

ВОЗБУЖДЕНИЕ ОДНОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ ПРЯМОУГОЛЬНЫМ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ВОЛНОВОДОМ

В.И. Калинин, В.А. Калошин, Е.А. Скородумова

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН

Получена 12 января 2009 г.

Методом конечных элементов исследуются два возбудителя поверхностной волны в однополосковой линии. Оба возбудителя представляют собой плавные переходы от прямоугольного металлического волновода к однополосковой линии.

Ключевые слова: однополосковая линия, численное моделирование в электродинамике.

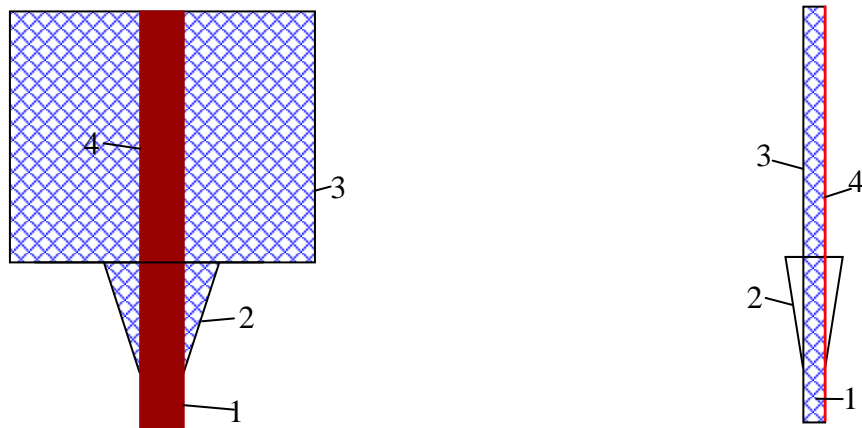
Введение

Однополосковая линия (ОПЛ) была предложена в [1]. В работе [2] исследован возбудитель в виде плавного перехода от микрополосковой линии (МПЛ) к ОПЛ. В диапазоне миллиметровых и субмиллиметровых волн представляет интерес возбуждение ОПЛ металлическим волноводом. В данной работе предлагаются и исследуются два возбудителя основной моды ОПЛ в виде плавного перехода от прямоугольного металлического волновода (ПМВ), заполненного диэлектриком. Первый возбудитель представляет собой рупорный переход, внутри которого расположена ОПЛ (рис. 1). Второй возбудитель состоит из двух частей. Первая из них – плавный переход от заполненного диэлектриком ПМВ к диэлектрическому волноводу, одна из стенок которого металлизирована. Вторая часть представляет собой плавный переход к ОПЛ (см. рис. 5).

Размеры сечения ПМВ выбираются из условия одномодовости при отсутствии диэлектрического заполнения. Для диапазона $26 \div 37$ ГГц стандартное одномодовое сечение – 7.2×3.4 мм. В качестве диэлектрика будем рассматривать полистирол с показателем преломления $n = 1.6$.

1. Рупорный возбудитель

Сечения рупорного возбудителя в Н и Е плоскостях представлены на рис. 1а и 1б, соответственно. Здесь 1 – волноводный вход, представляющий собой ПМВ, полностью заполненный диэлектриком; 2 – пирамидальный рупор; 3 – диэлектрическая пластина, толщина которой совпадает с соответствующей толщиной диэлектрического заполнения ПМВ в Е-плоскости; 4 – металлический полосок, ширина которого совпадает с шириной стенок ПМВ в Н плоскости.



а) в Н плоскости

б) в Е плоскости

Рис. 1. Сечения рупорного перехода ПМВ – ОПЛ

На рис. 2 и 3 представлены результаты расчета КСВ на входе рупора для трех его длин (20, 30 и 60 мм), которые показаны на рисунках разными цветами. На рис. 4 для этих же длин показана зависимость полных потерь в возбуждители от частоты.

