

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
НА СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ,
ПОПУЛЯЦИИ И ОРГАНИЗМОВ РАСТЕНИЙ И
ЖИВОТНЫХ**

УДК 504:574.3 192/194 192 198, 198

БП
2

**ПОЛЕВОЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОСЛАБЛЕНИЯ РАДИОВОЛН
КРОНАМИ ДЕРЕВЬЕВ В S-, L- И P-ДИАПАЗОНЕ.**

Т.О. Виноградова, С.Л. Головачев, А.Г. Грашков, В.М. Либерман,
А.А. Мильшин, Л.А. Паршина, А.В. Придыко, А.А. Чухланцев,
Н.К. Щедрикова, А.М. Шурко
Институт радиотехники и электроники РАН,
141120, г. Фрязино, Московской обл., пл. ак. Введенского, д.1,
тел. 526-9150, e-mail: amilshin@ms.frcssi.ru

**THE FIELD EQUIPMENT FOR MEASUREMENTS
THE TRANSMITTANCE OF ELECTROMAGNETIC WAVES UN
THE FOREST CANOPY IN THE S-, L- AND P-BANDS.**

*Создан полевой комплекс для измерения ослабления радиоволн кронами
деревьев в диапазоне частот 0,476 – 5,96 ГГц. Комплекс обеспечивает
функционалирование в радиометрическом режиме и в режиме передатчик-
приемник.*

Работа выполнена при поддержке МНТЦ, грант № 2059.

Для проведения измерений характеристик ослабления радиоволн растительными элементами лесного полога в натуральных условиях созданы два измерительных комплекса – спектральный и трехчастотный.

Спектральный измерительный комплекс состоит из перестраиваемых по частоте радиометрических приемников ПК7-19, ПК7-18, ПК7-17, ПК7-16 и ПК7-15 (рис.1), широкодиапазонных антенн П6-23 (рис.4) и П6-33 (рис.2); СВЧ генераторов и регистратора на базе ноутбука и модуля Е330. Питание комплекса осуществляется от стационарной сети 220 В, 50 Гц с помощью 80-ти метрового силового кабеля или от бензинового генератора 220 В, 50 Гц. Мощность, потребляемая каждым приемником, не превышает 480 Вт, а масса приемника составляет около 70 кг. Перестраиваемые приемники измеряют интенсивность излучения в диапазоне от 30 до 3·10⁵ К, флукуационная чувствительность составляет около 1,5 К при постоянной времени 1сек. Рабочий диапазон частот приведен в табл.1. Измерения выполняются в режиме узкой (около 3 МГц) и широкой (около 30 МГц) полосы пропускания радиометра. Для калибровки радиометры комплектуются газоразрядными генераторами шума диапазона 0,484 – 4,0 ГГц и 3,86 – 12,42 ГГц с спектральной плотностью мощности шума около 60 Вт/Гц, а также охлаждаемой жидким азотом согласованной нагрузкой (охлаждаемый генератор шума). Величина шумовой температуры охлаждаемого генератора находится в пределах

79 – 87 К с погрешностью ± 2,5 К. Рупорная измерительная антенна П6-23 (рис.2) обеспечивает прием излучения в диапазоне 2,5 ÷ 30 см, ширина главного лепестка составляет 15° на 7,5 см и 40° на волне 30 см. Размер апертуры рупора – 342х256,5 мм, эффективная площадь антенны не менее 150 см², уровень боковых лепестков в рабочем диапазоне частот не более –10 дБ. Масса антенны без упаковки составляет 27 кг. Тренажер и механизм ориентации обеспечивают:

- поворот антенны по азимуту в пределах от 0° до 360°;
- поворот антенны по углу места в пределах от +90° по -30°;
- поворот плоскости поляризации в пределах от 0° до 180°;
- высоту подвеса антенны от 1,65 до 2,5 м;
- плавное изменение высоты на 0,5 м.

Для проведения измерений требуется помещение 20х6 м или 12х10 м и высотой не менее 4-х м. Антенна П6-33 имеет рабочий диапазон волн 30 ÷ 300 см и ширину главного лепестка от 35° до 55°. Размер апертуры рупора – 0,9х1 м, эффективная площадь антенны не менее 350 см², уровень боковых лепестков в рабочем диапазоне частот не более –4 дБ. Масса антенны без упаковки составляет 107 кг. Тренажер и механизм ориентации обеспечивают:

- поворот антенны по азимуту в пределах от 0° до 360°;
- поворот антенны по углу места в пределах от -15° по +80°;
- поворот плоскости поляризации на ±90°;
- высоту подвеса антенны 3 м.

Для проведения измерений требуется безэховая камера не менее 25х8х8 м или открытая площадка размером не менее 25х8 м.

Таблица 1.

Тип прибора	ПК7-15	ПК7-16	ПК7-17	ПК7-18	ПК7-19
Диапазон частот, ГГц	0,484 – 0,75	0,624 – 1,248	1,07 – 2,14	2,0 – 4,0	3,86 – 5,96
Флукуационная чувствительность при τ = 1 с, К	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Диапазон измеремых температур, К	30 – 3·10 ⁵				
Диапазон измеремых мощностей, Вт	10 ⁻¹² – 10 ⁶				

Приемные и передающие антенны размещаются на мачтах на высоте 2 – 3 м. Комплекс обеспечивает измерение ослабления растительностью в диапазоне до 50-90 дБ при комбинациях поляризации в диапазоне углов от 10° до 90°. Мобильный трехчастотный измерительный комплекс состоит из малогабаритных радиометров Р225, Р21, Р30 с рабочей длиной волны 2,25, 21 и 30 см [3], основные параметры указаны в табл.2. Прием излучения осуществляется на волне 2,25 см с помощью прямоугольной рупорной антенны с шириной луча около 30°, а на волнах 21 и 30 см с помощью микрополосковых антенн с линейной поляризацей и шириной луча около 35°.

