

## Малогабаритная вибраторно-волноводная антенна для пассивных систем радиотехнического контроля

*Рассматривается конструкция и радиотехнические характеристики малогабаритной вибраторно-волноводной антенны для пассивного канала станции радиотехнического контроля. Приведен анализ процесса проектирования, моделирования и размещения возможных конструкций с различными вариантами исполнения. В статье рассматривается влияние радиопрозрачного обтекателя объекта на работу антенны.*

**Ключевые слова:** вибраторно-волноводная антенна, станция радиотехнического контроля, радиопрозрачный обтекатель, радиопоглощающий материал.

В настоящее время большинство систем радиотехнического контроля находятся под носовым обтекателем объекта, поэтому особый интерес вызывают системы, расположенные за обтекателем. Такое размещение, зачастую, вносит дополнительные сложности из-за большого влияния подвижной активной части, расположенной под обтекателем объекта. Основная задача антенн пассивного канала – амплитудная и фазовая пеленгация объектов радиотехнического контроля.

В данной статье представлены результаты работ по расчету, проектированию и экспериментальным замерам вибраторно-волноводной антенны для пассивного канала станции радиотехнического контроля, работающей в диапазоне частот с перекрытием 1,5. Внешний вид антенны представлен на рис.1:

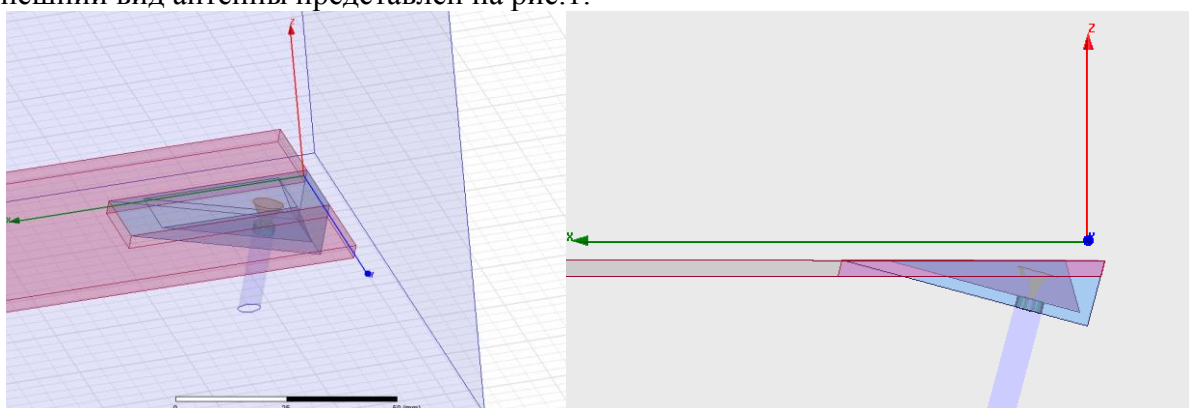


Рис.1. Внешний вид антенны

Идея заключается в размещении антенн на корпусе объекта за обтекателем. В этом случае мы не зависим от характеристик штатного радиопрозрачного обтекателя. Главным требованием к антенне было наличие достаточного уровня принимаемой мощности в направлении полета, при этом антенна не должна влиять на аэродинамические характеристики объекта (не выступать за габариты). Кроме того, материалы составных частей разрабатываемой антенны должны иметь высокие показатели термостойкости и прочности. Исходя из этих требований, был предложен к рассмотрению вариант линейно-

поляризованной вибраторно-волноводной антенны с диэлектрическим клином, выполняющим роль антенны поверхностных волн. Корпус антенны представляет собой отрезок волновода, разрезанный по диагонали узкой стенки. Волновод заполнен диэлектриком (фторопласт) для необходимого формирования поля в антенне.

На первом этапе проектирования была создана математическая модель в программе трехмерного моделирования Ansys HFSS. В результате анализа полученных расчетов и предъявляемых требований были выбраны наиболее оптимальные габариты и материалы разрабатываемой антенны. Ниже представлена таблица зависимости ширины диаграммы направленности (ШДН) по уровню 0,5 P<sub>max</sub> от ширины волновода (таблица 1).

