

УДК 614:621.37

DOI: 10.18413/2518-1092-2018-3-1-43-52

Джанаев С.А.-Б.  
Алишева А.Е.  
Цыгута А.Н.**МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ  
БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ, И ИХ СООТВЕТСТВИЕ  
ТРЕБОВАНИЯМ САНИТАРНЫХ НОРМ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет», ул. Татищева, д. 16, г. Астрахань, 414056, Россия

*e-mail: astu@astu.org*

**Аннотация**

В данной статье ставится задача рассмотреть эффект электромагнитного излучения от базовых станций мобильных операторов. Зачастую уровни излучения превышают предельно допустимые условия и не соответствуют санитарным нормам, законодательно закрепленным в Российской Федерации. Также необходимо обратить внимание на проблемы электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств.

Однако в научной среде проведено недостаточно исследований, подтверждающих или опровергающих данные сведения. В работе предлагаются шаги, направленные на решение существующих проблем. Во-первых, была описана методика измерений электромагнитного излучения, на основе уже имеющихся данных, для мониторинга окружающей среды. Во-вторых, для минимизации негативного влияния радиотехнического устройства, на нормальную работу других устройств, был проведен анализ его количественных и качественных результатов.

На сегодняшний день для минимизации сопутствующих проблем есть все необходимые ресурсы. Так, проблема электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств решается только путем комплексного подхода, а электромагнитное излучение от базовых станций операторов, и его превышение необходимо систематически проверять.

**Ключевые слова:** электромагнитное поле; электромагнитное излучение; радиоподвижные устройства; базовые станции; электромагнитный мониторинг; электромагнитная совместимость; санитарные нормы и правила.

UDC 614:621.37

Dzhanaev S.A.-B.  
Alisheva A.E.  
Tsyguta A.N.**METHODS FOR DETERMINING THE LEVEL OF THE ELECTROMAGNETIC  
FIELD OF WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS AND THEIR  
CONFORMITY TO THE REQUIREMENTS OF SANITARY STANDARDS**

Astrakhan State Technical University, 16 Tatishcheva St., Astrakhan, 414056, Russia

*e-mail: astu@astu.org*

**Abstract**

This article aims to consider the effect of electromagnetic radiation from the base stations of mobile operators. Often the radiation levels exceed the maximum permissible conditions and do not correspond to the sanitary norms legislatively fixed in the Russian Federation. It is also necessary to pay attention to the problems of electromagnetic compatibility of radio electronic devices.

However, in the scientific environment, there is insufficient research confirming or refuting this information. The paper proposes steps aimed at solving existing problems. First, the method of measuring electromagnetic radiation, based on the data already available, was described for monitoring the environment. Secondly, in order to minimize the negative impact of the radio

engineering device, on the normal operation of other devices, an analysis was made of its quantitative and qualitative results.

To date, to minimize the attendant problems, there are all the necessary resources. So, the problem of electromagnetic compatibility of radio-electronic means is solved only by a complex approach, and electromagnetic radiation from the operator's base stations, and its excess should be systematically checked.

**Keywords:** electromagnetic field; electromagnetic radiation; radio-mobile devices; base stations; electromagnetic monitoring; electromagnetic compatibility; sanitary norms and rules.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Жизнь современного человека уже несколько десятилетий находится под влиянием электромагнитных полей. Вторая половина двадцатого века ознаменовалась огромным рывком в области радиоэлектроники, систем беспроводной связи, электроэнергетики. Рядом, незаметно для нас, работают мощные радиопередающие устройства теле-радиопередающих центров, антенн базовых станций, которые излучают в пространство электромагнитную энергию. В течение последних двух десятилетий величины электрических и магнитных полей увеличились многократно.

Каждый день миллионы людей подвергаются воздействию электромагнитного поля, вызываемого компьютерами, бытовой техникой, электрическими кабелями и средствами связи. Значительная часть населения России живет в черте города и постоянно подвергается воздействию электромагнитного поля, создаваемого базовыми станциями операторов, антенн передающих центров, но за это удобство человеку приходится «платить». Безопасность человека определяется предельно допустимыми значениями характеристик излучающего оборудования наряду с мониторингом ключевых параметров электромагнитного поля, что в итоге формирует безопасные условия для жизни. Кроме того, радиоэлектронные средства, излучающие энергию, создают достаточно сильные помехи, ухудшая технические показатели работы этих устройств.

