

СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФИЛИАЛ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ»



А.Г. Жуковский

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПУТНИКОВ, ДОСТУПНЫХ ДЛЯ ПРИЕМА В ЗАДАННОЙ ТОЧКЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

*Методические указания
по выполнению лабораторной работы*

Ростов-на-Дону
2019

УДК 621.397.2.037

ББК 76.03

Ж 86

Жуковский А.Г. Определение спутников, доступных для приема в заданной точке земной поверхности. *Методические указания по выполнению лабораторной работы.* СКФ МТУСИ, 2019. – 31 с.

Методическое пособие предназначено для студентов направления подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», изучающих дисциплины «Спутниковые и наземные системы радиосвязи» и дисциплину «Технологии цифрового телерадиовещания». Помимо сведений о программе работы, в пособии приводятся краткие теоретические сведения об индивидуальных системах спутникового телевидения и о возможностях программных систем по определению параметров наведения спутниковых антенн. Описывается порядок проведения работы с оборудованием настройки спутникового ТВ, требования к оформлению отчета, контрольные вопросы.

Рецензент: зав. кафедрой «ИТСС» СКФ МТУСИ к.т.н. доц. В.И. Юхнов

© Жуковский А.Г., СКФ МТУСИ. 2019

Рассмотрено и одобрено
на заседании кафедры «ИТСС»
Протокол от «26» августа 2019 г., № 1.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Цель работы	4
2 Содержание работы	4
3 Краткие теоретические сведения	4
4 Описание прикладных программ, используемых в лабораторной работе	11
5 Порядок выполнения лабораторной работы	17
5.1 Расчетный этап	17
5.2 Этап использования специализированного программного обеспечения	22
5.3 Практическая настройка приемной системы спутникового ТВ ...	22
6 Содержание отчета	29
7 Контрольные вопросы	29
Приложение А. Таблица координат спутников, принимаемых в европейской части России	30
Список используемых источников	31

1 Цель работы

Изучить методы и порядок наведения спутниковых ТВ антенн в зависимости от места нахождения субъекта, а также расположения искусственного спутника земли. Приобретение навыков практического использования специализированных программ и практического опыта настройки оборудования спутникового ТВ.

2 Содержание работы

1. Теоретические расчеты значений параметров, необходимых для наведения спутниковой антенны.
2. Исследование параметров наведения антенны с помощью специализированных программ.
3. Практическая настройка приемной системы спутникового ТВ.

3 Краткие теоретические сведения

Под спутниковым вещанием понимают передачу телевизионных (ТВ) и звуковых программ от передающих земных станций к приемным через ретранслятор, установленный на космическом аппарате (КА). Принятый со спутника сигнал может либо напрямую подаваться на телевизионный приемник абонента (в этом случае говорят о спутниковом непосредственном вещании), либо поступать на сеть вторичного распределения (такие спутниковые системы называются распределительными).

Непосредственный прием возможен как со спутников, работающих в рамках фиксированной спутниковой службы (ФСС), так и со спутников радиовещательной спутниковой службы (РСС). Последние традиционно обеспечивают более высокую плотность потока мощности у поверхности Земли

и поэтому требуют меньшего диаметра приемной антенны (45-90 см против 120-150 см в диапазонах ФСС с отечественных спутников).

Индивидуальная система спутникового ТВ состоит минимум из трех частей:

Параболическая антенна (в просторечии "тарелка") - металлическая сплошная, лепестковая или сетчатая антенна, по форме напоминающая блюдо. Антенна крепится на стене, балконе или крыше дома и ориентируется на спутник. Главное условие - между антенной и направлением на спутник не должно быть никаких препятствий в виде зданий, деревьев и пр. Назначение антенны - отражение и усиление сигнала в точке фокуса.

Конвертор - электронный блок размещаемый в фокусе антенны. Его назначение - преобразование сигнала со спутника в сигнал промежуточного диапазона, пригодный для передачи по кабелю далее на ресивер.

Ресивер (приемник, абонентский терминал) прибор, осуществляющий прием и обработку сигнала со спутника, преобразование сигнала из промежуточного в телевизионный диапазон, переключение между каналами. Ресиверы могут содержать в себе встроенный декодер для приема закодированных каналов.

Антенны для приема со спутников-ретрансляторов изготавливаются самых разных типов. Это антенны параболоидного типа - офсетные, осесимметричные прямофокусные, двузеркальные антенны Кассегрена, плоские антенны - фазированные антенные решетки (ФАРы), сферические линзовые антенны и т.п. Выбор типа антенны определяется конечными условиями приема, интересами пользователя и его финансовыми возможностями.