Таблица 1. Зависимость ширины диаграммы направленности (ШДН) по уровню 0,5 P<sub>max</sub> от ширины волновода

Частота, ГГц	Зависимость ширины ДН (в градусах) от размера волновода (мм.)			
	15	18	20	22
8	80°	80°	72°	45°
9	66°	62°	40°	42°
10	62°	40°	38°	42°
11	38°	36°	32°	30°
12	32°	30°	30°	30°
КСВ	9	3,25	2,4	2,25

Получившуюся конструкцию нельзя назвать окончательной, так как следующим этапом было запланировано создание макета, для которого имелся определенный выбор материалов на изготовление деталей.

При помощи расчетов и экспериментальных данных, было определено оптимальное положение (расстояние) антенны относительно края обтекателя объекта ( $\approx \lambda_{ср}$ ). На рисунках, приведенных ниже (рис 2,3,4), наглядно показано распространение электромагнитной волны в пространстве и влияние на нее металлического корпуса и обтекателя объекта. Здесь можно отметить, что наиболее прижатая к металлу диаграмма направленности наблюдается на частоте 12 ГГц, но значение ширины диаграммы направленности значительно уже, чем на 8 ГГц. В итоге, линейные размеры были определены с учетом компенсации недостатков. Данная имитация размещения антенны на объекте не совсем информативна, для полного анализа необходима математическая модель с реальными размерами обтекателя и объектом-носителем, для этого необходим дополнительный пакет программ HFSS Savant.