Таким образом, актуальным является мониторинг электромагнитного поля, как с точки зрения электромагнитной совместимости радиотехнических средств, так и с точки зрения безопасности жизнедеятельности человека.

### **ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МОНИТОРИНГ**

Электромагнитное излучение делят на природные и антропогенные. К первым относят магнитное поле нашей планеты, молнии, а также радиоволны, которые зарождаются в космосе (Солнце, галактики и т.д.).

В соответствии с международной классификацией антропогенные источники электромагнитных полей делятся на две группы:

1 – источники, генерирующие крайне низкие и сверхнизкие частоты от 0Гц до 3 кГц;

2 – источники, которые генерируют излучение в радиочастотном диапазоне от 30 кГц до 300 ГГц, включая сверхвысокие частоты от 300 МГц до 300 ГГц.

На сегодняшний день в нашу жизнь крепко вошли мобильные телефоны. Если в 1997 году число пользователей сотовой связью в России составляло 150 тысяч человек, то на сегодня эта цифра достигла уже 255 миллионов абонентов. Сотовая связь, как и везде, состоит из базовых станций и радиоподвижных устройств. Базовые станции расположены на расстоянии от 500 метров до 15 километров друг от друга, образуя между собой сеть (соты). Передача данных между базовыми станциями происходит по транспортной сети: радиорелейная линия либо волоконно-оптическая линия связи.

Радиоподвижные устройства (мобильные телефоны) работают на частотах 450 – 1800 МГц. Частота и виды вариантов зависит от типа сотовой связи. На данный момент основной распространенной системой сотовой связи в России является GSM – 900/1800 МГц. Исходя из

технологических требований построения сотовой связи, диаграмма направленности антенн в вертикальной плоскости рассчитана так, что основное излучение (более 90%) сосредоточена в узком луче. Антенна направлена в противоположную сторону от базовой станции, что является необходимым условием для нормальной работы системы.

Базовая станция мобильной системы связи является радиотехническим объектом и не работает круглосуточно. Загрузка определяется наличием мобильных устройств в зоне обслуживания конкретной базовой станции и их возможностью воспользоваться аппаратом для разговора, что, в свою очередь, зависит от времени суток, расположения базовой станции и др. В ночное время суток нагрузка на базовые станции практически равна нулю.

Исследования электромагнитной обстановки на территории, прилегающей к базовой станции, были проведены специалистами ВымпелКом «Билайн» в г. Москва. По результатам исследования можно резюмировать, что в Москве и Московской области в 100% случаев электромагнитная обстановка в помещениях не отличалась от фоновой. На прилегающей территории в 91% случаев зафиксированные значения электромагнитного поля были в 50 раз меньше предельно допустимых значений, установленного для данного типа базовой станции. Максимальное излучение при измерениях, меньшее предельно допустимых значений в 10 раз, было зарегистрировано у здания, на котором установлено сразу три базовые станции разных стандартов.

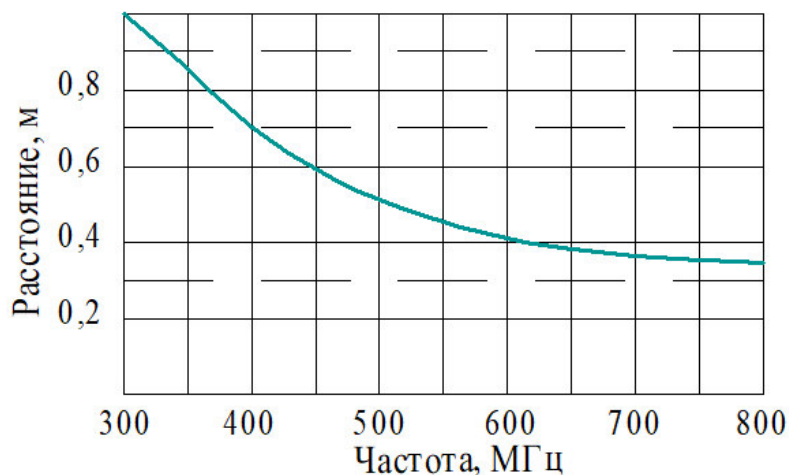
Имеющиеся научные данные и существующая система санитарно-гигиенического контроля при введении в эксплуатацию базовых станций сотовой связи позволяют причислить базовые станции сотовой связи к наиболее экологически и санитарно-гигиенически безопасным системам связи.

