

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ВНУТРИ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Губенко Владислав Анатольевич<sup>1</sup>, Хатамов Артур Пулатович<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий,  
доцент кафедры «Системы телерадиовещания»,

<sup>2</sup>Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий,  
старший преподаватель кафедры «Технологии мобильной связи»

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7856689>

***Abstract.** This paper discusses the features of electromagnetic fields generated in residential premises by telecommunication systems and devices, household appliances, electronic and radio devices. The results of studies of electromagnetic fields inside the living room of a city apartment are presented.*

***Keywords:** Electromagnetic field, electromagnetic radiation, electromagnetic background, electromagnetic field sources, frequency spectrum, model*

Последние десятилетия охарактеризовались мощным развитием технологий, использующих электрическую энергию и энергию электромагнитных волн. Вследствие этого процесса количество систем и устройств, создающих в пространстве электромагнитные поля, возросло многократно и продолжает расти огромными темпами.

Частотный спектр электромагнитных излучений охватывает практически весь радиодиапазон, начиная от сверхнизких частот и простираясь вплоть до оптического диапазона. Наряду с телекоммуникационными системами и устройствами, излучающими электромагнитные поля с информационным содержанием, функционирует бесконечное множество разнообразных электрических, электронных, радиотехнических и других систем и устройств, являющихся источниками побочных электромагнитных излучений, вносящих свой значительный вклад в общий электромагнитный фон.

Результатом этого являются два фактора, требующих особого внимания – электромагнитная совместимость телекоммуникационного оборудования и экологическая безопасность. Каждый из них крайне важен сам по себе, но следует особо выделить именно экологическую безопасность, так как до сих пор нет четкого критерия степени опасности влияния электромагнитного излучения на живые организмы.

Многочисленные медицинские исследования доказывают, что влияние электромагнитного излучения на живые организмы, и, в частности, на человека, несомненно, имеется, причем носит оно негативный характер. Проявляется такое влияние в виде изменения общего самочувствия людей, находящихся в зоне электромагнитного излучения, а в некоторых случаях, оно может привести к серьезным заболеваниям.

Существуют санитарные нормы для электромагнитных излучений, согласно которым человек может находиться определенное время под влиянием электромагнитного поля в зависимости от интенсивности излучения и частоты его колебания. Однако эти нормы нужно дифференцировать, определяя, степень воздействия электромагнитного излучения на человека, исходя из его возраста, общего состояния здоровья, места, где происходит воздействие. Также необходимо принимать во внимание вид электромагнитных полей, т. е. являются ли они результатом работы систем и

устройств телекоммуникаций или результатом работы бытовых электрических, электронных и других устройств [1, 2].

При учете влияния электромагнитных излучений на человека следует принимать во внимание вид модуляции сигналов, создаваемых их источниками, которыми являются современные системы телекоммуникаций. Следует отметить, что последствия воздействия цифровых сигналов на организм человека до сегодняшнего времени не изучены и поэтому неизвестны.

Таким образом, проблема взаимодействия электромагнитных полей искусственного происхождения и человека является очень актуальной, требующей глубоких научных исследований и эффективных решений. Особенно это касается жилых помещений, т. е. тех мест, где человек проводит большую часть своей жизни.

В своих квартирах и домах люди должны быть уверены в том, что находятся в безопасности, в том числе защищены от электромагнитных излучений. К сожалению, этому фактору риска придается малое значение, либо человек даже не подозревает, что он существует.

Современное жилище представляет собой совокупность разнообразного бытового электрооборудования, электронных и радиоустройств, и каждое из них является источником электромагнитных излучений. Формируется результирующий электромагнитный фон, интенсивность которого определяется количеством одновременно работающих приборов, их расположением в квартире, частотным диапазоном излучаемого поля. Примером такого процесса может являться одновременная работа в квартире холодильника, компьютера, Wi-Fi роутера. Эти устройства находятся внутри квартиры, а с внешней стороны в нее проникают электромагнитные поля, создаваемые системами мобильной связи, телерадиовещания и т. п. Таким образом, внутри жилища человека формируется сложная картина электромагнитного поля, свойства которого заранее определить крайне сложно, и, значит, крайне сложно учесть при организации защиты от него [3].

