

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ОТ БЕСПРОВОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ПЕРСОНАЛ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А. Д. Молокович¹, А. М. Науменко², Е. Ф. Пантелеенко²

¹Институт бизнеса БГУ

²Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Все действующие электроустановки являются источниками электромагнитных волн, и чем выше напряжение, тем большую опасность представляет источник. Наиболее опасными являются высоковольтные линии, метро, трамваи и троллейбусы, антенны сотовых сетей (базовые станции) и другие. В последние годы интенсивность радиоволн, воздействующих на живые организмы, значительно возросла. По данным Всемирной организации здравоохранения интенсивность радиоволн на поверхности Земли превосходит мощность солнечного излучения в 100 млн раз. Для подробного изучения проблем, обусловленных воздействием электромагнитных полей (ЭМП) на человека и оценки научных данных о возможных неблагоприятных последствиях их воздействия на здоровье человека в 1996 г. ВОЗ создала Международный проект по электромагнитным полям [1]. В Международной научной программе ВОЗ по исследованию биологического действия ЭМП на 2000–2020 гг. предполагалось особое внимание уделить изучению воздействия на организм мобильных телефонов, базовых станций сотовой связи и других средств беспроводной связи.

Начальные симптомы воздействия электромагнитных полей на человека проявляются в виде утомляемости, раздражительности, нарушения сна, памяти и внимания. С увеличением времени воздействия поля могут вызывать такие серьезные последствия, как мигрени, бесплодие, поражения центральной нервной системы у детей, провоцировать выкидыши при беременности, нарушают работу иммунной и эндокринной систем. На текущий момент Международное агентство исследований рака классифицировало радиочастотные поля как возможный канцероген для людей. Кроме того, ученые доказали изменения активности мозга, времени реагирования и модели сна. Установлено, что пользование мобильным телефоном при управлении автомобилем увеличивает риск ДТП примерно в 3–4 раза.

Поскольку ВОЗ обращает пристальное внимание на электромагнитные поля, создаваемые беспроводными средствами связи, то именно такие тех-

нические средства связи рассматривались в рамках данной работы при осуществлении логистической деятельности. Кроме этого, проанализировано возможное суммарное воздействие указанных технических средств на водителей, осуществляющих перевозки пассажиров или грузов на дальние расстояния. На данных работников, кроме общепризнанных вредных и опасных факторов, действует и комплексные электромагнитные поля, обусловленные наличием мобильного телефона на рабочем месте, системы радиотелефонной связи (при наличии) и системы контроля перемещения транспорта, позволяющей постоянно отслеживать транспортное средство в режиме реального времени и оперативно реагировать на экстренную ситуацию. Диспетчер работает либо через соединение со спутником (GPS/ГЛОНАСС), либо на основании сотовой связи, либо с использованием радиосигналов. Данная связь работает преимущественно в УКВ-диапазоне.

Основными действующими техническими устройствами системы сотовой связи (ССС) являются базовые станции (БС) и мобильные (сотовые) телефоны (МТ). Они являются источниками электромагнитного излучения ультравысокого диапазона: в зависимости от ССС базовые станции работают на частотах от 450 до 1880 МГц, а сотовые телефоны на частотах 450–2700 МГц. В таблице приведены основные характеристики наиболее распространенных ССС.

Характеристики стандартов сотовой связи

Наименование стандарта	Диапазон рабочих частот БС	Диапазон рабочих частот МТ	Максимальная излучаемая мощность БС	Максимальная излучаемая мощность МТ
DMA Цифровой	869–894 МГц	824–849 МГц	100 Вт – 0,6 Вт	2 Вт
GSM-900 Цифровой	925–965 МГц	890–915 МГц	0,25 Вт – 40 Вт	2 Вт
GSM-1800 Цифровой	1805–1880 МГц	1710–1785 МГц	0,125 Вт – 20 Вт	1 Вт

Мобильные телефоны связаны посредством радиосигналов, передаваемых ими через сеть БС. Принцип действия ССС – деление на зоны покрытия, или соты, радиус которых составляет 0,5–10 км. Сигнал с МТ улавливается локальной БС, в зоне действия которой (соте) находится аппарат, и пересылается последовательно на другие БС, направляясь к соте абонента, которому адресован вызов. Сигнал может быть аналоговым или цифровым в зависимости от выбранной ССС. Мобильный телефон примерно дважды в секунду измеряет уровень сигнала базовых станций из этого спи-

ска и периодически шлет отчеты с результатами измерений на обслуживающую базовую станцию.