### ***КОНТРОЛЬ УРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ РАДИОСРЕДСТВ***

Электромагнитный мониторинг предполагает оценку электромагнитной обстановки на территории размещения базовой станции на всех стадиях проектирования, строительства и реконструкции с целью соответствия электромагнитного поля действующим нормативам предельно допустимого уровня.

Документами, регламентирующими методы определения уровней электромагнитного поля, являются методические указания. Для того, чтобы измерить уровень электромагнитного поля в диапазоне частот 300 МГц – 2400 МГц используются средства измерения, предназначенные для определения среднего значения плотности потока энергии.

Для определения реального состояния электромагнитной обстановки в районах размещения базовых станций проводят инструментальный контроль электромагнитного поля. Определение плотности потока энергии электромагнитного излучения от мобильных устройств, проводят по методикам и средствам измерения, имеющих соответствующие сертификаты соответствия. Основным пунктом, определяющим уровень плотности потока энергии от мобильного устройства, является его мощность. Учитывая изменение мощности в зависимости от того насколько удалена базовая станция, целесообразно проводить измерения на максимальном удалении применительно изучаемого населенному пункту. Оценка плотности потока энергии, создаваемой базовыми станциями в диапазоне частот 300–800 МГц, проводится на расстояниях от лицевой стороны антенны (см. рисунок 1).



*Рис. 1.* Расстояния, на которых следует проводить измерения плотности потока энергии от мобильных устройств, работающих в диапазоне частот 300-800 МГц

*Fig. 1.* The distances from mobile devices operating in the frequency range 300-800 MHz at which it is necessary to measure flux density

Брацук А.А., Иванова Л.А., Яншина Э.Р. в своей статье «Зависимость величины электромагнитного излучения мобильных телефонов от марки производителя и года выпуска» замеряли уровень электромагнитного излучения мобильных устройств разных производителей и годов выпуска, сравнивали полученные данные с предельно допустимыми значениями электромагнитного излучения. В работе использовался измеритель уровня электромагнитного излучения ПЗ-41 (см. рисунок 2) и антенна-преобразователь с частотой 0,3-40 ГГц и измерителя параметров электрического и магнитного полей ВЕ-метр-АТ002 (см. рисунок 3).



*Рис. 2.* Измеритель уровня электромагнитного излучения ПЗ-41

*Fig. 2.* The measurer of the level of electromagnetic radiation P3-41



*Рис. 3. Измеритель параметров электрического и магнитного полей BE-метр-AT002*  
*Fig. 3. The measurer of electric and magnetic fields parameters BE-meter-AT002*

В работе тестировались 34 мобильных устройства разных производителей и годов выпуска, наиболее популярных на российском рынке. Измерения проводились в двух режимах: в режиме звонка и режиме ожидания. По результатам измерений видно (рисунок 4), что значения плотности потока энергии в режиме ожидания гораздо ниже, чем в режиме звонка, также уровень сильно отличается от модели мобильного устройства. В режиме звонка плотность потока энергии всех тестируемых устройств соответствует санитарно-гигиеническим нормам, когда как в режиме звонка устройств Samsung 2007 и 2009 годов выпуска, вкуче с Nokia Lumia 2013 превышают предельно допустимый уровень.

В ходе исследования авторы выделили три марки мобильных устройств: iPhone, Samsung, Nokia, наиболее распространенных в нашей стране и выяснили, что производители добились снижения уровня электромагнитного излучения, в то время как производители марки Nokia не улучшили этот показатель (рисунок 5).

Авторы приходят к выводу, что основное воздействие электромагнитного излучения идет во время совершения звонка, когда как в режиме ожидания – это воздействие на порядок ниже. Также уровень электромагнитного излучения в большей степени зависит не от марки устройства, а от года выпуска, чем телефон «свежее», тем больше он соответствует санитарно-гигиеническим требованиям, принятым в России.

