

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

**Кафедра электродинамики и антенн**

МЕТОДИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА  
с рекомендациями к выполнению  
курсовой работы по дисциплине

## **РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН И АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА**

**Авторы-составители:**  
к.т.н., доцент Маслов М.Ю.  
ассистент Скачков Д.В.

**Самара, 2012**

**УДК 621.38**

**Маслов Михаил Юрьевич, Скачков Дмитрий Владимирович.**

Методическая разработка с рекомендациями к выполнению курсовой работы по дисциплине «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства». Самара, 2012.

20 стр. с иллюстрациями.

В методической разработке содержатся рекомендации к выполнению курсовой работы по теме «Параметрический синтез антенны базовой станции по заданным требованиям к диаграмме направленности», а также рекомендации по использованию программы MMANA, в которой производится моделирование антенны.

Рецензент – кафедра «Электродинамики и Антенн» Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Список рекомендуемой литературы.....	5
Требования по оформлению пояснительной записки .....	6
Содержание пояснительной записки.....	8
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Моделирование проволочных антенн в программе ММАНА.....	10
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Коды специальностей, обозначения и индексы кафедр .....	17
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Пример оформления титульного листа пояснительной записки .....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Пример оформления графического материала .....	19

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания с рекомендациями к выполнению курсовой работы предназначены для студентов дневной формы обучения по специальностям: 210402 – Средства связи с подвижными объектами; 210403 – Защищенные системы связи; 210405 – Радиосвязь, радиовещание и телевидение.

В методической разработке содержатся рекомендации к выполнению курсовой работы по теме «Параметрический синтез антенны базовой станции по заданным требованиям к диаграмме направленности», а также рекомендации по использованию программы MMANA, в которой производится моделирование антенны.

Целью выполнения курсовой работы является:

- систематизация, закрепление и расширение теоретических знаний по дисциплине;
- контроль знаний, умений и навыков, полученных студентами в ходе изучения дисциплины;
- приобретение и развитие навыков моделирования антенн в программах автоматизированного проектирования;
- развитие навыков самостоятельной работы с научно-технической и справочной литературой;
- приобретение навыков составления и оформления технической документации в области антенной техники.

Перед выполнением курсовой работы студенту рекомендуется ознакомиться с требованиями данных методических указаний. В процессе выполнения студент может пользоваться не только рекомендованной, но и любой другой доступной ему учебной и технической литературой.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г.З. Айзенберг, В.Г. Ямпольский, О.Н. Терёшин, Антенны УКВ. Под ред. Г.З. Айзенберга. В 2-х ч. Ч. 1. М.: «Связь», 1977.
2. Г.З. Айзенберг, В.Г. Ямпольский, О.Н. Терёшин, Антенны УКВ. Под ред. Г.З. Айзенберга. В 2-х ч. Ч. 2. М.: «Связь», 1977.
3. Г.З. Айзенберг, С.П. Белоусов, Э.М. Журбенко и др., Коротковолновые антенны. Под ред. Г.З. Айзенберга. – 2-е издание, перераб. и доп. – М.: «Радио и связь» 1985.
4. А.Л. Дрaбкин, В.Л. Зузенко, А.Г. Кислов, Антенно-фидерные устройства. Изд. 2-е доп. и переработ. М.: «Сов. радио», 1974.
5. Ротхаммель К. - Антенны, 11-е издание, перераб. и доп. А. Кришке, том 1, М.: ДОДЕКА, 2005
6. Ротхаммель К. - Антенны, 11-е издание, перераб. и доп. А. Кришке, том 2, М.: ДОДЕКА, 2005
7. Харченко К.П. Антенны вертикальной поляризации. – М.: «Радио и связь», 1984.

## **ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

1. Текстовая часть ПЗ выполняется на листах формата А4 (210×297 мм) в одностороннем исполнении без рамки и основной надписи с постановкой порядковых номеров листов ПЗ в правом нижнем углу.

2. Выполнение ПЗ рекомендуется производить в текстовом редакторе 14 шрифтом Times New Roman через 1,5 интервала. Для абзацев использовать отступ 1,25. Параметры страницы: сверху – 2,0 см; снизу – 2,0 см; слева – 3,0 см; справа – 1,5 см.

3. Используемые источники (учебники, справочники, статьи, стандарты и др.) отмечаются в тексте в порядке их использования номерами в квадратных скобках, например: [6], а при уточнении страницы источника [6, с. 15]. Библиографические сведения указывают в перечне в том виде, в котором они даны в источнике информации.

4. Текст ПЗ разделяется на разделы и подразделы. При необходимости подразделы делятся на пункты и подпункты. Разделы, кроме введения, заключения, списка использованных источников и приложений, имеют сквозную нумерацию арабскими цифрами без точки после номера раздела или подраздела.

