

Компьютерное моделирование беспроводных сетей и проблемы их электромагнитной совместимости

Гуреев А.В. (re@micee.ru), Кустов В.А.

Московский государственный институт электронной техники (технический университет)

Введение

Математическая модель является удобным и эффективным инструментом анализа характеристик исследуемого объекта. Хорошая модель, адекватно описывающая объект, позволяет изучить его поведение как в типовых, так и в критических ситуациях, что сделать физически часто бывает невозможно из-за опасности разрушения объекта. Кроме того, наличие модели объекта позволяет легко изменять его параметры, что в реальности может оказаться сопряжено с большими временными и материальными затратами.

Таким образом, хорошая, адекватно описывающая исследуемый объект, математическая модель позволяет с минимальными временными и материальными затратами находить оптимальные технические решения.

Применительно к сетям передачи данных значение и необходимость использования математических моделей многократно возрастают. Объясняется это сложностью таких систем, множеством производителей, большим количеством применяемых методов, огромным количеством используемого оборудования. Неслучайно, разработана и принята семиуровневая модель открытых систем, позволяющая производить моделирование различных сторон таких сетей, с возможностью последующего обмена результатами исследований. В современных условиях учесть и проанализировать влияние множества факторов, определяющих качество работы таких сетей, невозможно без использования компьютерных моделей, позволяющих оптимизировать и свести к минимуму риск нарушения их работы. Примерами компьютерных систем подобного рода являются пакеты SPGuru, ITGuru фирмы OPNET, COMNET III фирмы CACI и др.

Еще более сложной является задача моделирования беспроводных сетей передачи данных. Особенность таких сетей, выделяющая их из огромного разнообразия сетей передачи данных, состоит в наличии радиоканала – объекта, отсутствующего у проводных сетей и определяющего показатели качества передачи информации в

беспроводных сетях. В проводных сетях передачи данных канал связи в рабочем (неповрежденном) состоянии «закрит» для всех сигналов кроме «полезного», сформированного в передатчике источника информации. Соответственно, помехи в таких сетях возникают в передатчике источника информации и в приемнике получателя информации – устройствах, согласующих эти источник и получатель с каналом связи. Причинами помех в этом случае могут быть сигналы от других источников информации, подключенных к этому же передатчику, а также неидеальность характеристик передатчика и приемника. Канал связи беспроводных сетей передачи данных (радиоканал) «открыт», вследствие чего в таких сетях к помехам, характерным для проводных сетей, добавляется огромное множество помех, попадающих в приемник через этот открытый радиоканал. Соответственно, к прежним источникам помех добавляются многочисленные источники электромагнитных излучений, расположенные в том же, что и рассматриваемая сеть регионе.

Таким образом, в случае беспроводных сетей передачи информации первостепенную роль играет проблема электромагнитной совместимости (ЭМС), означающая в данном случае способность различных их компонентов одновременно функционировать в реальных условиях эксплуатации с требуемым качеством при воздействии непреднамеренных помех, не создавая при этом недопустимых помех друг другу.

Решение данной проблемы связано с оптимальным выбором мест размещения приемопередающей аппаратуры и назначении оптимальных режимов ее работы, в первую очередь мощности и частоты излучения. Этап решения такой задачи в процессе проектирования новой беспроводной сети называется частотно-территориальным планированием.

Помимо частотно-территориального плана, ЭМС различных сетей зависит от применяемых в них принципов и алгоритмов преобразования информации. Все они, а также мощность, частотный диапазон излучаемого сигнала и ключевые параметры радиоаппаратуры (например, частотные характеристики фильтров) регламентированы в соответствующих стандартах. Проблемы выработки нового или проверки действующего стандарта в различных условиях также удобнее всего решать с помощью моделирования характеристик сети. Кроме того, модель сети оказывает помощь и при верификации качества исполнения аппаратуры, с неидеальностью характеристик которой связано дополнительное снижение энергетического потенциала сети.

Таким образом, целью моделирования беспроводных сетей является решение следующих ключевых задач (рис. 1.):

1. Частотно-территориальное планирование сети, обеспечивающее минимизацию внутрисистемных помех, максимальный охват территории с требуемым качеством передачи информации и ЭМС с существующими радиотехническими средствами;
2. Верификация характеристик действующей сети;
3. Оптимизация методов преобразования и передачи информации проектируемой сети;
4. Оптимизация параметров оборудования, предназначенного для работы в данной сети.

