

Изучение влияния низкочастотного магнитного поля на воду

И.М. Агеев, Г.Г. Шишкин, С.М. Еськин

С помощью водозлектрических датчиков было исследовано влияние низкочастотного магнитного поля малой интенсивности на воду. Частоты воздействия от 1 до 12Гц, индукция магнитного поля 0.35мТл, 0.92мТл и 1.77мТл. В результате исследования было выявлено, что воздействие наблюдается даже при слабых полях, начиная с частоты 4Гц. При этом пик воздействия приходится на диапазон частот 7 – 8Гц, а увеличение интенсивности воздействия приводит к смещению максимума в область более высоких частот.

Введение

Отношение к проблеме действия на воду очень слабых физических полей и излучений вообще, и слабого магнитного поля в частности, неоднозначно. С одной стороны эксперименты, обзор которых можно найти в [1], свидетельствуют о существовании такого эффекта. С другой стороны отсутствие удовлетворительного физического объяснения этого эффекта вызывает оправданное скептическое отношение к возможности его существования. В этом отношении ситуация оказывается аналогичной ситуации с действием очень слабых магнитных полей на биологические объекты [2]. Отметим, что одной из гипотез, объясняющих действие слабого магнитного поля на биологические объекты, является изменение свойств воды, входящей в их состав. Таким образом, проблема переносится из области электромагнитобиологии в область физики воды.

В отличие от исследований влияния слабых магнитных полей на биологические объекты работы по исследованию изменения физических свойств воды под действием магнитного поля сравнительно немногочисленны. В работах [1-2] сообщалось об изменении светорассеяния воды и водных растворов. Оказалось, что величина светорассеяния подвержена квазипериодическим колебаниям. Спектр рассеянного света зависит от природы растворенного вещества и меняется при воздействии постоянных и переменных магнитных полей. Эти опыты были повторены в [1] и авторы также обнаружили вариации светорассеяния с некоторым набором периодов.

В работе [4] проведены измерения показателя преломления, электропроводности, кислотности, теплопередачи, глубины переохлаждения, тангенса диэлектрических потерь бидистиллированной воды и льда. При воздействии на воду переменного магнитного поля

индукцией 90нТл в течение 10 минут и более все параметры изменяются. Изменение происходит только при частотах магнитного поля около 0.01, 0.04, 0.06 и 0.08Гц. Эффект зависит от ориентации вектора переменного поля относительно вектора геомагнитного поля. Если вектор действующего поля параллелен геомагнитному полю пропадает резонанс на частоте 0.08Гц, а если антипараллелен, пропадает резонанс 0.06Гц.

Устойчивые изменения структурных свойств воды наблюдались в работе [5] при исследовании люминесценции в ультрафиолетовой области спектра. Эти изменения авторы объясняют различными дефектами структуры воды, которые включают специфические центры люминесценции.

Необходимо отметить сложность проведения подобных экспериментов с водой и водными растворами, что обуславливает плохую воспроизводимость измерений и частое проявление артефактов. Например, в работе [6] сообщалось о влиянии магнитного поля на ход классической автоколебательной реакции Белоусова-Жаботинского. В этих опытах использовалось магнитное поле частотой 0.01Гц, индукцией 5 – 500мкТл. Однако при более тщательной проверке эффекта авторами [7] никакого влияния магнитного поля на реакцию обнаружено не было.

В работе [8] сообщается о наблюдении изменения электропроводности воды при действии на нее магнитного поля с напряженностью на уровне геомагнитного поля. Наконец, в последней из известных нам работ [9] авторы сообщают об изменении проводимости более чем на 10% при облучении воды переменным магнитным полем с частотой 4Гц и амплитудой 2.5мТл в течение 30 минут. К сожалению, авторы не приводят достаточно полного описания методики измерений и используемой аппаратуры. Так при отсутствии каких-либо сведений об измерителе электропроводности сообщается, что измерение производится при токе 10^{-9} А с точностью 0.01%. Такие цифры вызывают сомнения в достоверности данных.

Приведенный выше материал показывает актуальность дальнейших экспериментов по исследованию влияния слабого магнитного поля на электропроводные свойства воды. В связи с этим были выполнены измерения проводимости и температурного коэффициента проводимости в сравнительно узком диапазоне частот и амплитуд магнитного поля. Основная цель экспериментов состояла в надежной регистрации наличия или отсутствия эффекта воздействия магнитного поля на воду.