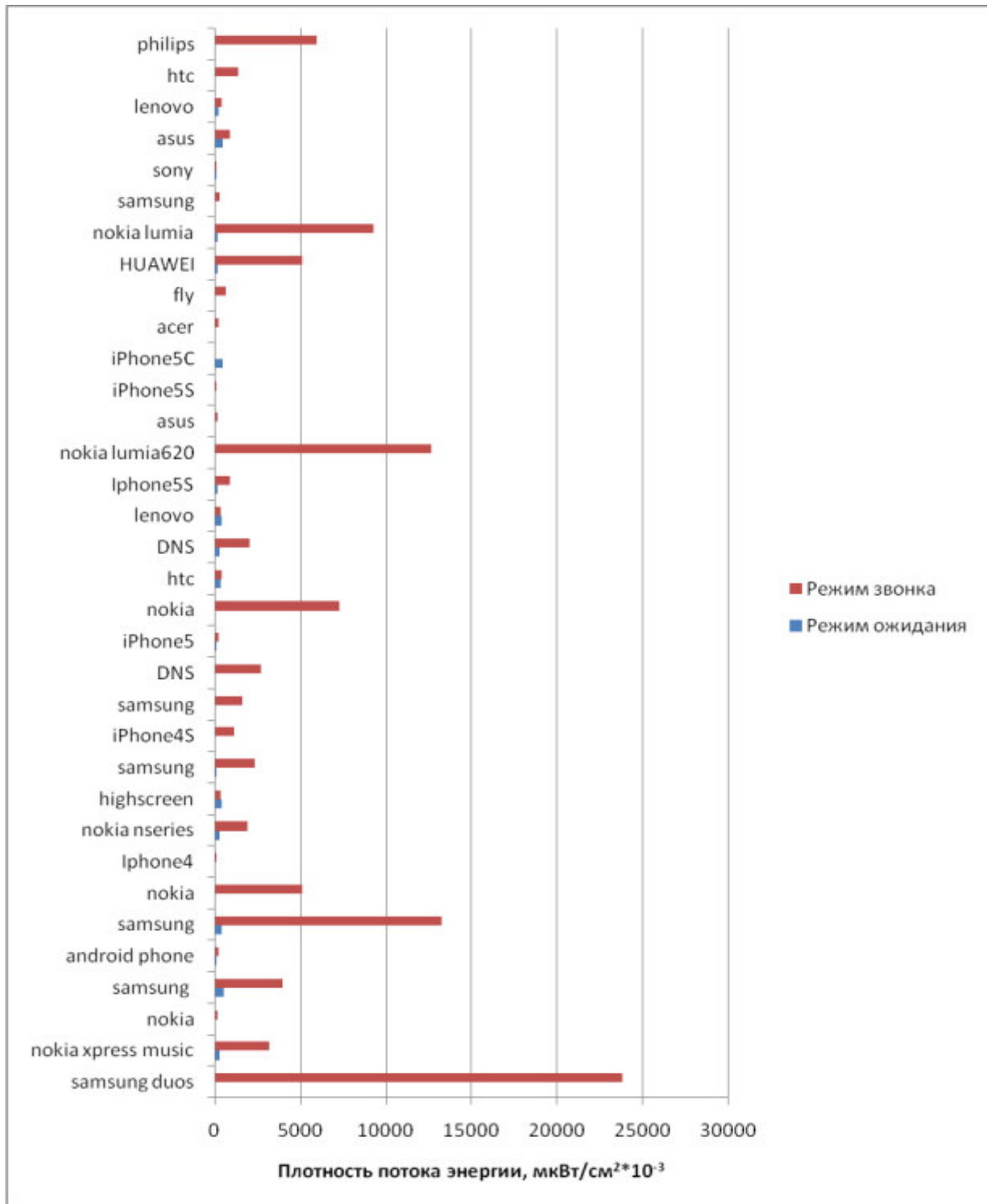


Рис. 4. Плотность потока энергии устройств в режиме звонка и в режиме ожидания  
 Fig. 4. The energy density of devices in the call mode and in standby mode