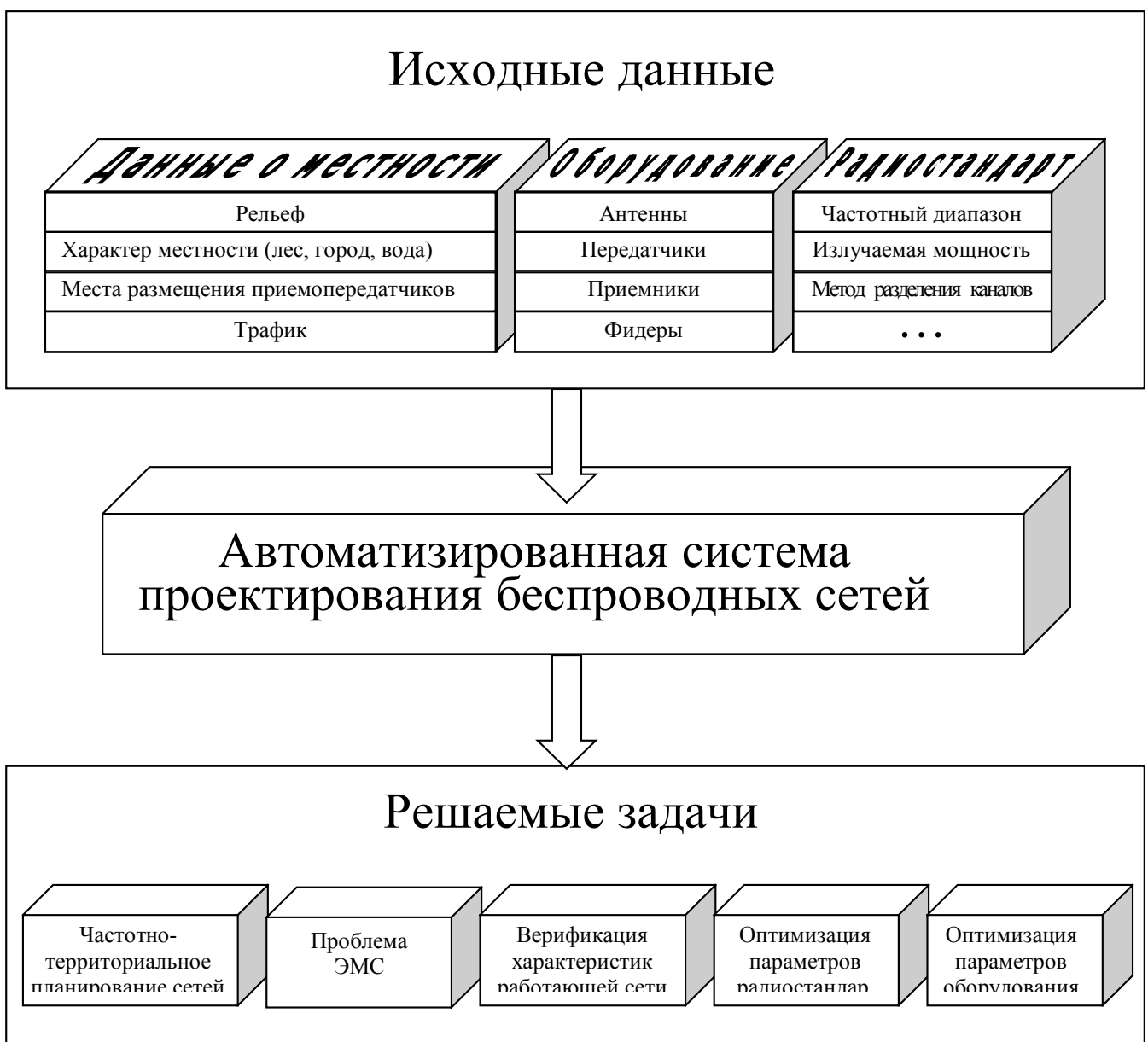


Рис. 1. Задачи, решаемые путем моделирования беспроводных сетей

1. Требования и основные компоненты математических моделей беспроводных сетей

Для решения перечисленных задач моделирования беспроводных сетей требуются следующие исходные данные (рис. 1.):

