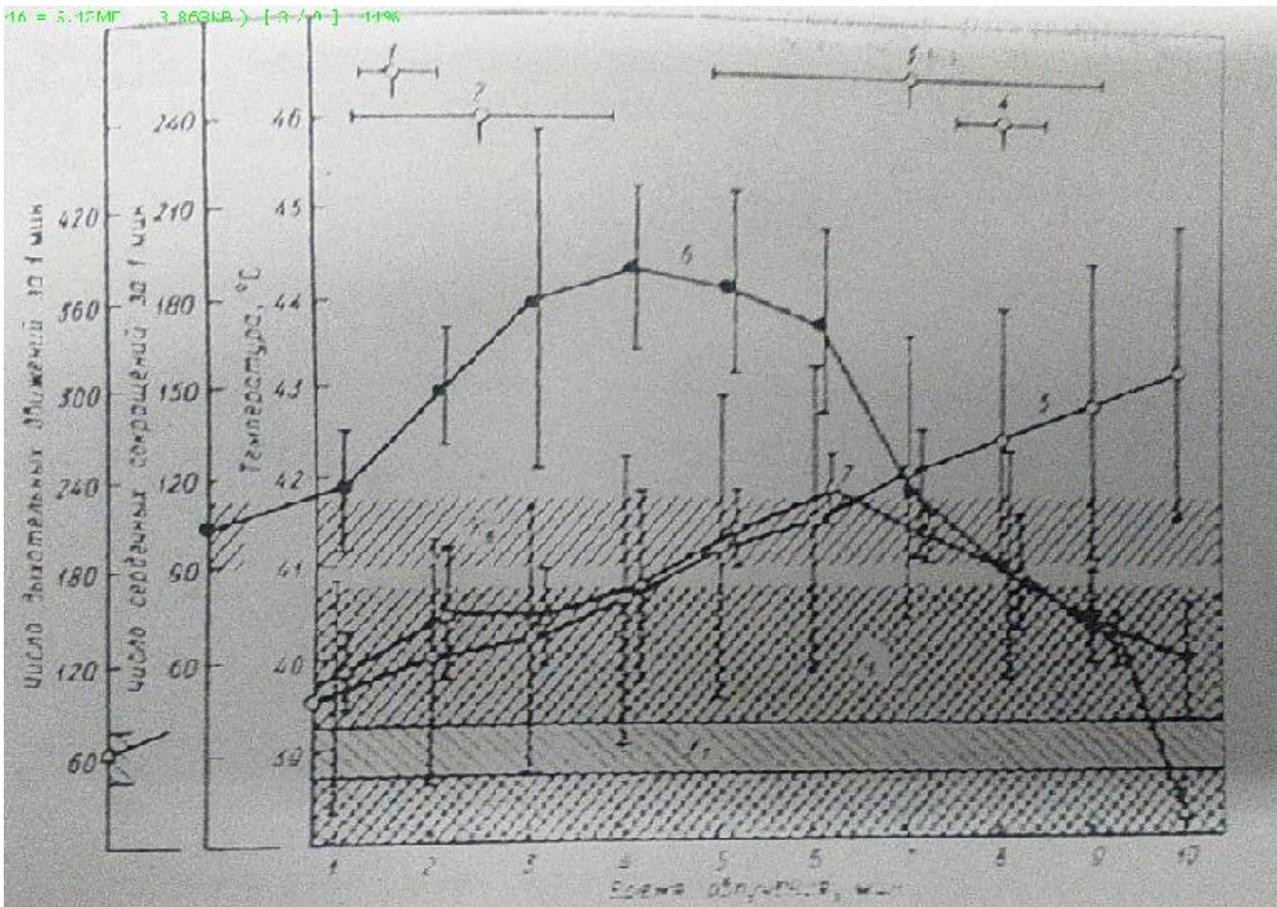


Рисунок 16 - Время возникновения клинических симптомов и некоторых физиологических сдвигов в период микроволнового облучения 300 мВт/ см<sup>2</sup>.

1 – голосовые изменения, 2-двигательное возбуждение, 3-выраженные голосовые изменения, 4 – судороги, 5-температура тела, 6-пульс, 7-дыхательные движения (отдышка).