Наименование каждого раздела записывается с нового листа 16 полужирным шрифтом с красной строки строчными буквами, кроме первой – прописной. Переносы слов и сокращения в заголовках не допускаются, точку в конце заголовка не ставят. Заголовки не подчеркиваются. Подразделы нумеруются в пределах раздела. Номера подразделов состоят из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. Наименование каждого подраздела записывается 14 полужирным шрифтом.

Между подразделами оставлять свободную строку.

При необходимости подразделы делятся на пункты и подпункты. Номера пунктов состоят из номера раздела, подраздела и пункта, разделенных точками. Каждый подраздел, пункт и подпункт записывается с абзаца. Наименование пунктов (если есть) начинается с прописной буквы и продолжается строчными буквами.

5. Формулы рекомендуется набирать в редакторе формул по центру строки 14 шрифтом Times New Roman. В качестве символов применяются стандартные обозначения. В формулах четко обозначать буквы, цифры, надстрочные и подстрочные символы и индексы.

6. Рекомендуется нумеровать только те формулы, на которые необходимы ссылки при дальнейшем изложении текста ПЗ. Номера формул ставятся с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

7. Расшифровка формулы, при необходимости, приводится непосредственно под формулой. В конце формулы ставится запятая, а при необходимости и размерность. Значение каждого символа даются с новой строки в той последовательности, в какой они приведены в формуле.

Первая строка расшифровки начинается со слова «где» (без двоеточия после него). Например:

Определяем величину напряжения источника питания каскада по формуле:

$$E = 2\sqrt{2P_{\text{нагр}} \cdot R_{\text{нагр}}} + U_{\text{ост}}, \quad (7.1)$$

где  $P_{\text{нагр}}$  – мощность нагрузки, Вт;

$R_{\text{нагр}}$  – сопротивление катушки громкоговорителя, Ом;

$U_{\text{ост}}$  – остаточное напряжение, В.

8. Расчеты по формулам располагать по левому краю с абзацного отступа. В формулах точка как знак умножения между скобками не ставится. Знак умножения (точка) ставится перед цифрами и дробями. Перенос формулы на следующую строку допускается после знаков: «=» (равно), «+» (плюс), «-» (минус), «·» (умножение) с повторением этих знаков на новой строке.

9. Рисунки, графики – далее иллюстрации, нумеруются арабскими цифрами в пределах каждого раздела ПЗ или сквозной нумерацией по всей ПЗ без учета разделов (рис. 1.1 или рис. 1). Ссылки даются в виде: (рис. 3.2) или (см. рис. 3.2) и, по возможности, сразу после ссылки размещают иллюстрации так, чтобы их можно было рассматривать без поворота листа. Иллюстрации допускается располагать на отдельном листе с поворотом листа на 90° по часовой стрелке.

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисовочный текст). Слово «Рисунок» и его наименование помещают после поясняющих данных с выравниванием по центру 12 шрифтом.

Сетка графика определяется масштабом шкал (равномерных или логарифмических) осей координат. На осях графиков указывают наименования и единицы измерения величин, числовые значения которых помещены у делений шкалы.

## СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка (ПЗ) – текстовый документ, в котором изложен материал о проделанной студентом работе при выполнении курсовой работы. К оформлению ПЗ предъявляются основные требования по ГОСТ 2.105 и ГОСТ 7.32. Каждой курсовой работе присваивается индивидуальное буквенно-цифровое обозначение:

### **ПГУТИ АААААА.БББ.ВВВ**

где **ПГУТИ** – аббревиатура университета;  
**АААААА** – код специальности и направления  
**БББ** – индекс кафедры, на которой выполняется КР  
**ВВВ** – порядковый номер студента в списке группы.

Код специальности и направления, а также индекс кафедры выбирается в соответствии из таблиц П.2.1 и П.2.2 (Приложение 2).

Пояснительная должна содержать следующие обязательные листы и разделы:

– Титульный лист является первым листом ПЗ. Пример заполнения титульных листов дан в Приложении 3.

– Рецензия – второй лист ПЗ, заполняется преподавателем, лист должен содержать заголовок «РЕЦЕНЗИЯ»

– Техническое задание к курсовой работе – третий лист ПЗ, выдается преподавателем при получении задания на курсовую работу.

– Содержание ПЗ является четвертым листом, в котором перечисляются наименования всех, разделов, подразделов и приложений ПЗ с указанием номеров страниц, где они начинаются. Разделы, подразделы и приложения в содержании записываются в точном соответствии с их наименованиями без сокращений строчными буквами (кроме первой прописной).

– Введение – раздел ПЗ, содержащий общие сведения по тематике выполняемой курсовой работе. Объем раздела 1..2 стр.

– Теоретические сведения о синтезируемой антенне – раздел, содержащий общие теоретические сведения об антеннах исследуемого типа, принципе работы, границах их применения в различных отраслях человеческой деятельности. Объем раздела 3..5 стр.

– Аналитические расчеты синтезируемой антенны – раздел, содержащий описание методики синтеза антенн по заданным требованиям к диаграмме направленности, а также предварительные расчеты всех основных и вспомогательных величин, сопряженных с синтезом. Объем раздела 2..3 стр.