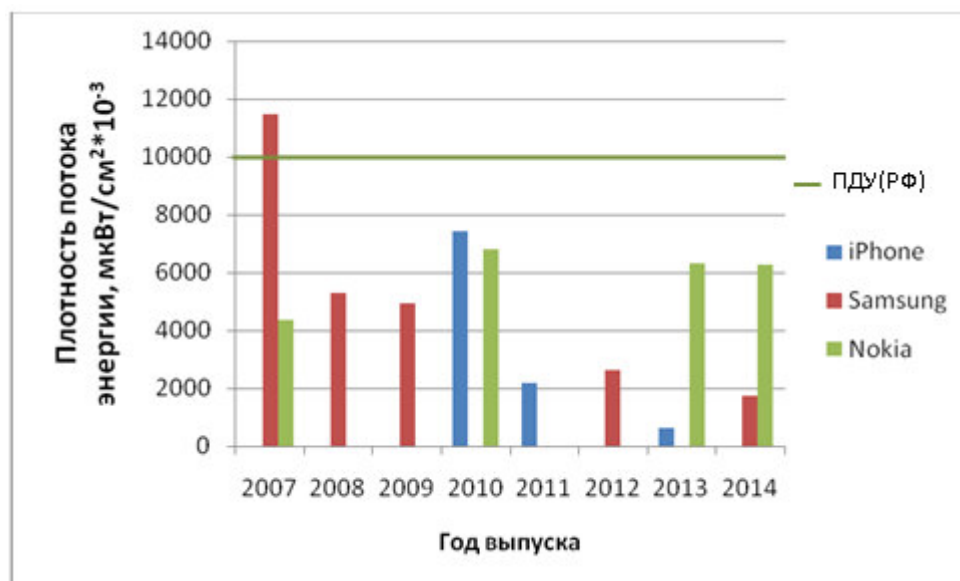


Рис. 5. Плотность потока энергии мобильных устройств производителей в режиме звонка в зависимости от года выпуска

Fig. 5. The energy flow density of mobile devices manufacturers in call mode depending on the release year

### **ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

В статье «Проблема обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств» авторы: Юрков Н.К., Андреев П.Г., Жумабаева А.С. обращают внимание на обеспечение совместной работы разных радиоэлектронных средств, их взаимного негативного влияния друг на друга, за счет генерирования взаимных помех, затрудняющие их нормальную работу. Электромагнитная совместимость с каждым годом заставляет уделять к себе все большее внимание общества. Так как в последнее время ее используют злоумышленники, и не только для получения какой-либо информации, но и для ее уничтожения. Сильные источники излучения способны вывести из строя электронные блоки хранения и обработки информации. Вследствие этого проблема защиты относится к приоритетным задачам по электромагнитной совместимости, как на уровне компьютерных программ, так и на уровне телекоммуникационных систем.

Электромагнитная совместимость – это способность радиотехнического средства сохранять нормальную работоспособность в условиях электромагнитного воздействия другого аппарата. Авторы выделяют несколько причин, вызывающие проблемы электромагнитной совместимости: большое число радиоэлектронных средств в одном помещении, ограниченность либо загруженность диапазона частот, повышается излучающая мощность передатчиков, несовершенство антенных устройств и постоянный рост энергетических потребностей человека.

Объекты, оказывающие в процессе работы, влияние на электромагнитную совместимость радиоэлектронных средств называются донорами. Объекты, подвергающиеся воздействию электромагнитного излучения другого устройства, называются рецепторами. Важно отметить, что радиоэлектронное средство может быть как источником, так и рецептором электромагнитных помех. В случае, если электромагнитные волны распространяются в открытом пространстве, то уровень помех будет зависеть от нескольких факторов: мощности помех, расстояние между источниками помех, длины волн, параметров среды распространения. На рисунке 6 представлена схема возможного влияния помех на нормальную работу радиоэлектронного средства.



Рис. 6. Обобщенная схема возможного влияния электромагнитных помех на радиоэлектронные средства

Fig. 6. A generalized scheme of the possible effect of electromagnetic interference on radio electronic equipment

Влияние источников помех на другие устройства может быть вызвано наличием общих элементов в электрических цепях. Стоит обратить внимание, что воздействие помех на радиоэлектронные средства может проявляться за счет изменения энергопотребления. Авторы приводят пример, что при включении какого-либо мощного устройства меняются условия работы различных радиоэлектронных средств из-за изменения напряжения электропитания и возникающих при этом переходных процессах.

Источники помех можно разделить на функциональные и нефункциональные. Нефункциональные источники – это электрический транспорт, сварочное оборудование, проводные кабели и т.д. Их главная особенность, что электромагнитные волны, создающие помеху, не участвуют в процессах приема/передачи информации, т.е. не содержат полезного сигнала. Функциональные источники – это радио- и телепередатчики, которые излучают электромагнитные волны через передающие антенны в окружающую среду в целях передачи информации.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На сегодняшний день проблема обеспечения электромагнитной совместимости является одной из главных задач современной радиотехники. Акцент заключается в том, что проблема обеспечения электромагнитной совместимости проникает в большинство существующих направлений радиотехники, она устанавливает взаимные связи между ними, образуя иерархическую структуру. Проблема электромагнитной совместимости решается путем комплексного подхода, что является необходимостью и особенностью этого направления.