В последние годы с нарастающей скоростью стали продвигаться скоростные технологии связи, которые для передачи используют сверхвысокочастотные волны. Как показали замеры по городам, уровень излучений уже редко где ниже предельно допустимого, а на площадях и в парках превышает его в 5-10 раз и более [50].



Рисунок 17 - Промышленные приборы, способные видеть сигналы последних поколений связи 4G LTE и 5G.

Так как промышленные приборы, способные видеть сигналы последних поколений связи 4G LTE и 5G стрелочные, только ими можно определить импульсные излучения, которые намного губительнее постоянных, как например от СВЧ печи. Никакие цифровые приборы импульсов не видят.

По дрожанию стрелки можно определить мощность и частоту этих импульсов. При некотором опыте даже тип модуляции сигнала: сотовый, вайфай, магнетрон, радиолокатор, трекер или сканер [51].



Рисунок 18 - Индикатор на китайской головке прозрачный пластик 60x55мм.



Рисунок 19 - Индикатор на китайской головке прозрачный пластик 60x55мм.

К выходу можно подключать наушники, активные колонки, записывающий аппарат- диктофон, персональный компьютер, телефон. Затем по записям можно проводить анализ спектра в Audacity, сравнивать звуки с другими записями по интернету, выявлять феномен электронных голосов и не кодированные передачи V2K (голос в череп), радиосон, мозговое радио.

Звуковой индикатор сверхвысокочастотных полей и импульсов [52].



Рисунок 20 - Индикаторы звуковые.

Таким образом, влияние магнитного поля, когда автомобиль представляет собой замкнутый контур, особенно включенных систем комфорта можно сравнить с алкогольным опьянением и разделить на три степени: легкое, среднее и тяжелое. Соответственно время реакции на появление препятствия, вызывающее необходимость торможения увеличивается с 1,5 до 9 раз, что позволило скорректировать коэффициент опасности  $\alpha$  в сторону увеличения значения на 9.

При интенсивности электромагнитного поля  $10 \text{ мВт/см}^2$  начинается биологическое действие микроволн. Время реакции водителя находящегося под влиянием алкоголя или импульсного магнитного поля увеличивается в 1,5 – 9 раз, то и время реакции водителя может составить от 2,1с. до 18 с., соответственно тормозной путь составит минимум 70 и более метров.

Прямой зависимости в изменениях в биообъекте от частоты, интенсивности и длительности воздействия сверхнизких частот при проявившемся биологическом эффекте нет. Единственное существующее объяснение – это при определенных узких спектрах частот и амплитуд возникают энергетические поля, которые воздействуют на биообъекты, особенно в частном случае на водителя и пассажиров автомобиля.

Любой человек может оценить работу своего мозга по ощущениям основываясь на здравом смысле. Это зрение, слух, обоняние, осязание, вкус. изменения в ощущениях может быть связано со временем появления различных реакций нервной системы на магнитные поля свыше 20 мТл.

Признаки, указывающие на воздействие магнитного поля в опасных режимах излучения.

- голосовые изменения;
- двигательное возбуждение;
- выраженные голосовые изменения;
- судороги;
- повышение (понижение) температуры тела;
- учащение (замедление) пульса;
- дыхательные движения (отдышка);
- изменение частоты дыхательных движений и частоты сердечных сокращений;
- ощущение вспышек света (магнитофосфен), возникает при действии магнитного поля на голову;
- раздражение сетчатки;
- воздействие постоянного магнитного поля на затылок повышает порог электрического раздражения руки;
- возникновение слабых ощущений, таких как покалывание, чувство тяжести, ползание мурашек;
- состояние засыпания, наблюдаемое в гипнозе;
- изменение двигательной активности организма, изменение чувствительности к раздражителям;
- ухудшение кратковременной памяти и внимания;
- снижения скорости ответных реакций на раздражители;
- снижение болевого порога;
- ощущение тепла в месте воздействия, схожее с действием солнечных лучей;
- слабое недомогание;
- головная боль;
- головокружение;
- тошнота;
- рвота;
- чувство страха;
- жажда; легкая слабость;
- боли в конечностях;

- повышенная потливость;
- повышение температуры тела;
- приступы тахикардии;
- нарушение сердечной деятельности;
- гипертензия.