– Моделирование антенны в САПР – раздел, содержащий информацию по моделированию антенны в САПР, диаграммы направленности ан-

тенны, смоделированной по данным предварительных расчетов, анализ несоответствия результата с заданными требованиями, а также последующая корректировка антенны. Объем раздела 4..8 стр.

– Расчет согласующего устройства – раздел, содержащий общую информацию о методиках согласования нагрузки(антенны) с фидерной линией, а также расчет согласующего устройства для синтезированной антенны.

– Заключение – раздел, содержащий анализ полученного в ходе выполнения курсовой работы результата, объяснение расхождения (в случае его наличия) с техническим заданием. Объем раздела 1..2 стр.

– Список использованной литературы

– Чертеж габаритный синтезированной антенны – выполняется на листе А4 с основной надписью по форме 1 ГОСТ 2.104. Пример выполнения дан в Приложении 4

– Диаграмма направленности синтезированной антенны – выполняется на листе А4 с основной надписью по форме 1 ГОСТ 2.104. Пример выполнения дан в Приложении 4

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОВОЛОЧНЫХ АНТЕНН В ПРОГРАММЕ MMANA**

Вычислительной основой MMANA является программа MININEC Ver.3, которая была создана для целей американских ВМС в Washington Research Institute. Все дополнительные функции и интерфейсы написаны программистом Makoto Mori. Русифицированная и английская версии MMANA сделаны И. Гончаренко.

Программа позволяет:

- создавать и редактировать описания антенны, как заданием координат, так и мышкой;
- рассматривать множество разных видов антенны;
- рассчитывать диаграммы направленности (ДН) антенн в вертикальной и горизонтальной плоскостях (под любыми вертикальными углами);
- сравнивать результаты моделирования нескольких разных антенн (ДН и все основные характеристики);
- редактировать описание каждого элемента антенны, включая возможность менять форму элемента без сдвига его резонансной частоты;
- редактировать описание каждого провода антенны;
- рассчитывать комбинированные провода, состоящие из нескольких, разных диаметров;
- создавать многоэтажные антенны – стеки, причем в качестве элемента стека можно использовать любую существующую или созданную антенну;
- оптимизировать антенну, настраивая цели оптимизации:  $Z_{вх}$ , КСВ, коэффициент усиления, F/B, минимум вертикального угла излучения;
- строить множество разнообразных графиков:  $Z_{вх}$ , КСВ, коэффициента усиления, отношения излучений вперед/назад (F/B), включая показ зависимости ДН от частоты.
- автоматически рассчитывать несколько типов согласующих устройств (СУ);
- создавать файлы таблицы (формата \*.csv, просматриваемого в Excel) для всех переменных расчетных данных: таблицы токов в каждой точке антенны, зависимости усиления от вертикальных и горизонтальных углов, таблицы основных параметров антенны как функций частоты и таблицу напряженности электрического и магнитного полей антенны в заданном пространстве;

- рассчитывать катушки, контура, согласующие устройства на LC элементах, согласующие устройства на отрезках длинных линий (несколько видов), индуктивности и емкости, выполненные из отрезков коаксиального кабеля.

Ограничений по взаимному расположению проводов нет. Это означает, что любая конфигурация проводников будет рассчитана корректно. Максимальное число: проводов – 512, источников – 64, нагрузок – 100. Максимальное число точек расчета – 8192 (установлено по умолчанию – 1280).

Необходимый объем ОЗУ для программы составляет: для 1024 точек – 8 Мб, для 2048 – 32 Мб, для 4096 – 128 Мб, для 8192 – 512 Мб. То есть удвоение числа точек требует учетверения емкости ОЗУ. В еще более резкой, экспоненциальной зависимости растет время вычислений от числа точек.

### Вкладка «Геометрия»

Вкладка Геометрия содержит три таблицы, служащие для ввода и редактирования проводов, источников и нагрузок. Кроме того, на ней расположены элементы позволяющие настроить параметры сегментации и установить основную частоту.