Таким образом, БС принимают сигналы как от сотовых телефонов, так и от других БС. Передающие, приемопередающие и приемные антенны БС устанавливаются на высоте 15–100 м от Земли или на специальных мачтах. Приемные антенны не продуцируют электромагнитное излучение, а излучение передающих антенн сосредоточено в узком луче, проходящем выше прилегающих построек. Мощность излучения непостоянна и меняется в зависимости от находящихся в соте МТ и частоты их использования. В течение суток мощность, как правило, максимальна в утренние (9–11 ч) и вечерние (18–21 ч) часы, днем уровень мощности излучения средний, а ночью минимальный, близкий к нулю.

Считается, что ЭМП от БС, установленных в соответствии с действующими правилами и нормами Республики Беларусь, не представляют опасности и не наносят вреда здоровью человека. Стоит заметить, что нельзя трогать руками элементы антенн, установленных на крышах зданий, и залезать на антенны с их излучающей стороны. Согласно принятым в Республике Беларусь нормам, владелец БС имеет право устанавливать антенну только с разрешения органов Госсанэпиднадзора, при наличии оформленного санитарного паспорта и контроля над неионизирующими излучениями. Базовые станции, установленные без соблюдения этих правил, могут оказаться вредными для находящихся поблизости людей.

Ученым известны два механизма действия микроволнового излучения сотового телефона на биологические ткани: термическое и нетермическое (информационное).

Термический эффект проявляется в повышении температуры и обусловлен интенсификацией колебательных движений частиц, молекул и атомов вследствие поглощения энергии электромагнитного поля. В тканях организма это явление уравнивается функционированием системы кровообращения и терморегуляционными процессами. Тем не менее в теле человека, а особенно в области преимущественного воздействия излучения мобильного телефона, есть ткани с недостаточными кровоснабжением, не имеющие сосудов. В первую очередь это ткань хрусталика глаза, тепловое воздействие на которую может вызвать его помутнение, т. е. привести к развитию катаракты. Из всех тканей тела человека кости черепа наиболее интенсивно поглощают электромагнитное излучение.

Нетермический эффект, иногда называемый информационным, в частности воздействие излучения сотового телефона на мозг, изучен в недостаточной мере. Суть воздействия – в частоте импульсов, резонансных биоэлектрическим частотам мозга. Мобильные телефоны стандарта GSM

осуществляют передачу информации импульсами, объединенными в блоки по 8. Длительность одного GSM-блока составляет 4,616 мс, следовательно, частота пульсации сотового телефона составляет $1/(4,616 \text{ мс}) = 216,6 \text{ Гц}$ ($\approx 217 \text{ Гц}$). С генерацией каждого восьмого импульса выделяется энергия. Если номинальная мощность сотового телефона, согласно инструкции, равна 2 Вт, то мощность, выделяемая при каждом импульсе, составляет $2/8 = 0,25 \text{ Вт}$. Блоки упомянутых импульсов между мобильным аппаратом и БС группируются по 26 повторений. Следовательно, второй частотой, которая излучается сотовым телефоном, является $217/26 = 8,35 \text{ Гц}$. Некоторые телефоны, работающие в энергосберегающем режиме, способны генерировать третью частоту – 2 Гц.

Данный набор излучений совпадает с частотами собственной биоэлектрической активности головного мозга человека, регистрируемой на электроэнцефалограмме. Например, частота 217 Гц совпадает с γ -ритмом мозга, 8,3 Гц – с α -ритмом, а 2 Гц – с δ -ритмом. Таким образом, из наружных источников в мозг поступают сигналы, способные вступать в резонанс с его собственной биоэлектрической активностью, и тем самым нарушать режим его функционирования. Такие изменения были отмечены на электроэнцефалограммах – они не исчезают длительное время после окончания разговора. Важно еще и то, что α -волны являются индивидуальными, возникающими в результате непосредственно умственной деятельности человека и считаются отражением сканирования внутренних образов сознания. Абстрактное мышление связывают с α -ритмом, процессы во время сна – с δ -ритмом, а γ -волны сопутствуют активной деятельности человека [2, 3]. Поэтому постоянное нахождение сотового телефона поблизости, в том числе у изголовья кровати во время сна, может оказывать негативное влияние на мозговую деятельность, ведь телефон даже в состоянии ожидания вызова периодически принимает и посылает сигнал на БС.

