

# ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ ЦЕНТР "СЕВЕРНАЯ КОРОНА"

## Автоматизация расчета спутниковых линий связи



Екатерина Олеговна Гладкова  
ведущий специалист  
ЗАО «Информационный Космический  
Центр "Северная Корона»

Под расчетом спутниковых линий связи подразумевается так называемый расчет бюджета, когда оценивается отношение сигнал/шум в линии при конкретных условиях ее функционирования.

На сегодняшний день известно несколько программных комплексов расчета бюджета спутниковых линий связи. Условно их можно разделить на две группы: универсальные и ориентированные на конкретные условия (например, для определённых систем или сервисов – непосредственное

телевизионное вещание и т.п.). Универсальные программы могут быть использованы при решении как задач планирования, так и задач проектирования земных станций. Программные комплексы второй группы менее гибки, зачастую они весьма ограничены в применении в условиях, отличных от тех, на которые нацелены. Поэтому в данной статье рассматривается программный комплекс первой группы.

Несмотря на разнообразие задач планирования и проектирования линий и сетей спутниковой связи и вещания, используемых технологий, комбинаций модуляции, помехоустойчивого кодирования и мультиплексирования, множественного доступа, расчет бюджета остается достаточно удобной и универсальной формой автоматизации решения этих задач. При расчете вычисляется отношение сигнал/шум на участках и линии в целом (в прямом и обратном направлениях) в форме  $E_b/N_0$  (отношение энергии на бит к спектральной плотности мощности шума) или в форме  $C/N$  или  $C/N_0$  (отношение мощности сигнала к мощности или спектральной мощности шума). При

этом должны быть заданы все параметры, используемые в расчете как исходные данные.

Также обычно оценивается коэффициент неготовности по дождю, проверяется условие частотного и энергетического баланса в транспондере и т.д. Некоторые программные комплексы предоставляют достаточно большой набор инструментов для вспомогательных расчетов: углов визирования антенн, солнечной интерференции и т.п.

Основное различие между программными комплексами, представленными на рынке, состоит в организации взаимодействия между пользователем и вычислительной средой. В данной статье предлагается вариант автоматизации расчета бюджета спутниковых линий на основе программного комплекса «Бюджет». Его отличительной особенностью, на наш взгляд, является удобство организации для решения как задачи планирования применения, так и проектирования.

Программный комплекс «Бюджет» предназначен для расчета линий спутниковой связи (в прямом и обратном направлениях), организованной двумя земными станциями через ствол с прямой ретрансляцией спутника связи, развернутого на геостационарной или любой другой околоземной орбите. Данное приложение дополнительно может использоваться при расчете спутниковых сетей непосредственного телевизионного вещания. Главная панель комплекса представлена на рис. 1.

В верхней части окна – кнопки выбора режима работы, инструмента и т.д.

В центре панели – карта мира, над картой, слева направо – окна для ввода параметров прямого направления (Центральная земная станция – Периферийная земная станция), справа налево (ниже) – обратного направления.

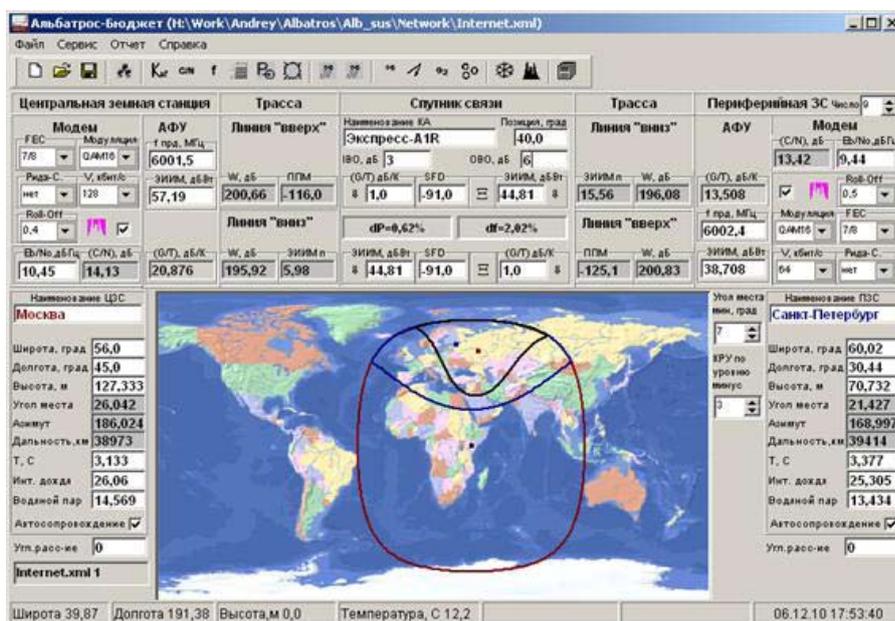


Рис. 1 Программный комплекс «Бюджет» для расчета спутниковых радиолиний

Слева и справа от карты располагаются окна для ввода или отображения параметров, необходимых для расчета (слева – для Центральной земной станции, справа – для Периферийной ЗС).

Линия спутниковой связи в программном комплексе структурно представлена в виде объектов. Основными объектами являются центральная (ЦЗС) и периферийная (ПЗС) земные станции и спутник связи.

Расчет прямой линии осуществляется от ЦЗС к ПЗС, обратной линии – от ПЗС к ЦЗС.