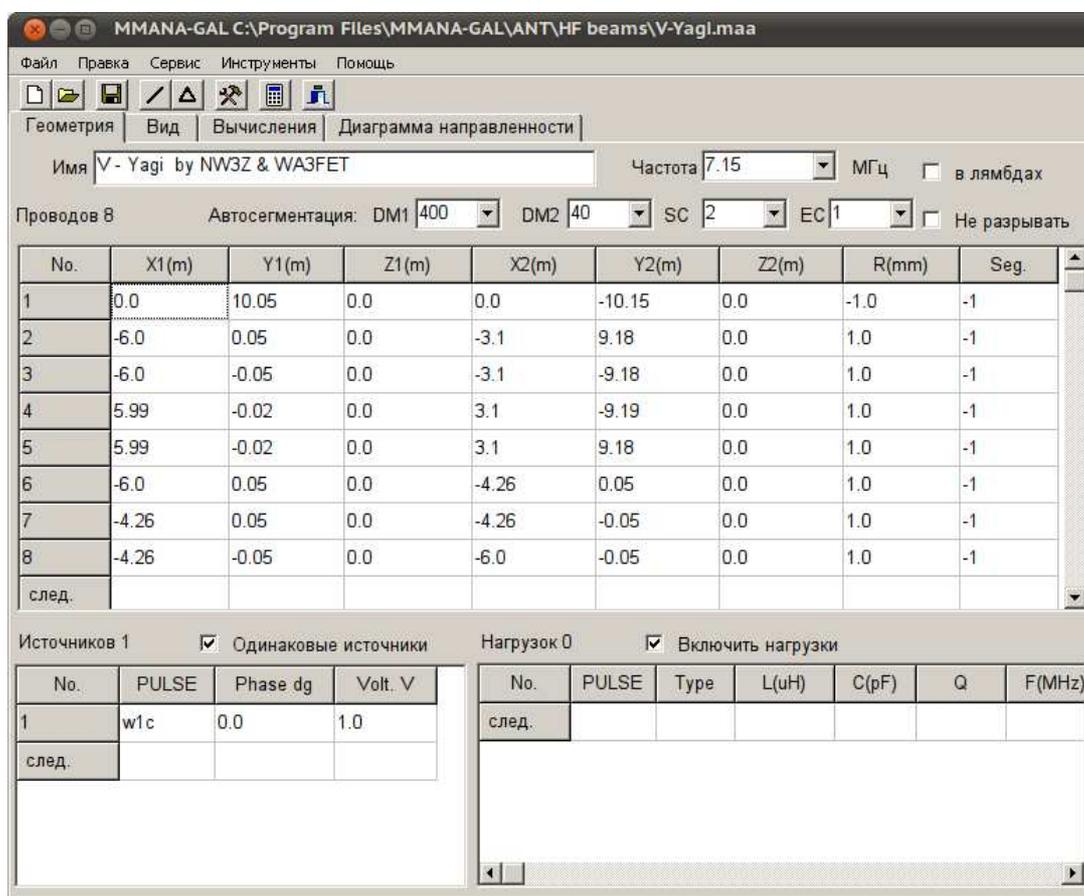


Рис. П.1.1. Вкладка «Геометрия»

## Таблица проводов

Таблица расположена в верхней части окна и имеет 8 колонок. Первые шесть ( $X_1, Y_1, Z_1, X_2, Y_2, Z_2$ ) описывают координаты (декартовы) начала и конца провода. Координаты указываются в метрах, или, при установленной опции «в лямбдах», координаты указываются в отношении к длине волны.

Седьмая колонка  $R$  описывает радиус провода:

$R > 0$  – радиус провода в миллиметрах ;

$R = 0$  – изолятор, провод не учитывается при расчетах;

$R < 0$  – комбинированный провод, состоящий из нескольких проводов разного физического радиуса, описание которого задается в окне для установок комбинированного провода или из окна с таблицей размеров комбинированного провода. Оба окна можно вызвать из всплывающего меню, а окно Установки комбинированного провода и из главного меню Правка.

Последняя колонка  $Seg$  описывает способ сегментации (деления данного провода на сегменты для метода моментов):

$Seg > 0$  – режим ручного разбиения;

$Seg = 0$  – Автоматическое разбиение провода на сегменты одинаковой длины, равной  $\lambda/DM2$ . Рекомендуется к использованию только тогда, когда нежелательно использовать отрицательные значения  $Seg$  из-за малой длины сегмента на краях.

$Seg = -1$  – автоматическая сегментация с переменной длиной сегмента. Установлена по умолчанию. Рекомендуется к использованию в большинстве случаев. В центре провода длина сегмента максимальна и составляет  $\lambda/(DM2 \cdot EC)$ . К обоим краям провода длина сегмента убывает до  $\lambda/(DM1 \cdot EC)$ . Множитель  $SC$  ( $1 < SC < 3$ ) показывает откуда начинается уплотнение сегментов от середины к краям.

$Seg = -2$  – почти то же самое, что и  $Seg = -1$ , но длина сегментов уменьшается от начала к концу провода.

$Seg = -3$  – то же самое, что и  $Seg = -2$ , но длина сегментов уменьшается от конца к началу провода.

$Seg = N, M$  – то же самое, что и  $Seg = -1$ , но в качестве  $DM1$  и  $DM2$  используются введенные через запятую числа  $N$  и  $M$ .

### ОБЩИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ МЕТОДА МОМЕНТОВ ПО СЕГМЕНТАЦИИ И РАСПОЛОЖЕНИЮ ПРОВОДОВ

– Минимальная длина сегмента должна быть меньше чем  $0,1\lambda$ , чем минимальное расстояние между соседними проводами, чем минимальная высота провода над землей, чем длина самого короткого провода.

– Длина сегмента должна быть больше, чем диаметр провода.

– Максимальный радиус не должен превышать  $0.01\lambda$  для высокой точности расчета.

