

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В
ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ**

Томск 2015

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники
(СВЧиКР)

Утверждаю:

Заведующий кафедрой СВЧиКР
канд. физ.-мат. наук, профессор
_____ С. Н. Шарангович
«__» _____ 2015г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Руководство к лабораторным работам для подготовки магистров по
направлению 11.04.02 — Инфокоммуникационные технологии и системы
связи, дисциплина «Теория электромагнитной совместимости
радиоэлектронных средств и систем»

Разработчики:

студент гр.140-3

_____ Р.О. Ромашов

ассистент кафедры СВЧиКР

_____ А. Ю. Попков

профессор кафедры СВЧиКР

_____ В. И. Ефанов

Томск 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ.....	5
2 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.....	6
3 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ.....	10
3.1 Описание лабораторной установки.....	10
3.2 Порядок выполнения работы.....	10
3.3 Требования к отчёту.....	14
3.4 Домашнее задание.....	14
3.5 Контрольные вопросы.....	14
4 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ А (СПРАВОЧНОЕ).....	16

1 ВВЕДЕНИЕ

Системы радиосвязи на УКВ широко используются в городских условиях. Это телевидение, сотовые и транкинговые системы связи. Поэтому для оценки ЭМС РЭС, использующих для связи дециметровые волны, необходимо рассмотреть особенности РРВ в городе.

Городская среда создаёт для распространения радиоволн условия, значительно отличающиеся от тех, которые наблюдаются на приземных трассах. Крупные строения, размеры которых во много раз превышают длину волны УКВ-излучения, создают обширные теневые зоны, рассеянные и отражённые волны придают процессу распространения существенно многолучевой характер и формируют сложную структуру поля с глубокими и резкими пространственными замираниями. Это приводит к значительным трудностям как при прогнозе условий работы РЭС, так и при обеспечении надёжной радиосвязи, особенно в системах широкополосной цифровой связи при связи с подвижными объектами. Сложность структуры поля в условиях города в основном определила статистический подход к изучению особенностей распространения радиоволн. [1]

Целью данной работы является исследование электромагнитной обстановки (ЭМО) вокруг РК ТУСУР и определение уровня мощности радиопередающего устройства базовой станции по измерению напряжённости электромагнитного поля.

2 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Электромагнитная обстановка (ЭМО) — это совокупность электромагнитных излучений в точке или районе, где размещается (или предполагается разместить) РЭС. Электромагнитные излучения могут нарушить качество работы РЭС, вплоть до полной невозможности выполнения им своей основной функции. Появление нового РЭС изменяет ЭМО в точках, где уже расположены работающие средства. Это изменение может ухудшить качество функционирования некоторых из них. Решение задач обеспечения удовлетворительного функционирования РЭС в окружающей ЭМО, не оказывая недопустимого воздействия на нее и другие средства, составляет сущность проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС).

Основной функцией радиопередатчиков является генерирование высокочастотной энергии, несущей какую-либо информацию. С точки зрения ЭМС основными параметрами любого излучения передатчика являются его мощность, несущая частота и спектр.

Основное излучение — наиболее мощное из всех излучений радиопередатчика. Источником информации о его параметрах служит техническое описание, в котором указываются номинальная мощность излучения, рабочие частоты передатчика, вид модуляции сигнала.

Побочные излучения — это нежелательные излучения, возникающие в результате любых нелинейных процессов в радиопередатчике кроме процесса модуляции. Побочные излучения являются наиболее растянутыми по частотному диапазону, поэтому от их уровня и количества в значительной степени зависит обеспечение условий ЭМС.

Излучаемая радиопередающим устройством мощность определяется мощностью радиопередатчика, усилением антенны и потерями в фидерном тракте [1].

Под выходной мощностью радиопередатчика понимают активную мощность, передаваемую радиопередатчиком в антенно-фидерное устройство или

эквивалент антенны. Она может быть определена мощностью несущей, средней, пиковой и импульсной мощностями радиопередатчика [2].

Мощность несущей радиопередатчика — выходная мощность радиопередатчика при непрерывном излучении без модуляции несущей.

Средняя мощность радиопередатчика — выходная мощность нормально работающего радиопередатчика, определяемая как среднее значение мощности за время, превышающее период наименьшей частоты модулирующего сигнала, в течение которого средняя мощность максимальна.

Пиковая мощность радиопередатчика — выходная мощность радиопередатчика, соответствующая максимальной амплитуде радиочастотного сигнала.

Импульсная мощность радиопередатчика — выходная мощность радиопередатчика, определяемая как среднее значение мощности за время излучения импульса.

Эффективно излучаемая мощность (ЭИМ) — мощность радиоизлучения, подводимая радиопередатчиком через согласованный фидер к антенне, умноженная на коэффициент усиления этой антенны.

Эквивалентная изотропно излучаемая мощность (ЭИИМ) — произведение мощности, подводимой радиопередатчиком к антенне, на коэффициент усиления этой антенны в заданном направлении относительно изотропной антенны. Вычисляется по формуле:

$$\text{ЭИИМ} = P_{\text{пер}} + G_{\text{пер}} - \eta_{\text{пер}}, \quad (2.1)$$

где $P_{\text{пер}}$ — выходная мощность передатчика, $G_{\text{пер}}$ — коэффициент усиления передающей антенны в направлении приёмника, $\eta_{\text{пер}}$ — потери в линии связи между передатчиком и передающей антенной [1].