Плоские антенны. При больших уровнях приемо-передающей мощности (ППМ) для приема удобно применять плоские антенны, которые малогабаритны, имеют небольшой вес, незаметны (не влияют на архитектуру города), позволяют осуществлять электронное сканирование, поэтому необходимости иметь позиционер и механическое опорно-поворотное

устройство. Недостатком является то, что плоские антенны относительно узкополосны и могут принимать электромагнитные волны только одного вида поляризации. Передача телевизионной информации цифровым способом позволила разместить в узкой частотной полосе достаточное количество программ. Поэтому узкополосность плоских антенн в этом случае не так существенна.

Сферические линзовые антенны представляют собой диэлектрический шар диаметром 1,5... 1,8 м. Они могут принимать сигналы практически одновременно со всех спутников, находящихся в "видимой" части неба и ретранслирующие телевизионные программы с достаточной мощностью. Недостатком их является то, что со скольких спутников ведется прием, столько нужно внешних блоков усилителей-конвертеров (LNB), что сказывается на стоимости антенны, кроме того, для них требуется повышенная ЭИИМ (ППМ).

Прямофокусные и офсетные антенны (см. рисунок 1). Классическими антеннами для индивидуальных пользователей в средних широтах при приеме с относительно небольшой ППМ являются параболоидные прямофокусные и офсетные антенны, причем офсетные имеют некоторые преимущества перед прямофокусными. Так, у офсетных антенн такого же условного диаметра, как и у прямофокусных, более высокий КПД и коэффициент усиления на 5 дБ выше, а главное - они более удобны при эксплуатации в средних и северных широтах. У прямофокусных антенн выпадающий снег и другие осадки задерживаются на поверхности, что приводит, к значительным потерям сигнала при приеме и даже к прекращению приема. У офсетных антенн таких проблем не возникает, выпадающие осадки (дождь, снег) не могут задерживаться на их поверхности, так как плоскость раскрыва антенны для приема устанавливается практически вертикально. Кроме того, офсетная антенна имеет более низкий уровень боковых лепестков, что снижает уровень сигналов, принимаемых с других направлений и которые принимаются как помеха.



а)



б)

Рисунок 1 - а) офсетная антенна; б) прямофокусная антенна

Одним из важнейших элементов антенны является устройство для ее крепления — опорно-поворотное устройство (ОПУ). ОПУ предназначено для подвески антенной системы и наведения ее луча на спутник-ретранслятор. При этом антенна может быть установлена как неподвижно, и принимать программы только с одного спутника, на который сориентирована, так и на специальном поворотном устройстве для перенацеливания со спутника на спутник. ОПУ классифицируются по схеме подвески зеркала и бывают с полярной подвеской (Polar mount) и азимутально-угломестной (азимутальная (Az-El mount)).

Азимутальная — жесткая фиксированная подвеска. Антенна наводится на спутник и жестко фиксируется на креплении. Азимутальные антенны очень просты в установке, ее можно произвести и самому.

Полярная — вращающаяся подвеска. Основной смысл полярки — прием разных спутников. Подвеска сконструирована таким образом, что, поворачиваясь только вокруг вертикальной оси (т.е. вправо-влево), антенна отслеживает угол места, то есть описывает ту самую дугу, на которой висят спутники. Полярка сложна в установке, так как требуется точная юстировка для отслеживания необходимых углов. Стоимость установки начинается от 150-180 долларов и растет пропорционально размеру. Как правило, офсетные антенны ставятся с азимутальной подвеской, прямофокусные — с полярной.

Для малошумящего усилителя-конвертера определяющими параметрами являются минимальный коэффициент шума, коэффициент усиления, поляризация и частотный диапазон. У типовых усилителей-конвертеров уровень шума не превышает 1,0 дБ, но есть и такие, у которых коэффициент шума не более 0,6 дБ. Спутниковые конверторы рассчитаны для приема: С-диапазона, Ku, или совмещенные С и Ku - диапазона. Спутниковые конвертеры Ku-диапазона более распространены, так как диаметр спутниковой антенны, при использовании такого конвертера, составляет обычно, от 0.5 до 1.2 метра. При приеме диапазона С, размеры антенны требуется несколько больше.

Внешний вид конверторов различных частотных диапазонов представлены на рисунке 2.