1. Карта местности, необходимая для адекватного описания условий распространения сигналов в рассматриваемом регионе; при использовании модели в компьютерных автоматизированных системах проектирования радиосетей карта местности должна быть представлена в электронном виде в одном из стандартных форматов (например, «MapInfo» или «Панорама»);
2. Сведения о законе распределения абонентов (трафике) на рассматриваемой территории и их характеристиках (удельной эрланговой нагрузке), заданные аналитически или представленные в обменном формате картографических данных;
3. Технические характеристики планируемой сети (технология передачи и обработки информации, частотный диапазон, требуемое отношение сигнал/шум и т.д.), указанные в ее стандарте;
4. Характеристики применяемого оборудования;
5. Координаты и технические характеристики радиосредств, функционирующих в рассматриваемом регионе, необходимые для расчета показателей ЭМС проектируемой и действующих в данном регионе сетей.

Требования к объему и полноте исходных данных зависят от типа решаемой задачи. Например, в случае решения проблемы ЭМС требуются подробная электронная карта, включающая в себя растровые данные о рельефе местности, точные координаты пунктов привязки оборудования и подробные сведения о его характеристиках. Если же анализируются особенности поведения сети какого-либо известного или нового типа (стандарта) в различных условиях ее работы (условий распространения электромагнитных волн, трафика, шумового фона), то в качестве картографической базы данных лучше использовать упрощенную модель местности с возможностью определения ее ключевых параметров и быстрого перехода от одного типа местности к другому. То же самое относится и к оборудованию. В ситуации, когда основной акцент делается на исследование влияния характеристик оборудования на показатели качества передачи информации и ЭМС, в математической модели анализируемой сети нет необходимости применять подробные модели всех блоков применяемой радиоаппаратуры – достаточно ограничиться упрощенной моделью приемопередатчиков,

описываемой несколькими ключевыми параметрами и рассматривать влияние этих параметров на характеристики сети. Анализ же влияния элементной базы, схемотехнических решений и т.п. на выбранные ключевые параметры лучше вынести за рамки решаемой задачи и проводить с помощью современных специализированных компьютерных систем подобного рода (Agilent ADS 2000, OrCAD и т.д.).

В связи с многообразием и сложностью задач моделирования беспроводных сетей трудно рассчитывать на реализацию в одной универсальной модели полного набора функций, необходимых для решения всех перечисленных задач. Поэтому, в настоящее время сложилось несколько специализированных типов автоматизированных компьютерных систем анализа и оптимизации характеристик беспроводных сетей, каждому из которых присущи свои особенности применяемых моделей. Среди них следует выделить 4 ключевых типа:

1. системы частотно-территориального планирования беспроводных сетей; применяются на этапе развертывания новых или модернизации существующих беспроводных сетей различного назначения для оптимального выбора мест и состава оборудования приемопередающих станций; их особенностями являются:

- использование электронных географических карт для точной привязки модели сети к местности;
- применение строгих моделей распространения электромагнитных волн в каналах связи;
- широкий спектр рассчитываемых характеристик;

2. системы, обеспечивающие решение задач электромагнитной совместимости беспроводных сетей; применяются, как и первые, на этапе развертывания новых или модернизации существующих беспроводных сетей различного назначения для согласования их параметров с параметрами других сетей с целью минимизации взаимных помех; для них характерно:

- возможность подключения к базам данных с местами размещения и составом приемопередающей аппаратуры всех радиосредств, работающих в рассматриваемом регионе;
- возможность подключения к базам данных параметров приемопередающей аппаратуры различных производителей;
- использование электронных географических карт для точной привязки модели сети к местности;

- применение строгих моделей распространения электромагнитных волн в каналах связи;
- расчет характеристик помех различного вида и оценка их влияния на параметры сетей;

3. системы мониторинга качества работы существующих сетей; применяются для измерения и последующего анализа характеристик сети в реальных условиях ее функционирования; в системах такого типа обеспечивается:

- обмен информацией с базами данных измерений параметров реальных сетей;
- возможность сравнения результатов расчета и эксперимента и корректировки параметров модели сети по его результатам;

4. системы, предназначенные для оптимизации принципов передачи информации и параметров оборудования разрабатываемых сетей; в таких системах:

- нет необходимости в точной привязке модели сети к определенной местности;
- должна быть обеспечена возможность проверки работоспособности системы в различных условиях, вследствие чего применяются статистические модели распространения электромагнитных сигналов;
- имеется возможность задания различных алгоритмов работы сети.