Также в работе была затронута тема электромагнитного излучения и электромагнитного мониторинга. Защита от электромагнитного излучения на сегодняшний день имеет огромное значение. Их соответствие к санитарным нормам и соблюдение простых правил с систематическим мониторингом среды обитания позволит не допустить превышение норм предельно допустимых условий и не получить неприятных проблем, связанных со здоровьем.

### **Список литературы**

1. Алгоритм работы буферного устройства АТМ-коммутатора с параллельной настройкой. Барабанова Е.А., Мальцева Н.С., Барабанов И.О. Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2012. №1. С. 97-103.
2. Брацук А.А., Иванова Л.А., Яншина Э.Р. Зависимость величины электромагнитного излучения мобильных телефонов от марки производителя и года выпуска / Молодой ученый, №22 (109). С. 127-130.



3. В.И. Мордачев. Электромагнитная нагрузка на территорию, создаваемая электромагнитными излучениями базовых станций сотовой связи. – Доклады БГУИР, №6(68).
4. Гигиеническая оценка электромагнитных полей, создаваемых радиостанциями сухопутной подвижной связи, включая абонентские терминалы спутниковой связи. Методические указания (МУК 4.31676-03)-М., Госкомсанэпиднадзор России, 2003 г.
5. Гигиеническая оценка коллективной и индивидуальной электромагнитной нагрузок, создаваемой мобильными средствами связи. Методические рекомендации. –М., Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002.
6. Гичев Ю.П., Гичев Ю.Ю. Влияние электромагнитных полей на здоровье человека/ Аналитический обзор. Серия «Экология», Вып. 52. – Новосибирск, 1999. С. 12-26.
7. Гришко А.К., Юрков Н.К., Кочегаров И.И. Методология управления качеством сложным систем // Труды международного симпозиума «Надежность и качество» - 2014. Т.2. С. 377-379.
8. Думанский Ю.О., Сердюк А.Н., Лось И.П. Влияние электромагнитных полей радиочастот на человека. – Киев, Здоровье, 1975.
9. Ермолаев В.А., Юрков Н.К., Романенко Ю.А. Риски отказов сложных технических систем // Труды международного симпозиума «Надежность и качество» - 2014. Т.1. С. 46-49.
10. Измерение электромагнитных полей персональных подвижных систем сотовой связи. Методические указания (МУК 4.3.2501-09)
11. Метрология, стандартизация и измерения в технике связи: Учебное пособие для вузов / Под ред. Б.П. Хромого. – М.: Радио и связь, 2006.
12. Определение плотности потока энергии электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц. Методические указания (МУК 4.3.1167-02 10), - М., Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. 2002. С. 80.
13. Пасько В.В., Шевченко П.П., Карпов С.М., Яценко И.А. Воздействие электромагнитного излучения мобильного телефона на нервную систему человека. Успехи современного естествознания, 2014, №6, С. 54-55.
14. СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации средств сухопутной подвижной радиосвязи» от 1 июня 2003 г.
15. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».
16. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)» от 8 мая 1996 г.
17. Юрков Н.К. системный подход к организации жизненного цикла сложных технических систем// Надежность и качество сложных систем: Научно-практический журнал. 2013, №1. С. 27-35.
18. Юрков Н.К., Андреев П.Г., Жумабаева А.С. «Проблема обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств». Труды международного симпозиума «Надежность и качество», 2015, том 1. С. 201-203.
19. Юрков Н.К., Затылкин А.В., Полесский С.Н., Иванов И.А., Лысенко А.В. Информационная технология многофакторного обеспечения надежности сложных электронных систем // Надежность и качество сложных систем – 2013. №4. С. 75-79.
20. Юрков Н.К., Затылкин А.В., Полесский С.Н., Иванов И.А., Лысенко А.В. Особенности разработки макромоделей надежности сложных электронных систем // Труды международного симпозиума «Надежность и качество» - 2014. Т.1. С. 101-102.