В настоящее время разработано множество моделей распределения электромагнитных полей внутри помещений, позволяющих с определенной долей погрешности рассчитывать их интенсивность и плотность. В качестве примера можно привести следующие модели распределения электромагнитного поля внутри помещений:

- модель, построенная на методе конечных разностей во временной области, который основывается на уравнениях Максвелла для области, не имеющей свободных электрических и магнитных зарядов [4];

- модель, построенная на методе параболического волнового уравнения, который позволяет моделировать распространение электромагнитного поля через среду с неоднородными диэлектрическими характеристиками [5];

- модель, основанная на классическом подходе к расчету распределения электромагнитного поля в присутствии отражающих и поглощающих объектов, которая заключается в расчете напряженности поля в однородном изотропном пространстве на основе законов отражения, дифракции и рассеяния.

Каждая из них имеет свои достоинства и недостатки, однако до сих пор не существует универсальной модели, способной учесть все факторы, влияющие на результирующий электромагнитный фон внутри помещения [6].

Нами предлагается новый подход к решению задачи определения распределения электромагнитных полей, созданных внутри жилых помещений различными источниками. Он основан на представлении отдельной комнаты в квартире в виде объемного резонатора в форме параллелепипеда. Таким образом, строится модель возбуждения и распределения электромагнитного поля внутри комнаты, исходя из местоположения его источников и частоты его колебаний. При этом необходимо учитывать параметры окружающего пространства и внутренних поверхностей комнаты (стен, потолка и пола). Источниками электромагнитного поля могут являться системы и устройства, находящиеся за пределами комнаты (базовые станции мобильной связи, теле и радиопередающие центры и т. п.), а также электробытовые приборы, электронные и радиоустройства, находящиеся внутри нее. Необходимо также в качестве источников электромагнитного поля принять электропроводку в комнате, которая вносит свой вклад в общий электромагнитный фон.

Любая модель имеет погрешность и определенную степень приближения к истинным значениям уровня электромагнитного поля, распределенного внутри помещения. Поэтому для получения реальной картины распределения необходимо проводить физические исследования с помощью измерительных приборов.

Нами были проведены исследования спектральных составляющих электромагнитного поля внутри двухкомнатной квартиры одного из ташкентских жилых домов. Дом представляет собой четырехэтажную железобетонную конструкцию. Исследования проводились с помощью анализатора спектра RIGOL DSA800 и измерительных антенн ROHDE & SCWARZ. В одной из комнат было определено количество и местоположение контрольных точек, в которых проводились исследования.

На рисунке 1 и рисунке 2 показаны графики распределения спектральных составляющих электромагнитного поля, полученные в ходе исследований в двух контрольных точках.

Результаты исследований показали, что внутри жилой комнаты фиксируются несколько составляющих электромагнитного фона. Если в высокочастотной части спектра можно утверждать, что источниками зафиксированного поля являются системы телекоммуникаций, находящиеся за пределами комнаты (системы телерадиовещания и мобильной связи), то в низкочастотной части спектра крайне сложно определить вид источников поля и их местоположение. Исследования проводились в течение некоторого времени, чтобы можно было выявить продолжительность существования электромагнитного поля. Как оказалось, спектральные составляющие периодически менялись, то появляясь, то исчезая. Это говорит о том, что источники поля также менялись. Таким образом, можно утверждать, что результирующая картина распределения электромагнитного поля внутри жилых помещений нестабильна, меняясь как во времени, так и в пространстве.