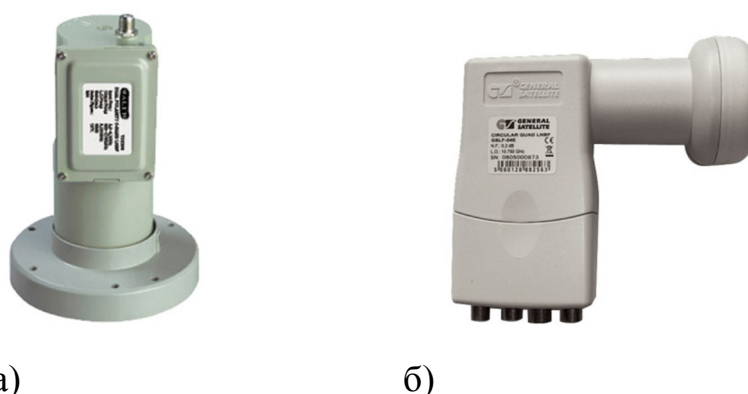


Рисунок 2 - а) Конвертор С-диапазона; б) конвертор Ku-диапазона

Кроме частотного спектра (диапазона), конвертеры различаются видом поляризации сигнала. Причем в одном конвертере могут присутствовать сразу два вида поляризации. Два основных типа выпускаемых конвертеров это:

1. Линейный универсальный спутниковый конвертер (Universal) - в этом виде конвертера присутствуют два типа поляризации: линейная горизонтальная (H - Horizontal) и линейная вертикальная (V - Vertical).

2. Круговой спутниковый конвертер (Circular) - в этом виде конвертера присутствуют так же два типа поляризации: круговая правая (R - Right) и круговая левая (L - Left). В его названии может так же встретиться слово

"универсальный", так как в нем присутствуют два вида поляризации "правая" и "левая".

В устройствах приема с поворотной антенной желательно иметь универсальные усилители-конвертеры. Они обеспечивают усиление и преобразование сигналов в поддиапазонах 10,7... 11,7 (FSS), 11,7... 12,5 (DBS) и 12,5... 12,75 ГГц (Telecom). Выбор необходимого поддиапазона в современных усилителях-конвертерах осуществляется подачей управляющих сигнал-кодов DiSEqC частотой 22кГц для переключения генерации с одного гетеродина (Lokal Oscillator Frequency) на другой. Такие конвертеры имеют обозначения LOF-1 (частота генерации 9,75 ГГц для поддиапазона 10,7... 11,7 ГГц), LOF-2 (частота 10,6 ГГц для поддиапазона 11,7... 12,5 ГГц) или LOF-2 (частота 10,75 ГГц для поддиапазона 12,5... 12,5 ГГц). В некоторых случаях поддиапазоны DBS и Telecom объединяются в общий (11,7... 12,75 ГГц и частота гетеродина для него составляет 10,75ГГц, т.е. LOF-2).

Для индивидуального приема необходим один малошумящий усилитель-конвертер. В коллективной системе приема их должно быть минимум по одному для приема сигналов от электромагнитных волн каждого вида линейной поляризации. С другой стороны, для индивидуального приема также желательно иметь два усилителя-конвертера, что особенно удобно при установке неподвижной антенны, направленной на спутник (или семейство спутников), находящихся на разных позициях геостационарной орбиты. Это дает возможность вести прием электромагнитных волн разных ортогональных поляризаций. К тому же современные спутниковые приемные устройства - ресиверы в основном все имеют два входа УВЧ для подключения к блоку LNB.

Спутниковый ресивер (рисунок 3) это радиоэлектронное устройство, которое служит для декодирования и преобразования цифрового сигнала, передаваемого со спутника, в доступные для просмотра на экране телевизора аудио и видео сигналы.



Рисунок 3 - Спутниковый ресивер

В ресивере имеется вход (LNB IN) и выходы (SCART, RCA, HDMI и др.). На вход подается цифровой спутниковый сигнал, а с выхода идут обычные аудио и видео сигналы. На рынке предлагается несколько типов ресиверов: от простых FTA, до комбинированных PVR ресиверов.

Самые распространённые ресиверы - рекомендованные спутниковыми операторами: НТВ плюс, Триколор ТВ, Континент ТВ и др. Для просмотра кодированных телеканалов у большинства операторов можно использовать только рекомендованные ими ресиверы, т.к. они имеют программную привязку к картам доступа, но некоторые операторы дают возможность выбора ресивера клиентом, предлагая потребителям САМ модули в комплекте с картой доступа. САМ модуль, это устройство, которое содержит программу для работы с картами доступа и имеет два разъема. Один - для установки в ресивер, другой - картоприемник. Такие САМ модули могут сразу поддерживают несколько кодировок для различных карт доступа и иногда могут быть перепрограммированы на другие кодировки.

