

УДК 621.396.946:004.4
МРНТИ 49.43.31

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОБЮДЖЕТА НАНОСПУТНИКА В СРЕДЕ MATLAB-GUI

К.О. КИМ¹, Е.В. ПОЛЗИК²

¹Казахский Национальный университет им. аль-Фараби

²Алматинский университет энергетики и связи

Аннотация: В статье рассматривается вопрос разработки программы в среде MATLAB-GUI расчета энергетических параметров спутниковой линии связи. Приводится методика расчета для низкоорбитальных спутников связи, расчет основан на Рекомендациях МСЭ по учету затухания в свободном пространстве, дожде и атмосфере. Описывается построение и интерфейс программы, отмечаются преимущества создаваемого программно-математического продукта, такие как возможность расчета для низкоорбитальных и геостационарных бортовых ретрансляторов, удобный интерфейс, возможность выводить результаты в виде графика. Программа учитывает влияние как внешних факторов, так и внутренние характеристики приемника, антенны, антенно-фидерного тракта. Программа может использоваться в учебном процессе студентами, обучающимися по радиотехническим направлениям.

Ключевые слова: спутниковая связь, энергетика канала связи, графический интерфейс, моделирование, коэффициент усиления антенны

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL SOFTWARE OF LINK BUDGET OF NANOSATELLITE BY USING MATLAB-GUI

Abstract: The article discusses the issue of developing a program in the MATLAB-GUI environment for calculating the energy parameters of a satellite communication line. A calculation procedure for low-orbit communications satellites is given, the calculation is based on ITU Recommendations for accounting for attenuation in free space, rain and atmosphere. It describes the construction of the program and the interface of the program, notes the advantages of the software-mathematical product being created, such as the possibility of calculation for low-orbit and geostationary transponders, a user-friendly interface, the ability to display the results in a graph. The program takes into account the influence of both external factors and the internal characteristics of the receiver, antenna, antenna-feeder path. The program can be used in the educational process by students studying radio engineering.

Keywords: satellite communication, power channel of communication, graphical interface, modeling, antenna gain

НАНОСЕРІКТІҢ РАДИОБЮДЖЕТІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ-БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІ MATLAB-GUI ОРТАСЫНДА ЖАСАҚТАУ

Аңдатпа: Мақалада жерсеріктік байланыс желісінің энергетикалық параметрлерін MATLAB-GUI ортасында есептейтін бағдарламаны жасақтау мәселесі қарастырылады. Төменгі орбиталық байланыс жерсеріктері үшін есептеу әдістері келтірілген, есептеу бос кеңістікте, жаңбырда және атмосферада әлсіреуді есепке алу бойынша ХЭО ұсынымдарына негізделген. Бағдарламаны құру және бағдарлама интерфейсі сипатталады, математикалық-бағдарламалық өнімнің төменгі орбиталық және геостационарлық борттық ретрансляторларға арналған есептеулерді жүргізу мүмкіндігі, ыңғайлы интерфейс, нәтижені график түрінде шығаруға болатыны сияқты артықшылықтары

айтылады. Бағдарлама сыртқы факторлардың әсерін ғана емес, сонымен қатар, қабылдағыштың, антеннаның, антенна-фидер жолдарының ішкі сипаттамаларының әсерін ескереді. Бағдарлама радиотехникалық бағытта білім алатын студенттердің оқу барысында қолданыла алады.

Түйінді сөздер: жерсеріктік байланыс, байланыс каналының энергетикасы, графикалық интерфейс, модельдеу, антеннаның күшею коэффициенті

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время системы спутниковой связи оцениваются и тестируются с использованием программ моделирования, где учитываются факторы окружающей среды, влияющие на распространение сигнала характеристики радиопередатчиков, радиоприемников и других устройств, входящих в состав радиотракта спутниковой линии. Моделирование позволяет наблюдать за работой спутниковой линии связи в различных условиях. Спутниковая линия связи состоит из двух участков: восходящей линии (передающая земная станция - спутник) и нисходящей линии связи (спутник - приемная земная станция). Мощность и качество сигнала в восходящей линии связи зависит от того, насколько мощный сигнал, излучается земной станцией, какое затухание на трассе распространения и от качества приемника, установленного на космической станции. На нисходящей линии качество принимаемого сигнала зависит качества усиления, обработки сигнала бортовым ретранслятором. Кроме того качество принимаемого сигнала зависит от методов модуляции и кодирования, частотного диапазона и других характеристик сигнала. Затухание сигнала в свободном пространстве, в дожде и газах атмосферы зависит от частоты, передаваемого и принимаемого сигнала. Суммарное затухание значительно, поэтому бортовой ретранслятор должен иметь чувствительный приемник и высокий коэффициент усиления. Кроме того необходимо преобразование частоты для передачи по нисходящей линии [1].