Примеры компьютерных систем каждого типа приведены в таблицах 1-5.

На рис. 2 изображены важнейшие характеристики беспроводных сетей, необходимые для решения ключевых задач их проектирования, а также основные компоненты применяемых при этом компьютерных моделей. Часть из перечисленных характеристик косвенно или напрямую связана с расчетом в заданной точке мощности, поступающей от источников сигнала и помех. Однако большинство из них определяются исходя из полученного отношения сигнал(шум+помеха). Таким образом, ключевым элементом математической модели беспроводной сети является блок расчета уровня сигнала в заданной точке приема от заданного источника и положенная в его основу модель распространения сигнала (модель радиоканала), а также блок расчета отношения сигнал(шум+помеха), используемого для определения всех важнейших характеристик сети (рис. 2).

Таблица 1

Программы планирования беспроводных сетей на основе электронных карт
местности

№	Фирма-разработчик	Программа	Модуль	Ист.
1	AWE Communications GmbH	WinProp	ProMan	[1]
2	ATDI	ICS Telecom		[2]
3	ATDI	HTZ Warfare		[2]
4	ATDI	HerTZ Mapper		[2]
5	MapInfo	DeciBell Planner		[3]
6	FORSK	ATOLL		[4]
7	EDX Engineering Inc.	EDX SignalPro	Cellular/PCS	[5]
8	EDX Engineering Inc.	EDX SignalPro	Fixed Broadband	[5]
9	EDX Engineering Inc.	EDX SignalPro	3G UMTS	[5]
10	EDX Engineering Inc.	EDX SignalPro	Microcell/Indoor	[5]
11	LS telcom	CHIRplus_M		[6]
12	LS telcom	MULTIlink		[6]
13	LS telcom	CHIRplus_BC		[6]
14	MSI	Planet DMS2.2		[7]
15	CDS	RFcad		[8]
16	MPRG RF Lab	SitePlanner		[9]
17	MPRG RF Lab	SIRCIM		[9]
18	ООО «ИнфоТел»	Онега		[10]
19	MLJ	PathPro		[11]
20	Ericsson	EET		[12]
21	МИЭТ, каф. «РЭ», ЦКТ «СТС»	RPS-2		[13]
22	SoftWright LLC	TAP		[14]
23	ЛОНИИР	БАЛТИКА	Балтика СПС	[15]
24	ЛОНИИР	БАЛТИКА	Балтика РРЛ	[15]
25	Radio Engineering Services	HERALD		[16]

Таблица 2

Программы планирования беспроводных сетей внутри зданий

№	Фирма-разработчик	Программа	Модуль	Ист.
1.	AWE Communications GmbH	WinProp	ProMan	[1]
2	EDX Engineering Inc.	EDX SignalPro	Microcell/Indoor	[5]
7	MSI	Planet DMS2.2		[7]
3	MPRG RF Lab	SMT Plus		[9]
4	MPRG RF Lab	SIRCIM		[9]
5	МИЭТ, каф. «РЭ», ЦКТ «СТС»	RPS-2		[13]

Таблица 3

Программы управления БД и решения задач ЭМС

№	Фирма-разработчик	Программа	Модуль	Ист.
1	AWE Communications GmbH	WinProp	WallMan	[1]
2	ATDI	Iris		[2]
3	LS telcom	SPECTRAplus		[6]
4	LS telcom	SPECTRA DB		[6]
5	MLJ	PathGuard		[11]
6	МИЭТ, каф. «РЭ», ЦКТ «СТС»	RPS-2		[13]
7	ЛОНИИР	БАЛТИКА	Балтика ЭМС	[15]
8	Фирма «ЯР», г. Ярославль	ПИАР		[17]

Таблица 4

Программы мониторинга характеристик работающих сетей

№	Фирма-разработчик	Программа	Модуль	Ист.
1	ATDI	RACSS		[2]
2	ATDI	Validata		[2]
3	LS telcom	MONITORplus		[6]
4	Agilent	Agilent E74xx		[18]
5	Rohde&Schwarz	Roseval		[19]
6	MLJ	PathView		[11]
7	MLJ	PathSearch		[11]
8	Ericsson	TEMS		[12]
9	МИЭТ, каф. «РЭ», ЦКТ «СТС»	RPS-2		[13]
10	Фирма «ЯР», г. Ярославль	ИКАР		[17]