#### References

1. Algorithm of the buffer device operation of the ATM switch with parallel tuning. Barabanova E.A., Malcea N.S., Varabanov I.O. Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics. 2012. №1. Pp. 97-103.
2. Bratsuk A.A., Ivanova L.A., Yanshina E.R. Dependence of the electromagnetic radiation of mobile phones on the manufacturer's brand and year of production / Young Scientist, No. 22 (109). Pp. 127-130.
3. V.I. Mordachev. Electromagnetic load on the territory created by electromagnetic radiation from cellular base stations. – Reports of BSUIR, No. 6(68).
4. Hygienic assessment of electromagnetic fields created by land mobile radio stations, including satellite terminals. Methodical instructions (МУК 4.31676-03) - М., State Committee for Sanitary and Epidemiological Supervision of Russia, 2003.

5. Hygienic assessment of collective and individual electromagnetic loads created by mobile communications. Guidelines. - М., Federal Center of the State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia, 2002.
6. Gichev Yu.P., Gichev Yu.Yu. Influence of electromagnetic fields on human health / Analytical review. Series "Ecology", Iss. 52. – Novosibirsk, 1999. P. 12-26.
7. Grishko A.K., Yurkov N.K., Kochegarov I.I. Methodology of Quality Management of Complex Systems // Proceedings of the International Symposium "Reliability and Quality" 2014. Vol. 2. P. 377-379.
8. Dumansky Yu.O., Serdyuk A.N., Los I.P. Influence of electromagnetic fields of radio frequencies on the person. – Kiev, Health, 1975.
9. Ermolaev V.A., Yurkov N.K., Romanenko Yu.A. Risks of failure of complex technical systems // Proceedings of the international symposium "Reliability and quality" 2014. Vol.1. Pp. 46-49.
10. Measurement of electromagnetic fields of personal mobile systems of cellular communication. Methodical instructions (MUK 4.3.2501-09)
11. Metrology, standardization and measurement in communication technology: Textbook for high schools / Ed. B.P. Lame. – Moscow: Radio and Communication, 2006.
12. Determination of the energy flux density of the electromagnetic field in the locations of radio facilities operating in the 300 MHz - 300 GHz frequency range. Methodical instructions (MUK 4.3.1167-02 10), - М., Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Russian Ministry of Health. 2002. P. 80.
13. Pasko V.V., Shevchenko P.P., Karpov S.M., Yashchenko I.A. The effect of electromagnetic radiation on a mobile phone on the human nervous system. The successes of modern natural science, 2014, No. 6, pp. 54-55.
14. SanPiN 2.1.8 / 2.2.4.1190-03 "Hygienic requirements for the location and operation of land mobile radio communications" dated June 1, 2003.
15. SanPiN 2.2.4.1191-03 "Electromagnetic fields in production conditions.
16. SanPiN 2.2.4 / 2.1.8.055-96 "Electromagnetic radiation of the radio frequency range (EMR RF)" dated May 8, 1996.
17. Yurkov N.K. system approach to the organization of the life cycle of complex technical systems // Reliability and quality of complex systems: Scientific and Practical Journal. 2013, №1. Pp. 27-35.
18. Yurkov N.K., Andreev P.G., Zhumabaeva A.S. "The problem of ensuring electromagnetic compatibility of radioelectronic facilities". Proceedings of the international symposium "Reliability and Quality", 2015, volume 1. P. 201-203.
19. Yurkov N.K., Zatytkin A.V., Polesskiy S.N., Ivanov I.A., Lysenko A.V. Information technology of multifactor reliability of complex electronic systems // Reliability and quality of complex systems – 2013. №4. Pp. 75-79.
20. Yurkov N.K., Zatytkin A.V., Polesskiy S.N., Ivanov I.A., Lysenko A.V. Features of development of macromodels of reliability of complex electronic systems // Works of the international symposium «Reliability and quality» 2014. T.1. Pp. 101-102.

**Джанаев Саид Абдул-Басырович**, магистрант второго курса направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

**Алишева Альбина Ерсайновна**, магистрант второго курса направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

**Цыгута Анна Николаевна**, магистрант второго курса направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

**Dzhanaev Said Abdul-Basirovich**, second-year master's degree student "Infocommunication technologies and communication systems"

**Alisheva Albina Ersainovna**, second-year master's degree student "Infocommunication technologies and communication systems"

**Tsyguta Anna Nikolaevna**, second-year master's degree student "Infocommunication technologies and communication systems"