Принимаемая мощность сигнала, передаваемая от земной станции, рассчитывается с учетом основных факторов, которые определяют потери и затухание в тракте. Результаты покажут влияние различных факторов на состояние спутниковой линии связи.

Энергетический бюджет – это учет всех усиления и ослаблений в системе передачи. В радиобюджете рассматриваются элементы, которые будут определять мощность сигнала, поступающую на приемник. Радиобюджет учитывает следующие параметры:

- мощность передатчика;
- усиление антенны (приемной и передающей);
- потери антенно-фидерного тракта (приемный и передающий);
- потери при распространении.
- чувствительность приемника (хотя это не является частью фактического радиобюджета, необходимо знать это, чтобы определить причины не качественного приема сигнала).

Если потери изменяются со времени, например, затухание и запас должны быть сделаны в рамках энергетического бюджета. Для этого расчет проводится для наихудшего случая или, альтернативно, для периодов с повышенной частотой ошибок (для цифровых сигналов) или ухудшения отношения сигнал/шум для аналоговых систем.

Базовый расчет для определения энергетического радиобюджета довольно прост. В основном учитываются различные потери и выигрышей между передатчиком и приемником. Но так же важными параметрами является полоса пропускания приемника и пропускная способность канала связи, зависящая от методов модуляции и кодирования. Параметром, характеризующим качество принимаемого сигнала служит отношение сигнал/шум на выходе приемника и коэффициент ошибок [2]. Эти параметры имеют большое значение в цифровых системах обеспечивающих широкополосный доступ. В настоящее время низкоорбитальные спутниковые системы будут широко использоваться именно в таких системах.

Рассмотрим основное уравнение энергетического расчета спутниковой линии связи. Необходимо внимательно исследовать все области, где могут возникать усиления и по-

тери между передатчиком и приемником. Для уточнения расчета обратимся к рекомендациям международного союза электросвязи к соответствующим рекомендациям.

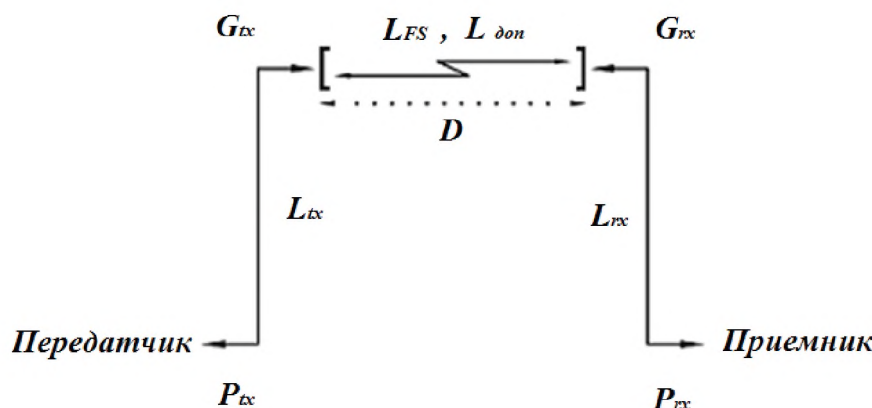


Рис. 1 – Упрощенная схема спутниковой линии связи

На рисунке 1 показана упрощенная схема спутниковой линии связи.

Основное уравнение энергетического бюджета линии для системы радиосвязи может выглядеть следующим образом (формула 1):

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + G_{RX} - L_{TX} - L_{FS} - L_P - L_{RX},$$

где:

P_{RX} – принятая мощность, (дБм)

P_{TX} – мощность передатчика, (дБм)

G_{TX} – коэффициент усиления антенны передатчика, (дБ)

G_{RX} – коэффициент усиления приемной антенны, (дБ)

L_{TX} – передатчик и связанные с ним потери (фидер, разъемы и т. д.), (дБ)

L_{FS} – потери в свободном пространстве, (дБ)

L_P – разные потери распространения сигнала (к ним относятся затухание, несоответствие поляризации, потери, связанные со средой, через которую проходит сигнал, другие потери), (дБ)

L_{RX} – потери в тракте приема (фидер, разъемы и т. д.), (дБ).

Расчет вышеперечисленных элементов

радиобюджета был произведен согласно рекомендации МСЭ [3,4,5].