Мощность сигнала на входе приёмного устройства в радиоканале прямой видимости определяется выражением:

$$P_{\text{прм}} = (P_{\text{прд}} \eta_{\text{прд}} G_{\text{пер}} G_{\text{прм}} \eta_{\text{прм}}) / (B_{\text{св.пр}} B_{\text{доп}}) \text{ (Вт)}, \quad (2.2)$$

где $P_{\text{прд}}$ — мощность на выходе передатчика; $G_{\text{пер}}$, $G_{\text{прм}}$ — коэффициент направленного действия антенны передатчика и приёмника соответственно; $\eta_{\text{прд}}$, $\eta_{\text{прм}}$ — потери в фидерном тракте передатчика и приёмника соответствен-

но; $B_{\text{св.пр}}$ — потери в свободном пространстве при распространении радиоволн; $B_{\text{доп}}$ — дополнительные потери, обусловленные неточностью наведения антенн и фактически характеризуют погрешность измерения в следствии случайного характера измерения влияющих факторов. В случае данной лабораторной работы $B_{\text{доп}}=1$.

По условиям распространения радиоволн целесообразно выделить три случая: связь между пунктами, когда антенны подняты над городской застройкой; связь между пунктами, когда антенна базовой станции (БС) поднята над городом, а антенна абонентской станции (АС) находится ниже уровня верхних этажей; связь между объектами, антенны которых расположены внутри городской застройки.

В настоящее время существует много разнообразных эмпирических формул, позволяющих выполнить оценки ослабления сигнала в городе, применительно для случая высоко поднятой антенны БС и наземной приёмной антенны подвижной АС.

Наибольшее распространение на практике получила модель Хата по определению среднего значения потерь $L_{\text{ос}}$ в канале радиосвязи, позволяющая выразить $L_{\text{ос}}$ в аналитическом виде. Эта модель рекомендована международным консультативным комитетом по радио (ММКР) для проектирования систем связи подвижных объектов в диапазоне частот 100–1500 МГц на расстояниях от 1 до 20 км, при высотах БС от 30 до 200 м и высоте АС от 1 до 10 м.

Согласно эмпирической модели Хата средний уровень потерь при распространении радиоволн над квазиплоским городом определяется следующим образом:

$$L_{\text{распр}} = - (69,55 + 26,16 \cdot \lg f - 13,82 \cdot \lg H_{\text{БС}}) \cdot \lg R + \alpha(h_{\text{АС}}) - \alpha(T_{\text{м}}), \text{ [дБ]}, \quad (2.3)$$

где f — частота излучения, МГц; R — расстояние между БС и АС, км; $H_{\text{БС}}$ — высота антенны БС, м; $h_{\text{АС}}$ — высота антенны АС, м; $\alpha(h_{\text{АС}})$ — поправочный коэффициент, учитывающий высоту антенны АС в зависимости от размеров города, дБ.

$\alpha(h_{\text{АС}})$ для небольших и средних городов рассчитывается по формуле:

$$\alpha(h_{AC}) = (1.1 \cdot \lg f - 0.7) \cdot h_{AC} - (1.56 \cdot \lg f - 0.8), \quad (2.4)$$

где f — частота излучения, МГц; h_{AC} — высота антенны АС, м [1].

При последующем анализе измерений и расчётов следует учитывать, что экспериментально была измерена мощность БС передатчика «по тракту», которая составила $P_{пер}=40,2$ Вт или 46 дБм. При расчётах излучённой мощности передатчика следует добавить разницу между экспериментальными значениями, определяемую как $46 - P_{пр}$.

Диапазон частот, используемых в данной лабораторной работе, определяется от 920 до 970 МГц, что полностью соответствует диапазону GSM 900 МГц. Данный диапазон, изначально выделенный под стандарт GSM, является всемирным. В некоторых странах применяются расширенные диапазоны частот, дающие большую ёмкость сети [3]. Конкретные наблюдаемые максимумы напряжённости поля в данной лабораторной работе соответствуют downlink-диапазону 935..960 МГц (канал связи от базовой станции сотового оператора к абоненту).

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

3.1 Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из последовательно соединённых измерительной антенны Пб-62, анализатора спектра СК4М и компьютера для обработки принятых данных и отображения их в удобной человеку форме — в виде спектра.

Анализатор спектра (панорамный измерительный приёмник) СК4М предназначен для измерения формы спектра, частот и уровней спектральных компонент периодических сигналов в частотном диапазоне от 10 до 4000 МГц. Анализатор обладает возможностью измерения коэффициента шума и коэффициента передачи приёмно-усилительных устройств в частотном диапазоне от 10 до 4000 МГц [5].



Рис. 3.1.1 — Блок-схема лабораторного макета

3.2 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться со средой управления параметрами измерения и отображения результатов измерений — Graphit (Приложение А).
2. Изучить функциональную схему устройства лабораторной работы (рисунок 3.1.1).