Рис. 1. Спектральные составляющие электромагнитного поля внутри жилой комнаты

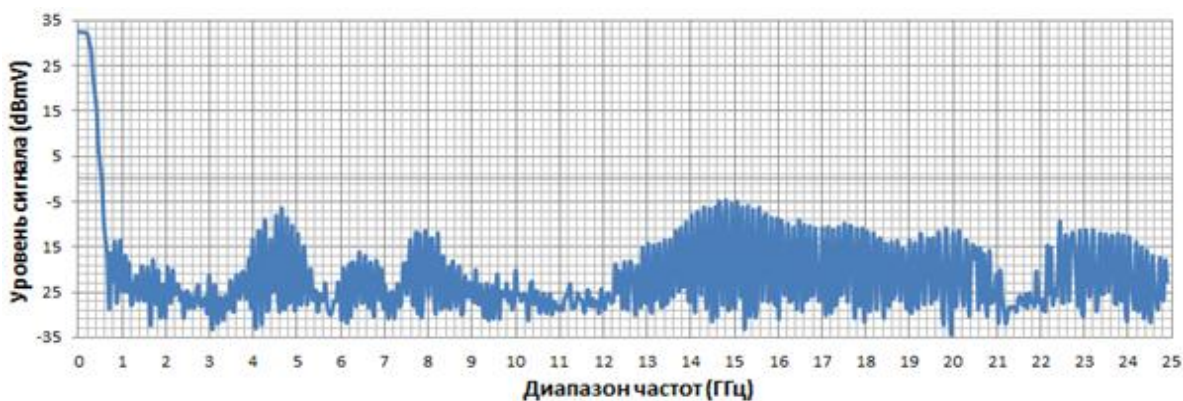


Рис. 2. Спектральные составляющие электромагнитного поля внутри жилой комнаты

Исходя из полученных результатов исследований, можно сделать вывод о том, что требуются постоянные измерения как спектральных, так и мощностных характеристик электромагнитных полей внутри жилых помещений. Также необходим контроль бытовых электроприборов и других электронных и радиоустройств, находящихся в эксплуатации у населения. Особое внимание следует уделить системам электрического распределения в жилых домах и квартирах, которые вносят значительный вклад в результирующий электромагнитный фон. Всё перечисленное выше является потенциальными источниками электромагнитного излучения, которое может негативно действовать на людей, и, значит, требуется их постоянный контроль [7].

## REFERENCES

1. Слукин В. С. Техногенные электромагнитные излучения как фактор экологии населенных пространств // Академический вестник Урал НИИпроект РАСН. №1. 2010.
2. Маслов М. Ю., Спотобаев Ю. М., Спотобаев М. Ю. Современные проблемы электромагнитной экологии. Электросвязь, №10, 2014. - 39-42 с.
3. Губенко В. А., Хатамов А. П. Анализ и классификация электромагнитных полей и их источников // Научный журнал «Инфокоммуникации: сети-технологии-решения», ГУП «UNICON.UZ», №3(55). Ташкент, 2020. - С. 33-39.
4. Korada Umashankar, Allen Taflove. A Novel Method to analyze Electromagnetic Scattering of Complex Objects. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. Vol. EMC-24,

- No.4, November 1982. - 398-405 p.
5. M. Levy. Parabolic equation methods for electromagnetic waves propagation. London, UK. Institute of Electrical Engineers. 2000.
  6. Vladislav Gubenko, Alisher Shakhobiddinov, Arthur Khatamov, Yelena Borisova. Investigation of spurious electromagnetic radiation in residential premises. International Conference on Information Science and Communications Technologies: applications, trends and opportunities. ICISCT 2021.
  7. Губенко В. А., Шахобиддинов А. Ш., Хатамов А. П. Проблемы и контроль электромагнитных излучений в жилых помещениях // Сборник трудов V Международной научно-практической конференции Республики Башкортостан, г. Стерлитамак, Сентябрь 2021.– С. 205-210.