Методика измерений и описание аппаратуры

Переменное магнитное поле создавалось однослойным соленоидом, намотанным на каркас прямоугольного сечения, размером 150мм x 145мм и длиной 350мм. Низкочастотный генератор и усилитель позволяли создавать магнитное поле синусоидальной формы с частотой от 0 до 1000Гц, с индукцией от 0.3 до 7мТл. Ось соленоида была ориентирована параллельно направлению север-юг.

Измерительная часть установки состояла из двух идентичных кондуктометрических ячеек (датчиков), электронного измерителя электропроводности, аналого-цифрового преобразователя и ПК.

Водный датчик представляет собой диэлектрическую кювету в форме параллелепипеда с электродами из нержавеющей стали и с терморезистором в центре [10]. Двухканальный электронный измеритель электропроводности состоит из генератора пилообразных импульсов (амплитуда 0.5В), пикового детектора и фильтров. Измерение электропроводности производится на частоте около 1000Гц. Точность измерения по данным калибровки с использованием эталонных сопротивлений не хуже 1.5%. Напряжение с выхода каждого из каналов, пропорциональное электропроводности воды, поступает на 12 разрядный аналого-цифровой преобразователь (ЛА-20USB фирмы "Центр ADC") и записывается в ПК. Частота дискретизации АЦП составляла 10кГц.

Температура воды измерялась терморезистором марки ТРА, размещенным в центре кюветы. Для более равномерного прогрева слой воды должен быть тонким, с другой стороны необходимо, чтобы терморезистор был полностью покрыт водой. Исходя из этого, объем воды составлял 1.5см³, при толщине слоя 1.5мм.

При проведении измерений датчики располагались на расстоянии 1.5м друг от друга. Один из датчиков (датчик №1) помещался в соленоид на расстоянии около 5 см от его края, а контрольный датчик (датчик №2) помещался в макет соленоида (каркас из того же материала и тех же размеров), для обеспечения идентичных условий измерения. На датчиках размещались электрические нагреватели.

В каждый из датчиков заливалась дистиллированная вода с удельной проводимостью $(3\div 4.5)\cdot 10^{-6}$ Ом⁻¹см⁻¹. Через 10 минут включались нагреватели, и производилось измерение проводимости воды при ее нагревании, что позволяет определить температурный коэффициент проводимости. Процесс измерения продолжался около 3 минут. За это время вода нагревалась примерно на 2 градуса. Затем нагреватели и измерители отключались, и вода остывала. (Процесс остывания занимает около 10 – 15 минут). Через 20 минут включалось магнитное поле, воздействующее на один из датчиков в течение 2 часов. В середине процесса облучения, т.е. через

час после включения поля, и в конце облучения производились измерения проводимости при нагревании воды в течение 3-х минут. В результате получались данные об изменении электропроводности и температурном коэффициенте воды при облучении ее магнитным полем в течение 2-х часов.

Экспериментальные результаты

Как показали предварительные эксперименты, измерение электрической проводимости воды отличается нестабильностью и очень плохой воспроизводимостью. На воду сильно влияют незначительные колебания температуры, движение воздуха, присутствие людей и тому подобные трудно учитываемые и воспроизводимые факторы. Так колебания электропроводности в течение 2-х часов иногда достигали 8% (без воздействия поля), причем наблюдалось как увеличение электропроводности, так и уменьшение. В такой ситуации применение двух датчиков в значительной степени позволяет увеличить надежность измерений. Для этой же цели измерялась не только электрическая проводимость воды, но и температурный коэффициент проводимости.

Результаты измерения электропроводности в итоге представлены в виде относительного приращения проводимости воды при воздействии. При этом учитывались и использовались для корректировки показания контрольного датчика. Облучение воды сравнительно сильным магнитным полем вызывает нагрев соленоида, приводящий к небольшому увеличению температуры облучаемой воды. Этот эффект также учитывался и производилась соответствующая корректировка результатов.

Для вычисления температурного коэффициента электропроводности экспериментально полученная зависимость проводимости воды от ее температуры аппроксимировалась линейной функцией методом наименьших квадратов, что позволяло определить искомый параметр. Результаты измерений также приводятся в виде относительных изменений коэффициента.