Для начала необходимо собрать лабораторную установку согласно блок-схеме. Измерительная антенна соединяется с СК4М при помощи коаксиального

СВЧ-кабеля. Проводить соединение необходимо аккуратно и без применения грубой силы, лучше всего — в присутствии преподавателя. СК4М соединяется с компьютером при помощи Ethernet-кабеля — один конец непосредственно в анализатор спектра (порт RJ45 на задней панели устройства), один — в настенную Ethernet-розетку рядом с рабочим местом. Теперь можно включать СК4М, запускать Graphit и начинать измерения (согласно методике, описанной в разделе «Работа с анализатором спектра СК4М в ПО Graphit» (Приложение А)).

Сразу после запуска измерений необходимо установить параметры измерения в области панелей управления:

Полоса фильтра ПЧ: 3 МГц; Мин. ВЧ ослабление, дБ: 0;

Опорный уровень, дБм: -22; Минимизировать: искажение;

Ослабление РПТ, дБ: 20; Ослабление ВЧ, дБ: 20 (для защиты входных цепей анализатора рекомендуется устанавливать минимальное ВЧ-ослабление не менее 10 дБ!); Диапазон, МГц: 920–970; Количество точек: 501; Степень усреднения: 13.

Если все значения выставлены правильно, в окне появится измерительная трасса зависимости напряжённости поля от частоты, обновляемая каждые 2-3 секунды.

3. Снять показания напряжённости электромагнитного поля базовой станции сотовой связи стандарта GSM в полосе 920–970 МГц (пять измерений на одной и той же частоте) при закрытом окне.

После появления на экране измерительной трассы следует установить антенну таким образом, чтобы значения напряжённости поля в области диаграмм были максимальными.

С измерительной трассы необходимо снять значения показания в области максимума напряжённости данного диапазона. Для этого нужно поставить маркер на максимум и снять пять значений напряжённости поля при одной и той же частоте. Работа с инструментом «Маркер» описана в разделе «Работа с анализатором спектра СК4М в ПО Graphit» (Приложение А). Из-за постоянно ме-

нящейся ЭМО значения мощности поля не будут статичными, даже если рассматривать их на одной и той же частоте.

Для дальнейших расчётов полученные величины переводятся из дБм в дБмкВ по формуле:

$$V(\text{дБмкВ})=V(\text{дБм})+107 \quad (3.2.1)$$

Рассчитанные значения занести в первую пустую строку таблицы 3.2.1.

Повторить измерения при открытом окне, перевести измеренные величины из дБм в дБмкВ по формуле 3.2.1. Рассчитанные значения занести во вторую пустую строку таблицы 3.2.1.

Таблица 3.2.1 — Результаты измерений

№	R, км	f, МГц	Высота приёмной антенны h_{AC} , м	Показания тестового приёмника (дБмкВ)					
				V1	V2	V3	V4	V5	V_{cp}
1	0,3		10						
2	0,3		10						

4. Относительно пяти полученных показаний тестового приёмника (дБмкВ) при открытом (строка №1 в таблице) окне необходимо рассчитать излучённую мощность передатчика.

Для начала определим среднее значение показаний тестового приёмника:

$$V_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}, \quad (3.2.1)$$

где $n=5$ (количество измерений).

После рассчитаем среднеквадратическую погрешность среднего арифметического:

$$S_{V_{cp}} = \sqrt{\frac{\sum (V_i - V_{cp})^2}{n(n-1)}}, \quad (3.2.2)$$

где V_{cp} — среднее значение показаний тестового приёмника, $n = 5$ (количество измерений).

Определим границы доверительного интервала при доверительной вероятности $P_{\text{дов}}=0.95$. Так как число измерений мало, то будем считать, что распределение V подчиняется распределению Стьюдента.

При $P_{\text{дов}}=0.95$ и $n=5$ коэффициент $t=2.571$. Тогда получаем:

$$V_{\text{ср_Стьюд}} = \pm t_{\text{Стьюд}} \cdot S_{V_{\text{ср}}} = \pm 2.571 \cdot S_{V_{\text{ср}}} \quad (3.2.3)$$

В итоге получаем, что значение V лежит в пределах:

$$V = (V_{\text{ср}} \pm V_{\text{ср_Стьюд}}) \text{ дБмкВ}; P_{\text{дов}}=0.95; n=5 \quad (3.2.4)$$

Выделим в формуле 2.2 известные члены. Так величина $P_{\text{прд}} G_{\text{пер}}$ — ЭИИМ; произведение мощности, подводимой к антенне, на коэффициент усиления этой антенны в заданном направлении относительно изотропной антенны (абсолютный или изотропный коэффициент усиления). ЭИИМ может быть рассчитана по формуле 2.1. Следовательно:

$$P_{\text{прм}} = (\text{ЭИИМ} \cdot G_{\text{прм}} \cdot \eta_{\text{прм}}) / B_{\text{св.пр}} \quad (3.2.5)$$