Таблица 5

Программы оптимизации принципов передачи информации

№	Фирма-разработчик	Программа	Модуль	Ист.
1	Agilent	Agilent ADS		[18]
2	MPRG RF Lab	BERSIM		[9]
3	Agilent Technologies	Agilent ADS,		[18]
4	MathWorks	MATLAB		[19]

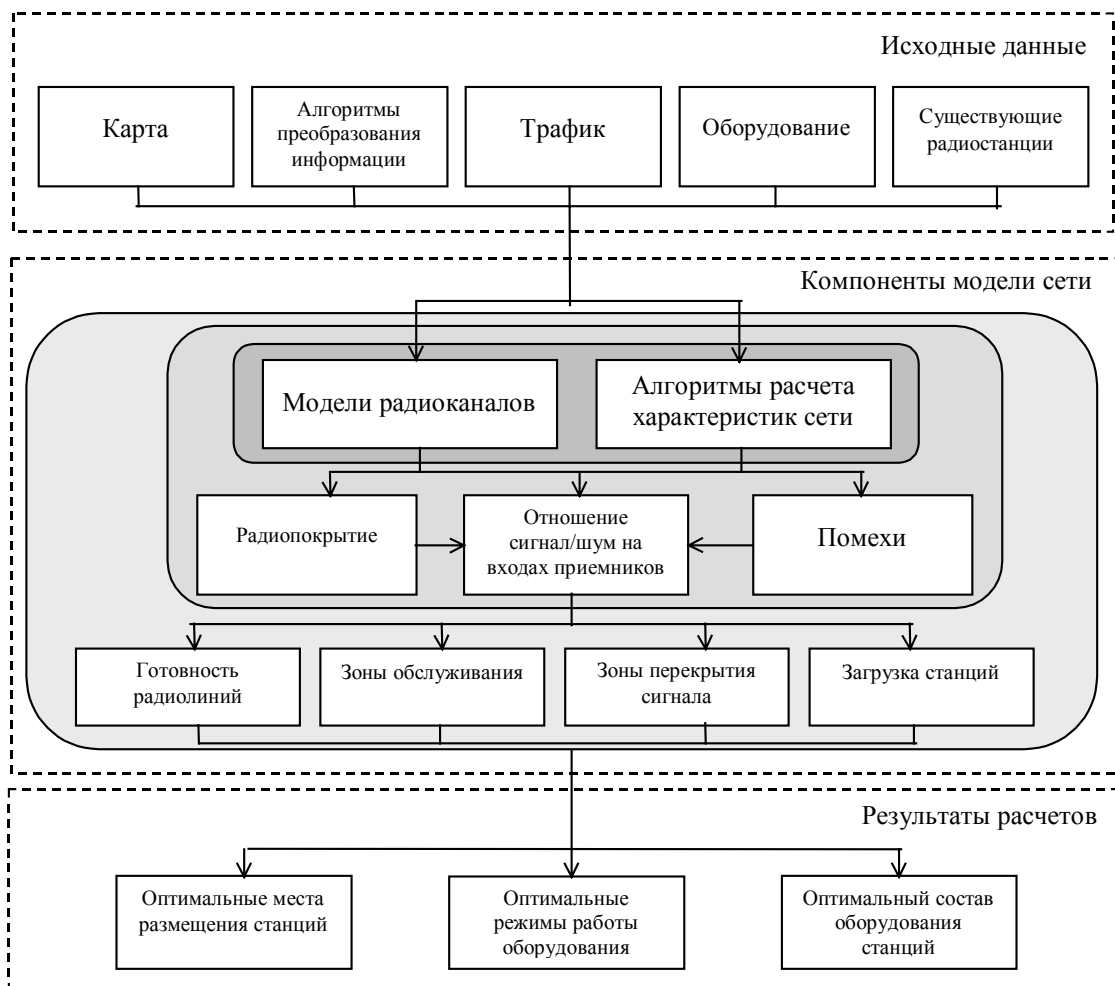


Рис. 2. Компоненты модели беспроводной сети

2. Решение проблем ЭМС при помощи автоматизированной системы проектирования беспроводных сетей RPS-2

Особенности решения проблем ЭМС беспроводных сетей рассмотрим на примере компьютерного пакета RPS-2 – российской разработке, позволяющей решать практически все задачи, связанные с проектированием беспроводных сетей (см. таблицы 1-5) и применяемым рядом ведущих российских телекоммуникационных фирм для планирования и анализа характеристик беспроводных сетей различного типа и назначения. Его использование позволяет в сжатые сроки разработать проект новой сети или расширить уже развернутую сеть, оценить ее достоинства и недостатки, проанализировать показатели электромагнитной совместимости проектируемой сети с другими сетями, работающими в той же местности, и оптимизировать характеристики с

учетом конкретных географических условий местности при заданном распределении трафика и источников помех.