Как видно из рисунка 2, изменение длины рупора слабо влияет на значение КСВ на входе рупора во всем диапазоне частот. Отметим также, что эта характеристика не превышает величины 1.2. Однако КСВ на входе ОПЛ для длины рупора 60 мм на низких частотах существенно ниже, чем для остальных длин, а на высоких отличается от них весьма незначительно. На частотах ниже 34 ГГц полные потери в случае длины рупора 60 мм в целом существенно меньше, чем в остальных. Однако на высоких частотах изменения длины мало влияют на эти характеристики.

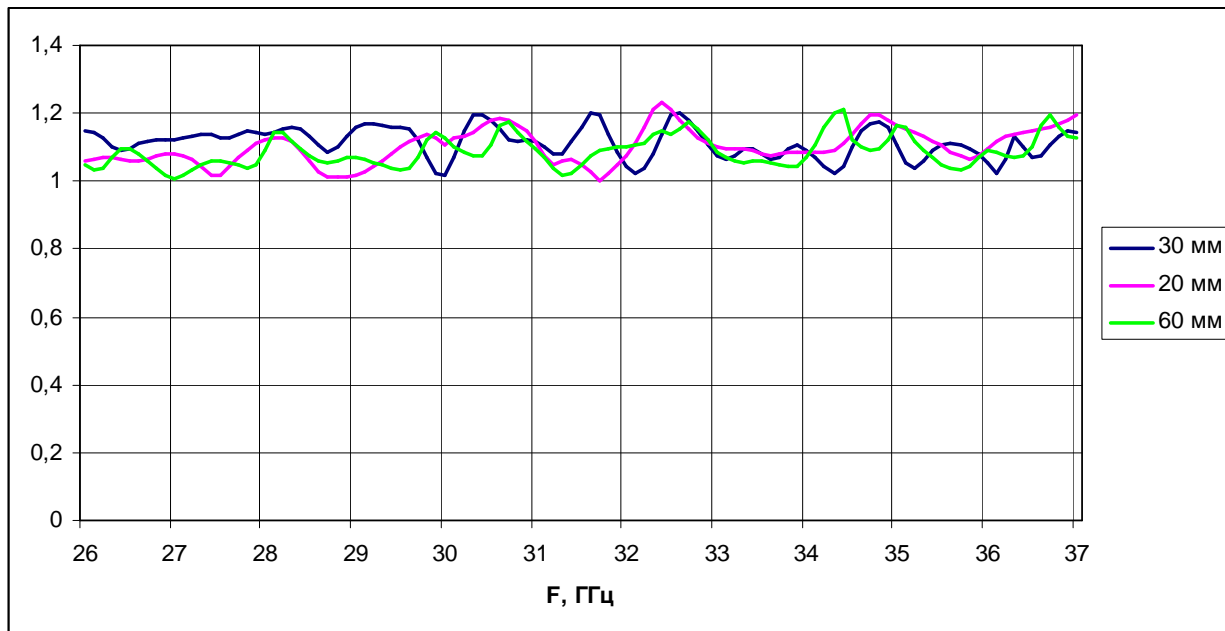


Рис. 2. Зависимость КСВ на входе рупора от частоты

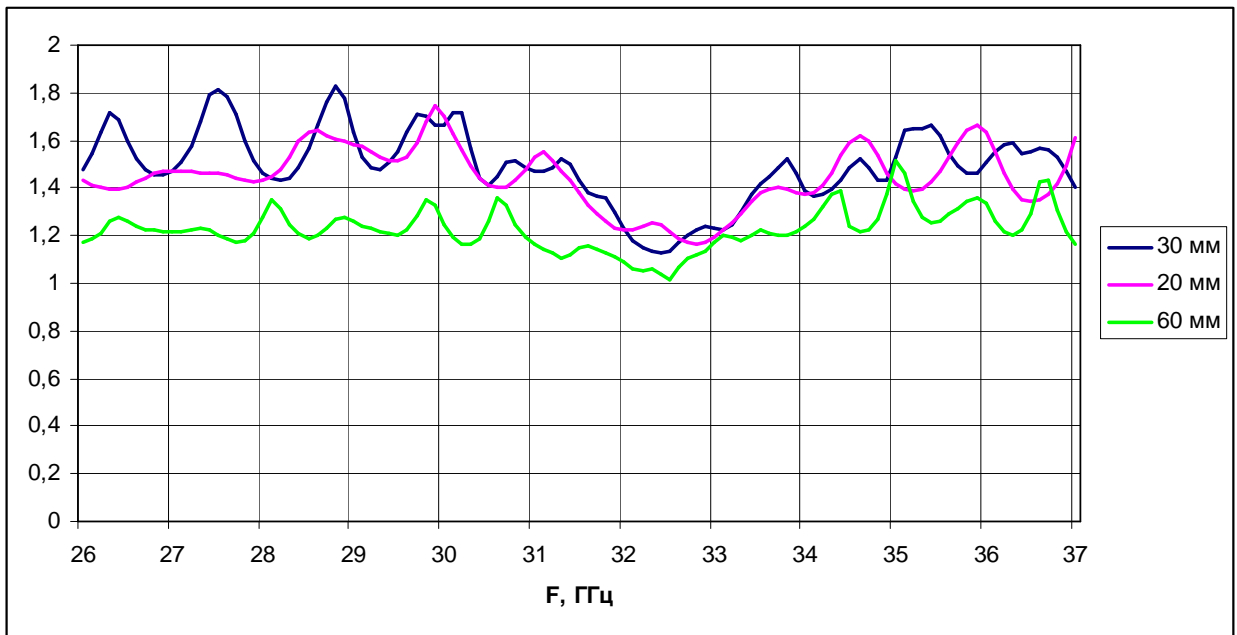


Рис. 3. Зависимость КСВ на входе ОПЛ от частоты

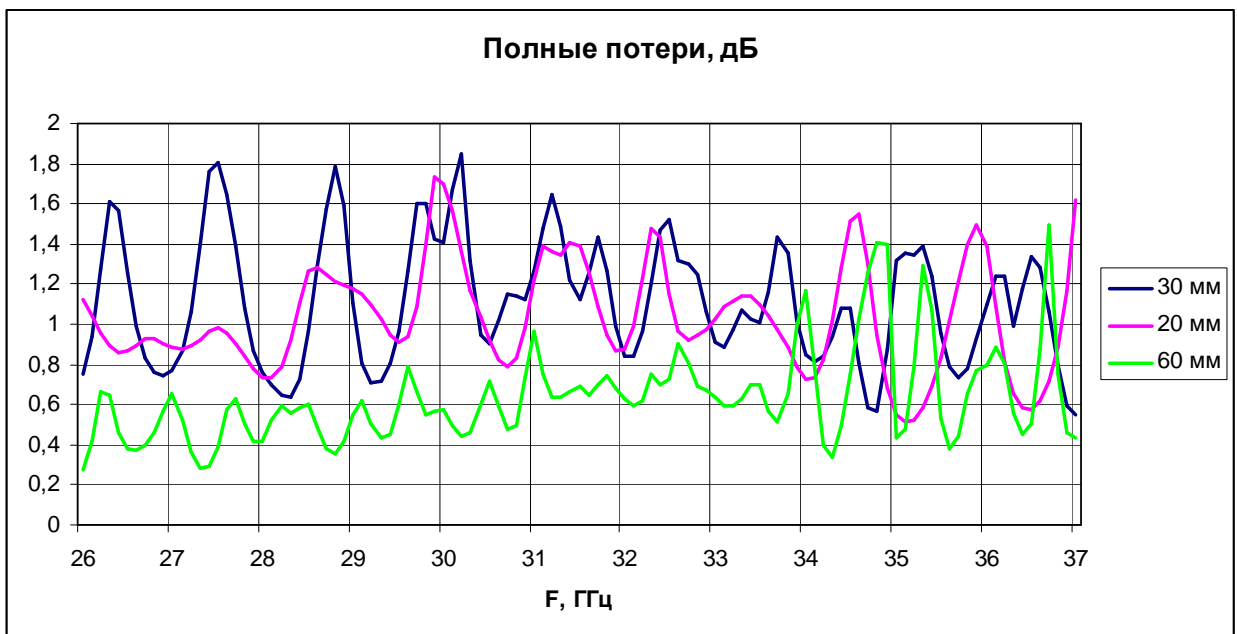


Рис. 4. Зависимость полных потерь в возбuditеле от частоты

На рис. 5 представлены распределения напряженности электрического поля в плоскости симметрии рупорного возбuditеля длиной 60 мм (а), боковой поверхности диэлектрика (б) и плоскости полоска (в).