Серия калибровочных измерений без облучения воды позволила определить разброс параметров, происходящий вследствие неточности измерений и случайных факторов. Оказалось, что колебания электропроводности в облучаемом датчике с учетом коррекции по показаниям контрольного, не превышают 2% в течение 2-х часов. Температурные коэффициенты электропроводности, которые без облучения в обоих датчиках должны совпадать, различались, однако это различие во всех случаях не превышало 6%.

На рис. 1 – 6 приведены основные результаты измерений. На рис. 1 – 3 показано изменение электропроводности воды (σ_1 – электропроводность воды в датчике №1, σ_2 – электропроводность воды в датчике №2, контрольном) при облучении ее магнитным полем с амплитудой 0.35мТл, 0.92мТл и 1.77мТл соответственно, в диапазоне частот поля от 1 до 12Гц в течение 1 часа.

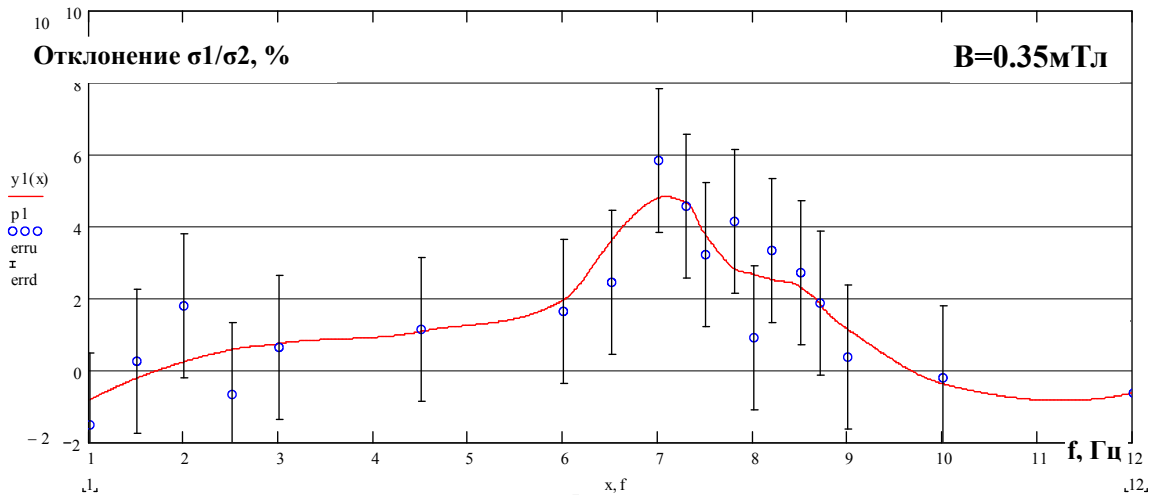


Рис.1.

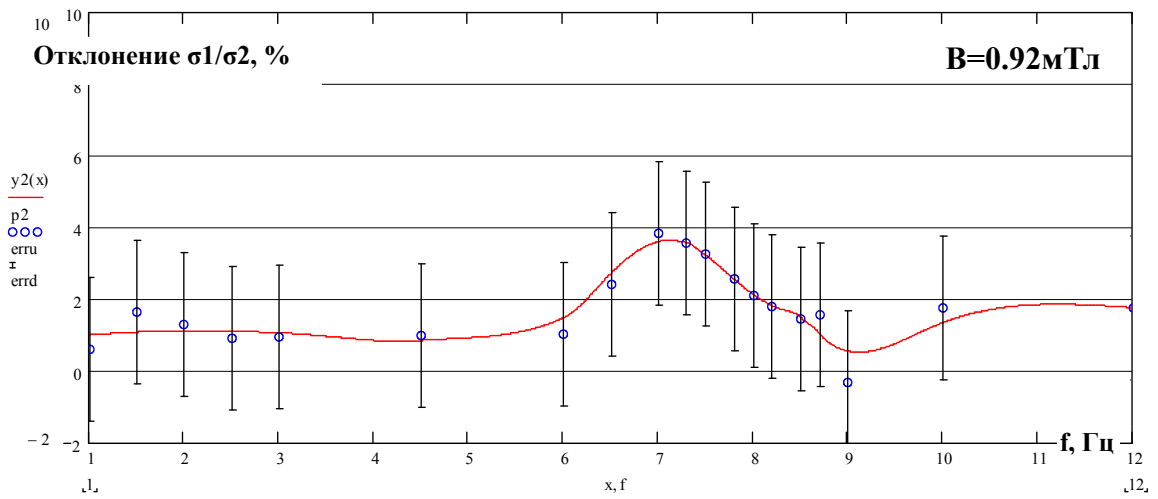


Рис.2.