Для компрессии спутникового сигнала в основном использует MPEG 2, поэтому ресиверы DVB-S работают, прежде всего, именно с этим стандартом. Так же имеются ресиверы DVB-S2, которые поддерживают MPEG 4 и MPEG 2, это, в основном, ресиверы высокой чёткости HD.

Своеобразным ресивером для просмотра спутникового телевидения на компьютере являются DVB-карты. Они могут быть как внутренними,

устанавливаемыми непосредственно в свободный PCI-слот компьютера, так и внешними, подключаемыми к обычному USB порту. DVB-карта подключается к конвертору спутниковой антенны, т.е. выполняет функции классического спутникового ресивера и передает полученные данные другим узлам компьютера. В целом, процесс установки и настройки DVB-карты ничем не отличается от установки любого другого устройства. Существуют также полноценные внешние устройства, подключаемые непосредственно к сетевому коммутатору (хабу). Примером такого устройства является Pent@Office, имеющее LNB-вход для подключения к конвертору антенны и Ethernet-порт (RJ-45).

4 Описание прикладных программ, используемых в лабораторной работе

В данной лабораторной работе производится расчет углов установки спутниковых антенн при помощи программной модели на ЭВМ. Лабораторной установкой являются специализированные программы Satellite Antenna Alignment (SAA), SatHunter и SATTV.

Satellite Antenna Alignment (SAA). Интерфейс программы приведен на рисунке 4. Программа предназначена для расчета углов, необходимых при установке спутниковой антенны. Рассчитываются азимут и угол места для каждого спутника. Расчет производится сразу на все спутники, что позволяет оценить, какие спутники физически видны с места установки антенны, а какие нет.

Работу с программой нужно начать с занесения географических координат вашей точки установки спутниковой антенны. Введите указанные преподавателем координаты в разделе "Координаты места установки антенны". Северная широта - "N", южная широта - "S". Аналогично, восточная долгота - "E", западная долгота - "W". После того, как координаты будут введены, в левой части в таблице вы получите расчет углов на все спутники сразу. Рассчитывается азимут и угол подъема антенны (угол места). Полученный

азимут - это направление на спутник в градусах от направления на север по часовой стрелке. Угол места является углом (в градусах) между направлением сигнала со спутника и касательной плоскости к поверхности земли в точке вашего приема. Если угол места отрицательный, значит спутник скрыт за горизонтом и прием сигнала с него в принципе не возможен. Таким образом, с вашей точки наблюдения теоретически видны спутники, у которых угол места является положительной величиной.