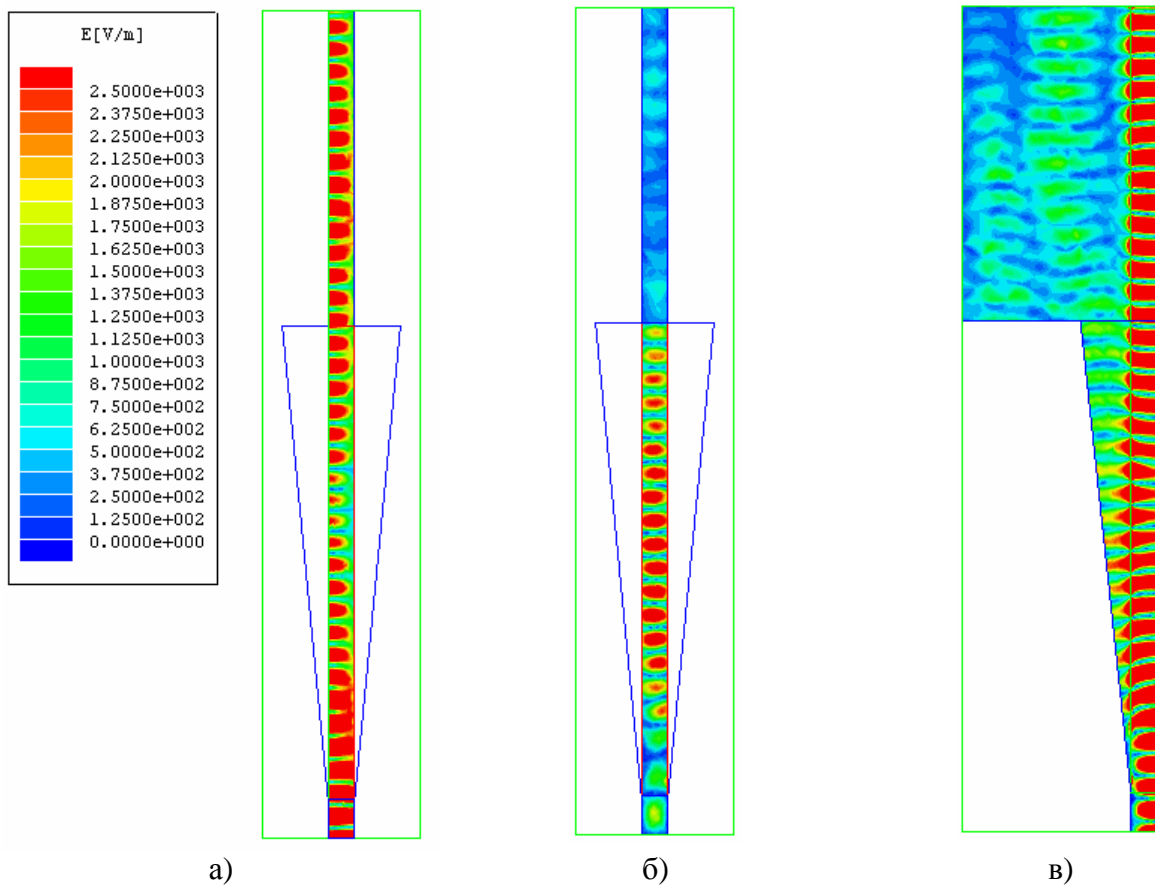
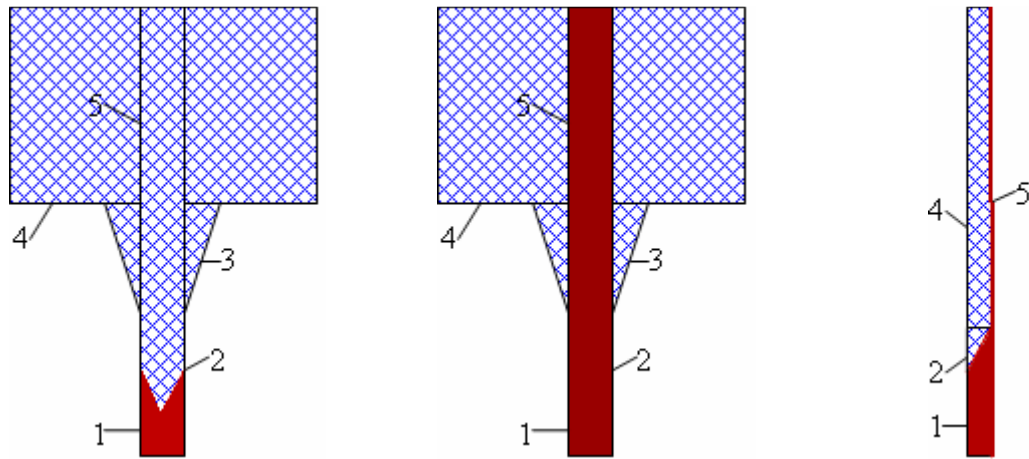