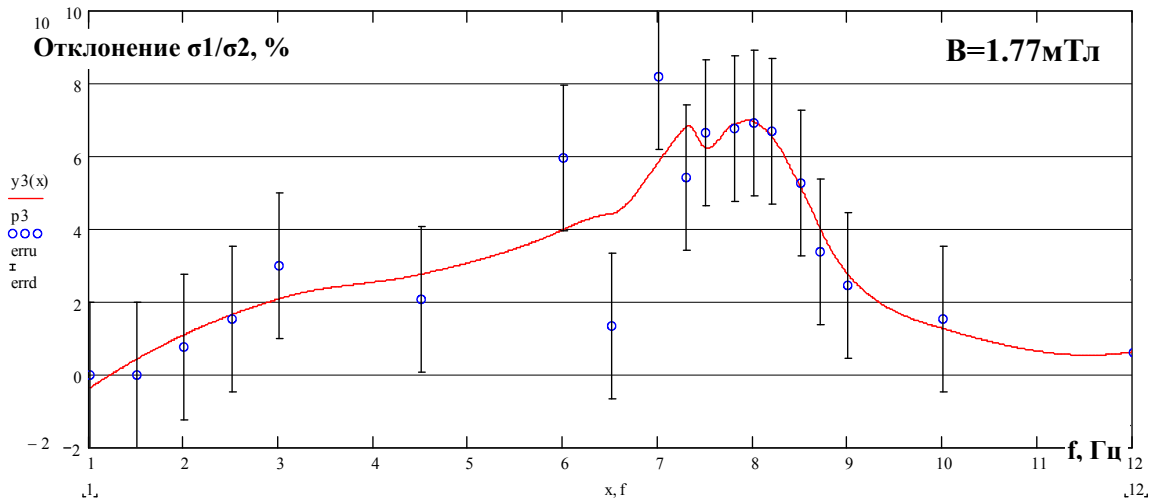


Рис.3.

Кривая, соединяющая точки, представляет интерполяцию экспериментальных данных кусочно-полиномиальной функцией (оператор loess в программе mathcad).

На рис. 4 – 6 представлены аналогичные графики, демонстрирующие изменение температурного коэффициента электропроводности ТКЭ (a_1 – ТКЭ воды в датчике №1, a_2 – ТКЭ в датчике №2, контрольном).

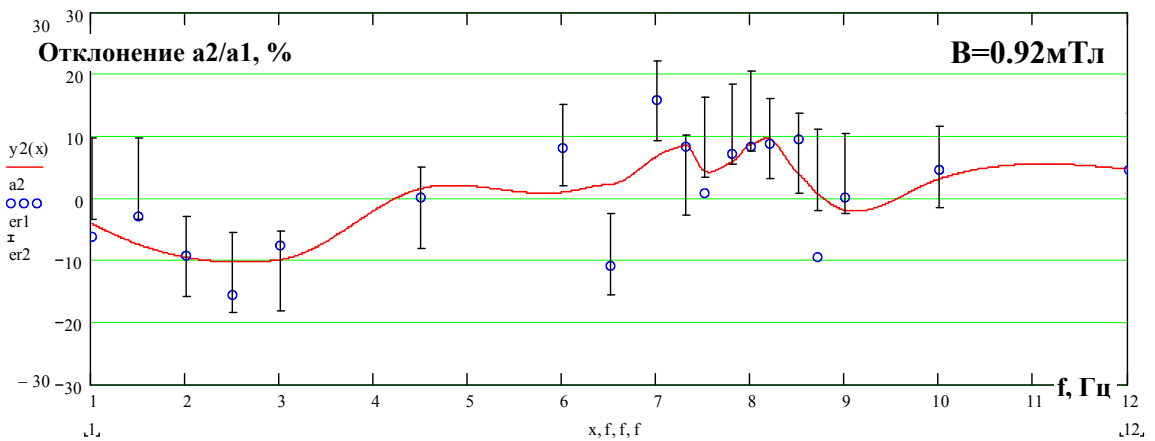
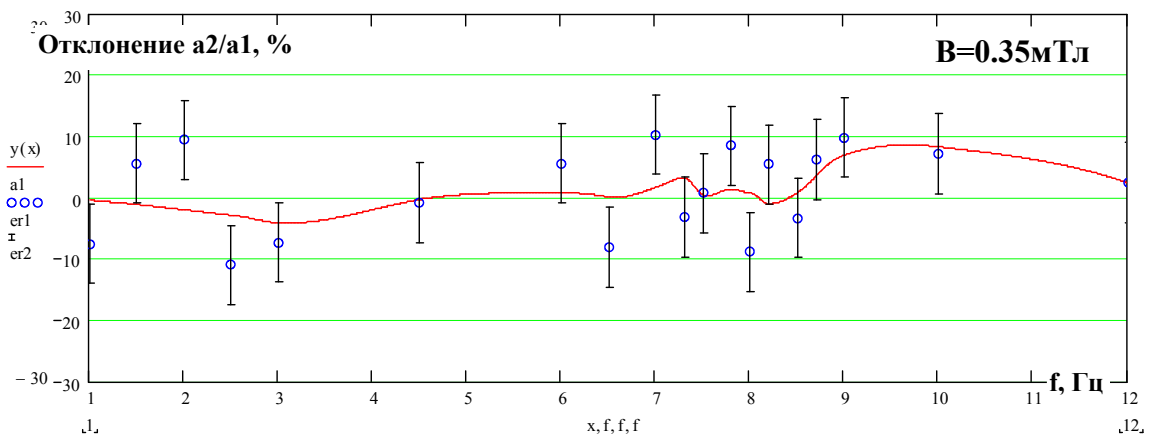