Используя программу MatLAB-GUI для разработки симуляции, графический интерфейс пользователя (GUI) представляет собой графическое отображение в одном или нескольких окнах, содержащих элементы управления, называемые компонентами, которые позволяют пользователю выполнять интерактивные задачи. Пользователю GUI не должен создавать сценарий или вводить команды в командной строке для выполнения задач. Для выполнения задач, в отличие от программ кодирования, пользователю GUI не обязательно понимать детали того, как выполняются задачи.

Эта программа предназначена для отображения всех входных и выходных параметров вместе на активном экране, чтобы изучить влияние на выходные результаты при изменении одного или нескольких параметров. Программа имеет много переменных, которые должны быть заданы пользователем. Затем программа рассчитает требуемые параметры.

Логика работы программно-математического обеспечения представлена на рисунке 2.

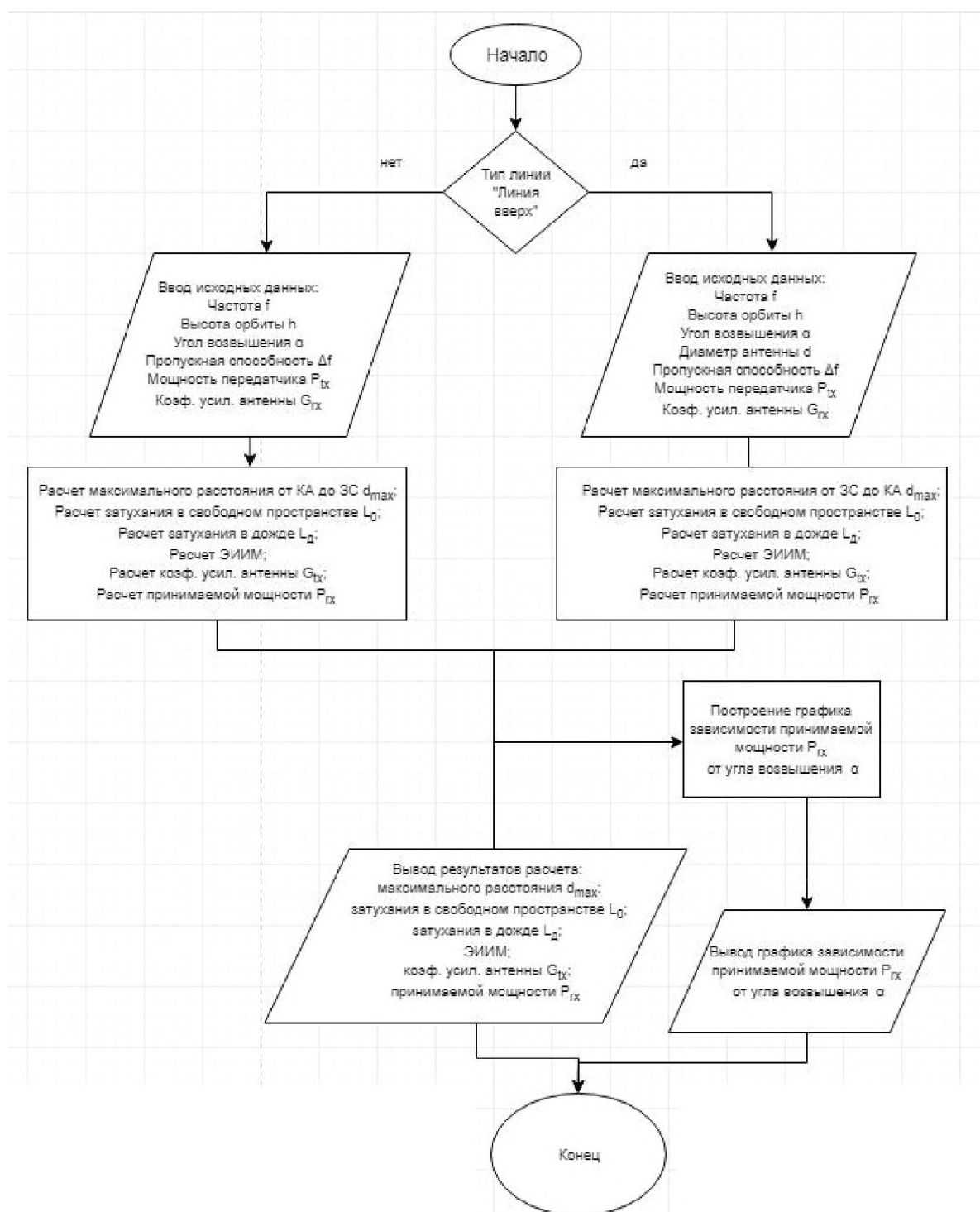


Рис. 2 – Блок схема программы

В правом нижнем углу пользователь может ознакомиться с краткой инструкцией использования программы.