Потери распространения в городских условиях определяются с помощью выражения 2.3. Определим мощность сигнала на входе анализатора сигнала спектра:

$$\text{ЭИИМ} = (P_{\text{пр}} \cdot G_{\text{пр}} \cdot \eta_{\text{пр}}) / B_{\text{св.пр}} \quad (3.2.6)$$

В логарифмическом представлении:

$$\text{ЭИИМ} = P_{\text{пр}} - B_{\text{св.пр}} \text{ (дБ)} \quad (3.2.7)$$

Мощность принимаемого сигнала связана с напряжённостью поля:

$$P_{\text{пр}} = E - K_{\text{пр}} - 107 \text{ (дБ)} \quad (3.2.8)$$

А напряжённость поля связана с напряжением на приёмнике следующим выражением:

$$E = V_{\text{пр}} + K_{\text{пр}}, \quad (3.2.9)$$

где $K_{\text{пр}} = -29.77 - G_{\text{пр}} + 20 \lg f$ — поправочный коэффициент антенны (дБм⁻¹). f — частота излучения. $G_{\text{пр}}$ в данном случае равен 1.

Последовательно подставим все выражения:

$$P_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} + K_{\text{пр}} - K_{\text{пр}} - 107 \text{ (дБ)} = V_{\text{пр}} - 107 \text{ (дБ)} \quad (3.2.10)$$

По определению $V_{\text{пр}}=V_{\text{ср}}$. Тогда мощность на приёмнике составит:

$$P_{\text{пр}} = V_{\text{ср}} - 107 \quad (3.2.11)$$

Расчёт эквивалентной изотропной излучаемой мощности:

$$\text{ЭИИМ} = P_{\text{пр}} + B_{\text{св.пр}} \text{ (дБ)} = P_{\text{пр}} + L_{\text{распр}} \text{ (дБ)} \quad (3.2.12)$$

Величина $P_{\text{пр}}$ была найдена выше, $L_{\text{распр}}$ рассчитывается по формуле 2.3, следовательно получаем:

$$P_{\text{пер}} = \text{ЭИИМ} - G_{\text{пер}} = P_{\text{пр}} + L_{\text{распр}} - G_{\text{пер}} \text{ (дБ)}, \quad (3.2.13)$$

где $G_{\text{пер}}$ — коэффициент усиления передающей антенны в направлении приёмника, в данной лабораторной работе $G_{\text{пер}} = 16.2$ дБ.

3.3 Требования к отчёту

По результатам проведённой лабораторной работы каждому студенту необходимо составить индивидуальный отчет, содержащий:

- краткие теоретические сведения;
- заполненную таблицу с экспериментальными данными;
- расчёты переданной в эфир мощности;
- объяснение разницы рассчитанных значений при закрытом окне и открытом;
- диаграммы напряжённостей поля в диапазоне 920–970 МГц;
- выводы по работе.

3.4 Домашнее задание

- Изучение теоретического материала по тематике лабораторной работы.
- Анализ модели процесса перекрёстных искажений в РПУ.

3.5 Контрольные вопросы

1. Что такое электромагнитная обстановка?
2. Что такое эквивалентная изотропно излучаемая мощность?
3. Какие сети соответствуют частотам 900 МГц?
4. Какие три случая выделяют по условиям распространения радиоволн?

4 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефанов В. И., Тихомиров А. А. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем: учебное пособие / Ефанов В. И., Тихомиров А. А. — ТУСУР, 2012.
2. Регламент радиосвязи. Т. 1. — М.: Радио и связь, 1985.
3. FAQ по частотам сотовой связи [Электронный ресурс] / Эксклюзив Комфорт — Режим доступа: <http://www.exclusive-comfort.ru/faq-chastoty-svyazi-gsm.shtml> (дата обращения 17.03.2015).
4. ГОСТ 23611-79. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения.
5. Анализатор спектра SK4M: руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] / Микран, 2014 — Режим доступа: http://download.micran.ru/kia/Manual/Library/SK4M/User_Manual/SK4M-18-UM.pdf (дата обращения 17.04.2015).
6. Черяздан А. Исследование электромагнитной обстановки в городских условиях: диссертация на соискание академической степени магистр / Черяздан А. — ТУСУР, 2013.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (СПРАВОЧНОЕ)

Работа с анализатором спектра СК4М в ПО Graphit

Исследование электромагнитной обстановки в городских условиях в данной лабораторной работе проводится с помощью антенны и анализатора спектра. Используется анализатор спектра типа СК4М производства НПФ «Микран». СК4М работает в составе с ПК посредством специализированного ПО Graphit, с помощью которого осуществляется управление параметрами измерения и отображение результатов измерений.

Запуск ПО Graphit осуществляется при помощи специально подготовленного ярлыка, настроенного для связи Graphit и анализатора спектра. Ярлык располагается по следующему адресу: Меню Пуск\Все программы\Приборы\Микран\Graphit\СК4М\Анализатор спектра. При запуске программы откроется окно «Подключение к прибору СК4М» (рис. А 1).