Рис. 5. Распределения напряженности электрического поля

Интересно отметить, что, несмотря на относительно большую величину апертуры рупора (20×15 мм), на краю апертуры рупора амплитуда поля еще достаточно велика (см. рис. 5в), что приводит к излучению в диэлектрическую подложку.

2. Волноводный возбудитель

На рис. 6а, 6б, 6в показан, соответственно, вид снизу, вид сверху и вид сбоку волноводного возбудителя. Здесь 1 – волноводный вход, представляющий собой ПМВ, полностью заполненный диэлектриком; 2 – переход в диэлектрический волновод с одной металлизированной стенкой, который образуется плавным последовательным удалением металлизации сначала на широкой стенке, а потом на двух боковых; 3 – линейный переход от диэлектрического волновода в диэлектрическую пластину; 4 – диэлектрическая пластина, толщина которой совпадает с соответствующей толщиной диэлектрического заполнения ПМВ в Е-плоскости; 5 – металлический полосок, ширина которого совпадает с шириной стенок ПМВ в Н плоскости.



а) в Н плоскости

б) в Н плоскости

в) в Е плоскости

Рис. 6. Сечения волноводного перехода МВ – ОПЛ

На рис. 7 представлены результаты расчета КСВ на входе ПМВ для двух длин перехода (показаны на рисунке разными цветами). Как видно из рисунка, на низких частотах (до 30.5 ГГц) увеличение длины перехода приводит к увеличению КСВ на входе ПМВ. На высоких частотах такое изменение слабо влияет на это значение. Отметим, что для длины перехода 9 мм значение данной характеристики не превышает величины 1.2 во всем исследуемом диапазоне частот. Отметим, что этот же эффект имел место в случае рупорного возбуждителя, причем для всех рассмотренных длин рупора (см. рис. 2). Однако для перехода длиной 18 мм КСВ несколько превышает это значение на частотах ниже 27 ГГц.

Рис. 8 иллюстрирует результаты вычисления КСВ на входе ОПЛ для этих же длин перехода.

Из рисунка видно, что увеличение длины перехода на низких частотах (до 30.5 ГГц) приводит к увеличению КСВ, а на высоких (выше 30.5 ГГц) – слабо влияет на это значение.

На рис. 9 приведены зависимости полных потерь в возбуждителе от частоты. На низких частотах (ниже 30.5 ГГц) увеличение длины перехода приводит к существенному увеличению потерь (порядка 1 дБ), а на высоких частотах (выше 33.5 ГГц) к его уменьшению. В средней части исследуемого диапазона (от 30.5 до 33.5 ГГц) изменение длины перехода слабо влияет на среднюю величину потерь.

Таким образом, в отличие от рупорного возбуждителя, в данной конструкции не удается снизить потери за счет увеличения длины перехода.