Рабочая среда разработки программы приведена на рисунке 3.

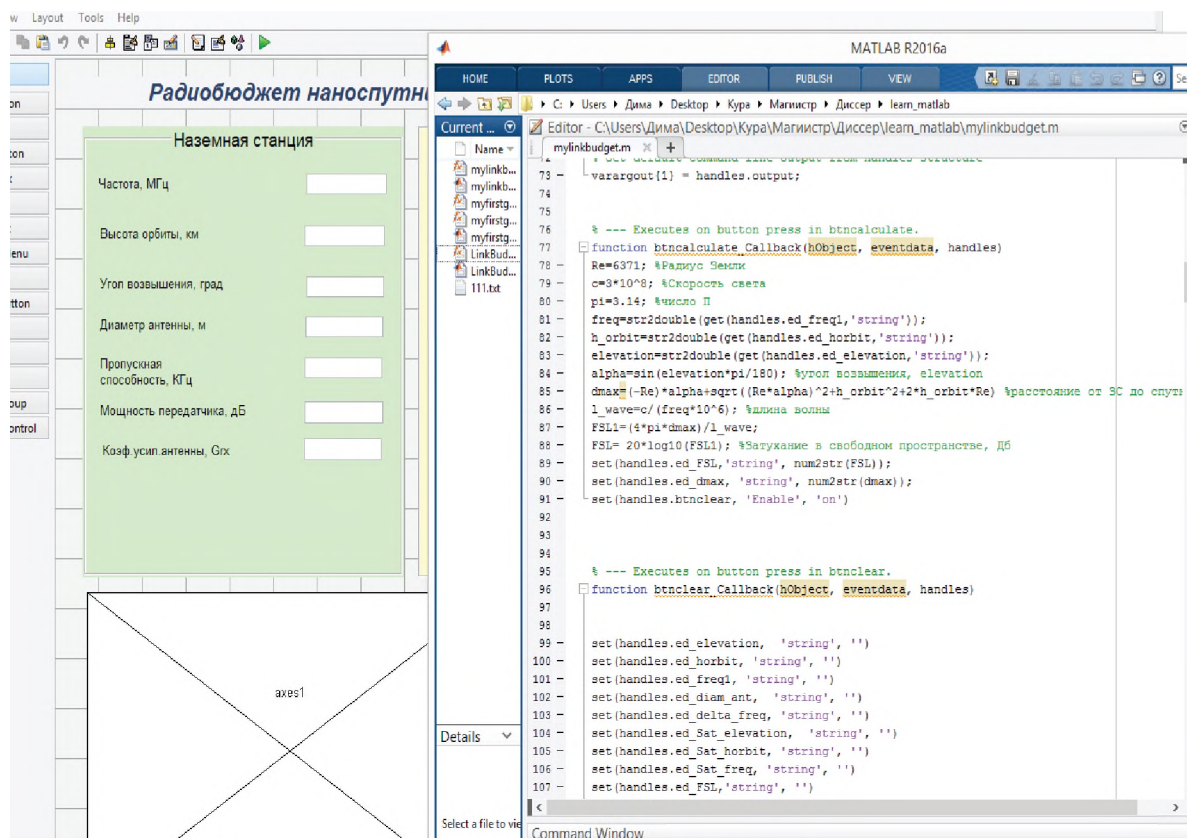


Рис. 3 – Рабочая среда разработки программы

Следующие шаги показывают процедуру анализа спутниковой связи:

1. Запустите программу MATLAB;
2. Вызовите файл GUI, затем откройте его (файл симуляции);
3. Ознакомьтесь с инструкцией использования программы (в правом нижнем углу);
4. Выберите тип линии (линия вверх или линия вниз);
5. Заполните поля с исходными данными (блок зеленого цвета с оглавлением «Наземная станция» для линии вверх и блок синего

цвета с оглавлением «Спутник» для линии вниз);

6. Нажмите на кнопку «Рассчитать» и оцените результат расчета в желтом блоке;
7. Чтобы очистить все поля, нажмите на кнопку «Очистить»;
8. Чтобы построить график зависимости мощности от угла возвышения, нажмите на кнопку «График»;

Результат расчета программы приведен на рисунке 4.