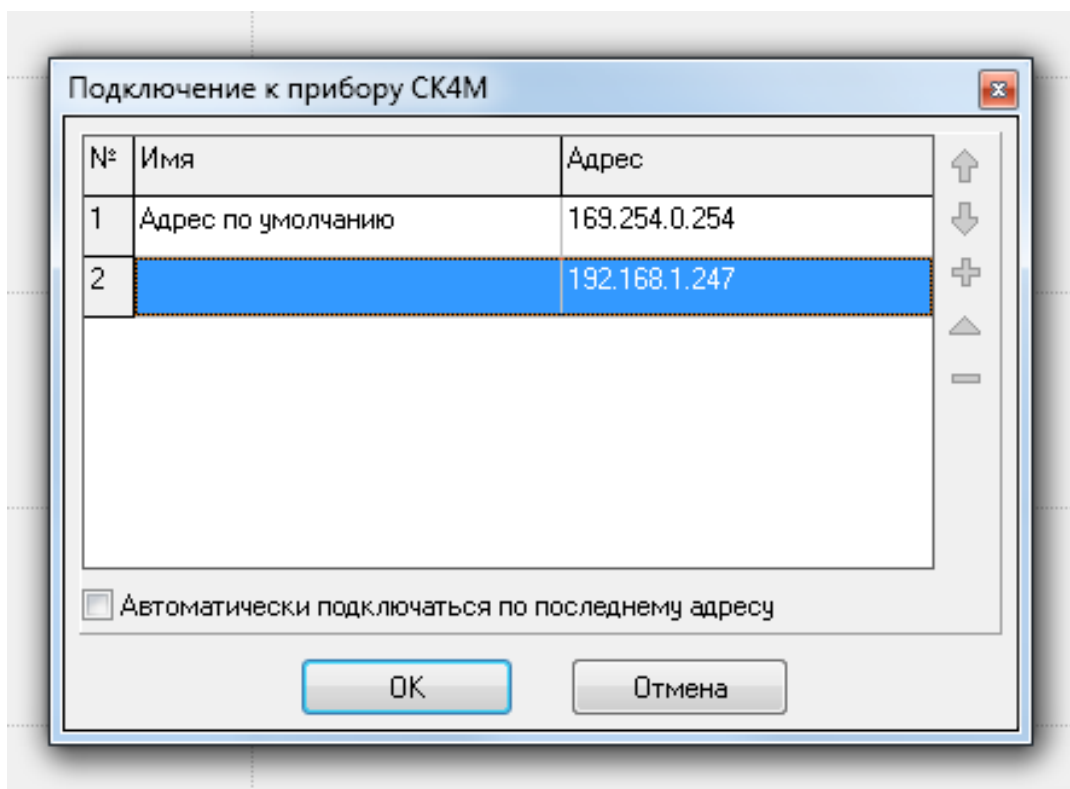


Рис. А 1 — Подключение к прибору СК4М

В нём необходимо выбрать пункт с адресом 192.168.1.247 и нажать клавишу «Ок». Graphit проведёт соединение с анализатором спектра, после чего СК4М будет полностью готов к работе.

Основное окно ПО Graphit (рис. А 2) состоит из выпадающих меню, кнопок запуска и остановки измерений, списка измерительных трасс (верхняя левая часть интерфейса, рис. А 3), области панелей управления измерением (правая часть интерфейса, рис. А 4) и область диаграмм (занимает большую часть интерфейса, рис. А 5).