– Отношение длины сегментов в соединяемых проводах должно быть более 2.

– Отношение радиусов проводов, образующих переход должно быть более 10.

## Источники напряжения

Таблица расположена в нижней части окна и имеет 3 колонки:

*Таблица П1.1. – Значения источников напряжения*

Puls	Место положения источника. Описывается так: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ первая буква должна быть w(ire).</li><li>▪ следующая за ней цифра означает номер провода в который включен источник.</li><li>▪ буква после номера провода обозначает место включения источника в провод: b(ottom) - начало провода c(enter) - середина провода; e(nd) - конец провода.</li><li>▪ следующая цифра (не обязательный элемент) показывает количество сегментов, на которое смещена точка включения источника.</li></ul>
Phase deg.	Фаза напряжения источника. Необходимость в сдвиге фазы питающего напряжения возникает при проектировании антенн с активным питанием.
Volt. V	Напряжение источников питания. При отмеченном окошечке "Авто напр." величина напряжения автоматически устанавливается равной 1/(количество источников).

## Нагрузки

Таблица нагрузок служит для задания RLC элементов включенных в провода антенны. Количество используемых колонок зависит от способа описания нагрузки. Колонка Puls служит для описания места включения нагрузки, которое описывается так же, как для источников. В колонке Type описывается тип нагрузки: LC, R+jX, S:

- LC элемент – в таблицу заносится значение индуктивности, емкости и добротность (0 - означает бесконечную добротность) ;
- R+jX – комплексное сопротивление нагрузки ;
- S – нагрузка задается при помощи коэффициентов полинома Лапласа.

Для выбора типа нагрузки следует щелкнуть левой кнопкой мыши в колонке Type и выбрать желаемый тип из всплывающего меню.

Нагрузки можно включать и отключать, отмечая опцию "Включить нагрузки".

ПРИМЕЧАНИЕ: Для включения источников и нагрузок лучше всего создавать отдельный короткий провод. В таком случае не возникают проблемы при изменении плотности сегментации и при переводе модели из \*.maa в \*.nes.

## Вкладка «Вид»

Выбрав эту вкладку можно посмотреть внешний вид в трехмерном пространстве описанной антенны (или взятой из готового файла) и распределение сегментов и токов по ней.

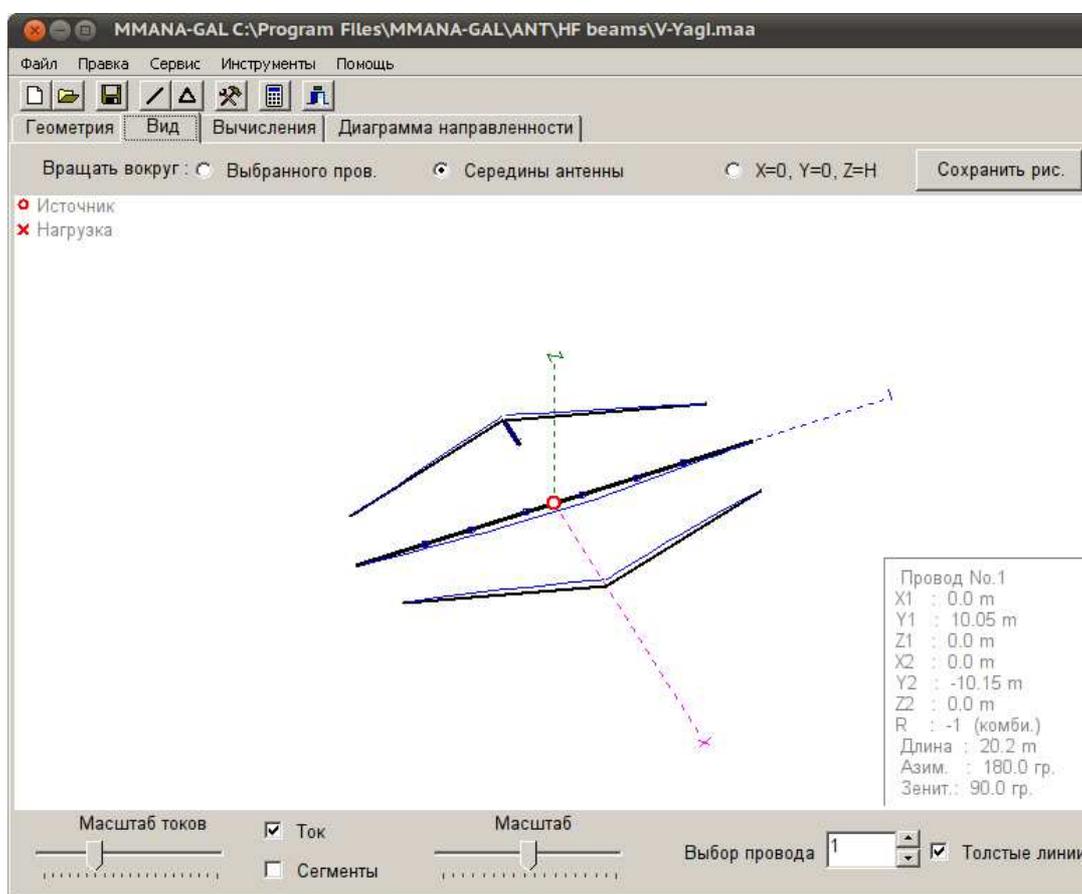


Рис.П.1.2. Вкладка «Вид»

Последнее возможно только после предварительного проведения расчета во вкладке Вычисления.