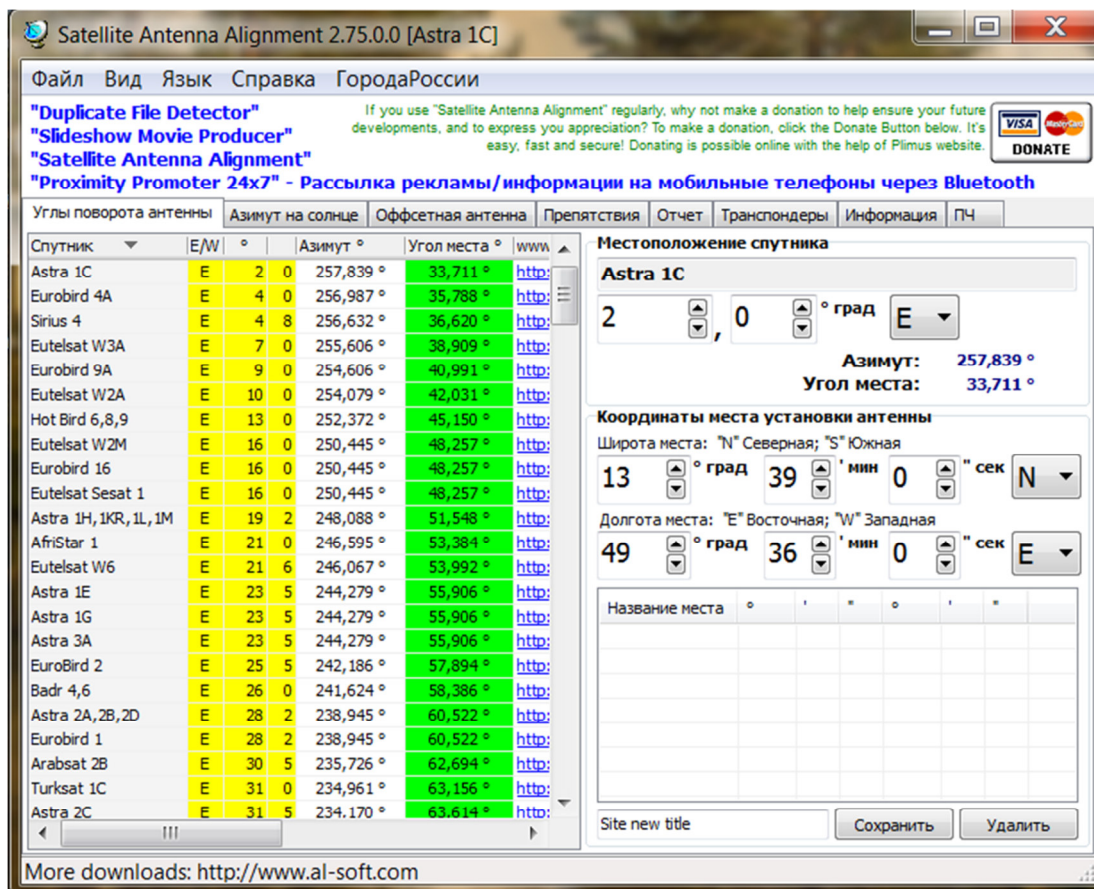


Рисунок 4 - Интерфейс программы Satellite Antenna Alignment (SAA)

Дополнительно в программе реализован расчет азимута на солнце. Расчет производится для точки, географические координаты которой вы задавали для расчета азимута на спутники. Высота над уровнем моря считается равной 0 метров. Вы можете указать дату (по умолчанию берется текущая дата) и произвести расчет движения солнца с дискретностью в одну минуту. Результаты расчета выводятся в таблице в левой части. Для солнца

рассчитывается как азимут, так и угол места в текущий момент времени. Таким образом, это дает возможность при установке антенны обойтись совсем без компаса. Сначала определите азимут на нужный вам спутник. Затем произведите расчет азимута на солнце на день, в который вы планируете устанавливать антенну. Найдите в таблице азимут солнца наиболее равный азимуту на спутник, и вы получите время (и дату), когда солнце будет в той же стороне что и спутник. В нужный момент времени поворачиваем антенну прямо на солнце, азимут солнца в этот момент совпадает с азимутом спутника. Интерфейс программы с окном «Расчет азимута на солнце» показан на рисунке 5.