Исходными данными для проведения расчетов являются:

- цифровые карты местности;
- база данных с характеристиками применяемого оборудования (частотный диапазон, диаграммы направленности и усиление антенн, частотные и энергетические характеристики приемопередатчиков, потери в фидерах и т.д.).

Программа позволяет:

- размещать радиостанции в заданном месте рассматриваемой территории, работающие в любом стандарте (NMT-450, AMPS, D-AMPS, GSM, IS-95, SmarTrunk, TETRA, MPT 1327, EDACS и т.д.); кроме того, имеется возможность определить новый стандарт проектируемой сети, введя его основные параметры: частотный диапазон, ширину канала и т.д.;
- определять для радиостанций оптимальный состав оборудования из базы данных;
- задавать и редактировать распределение плотности трафика в рассматриваемом регионе, что позволяет анализировать характеристики сотовых и транкинговых систем в условиях различной загрузки;
- рассчитывать, отображать на экране и выдавать на печать основные характеристики планируемой сети;
- рассчитывать показатели электромагнитной совместимости (уровень взаимных помех) планируемой сети с другими сетями;
- оптимизировать параметры планируемой сети путем изменения местоположения радиостанций, а также варьируя состав и технические характеристики размещаемого на них оборудования;
- отображать результаты измерений уровня принимаемого сигнала и сравнивать их с результатами расчета с последующей оптимизацией параметров применяемых математических моделей расчета.

Программу RPS-2 можно применять для планирования как макро-, так и микро-ячеек сотовых сетей, включая микросотовые системы, работающие внутри зданий. Опыт ее использования в различных регионах на местности с разным рельефом для проектирования и развертывания сетей различного типа (транкинговых SmarTrunk, TETRA, MPT 1327, сотовых GSM и др., радиорелейных) свидетельствует о высокой эффективности.

Как и во всех системах подобного рода, ключевым компонентом программы RPS-2 является положенная в ее основу модель радиоканала. В RPS-2 заложена возможность выбора пользователем одной из нескольких моделей распространения сигналов, в том числе строгой модели (модель RPS), максимально полно учитывающей все основные факторы, влияющие на уровень принимаемого сигнала [13] (рис. 3).