## Вкладка «Вычисления»

Вкладка Вычисления служит для запуска расчетов и вызова окон оптимизации, графиков и редакторов провода и элементов. На этой вкладке можно устанавливать частоту для текущего расчета, параметры земли и материал проводов.

Следует учитывать, что входное сопротивление и ближнее (реактивное) поле рассчитывается без учета потерь в реальной земле (т.е. полагая землю идеально проводящей). Потери в земле учитываются только при расчете диаграммы направленности модели. Радиус ближней зоны составляет около  $\lambda/2\pi = 0,16\lambda$ .

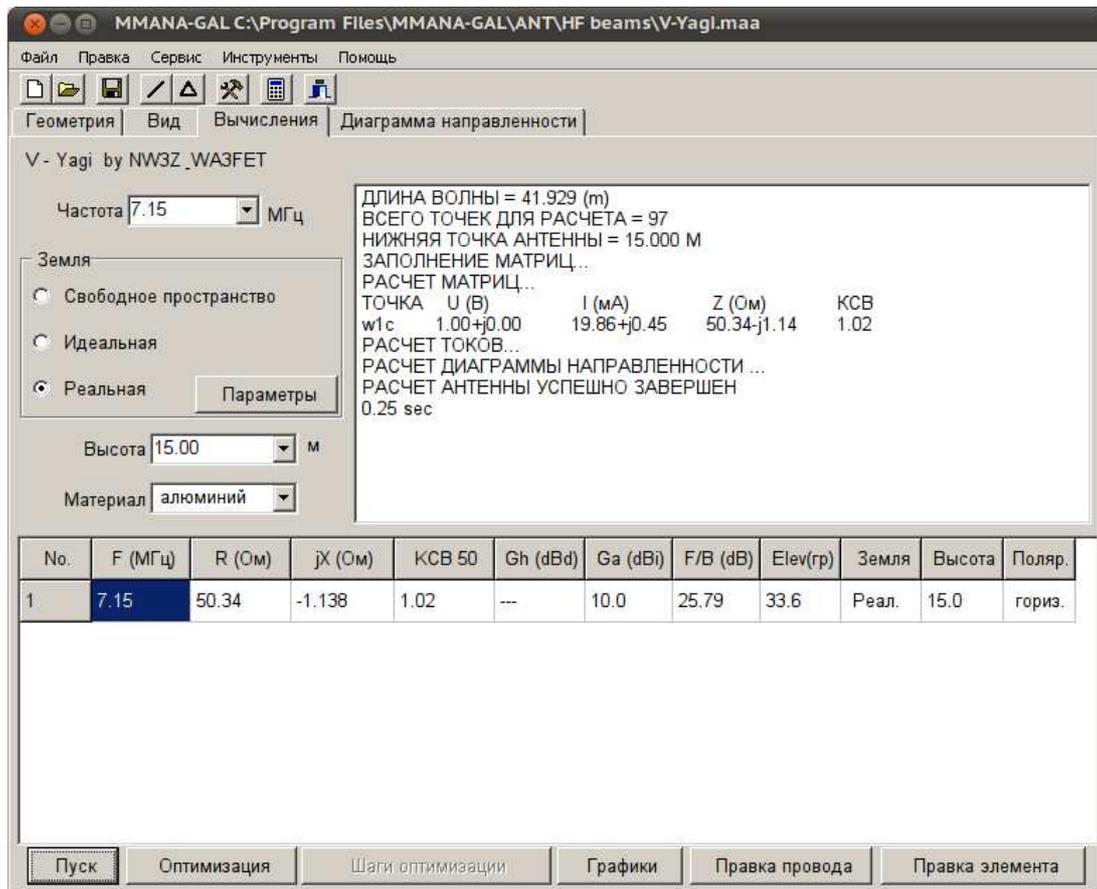


Рис. П.1.3. Вкладка «Вычисления»