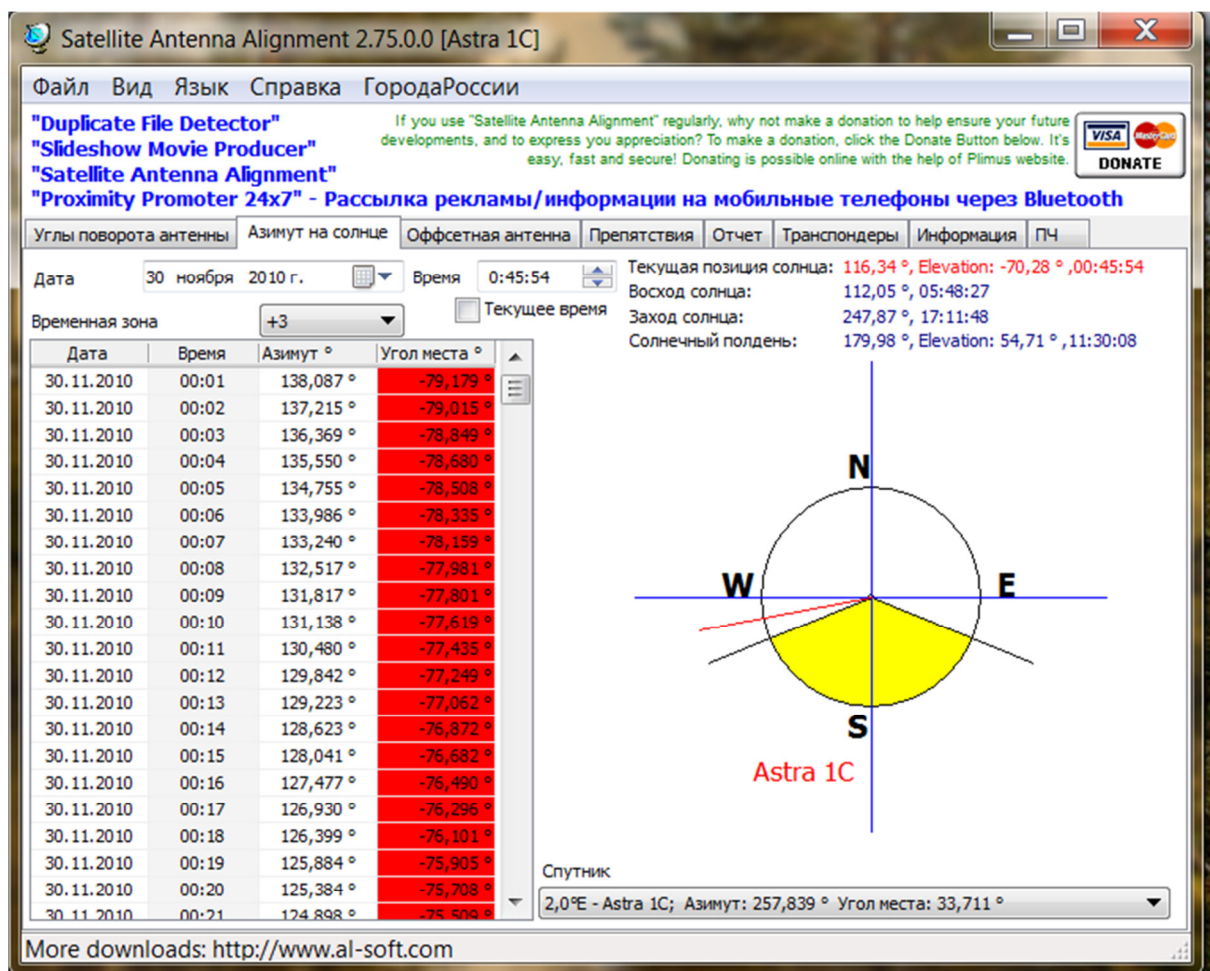


Рисунок 5 - Расчет азимута на солнце

Можно произвести расчет угла подъема офсетной антенны. Для этого необходимо ввести размеры вашей антенны (высоту и ширину) и программа рассчитает точный угол подъема для этой антенны. Расчет производится только для антенн, у которых высота больше ширины. Размеры антенны вводите в миллиметрах. Здесь же будет показан угол подъема на выбранный вами спутник, и угол, на который нужно реально установить антенну (в градусах от плоскости земли). Интерфейс программы с окном «Расчет угла подъема для офсетной антенны» показан на рисунке 6.