Для наглядности и удобства работы параметры, задаваемые модемным оборудованием ЗС, отображаются в объекте «Модем», энергетические характеристики ЗС (ЭИИМ и G/T) - в объекте «АФУ». Здесь же задаются центральные частоты ЗС на излучение и прием.

Координаты местоположения ЗС, характеристика среды и параметры наведения антенн (углы места и азимута) представлены для каждой ЗС слева и справа от карты. Радиоклиматические параметры автоматически подгружаются из встроенных цифровых карт при вводе/изменении координат ЗС. Параметры сигнала задаются в объекте «модем». К основным параметрам относятся: информационная скорость передачи, вид модуляции, относительная скорость сверточного кода и кода Рида-Соломона, значение коэффициента сглаживания фильтра.

Энергетические характеристики ЗС (ЭИИМ и G/T) могут быть детализированы в специальной панели (рис.2).



Рис.2 Детализация энергетических характеристик ЗС

Основные характеристики спутника и ствола ретрансляции представлены в объекте «Спутник связи». Расчет производится в общем стволе, подключенном по тракту приема и передачи к разным антеннам. Поэтому характеристики ствола для прямого и обратного направления одинаковы, а параметры антенн на прием и передачу могут быть различными. К основным параметрам ствола спутника связи относятся: позиция на геостационарной орбите, добротность приемной системы, ЭИИМ в режиме насыщения, плотность потока мощности насыщения (SFD), коэффициенты недоиспользования по входу (ИВО) и выходу (ОВО).

Результирующее отношение (сигнал/шум) отображается в объекте «Модем» (прямое направление – в объекте ПЗС; обратное направление – в объекте ЦЗС).

Расчет потерь на трассах распространения осуществляется в соответствии с рекомендациями BR ITU (P.618-7, P.676-5, P.836-2, P.837-3, P.838-1, P.839-3, P.840-3, P.1510, P.1511 и др.). Суммарные потери на линиях «вверх» и «вниз» отображаются на главной панели. При необходимости они могут быть детализированы на составляющие (рис.3.).



а) линия «вверх» в) линия «вниз»

Рис. 3 Детализация суммарных потерь на линиях «вверх» и «вниз»

К основным составляющим потерь относятся:

- потери в свободном пространстве;
- потери в кислороде;
- потери в дожде (для заданного процента надежности);
- потери в облаках (для заданного процента надежности);
- потери в водяном паре;
- потери от амплитудных сцинтилляций в атмосфере (для заданного процента надежности);
- дополнительные потери, задаваемые пользователем.

Расчет линии осуществляется автоматически при изменении любого параметра ЗС или ствола спутника связи. При этом в объекте «Спутник связи» отображаются значения отбираемых частотных и энергетических ресурсов ствола спутника связи.

Комплекс реализует возможность непосредственно ввода требуемого значения Eb/No на линии с автоматическим (итерационным) расчетом требуемой ЭИИМ передающей ЗС. При изменении ЭИИМ регулируемые параметрами являются либо мощность УМ, либо диаметр антенны. Набор встроенных калькуляторов позволяет решать дополнительные задачи.

Например, калькулятор оценки спектральных характеристик сигнала (рис. 4) позволяет по данным о параметрах сигнала оценить: символьную скорость; занимаемую, выделяемую или назначенную полосу частот; шумовую полосу и спектральную эффективность сигнала.



Рис. 4 Калькулятор «Спектральные характеристики излучения»

Расчет временных интервалов солнечной интерференции для каждой станции выполняется в калькуляторе «Солнечная интерференция» (рис.5.).

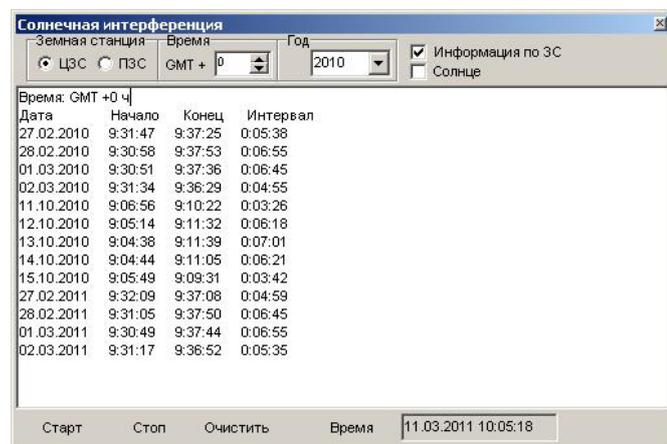


Рис. 5 Калькулятор расчета интервалов солнечной интерференции

Обычно процесс планирования или проектирования – итерационный. Приходится уточнять принимаемые ограничения и допущения до тех пор, пока не будут получены приемлемые значения отношения сигнал/шум, коэффициента неготовности, значения коэффициента отбора полосы и мощности при приемлемых параметрах земных станций и режимах их функционирования.

По результатам расчетов может быть сгенерирован отчет с требуемой степенью детализации, в которых представлены исходные данные и результаты вычислений.

*Гладкова Екатерина Олеговна*  
*ведущий специалист*

*ЗАО «Информационный Космический Центр*  
*«Северная Корона»*

**ЗАО «Информационный Космический Центр «Северная Корона»**

**Генеральный директор, к.т.н., Гриценко Андрей Аркадьевич**

**Телефон: +7 (812) 600-63-82**

**E-Mail: [org@spacecenter.ru](mailto:org@spacecenter.ru), [www.spacecenter.ru](http://www.spacecenter.ru)**