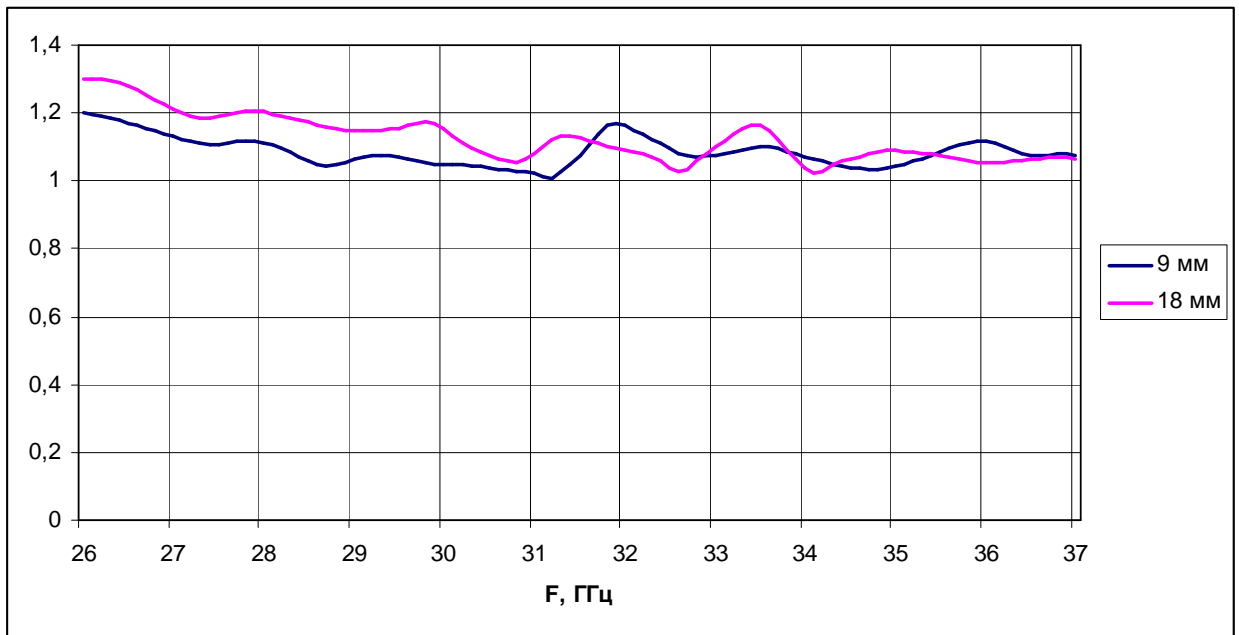


Рис. 7. Зависимость КСВ с входа МВ от частоты

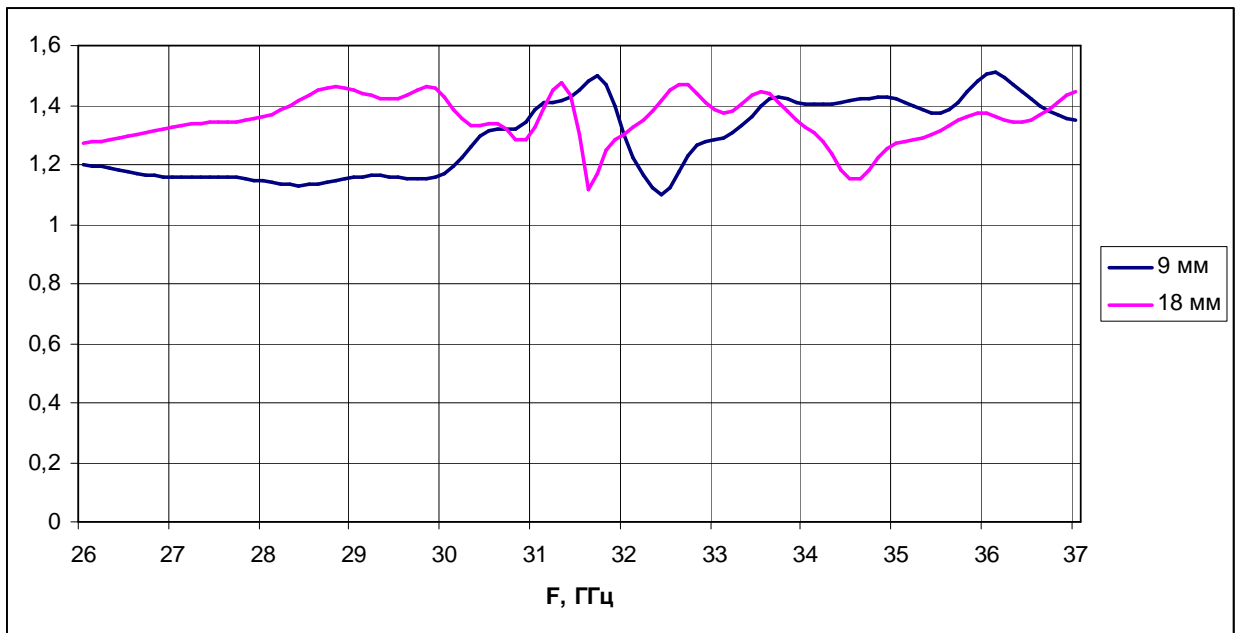


Рис. 8. КСВ с входа ОПЛ от частоты

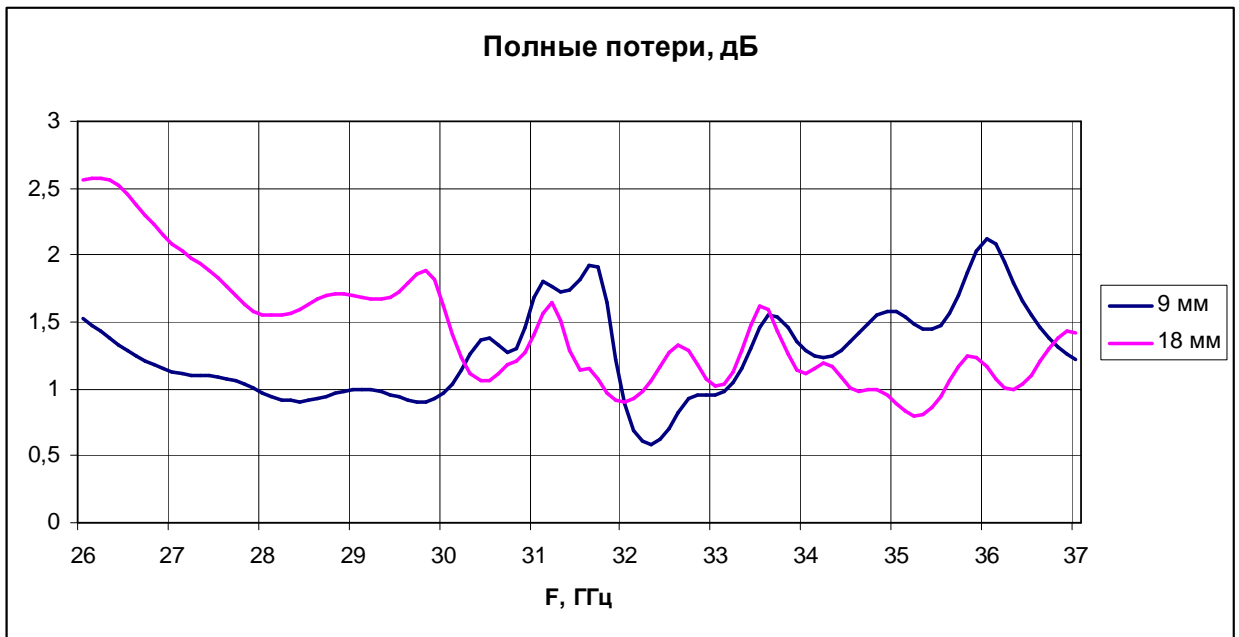


Рис. 9. Зависимость полных потерь в возбuditеле от частоты

На рис. 10 приведены распределения напряженности электрического поля на боковой поверхности возбuditеля (а), в плоскости симметрии (б) и в плоскости полоска (в).