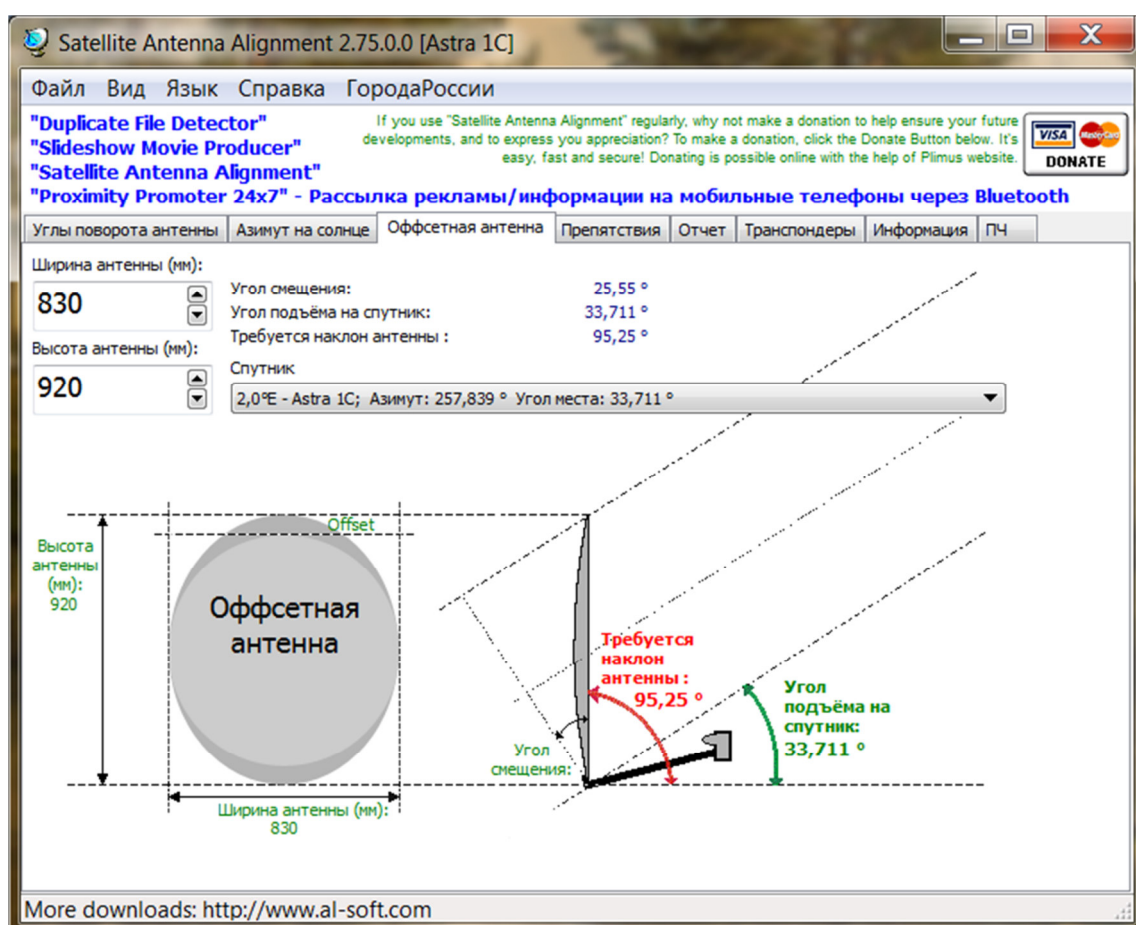


Рисунок 6 - Расчет угла подъема для офсетной антенны

Программа SatHunter представляет примерно ту же информацию что и SAA. После введения координат места приема, она показывает какие спутники видны с данного места и также рассчитывает азимут на солнце. Однако, расчет азимута на солнце не производится на весь день как в

программе SAA, только в момент когда азимут выбранного спутника совпадает с азимутом солнца. Для офсетной антенны также рассчитывает угол смещения и наклона. Интерфейс программы SatHunter представлен на рисунке 7. Окно «Расчет параметров для наведения антенны» показано на рисунке 8.