Для регистрации измерений применяется ноутбук и модуль Е330. Питание комплекса осуществляется от двух автомобильных аккумуляторов.

Таблица 2.

Тип радиометра	Р225	Р21	Р30
Длина волны, см	2,25	21	30
Флукуационная чувствительность при $t = 1$ с, К	<0,1	<0,1	<0,1
Диапазон измеремых температур, К		10 - 350	
Напряжение питания, В		+27(+7, -4)	
Аналоговый выход, В		0 - 10	
Масса, кг		6	

Измерение характеристик ослабления кроной дерева сводится к измерению сигнала искусственного или естественного происхождения, прошедшего сквозь крону и измерению уровня сигнала на открытом месте. В качестве источника искусственного излучения использовался широкополосный генератор шума ПШ-1000МС (разработка СКБ ИРЭ РАН), работающий в диапазоне 0,0001 - 2 ГГц и широкодиапазонная антенна Пб-23 (рис.3) или Пб-33, подсоединенная непосредственно к генератору. Питание генератора ПШ-1000МС осуществляется от аккумулятора 6ВРМ-1,2, размещаемого на антенне. Помимо генератора ПШ-1000МС возможно применение газоразрядных генераторов шума, входящих в состав приемников; сигналы СВЧ генераторов, например, отечественные генераторы Г4-120 (0,2-0,82 ГГц), Г4-37А (0,4-1,2 ГГц), Г4-78 (1,16-1,78 ГГц), Г4-79 (1,78-2,56 ГГц), Г4-80 (2,56-4,0 ГГц), Г4-81 (4,0-5,6 ГГц); излучение телевизионных и других передающих станций.

Перед началом измерений ослабления оценивается электромагнитная помеховая обстановка для выявления участков спектра, свободных от индустриальных помех.

Для расширения спектральных возможностей измерительного комплекса в диапазоне волн от 60 до 300 см, его целесообразно укомплектовать анализатором поля, например портативным анализатором АСК-1201. Прибор позволяет измерять ЭМ излучение в диапазоне 100 кГц - 2060 МГц с частотным разрешением $3 \cdot 10^{-6}$ в режиме ручного и автоматического управления.

Применение широкополосных СВЧ усилителей мощности совместно с газоразрядными генераторам и шума позволяет выполнять измерения в диапазоне 2 - 5,96 ГГц.

Заключение

Создан полевой комплекс для измерения ослабления радиоволн кронами деревьев в диапазоне частот 0,476 - 5,96 ГГц. Комплекс обеспечивает функционирование в радиометрическом режиме и в режиме передатчик-приемник. Работа выполнена при поддержке МНТЦ, грант № 2059.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция просит авторов при оформлении рукописей руководствоваться следующими правилами.

1. К рассмотрению принимаются рукописи, отражающие результаты оригинальных исследований. Содержание рукописи должно относиться к проблематике журнала, соответствовать научному уровню журнала, обладать определенной новизной и представлять интерес для широкого круга читателей журнала.
2. Опубликованные материалы, а также рукописи, находящиеся на рассмотрении в других изданиях, к рассмотрению не принимаются.
3. Редакция принимает на себя обязательство ограничить круг лиц, имеющих доступ к приложенной в редакцию рукописи (сотрудники редакции, члены редколлегии и редколлегии, а также рецензенты данной работы).
4. Рукопись должна содержать постановку задачи, библиографические ссылки, выводы исследования и должно быть определено место полученных результатов среди научных публикаций по данной проблематике.
5. К рассмотрению принимаются рукописи объемом около одного авторского листа (авторский лист содержит 40 тыс. знаков, считая пробелы). Статьи принимаются в распечатанном виде через два интервала с размером шрифта не менее 12 п. и с полями не менее 20 мм (наличие электронного файла обязательно) и по электронной почте (только в формате Microsoft Word for Windows). Распечатка рукописи должна быть подписана всеми авторами с указанием даты ее отправки.
6. На 1-й странице сверху указываются инициалы и фамилия автора, ниже помещаются название статьи, краткий реферат (объемом около 500 знаков, т.е. не более 10 строк) и ключевые слова (фамилия автора(ов), название статьи, реферат и ключевые слова - на русском и английском языках), далее - основной текст.
7. Все страницы рукописи, включая список литературы, таблицы, подписи к рисункам, рисунки, должны быть пронумерованы. Формулы, рисунки, таблицы нумеруются в порядке их упоминания в тексте.
8. Рисунки должны быть выполнены на отдельных листах. Подписи к ним также нужно напечатать на отдельном листе (в виде перечня). На обороте каждого рисунка необходимо указать простым карандашом его номер (если он не имеет номера - страницу). Все рисунки воспроизводятся в черно-белом изображении. Рукопись не должна содержать более пяти рисунков и (или) пяти таблиц.
9. При написании математических формул, подготовке графиков, диаграмм, блок-схем не допускается применение размеров шрифтов менее 8 п. Таблицы и рисунки являются частью текста и должны допускать электронное редактирование.
10. Формулы должны быть напечатаны (или вписаны от руки и размечены: латинские буквы подчеркиваются волнистой линией (синими или черными чернилами), греческие обводятся красным, а их экспликация выносятся на поля; размеры частоты строчные буквы (две черточки сверху) и прописные (две черточки снизу) в тех случаях, когда их начертания не различаются.