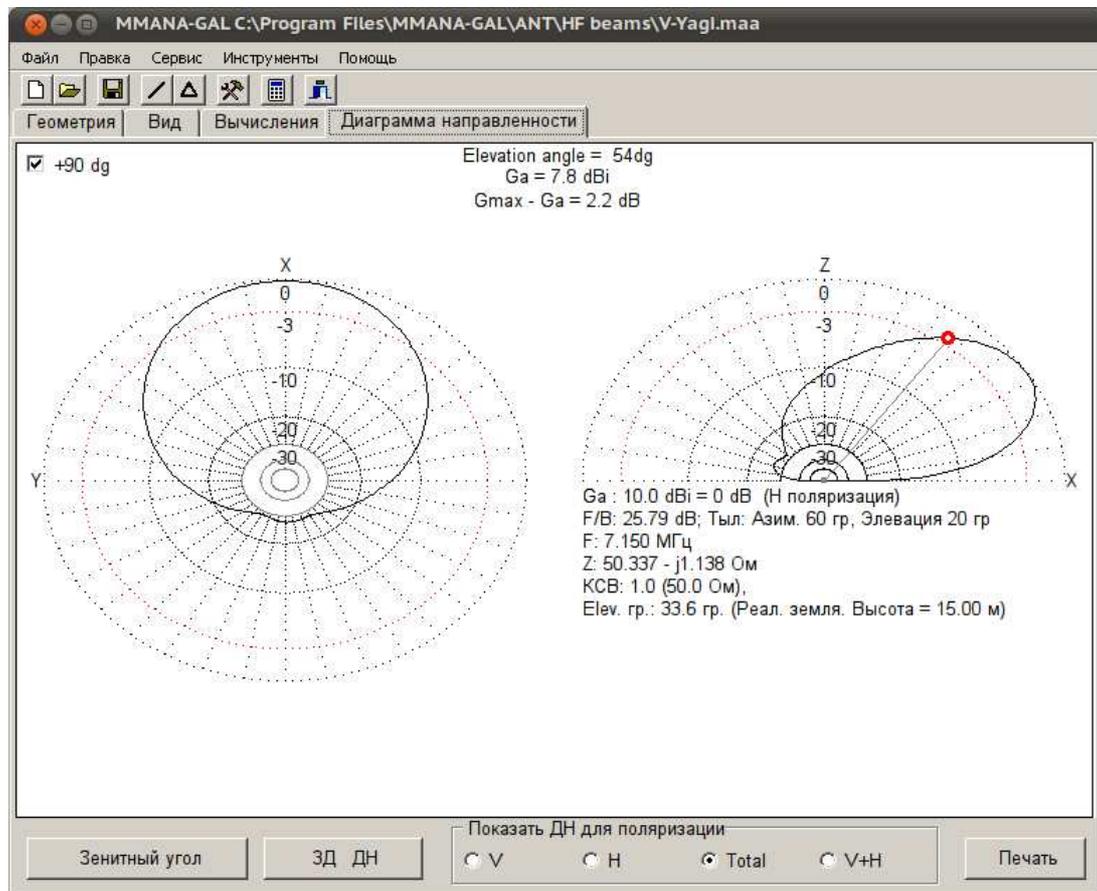


Рис.П.1.4. Вкладка «Диаграмма направленности»

## Вкладка «Диаграмма направленности»

На этой закладке выводятся диаграммы направленности. По умолчанию горизонтальная диаграмма выводится для зенитного угла, соответствующего максимальному усилению. Изменить зенитный угол построения горизонтальной диаграммы направленности можно, нажав кнопку «Зенитный угол». ДН в вертикальной плоскости строится для азимутального угла  $0^\circ$  (т.е. вдоль оси X). Изменить этот угол можно вращением антенны вокруг оси Z.

Выбрав точку на диаграмме направленности, можно получить подробную информацию по излучению в выбранном направлении.

В программе предусмотрена возможность построения трехмерной диаграммы направленности. Для ее вывода на экран следует нажать кнопку «3Д ДН».

## Окно «Правка провода»

Модель антенны можно просматривать и изменять в объемном виде или в одной из 3 плоскостей. В верхней правой части выводится информация о выбранном проводе.