Можно провести параллель между показателем время/ток зоны воздействия постоянных токов на тело человека при прохождении тока по петле «левая рука – нога» наиболее опасной длительности (10с), когда линия 10-секундной длительности дает физиологическую реакцию водителя, подобную реакции водителя находящегося под влиянием алкоголя или импульсного магнитного с увеличением физиологической реакции до 18 с., соответственно тормозной путь составит минимум 70 и более метров.

Индикаторы могут быть рекомендованы в качестве сигнализатора о появлении опасных режимов излучения внутри электромобиля. Основная особенность этих индикаторов в том, что источником питания этих индикаторов являются сами излучения за счёт фрактальных антенн, поэтому они удобны для непрерывного слежения за уровнем радифона, определения импульсных атак, направления и типа источников излучений.

## Заключение

В учебно-методических материалах, разработанных на кафедре «Техническая эксплуатация автомобилей» Автотракторного факультета Белорусского национального технического университета на тему «Влияние энерго-информационного воздействия на безаварийную эксплуатацию электромобиля» установлено, что, при эксплуатации автотранспортного средства, работающего на электротяге, генерируются электромагнитные поля, которые могут нарушить электромагнитную безопасность.

Система комфорта и безопасности автомобиля может создать фон, который приведет к появлению сверхнизкочастотных электромагнитных излучений, изменит уровень переменных, постоянных и импульсных магнитных полей или приведет к частотной комбинации электромагнитных излучений с магнитными полями с критическими параметрами, что может повлиять на реакцию водителя транспортного средства и создаст аварийную ситуацию во время движения.

В работе показывается, что 10-секундная длительность воздействия постоянных токов на тело человека при прохождении тока по петле «левая рука» дает замедление реакции водителя при торможении до 18 с., и, соответственно, увеличение тормозного пути до 70 и более метров.

## Литература

1. Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.bfs.de/DE/themen/emf/kompetenzzentrum/e-mobilitaet/emobilitaet.html> - Дата доступа 26. 12. 2022.
2. Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Dossier/elektromobilitaet.html> - Дата доступа 26. 12. 2022.
3. Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.diagnose-funk.org/ratgeber/elektrosmog-imalltag/magnetische-wechselfelder/bahn-pkw-mit-verbrennungsmotorelektroauto-> Дата доступа 26. 12. 2022.
4. Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.fluter.de/strahlenbelastung-im-elektroauto-> Дата доступа 26. 12. 2022.
5. Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://geovital.com/elektrosmog-inelektroautos/> - Дата доступа 26. 12. 2022.
6. Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.mobile.de/magazin/artikel/die-ungewoehnlich-lange-geschichteder-elektroautos-6452>. - Дата доступа 26. 12. 2022.
7. Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.nzz.ch/mobilitaet/elektrosmog-im-elektroauto-ld.1592576>. - Дата доступа 26. 12. 2022.
8. Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.n-tv.de/auto/Gibt-es-Elektrosmog-im-Fahrzeugarticle22105449>. - Дата доступа 26. 12. 2022.
9. Птицына Н.Г., Копытенко Ю.А., Исмагилов В.С., Коробейников А.Г. Электромагнитная безопасность электротранспортных систем: основные источники и параметры магнитных полей. // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. №2 (84). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektromagnitnaya-bezopasnost-elektrotransportnyh-sistemasnovnye-istochniki-i-parametry-magnitnyh-poley> (дата обращения: 24.01.2020).
10. Селиванов С.Е., Филенко В.В., Бажинов А.В., Будянская Э.Н. Электромагнитные загрязнения биосферы автотранспортом (автомобили, электромобили, гибридные автомобили) // Автомобильный транспорт. 2009. № 25. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektromagnitnyezagryazneniya-biosfery-avtotransportom-avtomobili-elektromobili-gibridnye-avtomobili> (дата обращения: 24.01.2020).
11. 4. Третьяк, Л.Н. Предложения по контролю параметров электромагнитного излучения в автотранспортных средствах / Л.Н. Третьяк, А.С. Вольнов, Д.А. Бурасов // Региональные проблемы геологии, географии, техносферной и экологической безопасности: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (Оренбург 18-20 ноября 2019 г.). – 2019. – С.345-352.
12. Ивлева, Я.С. Мониторинг и составление карт электромагнитных полей в условиях города Оренбурга / Я.С. Ивлева // Достижения вузовской науки «Экология и науки о Земле» – С. 183-188. \_\_