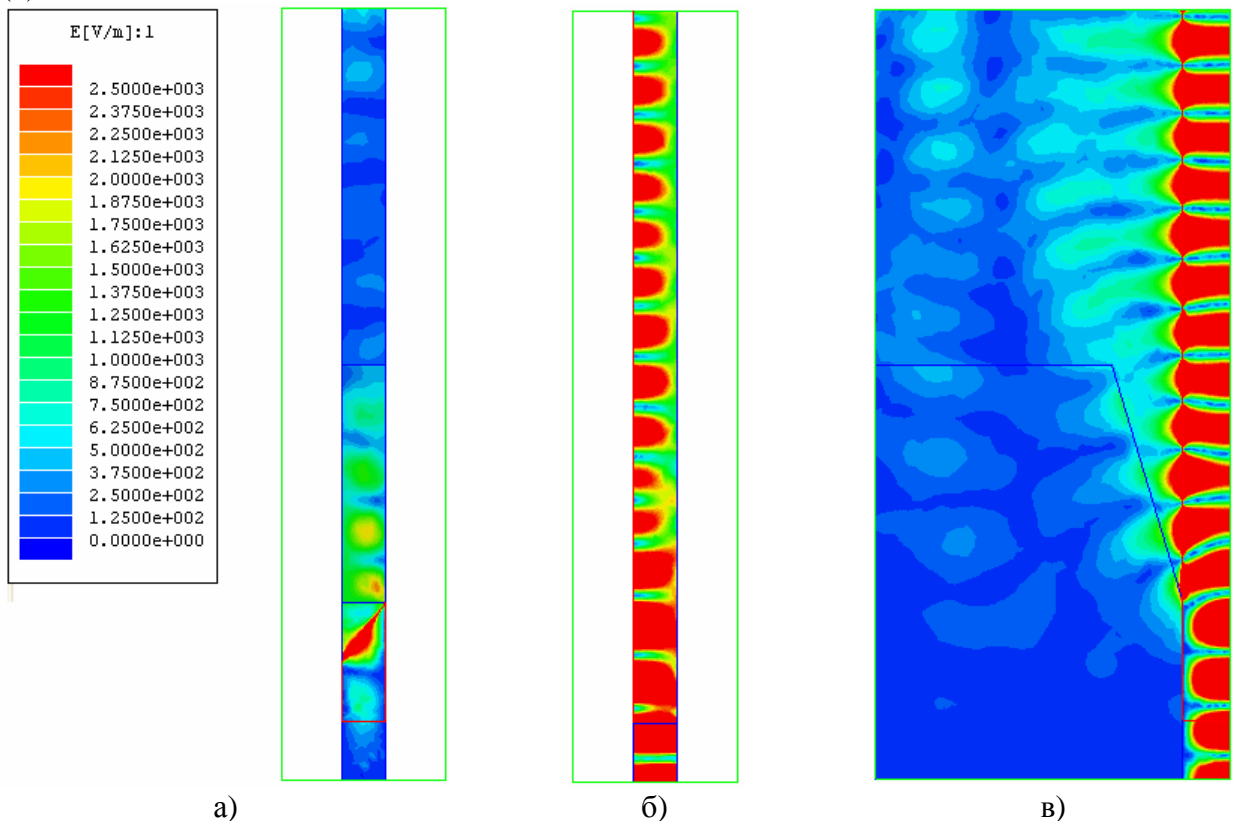


Рис. 10. Распределения напряженности электрического поля

Как видно из рисунка основное излучение происходит в области перехода от диэлектрического волновода в диэлектрическую пластину (см. рис. 5в).

Выводы

1. Наиболее эффективным из двух рассмотренных вариантов возбуждателей основной моды ОПЛ является рупорный возбуждатель.
2. Рупорный возбуждатель при длине 60 мм обеспечивает средний уровень потерь в длинноволновой части миллиметрового диапазона около 0.5 дБ.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 08-07-00327.

Литература

1. В.В. Шевченко, Микрополосковый волновод: Авт. свид. SU № 1626282 A1 СССР // Б.И. 1991. №5. С. 150
2. Г.Г. Грачев, В.В. Шевченко // РЭ, 2007, т. 52, №6, с. 687–691