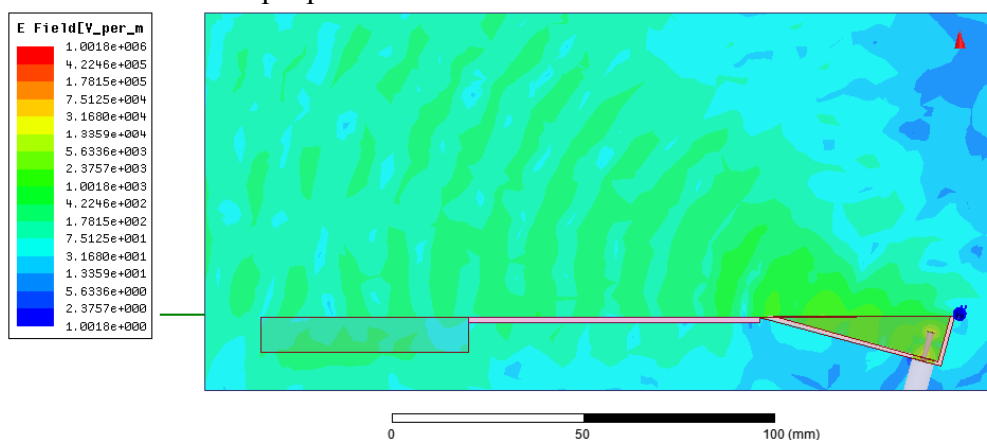


Рис.2. 8 ГГц

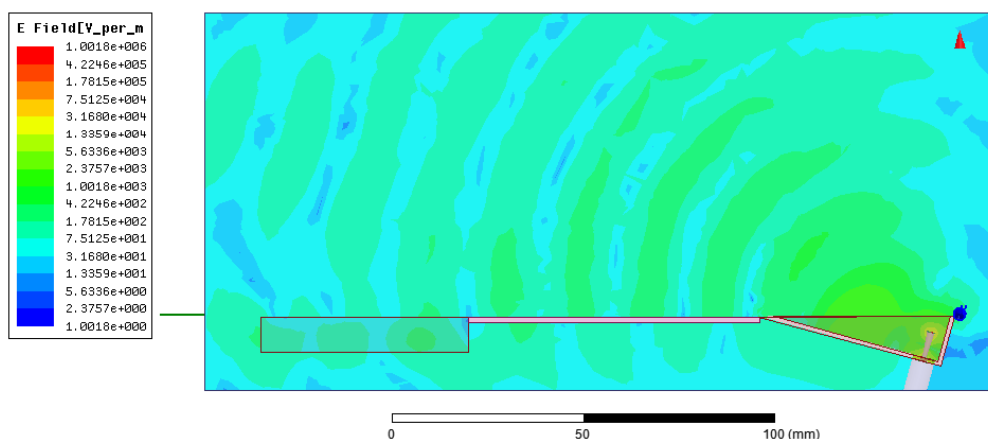


Рис.3. 10 ГГц

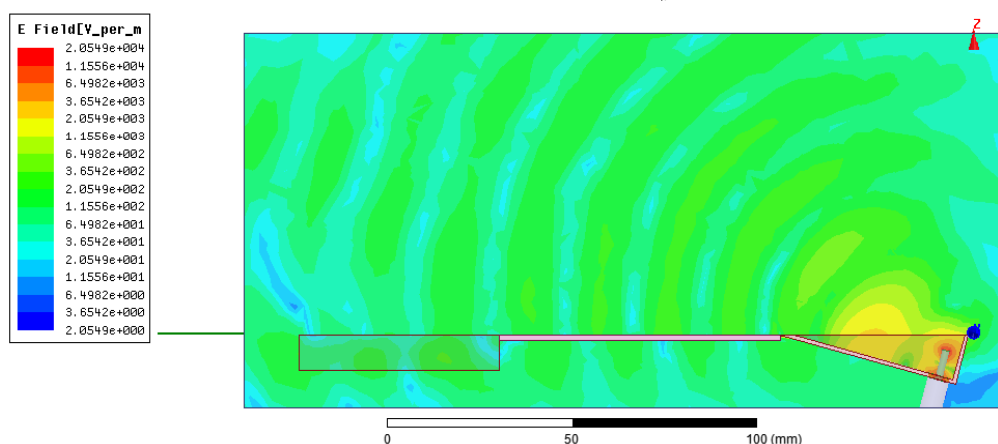


Рис.4. 12 ГГц

По разработанным эскизам чертежей был собран макет антенны. Первые измеренные характеристики (КСВН и диаграммы направленности в рабочем диапазоне частот) имели довольно большую корреляцию с расчетными данными и соответствовали поставленным требованиям. Следующим шагом было оптимальное размещение антенны на объекте, чтобы металлическая поверхность объекта и стоящий впереди антенны обтекатель имели наименьшее влияние на работу антенны. В процессе этой работы было рассмотрено несколько вариантов расположения антенн, в том числе с применением радиопоглощающих материалов - перед антенной и вокруг нее. Последний выравнивал диаграммы направленности, но снижал коэффициент усиления антенны. Большую сложность в оптимизации внесло ограниченное количество объема для размещения антенной системы и довольно сильное влияние обтекателя и корпуса изделия.

Следующим этапом было комплексное измерение характеристик предполагаемой системы с 11 антеннами, расположенными по контуру объекта (рис. 5).

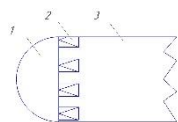


Рис.5. 1-обтекатель объекта, 2-антенна (11 шт.), 3-корпус объекта

Расположение единичного элемента (антенны) показано на рисунке 6. Сравнительно большое количество антенн обуславливается требуемым широким сектором обзора и линейной поляризацией применяемой антенны.

Работы по измерению РТХ антенны и всей системы проводились в безэховой камере на автоматизированном измерительно-вычислительном комплексе (АИВК) фирмы Trim (г. Санкт-Петербург). Измерения проводились в секторе углов  $180^\circ$  с шагом  $1^\circ$  при вертикальной (ВП) и горизонтальной (ГП) поляризации передающей антенны.

В наличии имелся только цилиндрический макет объекта (хотя предполагалось, что он может быть конусообразным). К тому же в измерениях участвовала всего одна антенна, но в разных положениях, что внесло некоторые погрешности в дальнейших расчетах антенной системы. Но при всех недостатках результаты получились положительными, антенная система показала себя работоспособной, и было принято решение организовать максимально приближенный к реальной конструкции макет и сделать еще ряд измерений и расчетов антенной системы.