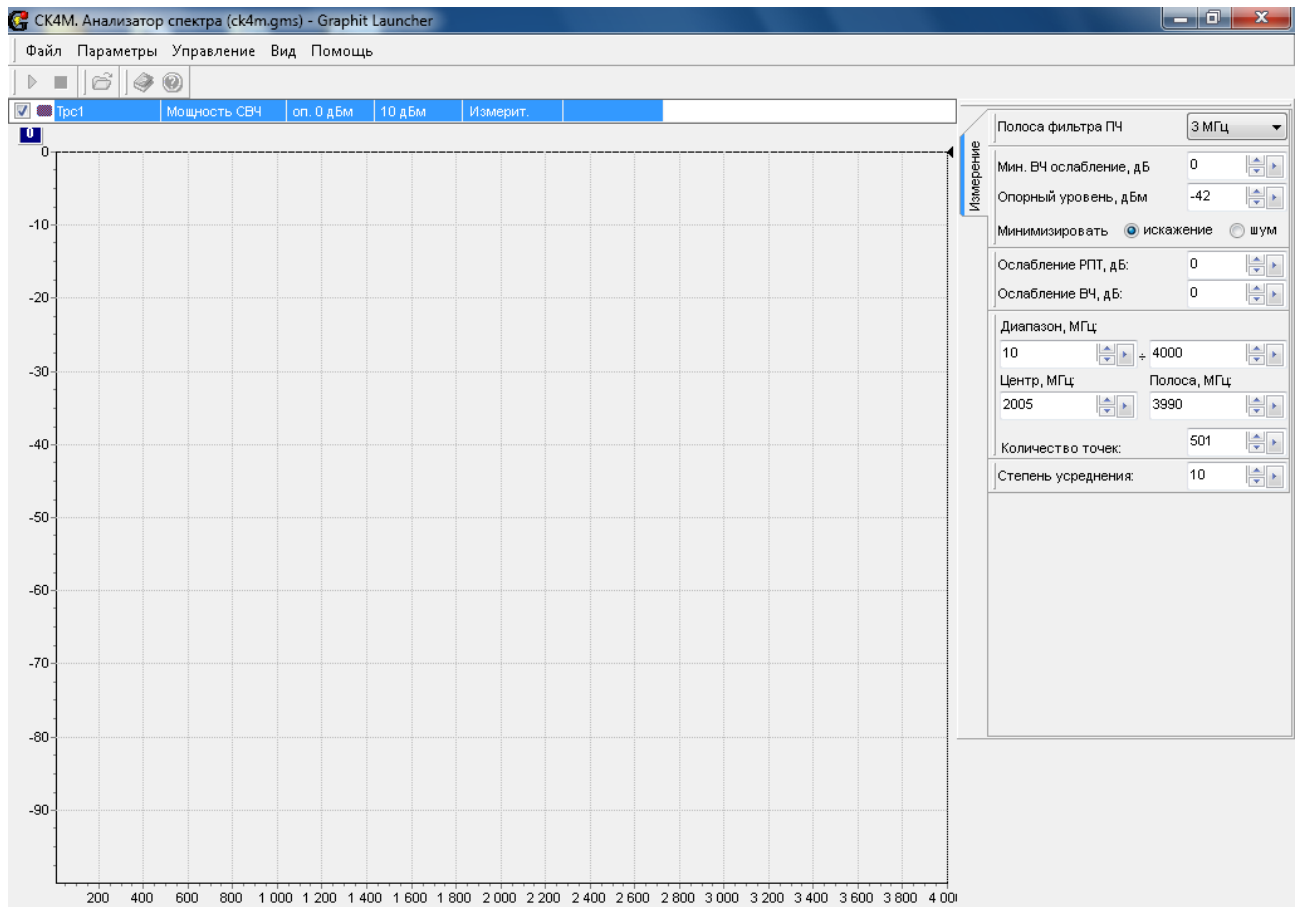


Рис. А 2 — Основное окно Graphit

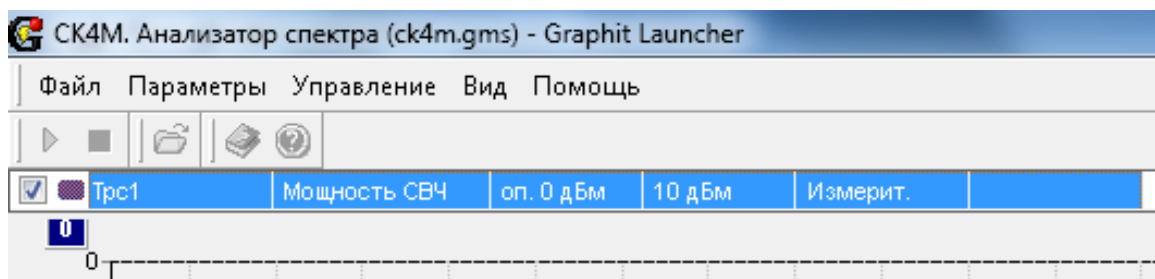


Рис. А 3

Измерение

Полоса фильтра ПЧ: 3 МГц

Мин. ВЧ ослабление, дБ: 0

Опорный уровень, дБм: -42

Минимизировать: искажение шум

Ослабление РПТ, дБ: 0

Ослабление ВЧ, дБ: 0

Диапазон, МГц: 10 ÷ 4000

Центр, МГц: 2005 Полоса, МГц: 3990

Количество точек: 501

Степень усреднения: 10

Рис. А 4 — Область панелей управления измерением

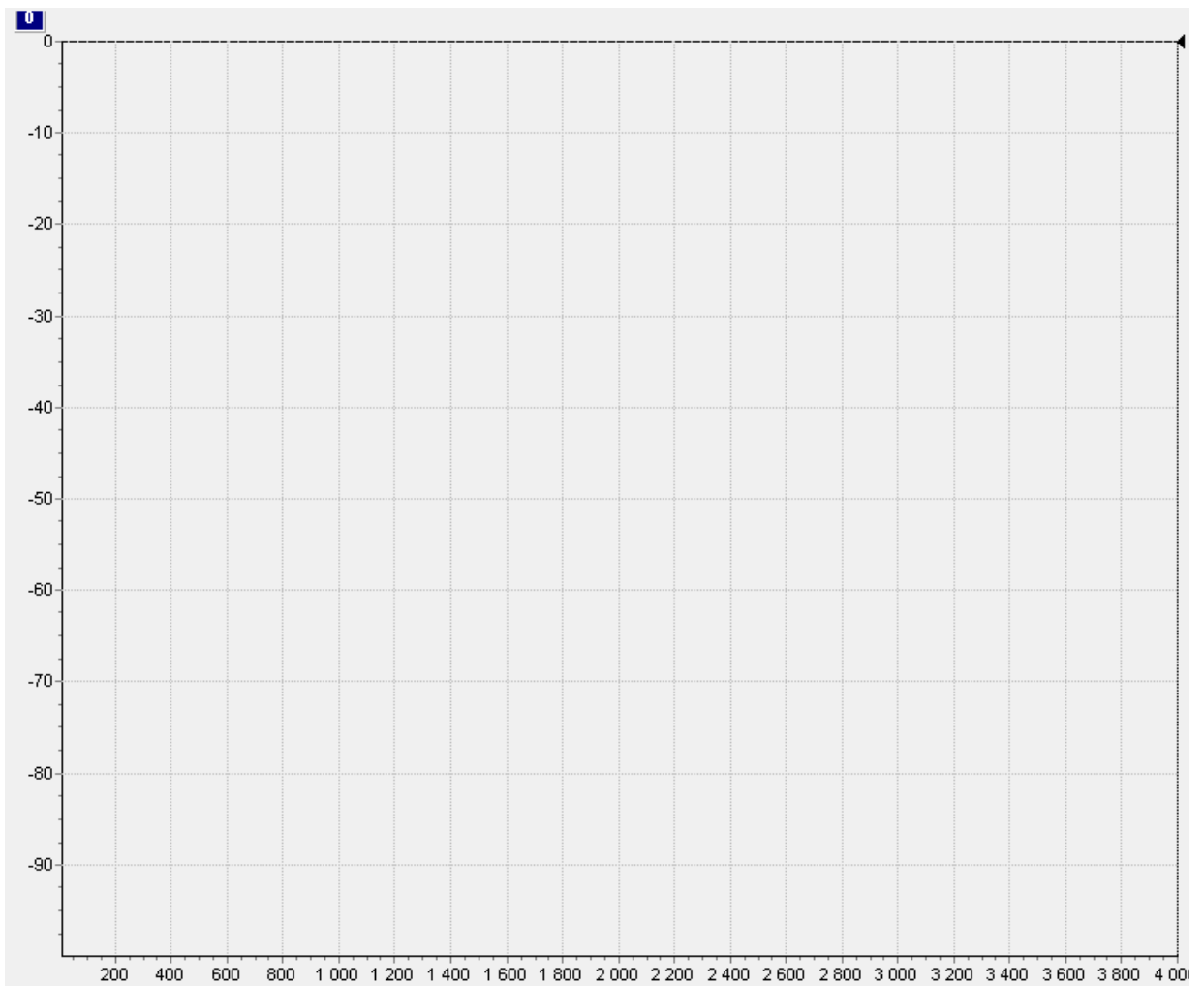


Рис. А 5 — Область диаграмм

После подключения измерительной антенны к анализатору спектра СК4М и подключения СК4М к компьютеру можно запускать измерения (кнопка в виде треугольника на рис. А 3).

После запуска измерения необходимо выставить параметры измерения в области панелей управления измерением (рис. А 4). Для защиты входных цепей анализатора рекомендуется устанавливать минимальное ВЧ-ослабление не менее 10 дБ!

Через 1-3 секунды (время зависит от значения «Степень усреднения») в области диаграмм (рис А 5) появится измерительная трасса. Она отображает спектр принятого антенной сигнала (зависимость мощности от частоты). Для удобства наблюдения измерительной трассы можно выполнить её автомасштаб. Для этого необходимо кликнуть правой клавишей на строку «Трс1» (или «Трс2», «Трс3»... если их несколько — необходимо выбрать соответствующую трассу) и в выпадающем меню выбрать пункт «Автомасштаб» (рис. А 6). Таким образом измерительная трасса займёт всё доступное место в области диаграмм.