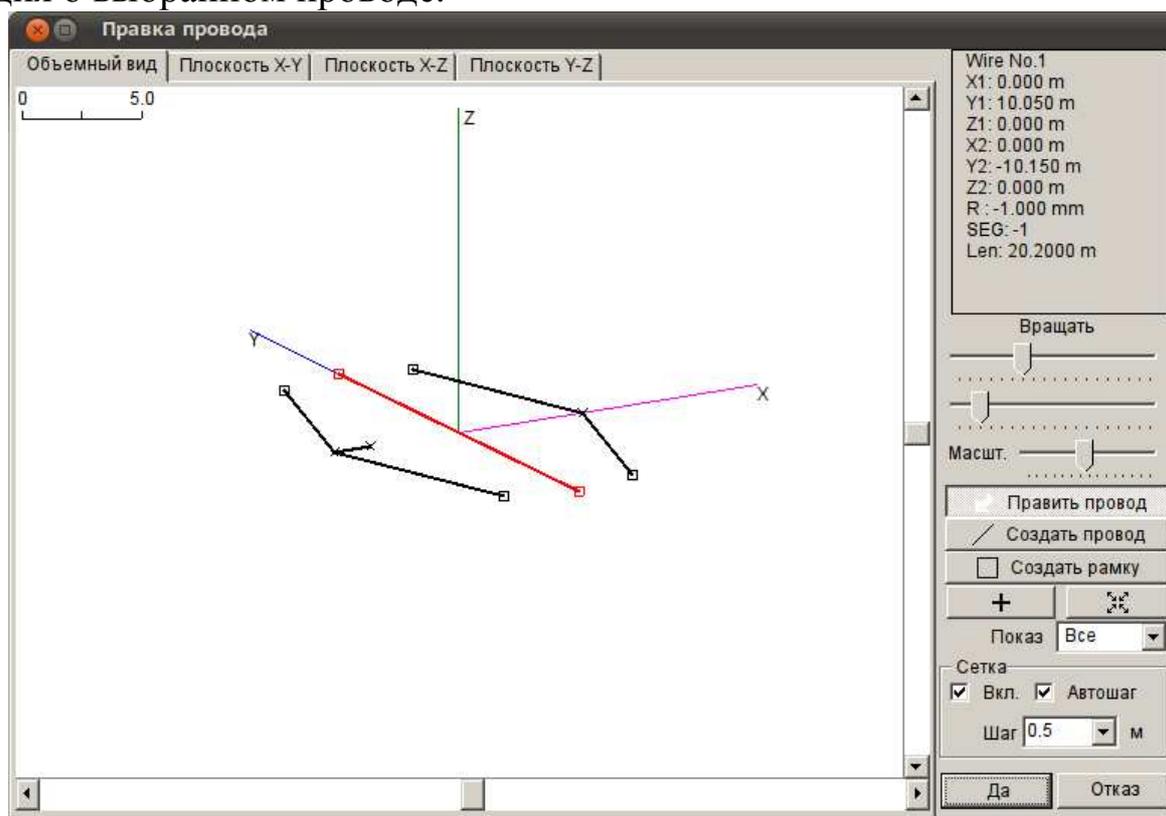


Рис. П.1.5. Окно Правка провода

Для удобства на двухмерных плоскостях выводится сетка, шаг которой может определяться автоматически или устанавливаться вручную. Следует обратить внимание на то, что длина редактируемых или вновь созданных проводов кратна шагу сетки.

**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**

**КОДЫ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И ИНДЕКСЫ КАФЕДР**

Таблица П.2.1 – Коды специальностей и направлений

Наименование	Код
Связи с общественностью	030602
Прикладная информатика в экономике	080801
Информационная безопасность телекоммуникационных систем	090106
Фотоника и оптоинформатика	200600
Телекоммуникации	210400
Физика и техника оптической связи	210401
Средства связи с подвижными объектами	210402
Защищенные системы связи	210403
Многоканальные телекоммуникационные системы	210404
Радиосвязь, радиовещание и телевидение	210405
Сети связи и системы коммутации	210406
Управление и информатика в технических системах	220201
Управление инновациями	220601
Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем	230105
Информационные системы и технологии	230201
Радиотехника	230302

Таблица П.2.2 – Обозначения и индексы кафедр

Наименование кафедры	Обозначение	Индекс
Теоретические основы радиотехники и связи	ТОРС	41
Радиосвязь, радиовещание и телевидение	РРТ	42
Основы конструирования и технологии радиотехнических систем	ОК и ТРТС	43
Автоматическая электросвязь	АЭС	45
Экономика и организация производства	Э и ОП	46
Связи с общественностью	СО	47
Системы связи	СС	48
Информатика и вычислительная техника	ИВТ	50
Информационные системы и технологии	ИСТ	51
Экономические и информационные системы	ЭИС	52
Электронная коммерция	ЭК	53
Физика	Физ	54
Линии связи и измерения в технике связи	ЛС и ИТС	56
Электродинамика и антенны	Э и А	57
Философия	Фил	59
Инфокоммуникационные технологии	ИКТ	60
Мультисервисные сети и информационная безопасность	МСИБ	61
Инженерия знаний	ИЗ	62
Программное обеспечение и управление в технологических системах	ПОУТС	63

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И ИНФОРМАТИКИ

Факультет Телекоммуникаций и радиотехники

Кафедра Электродинамики и антенн

Параметрический синтез антенны базовой станции  
по заданным требованиям к диаграмме направленности

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

Пояснительная записка

**ПГУТИ.220203.057.001 ПЗ**

Руководитель ассистент Д.В. Скачков  
должность      ученая степень, звание      подпись      дата      инициалы, фамилия

Н. контролер ассистент Д.В. Скачков  
должность      ученая степень, звание      подпись      дата      инициалы, фамилия

Разработал РС-31 В.В. Пупкин  
группа      подпись      дата      инициалы, фамилия

**САМАРА, 2005**



Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Поволжский  
государственный университет телекоммуникаций и информатики»  
443010, г.Самара, ул. Льва Толстого 23

*Отпечатано на лазерном принтере в соответствии с материалами, представленными заказчиком*

---

Отпечатано на кафедре Э и А Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики  
443090, г.Самара, Московское шоссе 77.  
т. (846) 228-00-50