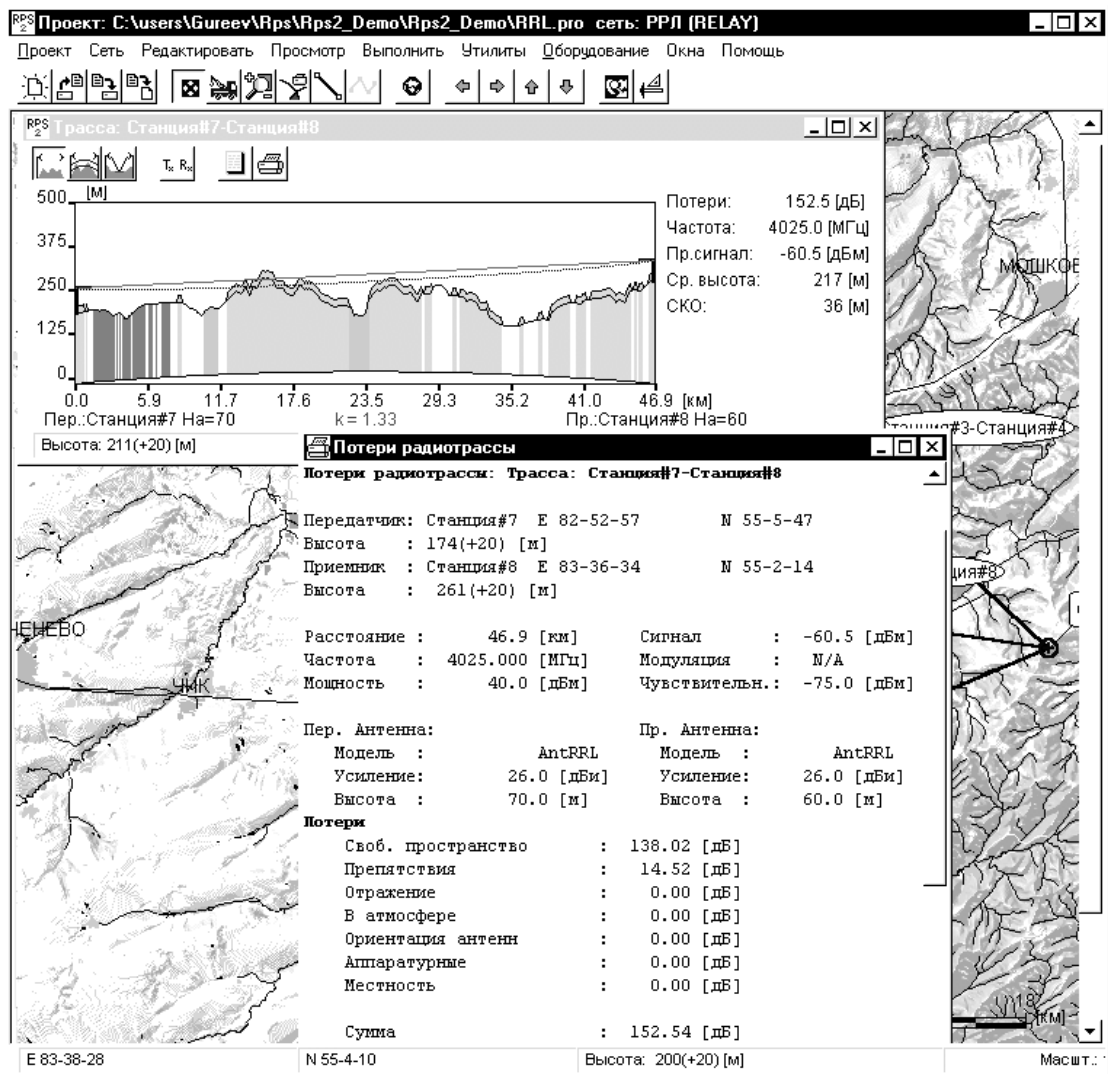


Рис. 3. Анализ в программе RPS-2 профиля радиолинии и факторов, влияющих на характеристики распространения сигналов

Расчитанные с помощью строгой модели уровни сигналов от всех источников сигнала в рассматриваемом регионе являются основой для выполнения анализа их электромагнитной совместимости. На этом этапе определяются источники, частотным диапазоном излучения которых пересекается с диапазоном анализируемого приемника и выдается отчет об уровне помех от каждого такого излучателя с указанием степени

Выводы

1. Качество автоматизированной системы планирования беспроводных сетей определяется положенной в ее основу математической моделью сети.
2. Ключевым звеном модели беспроводной сети являются модели каналов связи.
3. Точность модели беспроводной сети зависит от того, насколько полно в ней в моделях каналов связи учтены исходные данные о местности.
4. Применение автоматизированных систем проектирования беспроводных сетей, базирующихся на максимальном использовании информации об условиях распространения сигналов в виде электронной карты местности и строгих моделях каналов связи, позволяет повысить качество передачи информации в сети и оптимизировать ее показатели электромагнитной совместимости с другим беспроводными сетями.

Библиография

1. www.awe-communications.com
2. www.atdi.co.uk
3. www.mapinfo.com
4. www.forsk.com
5. www.edx.com
6. www.LStelcom.com
7. www.msi-world.com
8. www.comm-data.com
9. www.vt.edu/mprg
10. Программный комплекс планирования сетей подвижной радиосвязи «Onega». Руководство пользователя. - Санкт-Петербург: ООО «ИнфоТел», 2001 г., 37 с.
11. www.mlj.com
12. www.ericsson.com
13. www.orgland.ru/~bsd
14. www.softwright.com
15. www.loniir.ru
16. www.radioengineering.it
17. www.dsplab.uniyar.ac.ru
18. www.agilent.com

19. www.rohde-schwarz.com

20. www.mathworks.com