Рис.5

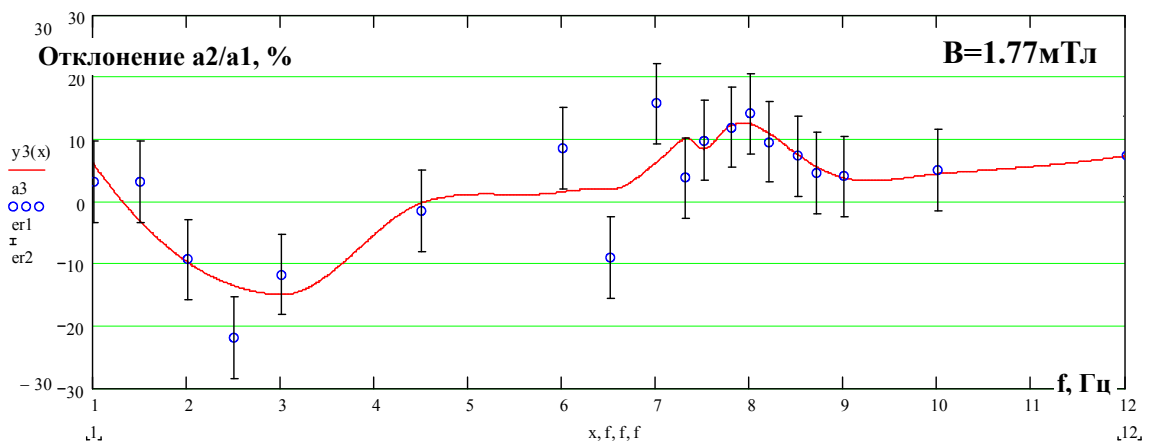


Рис.6

Обсуждение результатов

Результаты, приведенные на рис.1 – 3, однозначно свидетельствуют о влиянии магнитного поля на электропроводность воды при частоте магнитного поля 7Гц – 8Гц. Видно, что увеличение индукции магнитного поля с 0.35мТл до 0.92мТл незначительно влияет на конечный результат. Увеличение поля до 1.77мТл приводит к существенным количественным и качественным изменениям реакции воды на поле. В первых двух случаях поле с частотой от 1Гц до 6Гц практически не оказывает или оказывает слабое влияние на электропроводность воды (увеличение электропроводности около 1% лежит в пределах экспериментальной погрешности). В случае поля с амплитудой 1.77мТл наблюдается рост проводимости, превышающий экспериментальную погрешность, уже начиная примерно с 4Гц. Существенные качественные изменения наблюдаются и в районе максимального влияния магнитного поля на частотах 7Гц – 8Гц. Происходит смещение максимума в область больших частот и появление второго максимума.

Измерение температурного коэффициента электропроводности позволило получить дополнительную информацию о характере влияния магнитного поля. Видно, что наличие двух максимумов в районе частот 7Гц – 8Гц имеется и при низких значениях индукции магнитного поля. Кроме этого наблюдается значительное уменьшение коэффициента при низких частотах, не отражающееся на изменениях электропроводности.