13. О. Фламиш. Диагностика автомобилей. Способы обнаружения скрытых неисправностей. Пер. с венг. А. П. Самойлова./ О. Фламиш.- М.: «Транспорт», 1973 г. – 206 с.
14. Л.Н.Третьяк, А.С. Вольнов, Д.А. Бурасов. ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет».
15. Ю.М. Романовский, Н.В.Степанова, Д.С. Чернавский. Монография. Математическое моделирование в биофизике./ Ю.М. Романовский, Н.В.Степанова, Д.С. Чернавский – М. Главная редакция физико-математической литературы, издательство «Наука», 1975. – 343 с.
16. Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа docviewer.yandex.by - Дата доступа 26. 12. 2022.
17. Б.Е. Боровский. Условия безаварийной работы./ Б.Е. Боровский. – Лениздат, 1971 г., 351 с. - Дата доступа 26. 12. 2022.
18. Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа www.zr.ru - Дата доступа 26. 12. 2022.
19. Ютт В.Е. Электромобили и автомобили с комбинированной энергоустановкой. Расчет скоростных характеристик: учеб. пособие/ В.Е. Ютт, В.И. Строганов. – М. МАДИ, 2016 – 108 с.
20. И.Н. Пугачев. Организация и безопасность движения. Учебное пособие./ И.Н. Пугачев. - Хабаровск: Изд-во Хабар.гос. техн. ун-та, 2004. –232 с.
21. Кухарев, А.М. Автотранспортное средство как источник электромагнитной опасности / Кухарев А.М., Евдокимов М.В // Техно-технологические проблемы сервиса. – 2014. – №2 (28). – С. 91-94.
22. Птицына Н.Г., Копытенко Ю.А., Исмагилов В.С., Коробейников А.Г. Электромагнитная безопасность электротранспортных систем: основные источники и параметры магнитных полей // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. №2 (84).  
Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://cyberleninka.ru/article/n/elektromagnitnaya-bezopasnost-elektrotransportnyh-sistem-osnovnyie-istochniki-i-parametry-magnitnyh-poley> - Дата доступа 26. 12. 2022.
23. Селиванов С.Е., Филенко В.В., Бажинов А.В., Будянская Э.Н. Электромагнитные загрязнения биосферы автотранспортом (автомобили, электромобили, гибридные автомобили) // Автомобильный транспорт. 2009. № 25.  
Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektromagnitnyezagryazneniya-biosfery-avtotransportom-avtomobili-elektromobili-gibridnye-avtomobili> (дата обращения: 24.01.2020). Дата доступа 26. 12. 2022.
24. Третьяк, Л.Н. Предложения по контролю параметров электромагнитного излучения в автотранспортных средствах / Л.Н. Третьяк, А.С. Вольнов, Д.А. Бурасов // Региональные проблемы геологии, географии, техносферной и экологической безопасности: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (Оренбург, 18-20 ноября 2019 г.). – 2019. – С.345-352.
25. Ивлева, Я.С. Мониторинг и составление карт электромагнитных полей в условиях города Оренбурга / Я.С. Ивлева // Достижения вузовской науки «Экология и науки о Земле» – С. 183-188.
26. ГОСТ Р 54811-2011 «Национальный стандарт Российской Федерации - ЭЛЕКТРОМОБИЛИ».

27. Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа k-a-t.ru. - Дата доступа 26. 12. 2022.
28. Государственный стандарт Республики Беларусь. Глобальные технические правила №20 касающиеся безопасности электромобилей. Госстандарт Минск. Введены в действие постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 10 апреля 2020 г. № 19 в качестве государственного стандарта Республики Беларусь с 1 июля 2020г.
29. Б.П. Бусыгин, Электромобили. Учебное пособие./ Б.П. Бусыгин – М.: Московский автомобильный дорожный институт, 1979 г., 71 с.
30. О.А. Ставров. Электромобили./ О.А. Ставров.- М.: Издательство «Транспорт», 1968 г. – 104 с.
31. Ю.М. Галкин. Анализ развития автомобилей и перспективы их применения в СССР/ Ю.М. Галкин – 1951 – 40 с. Развитие конструкции автомобилей/ кол.авт. Министерство автомобильной и тракторной промышленности СССР. Особая автомобильная лаборатория приНАМИ – М.: Машгиз. 1949 г.
32. О.А. Ставров. Электромобили (зарубежные)/ О.А. Ставров – М.: Автомобилестроение, том 2, итогит науки и техники, 1976г., 160с.
33. О.А. Ставров. Электромобили./ О.А. Ставров.- М.: Издательство «Транспорт», 1968 г. – 104 с.
34. М.Ф. Мандзюк. Энергоэффективноедвухзонное управление синхронной машиной с постоянными магнитами для электромобилей. / М.Ф. Мандзюк. – Львов.: Министерство образования и науки Украины национальный университет «Львовская политехника». Автореферат диссертации. 2015 г.
35. СТБ 2594-2021 «Низковольтные электрические установки» - силовые установки для внешнего подключения электрических транспортных средств или гибридных транспортных средств. Практическое руководство. Утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 4 мая 2021 года № 51.
36. Б.Е. Боровский. Условия безаварийной работы. Автотранспортные дорожные происшествия, их предупреждение и анализ./ Б.Е. Боровский. – Лн.: Лениздат, 1960 г., 69 с.
37. Ю. А. Хальфан. Правильно пользуйся тормозами автомобиля./ Ю. А. Хальфан - М.: ВИ, 1950 г.
38. Д.В. Капский. Психофизиология участников дорожного движения (транспортная психология): учебно-методическое пособие/ Д.В. Капский, П.А. Пегин, И.И.Лобач. – Минск: БНТУ, 2018, 385 с.
39. В.В.Савлучинский, М.И. Капкович, С.А. Савик, А.В. Зырянов. Физиологические основы информационно-психологического воздействия. Учебное пособие./ В.В.Савлучинский, М.И. Капкович, С.А. Савик, А.В. Зырянов – Мн.: БНТУ, 2022, 86 с.
40. Ю.Б. Кудряшов. Радиационная биофизика: (ионизирующие излучения). / Ю.Б. Кудряшов под ред. В.К.Мазурика, М.Ф.Ломанова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 448с.
41. Ю.Б. Кудряшов, А.Б. Рубин. Радиационная биофизика: сверхнизкочастотные электромагнитные излучения. / Ю.Б. Кудряшов, А.Б. Рубин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. – 216 с.

42. Б.И. Давыдов, В.С. Тихончук, В.В. Антипов. Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений./ Б.И. Давыдов, В.С. Тихончук, В.В. Антипов. – М.: Энергоатомиздат – 1984 г.
43. Б.В. Бирюков. Реакции организма на воздействие опасных и вредных производственных факторов: (метрологические аспекты): справочник Т1. Исследование состояния функциональных систем организма человека. Т.2. Оценка реакций организма человека на воздействие опасных и вредных производственных факторов/ под ред. Б.В.Бирюкова. – М.: Издательство стандартов 1990, 1991 г.
44. З. Ю.Б. Кудряшов. Радиационная биофизика: (ионизирующие излучения)/ Ю.Б. Кудряшов под ред. В.К.Мазурика, М.Ф.Ломанова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004 г. 448с.
45. Ю. Альтман. Военные нанотехнологии. Возможности применения и превентивного контроля вооружений./ Ю. Альтман- М.: Техносфера, 2006 г. 426 с.
46. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. ГОСТ 12.1.005-84. – Введ. 17.12.92. Госстандарт Республики Беларусь.- Минск, Бел ГИСС.
47. Б.Е. Боровский. Условия безаварийной работы./ Б.Е. Боровский. – Лн.: Лениздат, 1971 г. 351 с.
48. Современные подходы к диагностике, терапии, профилактике поражений электромагнитными излучениями СВЧ-диапазона: учебно-методическое пособие / А. С. Рудой [и др.]. – Минск : БГМУ, 2018. – 38 с.
49. Н.Винер. Кибернетика, или управление и связь в животном мире и машине./ Н.Винер - М.: Издательство «Советское радио», 1958 г., 214 с.
50. Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://t.me/igelizm>. - Дата доступа 26. 12. 2022.
51. Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://www.youtube.com/watch?v=sV2KvOToZ7o>. - Дата доступа 26. 12. 2022.
52. Поисковый сервер «ЯНДЕКС». [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://t.me/ecoists/8986>. - Дата доступа 26. 12. 2022.