В Республике Беларусь сотовая связь формата 2G, 3G и 4G работает в предельных диапазонах частот 890–1880 МГц, 1920–2170 МГц и 1710–2690 МГц соответственно, т. е. МГц связывается с БС именно на этих частотах.

Согласно Санитарным нормам и правилам «Требования к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона при их воздействии на человека», утвержденные Постановлением Министерства Здравоохранения Республики Беларусь № 23 от 5 марта 2015 года, электромагнитные излучения (ЭМИ) в диапазоне 300 МГц – 300 ГГц оцениваются плотностью потока энергии (ППЭ, Вт/м²), а в диапазоне 30 кГц – 300 МГц – электрической (Е, В/м) и магнитной (Н, А/м) составляющими напряженности электромагнитного поля.

Указанный документ устанавливает следующие нормы интенсивности ЭМИ РЧ: в диапазоне 300 МГц – 300 ГГц значение ППЭ для населения не должно превышать 10,0 мкВт/см².

За рубежом нормируемые характеристики электромагнитных полей иные – для поля, создаваемого МТ и взаимодействующего с телом человека, используют значение поглощенной дозы, т. е. значение энергии поля, поглощаемое единицей массы ткани. Измеряется поглощенная доза в Вт/кг и обозначается как SAR (Specific Absorption Rate). Верхней границей значения SAR в Европе считается величина 2 Вт/кг. В паспорте телефонов, произведенных за рубежом, может быть указана эта характеристика, и она имеет градацию от очень низкой облучающей способности ($SAR < 0,2$ Вт/кг) до высокой облучающей способности ($SAR > 1,0$ Вт/кг).

В данном исследовании осуществлена оценка интенсивности ЭМИ РЧ от БС, установленной на крыше здания, на соответствие нормам вышеуказанного СанПиНиГН №23 от 5.03.2015. Замеры проводили измерителем уровней электромагнитных излучений ПЗ-41. Точки, в которых измеряли фактические значения ППЭ, выбирали согласно указанному нормативному акту: на открытой территории измерения осуществляли на высоте 2 м от уровня земли, в помещениях на уровне 1 м от пола.

Значение плотности потока энергии (ППЭ), измеренной на различном удалении от источника электромагнитного излучения (БС), а также в помещениях верхнего этажа здания показали отсутствие превышения нормы (напомним, что предельно допустимый уровень ППЭ = $10,0$ мкВт/см²). Так, на расстоянии 10 м от источника ЭМИ (БС) фактическая величина ППЭ равнялась $0,53$ мкВт/см², на расстоянии 90 м – $0,36$ мкВт/см², на расстоянии свыше 100 м исследуемый параметр не превышал $0,26$ мкВт/см². Показатели ППЭ в помещениях верхнего этажа здания, на котором установлена БС, измеренные для различных частот, находятся в пределах: для частоты 900 МГц от $0,17$ до $0,87$ мкВт/см²; для частоты 1800 МГц от $0,26$ до $0,5$ мкВт/см². Таким образом, согласно проведенным измерениям базовые станции не оказывают значительного воздействия на человека на расстоянии. Однако сотовый телефон, который человек всегда носит с собой, часто в кармане, постоянно связываясь с БС, продуцирует ЭМИ. И чем хуже уровень сигнала БС в месте приема, тем выше мощность излучения. Максимальная мощность находится в границах $0,125$ – 1 Вт (для сетей 3G и 4G), однако в реальной обстановке она обычно не превышает $0,05$ – $0,2$ Вт. В момент вызова МТ излучает ЭМП наибольшей величины – они могут превышать ПДУ, особенно на большом удалении от БС или в труднодоступных для радиосигнала местах. Впоследствии, по мере нахождения и установления связи с вызываемым абонентом, величины ППЭ постепенно уменьшаются и поддерживаются на невысоком уровне.