Далее, в ходе экспериментальной отработки, была оптимизирована конструкция антенны, уменьшены ее габаритные размеры, также был видоизменен вибратор, что обеспечило более уверенный прием сигнала в направлении полета объекта. Увеличение принимаемой мощности в нулевом положении обеспечила модификация цилиндрического корпуса в усеченный конус (приближен к реальному размещению на объекте). Угол наклона  $7^\circ$  способствовал смещению максимума диаграммы направленности в сторону направления полета объекта.

Ниже представлены диаграммы направленности, полученные на АИВК при различных вариантах размещения антенны, измеренные на согласованной поляризации с передающей рупорной антенной. На рисунке 6 схематично показаны положения антенн при измерениях на разных поляризациях (вид спереди). Измерения проводились при вращении объекта в азимутальной плоскости. На рисунке 7 диаграммы направленности антенны, расположенной сбоку объекта, при горизонтальной поляризации передающего рупора (уровень принимаемой мощности в  $0^\circ$   $0,2-0,3 P_{max}$  в зависимости от частоты). На рисунке 8 диаграммы направленности антенны, расположенной сверху, при вертикальной поляризации передающего рупора (уровень принимаемой мощности в  $0^\circ$   $0,3-0,7 P_{max}$  в зависимости от частоты). При боковом положении антенна принимает сигнал не во всем измеряемом секторе, в отличие от положения сверху.

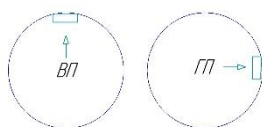


Рис.6. схематичное расположение антенн

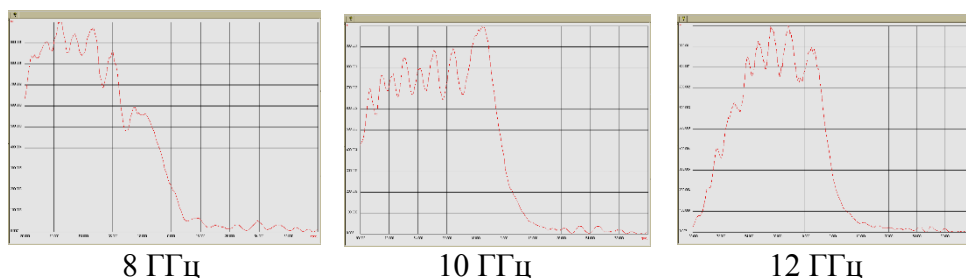


Рис.7. антенна в боковом положении

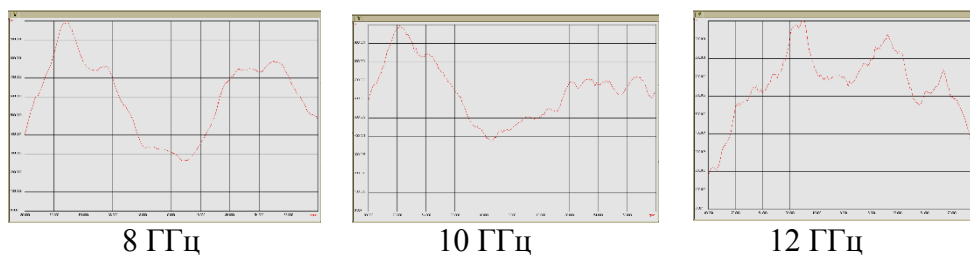


Рис.8. антенна в верхнем положении

Вывод: в данной работе приведены проектирование, расчет и экспериментальные измерения вибраторно-волноводной антенны для пассивного канала станции радиотехнического контроля. Проанализировав несколько возможных вариантов конструкции и дальнейшего размещения проектируемой антенны на объекте, был выбран наиболее оптимальный вывод из заданных требований по габаритам, прочности, термостойкости и полученных результатов. Отдельно следует отметить хорошее соответствие расчетных данных с экспериментальными. Математическое моделирование позволило существенно сократить время и ресурсы, затраченные на разработку антенны.

#### Библиографический список

1. Сверхширокополосные антенны. Перевод с англ. под ред. Бененсона Л. С. - М.: Мир.- 371 с.
2. Рамзей В. Частотно-независимые антенны - М.: Мир, 1968.- 177 с.
3. Горошня А. Б. Проектирование широкополосных антенн. Учебное пособие.- Омск, 1989.- 79 с.