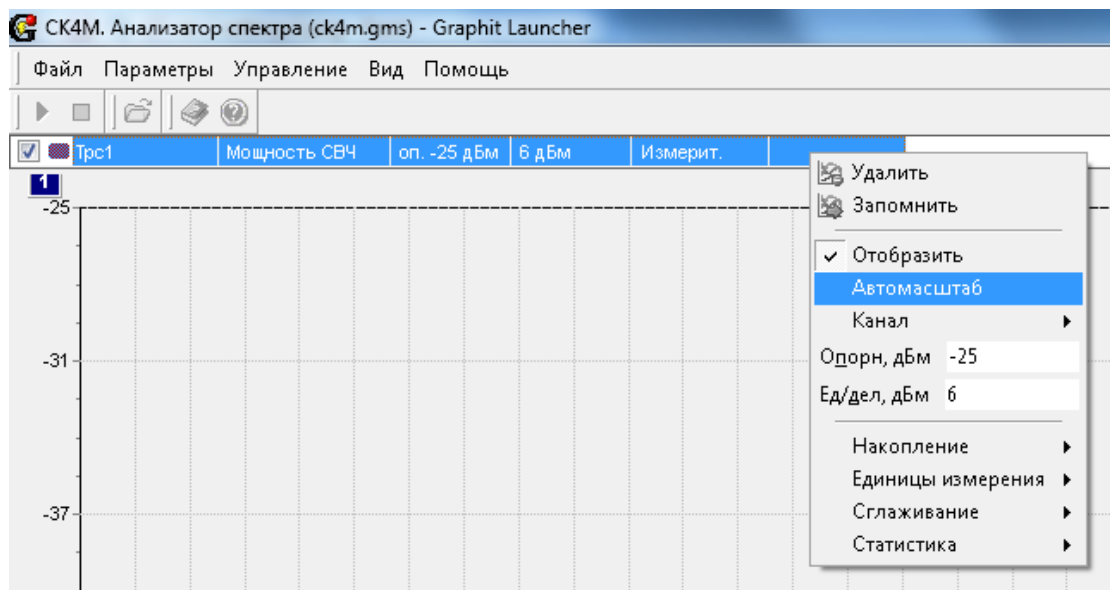


Рис. А 6 — Автомасштаб

Снятие показаний с диаграмм происходит с помощью инструмента «Маркер». Для активации маркера необходимо с зажатой левой кнопкой мыши потянуть вправо синий прямоугольник с цифрой «0» (находится в верхнем левом углу диаграммы). В области диаграмм появится маркер с цифрой «0». Для его

активации необходимо дополнительно дважды кликнуть на него левой клавишей мыши, после чего появятся показания значений частоты и мощности поля. Передвигая его на нужную частоту можно узнать соответствующее значение мощности принятого сигнала на этой частоте (рис. А 7).

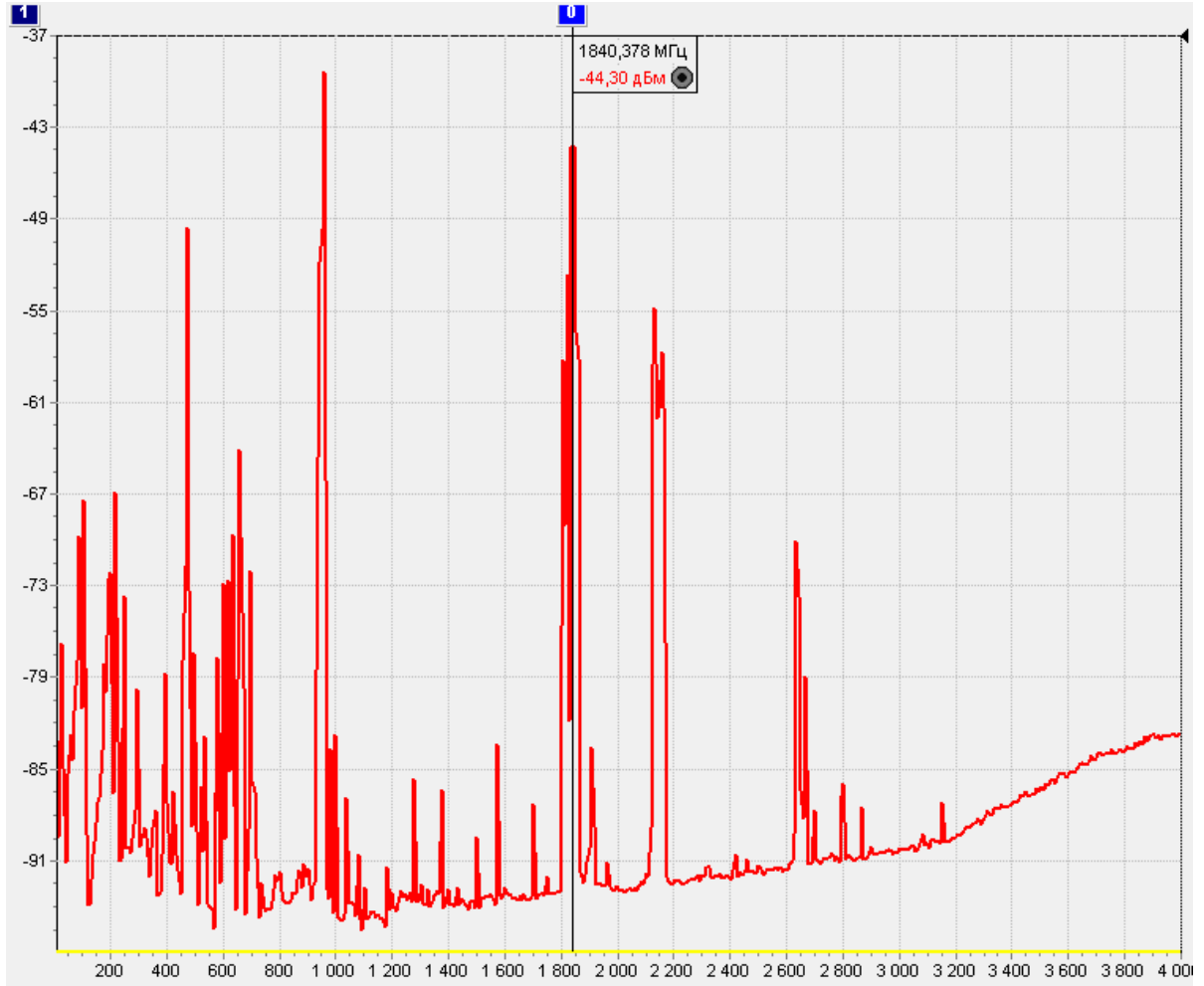


Рис. А 7

В зависимости от задач поставленной работы, можно создать сколько угодно маркеров, используя описанную выше методику.