Еще одним источником, который может воздействовать на водителя (при его использовании), является беспроводная bluetooth-гарнитура. Bluetooth –

это радиоэлектронное устройство, применяемое для осуществления беспроводной радиокommunikации между устройствами, передачи данных и голосовой связи.

Входная мощность bluetooth-гарнитуры невелика, и ее значения не превышают 0,001–0,1 Вт. Устройства работают на частотах диапазона 2,4–2,48 ГГц. Несмотря на незначительную мощность излучения, расположение гарнитуры на расстоянии около 1 см от мозга может оказывать отрицательное воздействие на его клетки и функционирование в целом. Особенно, если учесть постоянный характер облучения.

Проведенные в США исследования на белых крысах, помещенных на 20 недель в зону воздействия радиочастотных волн 2,437 ГГц, показали следующие негативные последствия: у крыс изменилось строение ДНК, состав крови, понизились репродуктивные функции, были поражены половые клетки.

Отметим, что в настоящее время стандарты безопасности нельзя считать абсолютно надежными, так как приводимые в нормативных документах цифры отражают лишь достигнутый на данный момент уровень знаний о воздействии на живые организмы электромагнитных излучений. Более того, СанПиНиГН № 23 от 5.03.2015 не распространяются на передающие радиотехнические объекты, установленные на движущихся транспортных средствах.

Ученые, изучавшие проблему воздействия ЭМИ на человека, подчеркивают: пульсирующий сигнал (от Wi-Fi, сотовой и радиотелефонной связи) может быть для организма вреднее, чем стабильные разновидности радиоволн. Именно в таких условиях работает водитель транспортного средства. Кроме того, металлическая кабина создает эффект экранирования, «заставляя» при недостаточно хорошем сигнале сотовый телефон чаще и интенсивнее посылать сигналы к базовым станциям, чтобы оставаться в сети. Использование bluetooth-гарнитуры, системы радиотелефонной связи и спутниковых систем связи и навигации для автоперевозчиков, например, таких как Euteltracs и Innmarsat, в комплексе может создавать повышенный уровень ЭМИ на рабочем месте, вызывать головные боли, плохое самочувствие, сонливость.

Конечно, полностью отказаться от использования столь удобных гаджетов человечество уже не сможет, поэтому, по возможности следует минимизировать их использование, применять защиту расстоянием (по крайней мере, не носить сотовый телефон в кармане). В Беларуси Правилами дорожного движения запрещено разговаривать по мобильному телефону без гарнитуры во время управления транспортным средством. Чтобы исключить источник излучения около мозга, лучше пользоваться проводной гарнитурой. Но, конечно, за рулем следует избегать разговора по телефону даже с гарнитурой или по громкой связи.

Список использованной литературы

1. Глобальный веб-сайт [Электронный ресурс] / Официальный сайт Всемирной организации здравоохранения – Минск, 2018. – Режим доступа : http://www.who.int/topics/electromagnetic_fields/ru/ – Дата доступа : 30.10.2018.

2. Гаврилов, А. А. Добровольный и вынужденный экологический риск при воздействии электромагнитного излучения, создаваемого системами сотовой связи / А. А. Гаврилов. – М., 2002. – 112 с.

3. Гольшко, А. В. Проблемы эколого-технического развития сетей сотовой связи / А. В. Гольшко. – М., 2003. – 246 с.

ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛНЕНИЕМ ЗАКАЗОВ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ

О. В. Мясникова

Институт бизнеса БГУ
Минск, Беларусь

Operational management of execution of orders in the conditions of economic instability is considered. The main attention is paid to Capacity Requirements Planning. An example of the implementation of the CRP for the task of Backward Scheduling and Finite Loading is considered in detail. The article will be useful for comprehending of techniques of operational management of logistics flows in production.

Оперативное управление исполнением заказов (ОУИЗ) в условиях экономической нестабильности охватывает все этапы разработки заказа (см. рисунок).

Основными задачами ОУИЗ являются:

- запуск заказов в производство в соответствии с разработанным календарным планом;
- сбор данных о состоянии заказов (их текущее состояние, причины отклонения от графика работ, закрытие заказов при их выполнении);
- мониторинг и управление длительностью производственного цикла исполнения заказов;
- формирование приоритетов заказов;
- планирование загрузки каждого рабочего центра;
- управление очередями заказов к рабочим центрам на основе управления приоритетами производственных заказов и незавершенным производством.