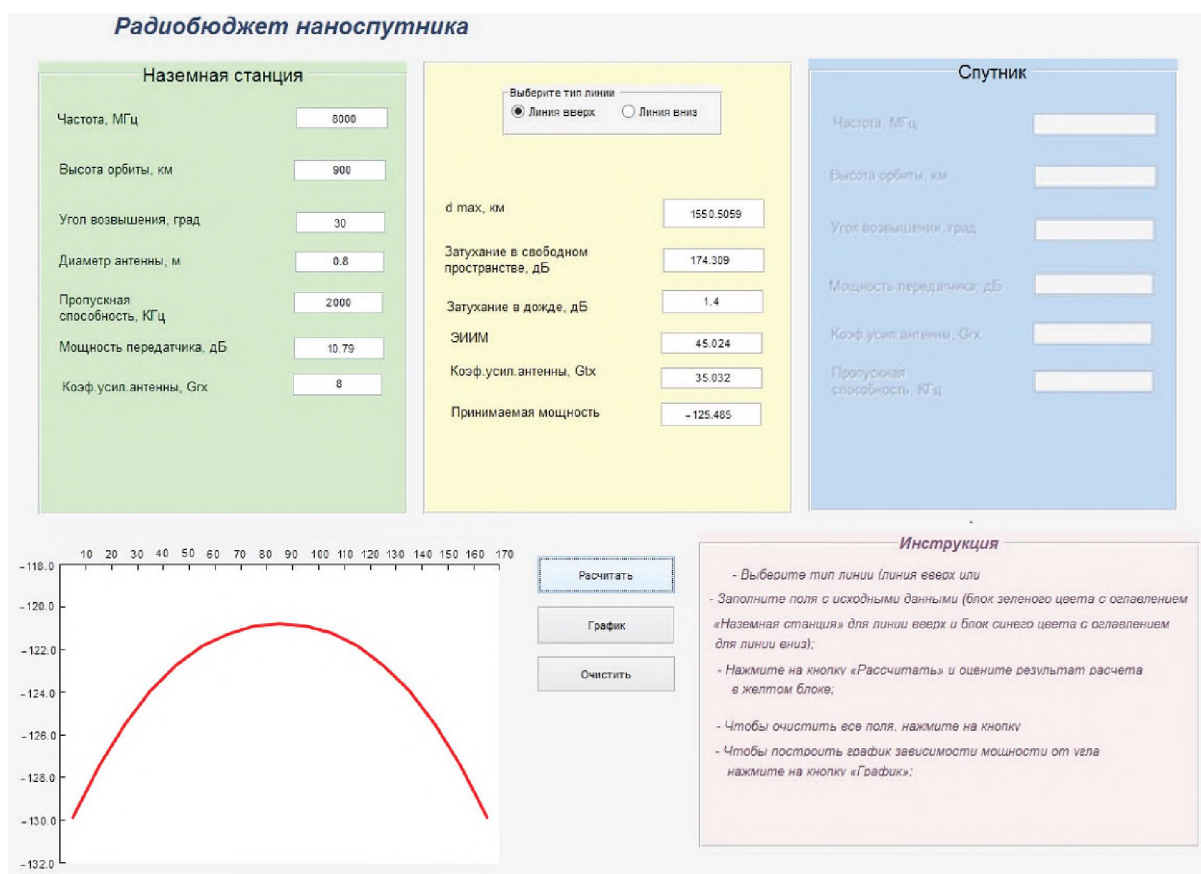


Рис. 4 – Окно программы с результатами расчета

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное программно-математическое обеспечение предоставляет пользователям хороший способ изучить влияние основных параметров канала спутниковой связи на качество принимаемого сигнала. Программа имеет интуитивно понятный интерфейс, инструкцию по использованию, благодаря чему, программа может использоваться в учебном процессе студентами, обучающимися по радиотехническим направлениям.

Представленная программа имеет ряд преимуществ, такие как: расчет радиобюджета низкоорбитальной системы, учет затухания в дожде, оценка мощности сигнала в точке приема с помощью графической зависимости принимаемой мощности сигнала от угла возвышения спутника. Эти преимущества дают возможность получения более развернутых и информативных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новак А. Э., Привалов Д. Д. Современные средства расчета энергетического бюджета спутниковых линий связи // Техника радиосвязи. – 2015. – Вып. 2 (25). – С. 11–21.
2. <https://docplayer.ru/44272175-Programmnyy-kompleks-byudzheta.html> (March, 2019)
3. Recommendation ITU P.618-12 (07/2015). Propagation data and prediction methods required for the design of Earth-space telecommunication systems.
4. Recommendation ITU P.676: Attenuation by atmospheric gases.
5. Recommendation ITU P.838 : Specific attenuation model for rain for use in prediction methods.