Отметим, что полученные нами результаты не совпадают с результатами полученными авторами [9], проводившими эксперименты, подобные нашим. Пик воздействия по их данным наблюдается на более низкой частоте 4Гц при значении магнитной индукции в 2.5мТл. По нашим же данным при таком воздействии максимум должен наблюдаться в области частот превышающей 7-8Гц.

Выводы

1. Низкочастотное магнитное поле изменяет электропроводные свойства воды. Изменению подвержены как сама электропроводность, так и температурный коэффициент электропроводности. При воздействии поля (при каждом значении частоты и интенсивности) наблюдалось только возрастание электропроводности, в то же время коэффициент электропроводности может, как возрастать, так и уменьшаться.

2. Максимальные изменения наблюдались при частоте магнитного поля в диапазоне 7 – 8Гц.

3. Сложность и неизвестность происходящих в воде процессов не позволяет распространить полученные результаты на более широкий диапазон параметров магнитного поля, как по частоте, так и по амплитуде.

Работа, результаты которой представлены в статье, проведена при поддержке РФФИ № проекта 05-05-65165-а, руководитель Шишкин Г.Г.

Литература

1. Черников Ф.Р. Низкопериодические процессы в водных системах и их реакция на магнитное поле. Хронобиология сердечно-сосудистой системы. – М.: Изд-во Ун-та дружбы народов им П. Лумумбы. 1988, с. 86 – 87.

2. Березин М.В., Ляпин Р.Р., Салецкий Ф.М. Влияние слабых переменных магнитных полей на рассеяние света водными системами. – М.: Препринт МГУ Физ. фак. №21, 1988, с. 41.

3. Киселев В.Ф., Салецкий А.М., Семихина Л.П. О влиянии слабых магнитных полей и СВЧ-излучения на некоторые диэлектрические и оптические свойства воды и водных растворов. – М.: Теоретическая и экспериментальная химия, 1988, № 2, с.252- 256.

4. Семихина Л.П. Изменение показателей преломления воды после магнитной обработки // Коллоидный журнал, 1981, т. 43, №2, с. 401 – 404.

5. Лобышев В.И., Рыжиков Б.Д., Шихлинская Р.Э. Особенности люминесценции воды, обусловленные полиморфизмом ее структур. – М.: Вестник МГУ, сер. Физика. Астрономия, 36, №2, т. 48, 1995.

6. Агулова Л.П., Опалинская А.М. Влияние слабого постоянного магнитного поля на автоколебательную реакцию Белоусова-Жаботинского // Журнал физической химии, 1985, т. 59, №6, с. 1515.

7. Бэгар В.А., Лифшиц В.А., Кузнецов А.Н. Об отсутствии влияния низкочастотных полей на реакцию Белоусова-Жаботинского // Биофизика, 1983, т. 28, №5, 893.

8. Санкин Г.Н., Тесленко В.С. Инерционность изменения электропроводности воды в слабых постоянных магнитных полях. // ЖТФ, 2000, т.70, вып.3, 64 – 65.

9. Акопян С.Н., Айрапетян С.Н. Исследование удельной электропроводности воды при воздействии постоянного магнитного поля, электромагнитного поля и низкочастотных механических колебаний. // Биофизика, 2005, т.50, вып.2, 265 – 270.

10. Агеев И.М., Шишкин Г.Г., Еськин С.М. Водозлектрические датчики для регистрации слабых физических полей и биоизлучения. // Электронный журнал «Труды МАИ», вып. 24, 2006 год. <http://www.mai.ru>.

Сведения об авторах

Агеев Игорь Михайлович, доцент кафедры теоретической радиотехники Московского авиационного института (государственного технического университета), к.т.н.;

телефон: 158-44-39, e-mail: ageev@mai-trt.ru

Шишкин Геннадий Георгиевич, профессор кафедры теоретической радиотехники Московского авиационного института (государственного технического университета), д.т.н., засл. деят. науки РФ, академик АИИН РФ им. Прохорова А.Н.;

телефон: 158-44-39, t-mail: ntil@mai.ru

Еськин Сергей Михайлович, аспирант кафедры теоретической радиотехники Московского авиационного института (государственного технического университета).

e-mail: sam320@mail.ru