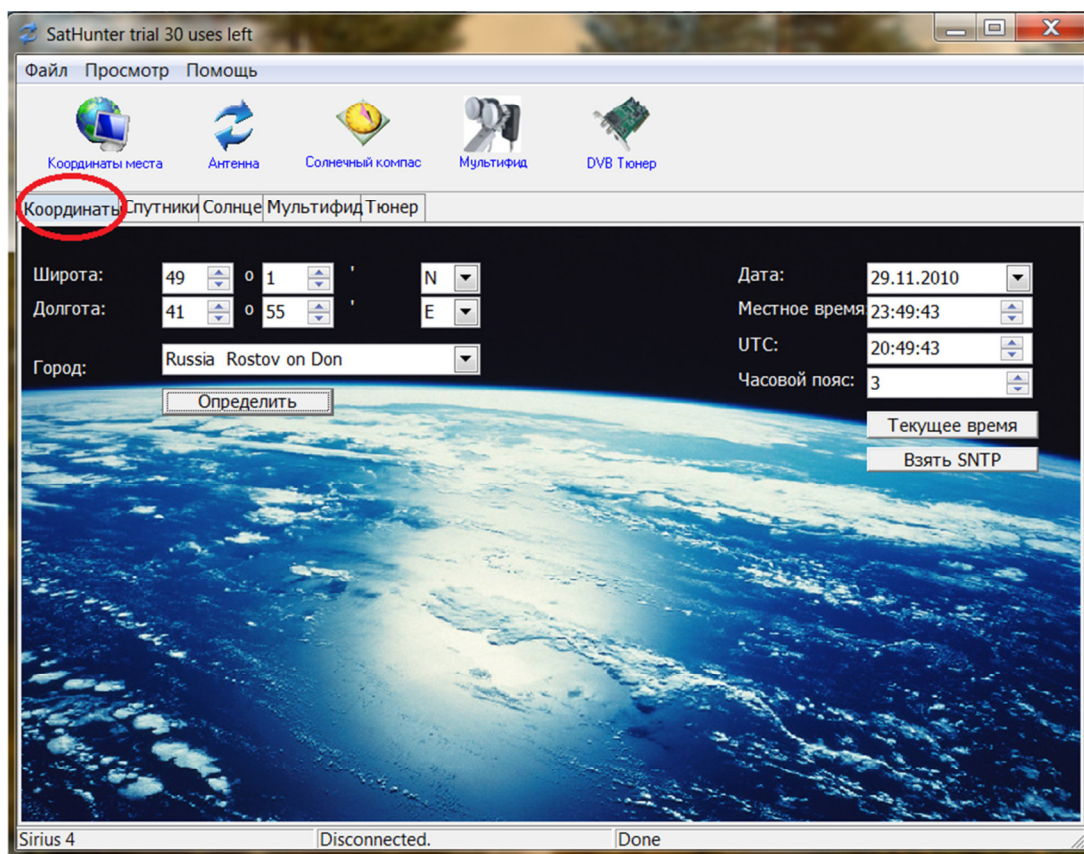


Рисунок 7 - Интерфейс программы SatHunter

Программа SATTV позволяет оценить качество приема телевизионных программ с определенного спутника в зависимости от различных параметров: мощности сигнала в точке приема, диаметра приемной антенны, коэффициента шума конвертора, ширины полосы частот видеотракта, углов наведения антенны на спутник. Интерфейс программы приведен на рисунке 9.

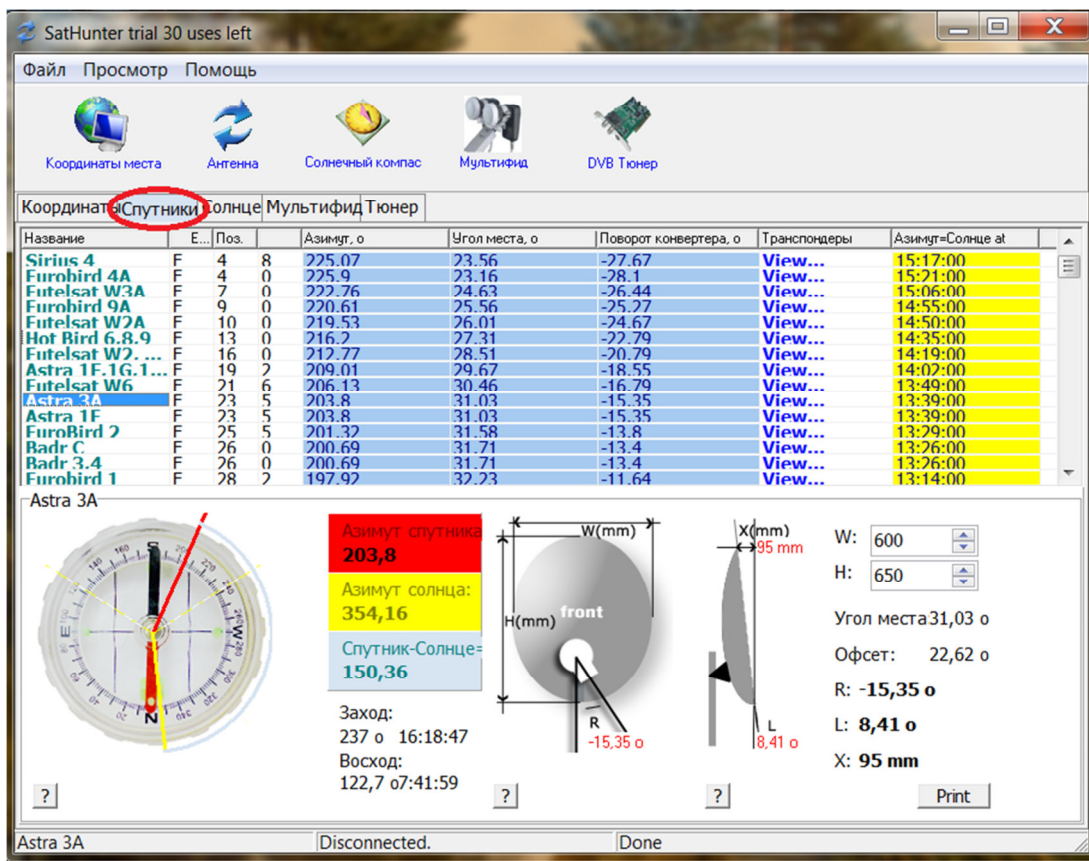


Рисунок 8 - Расчет параметров для наведения антенны

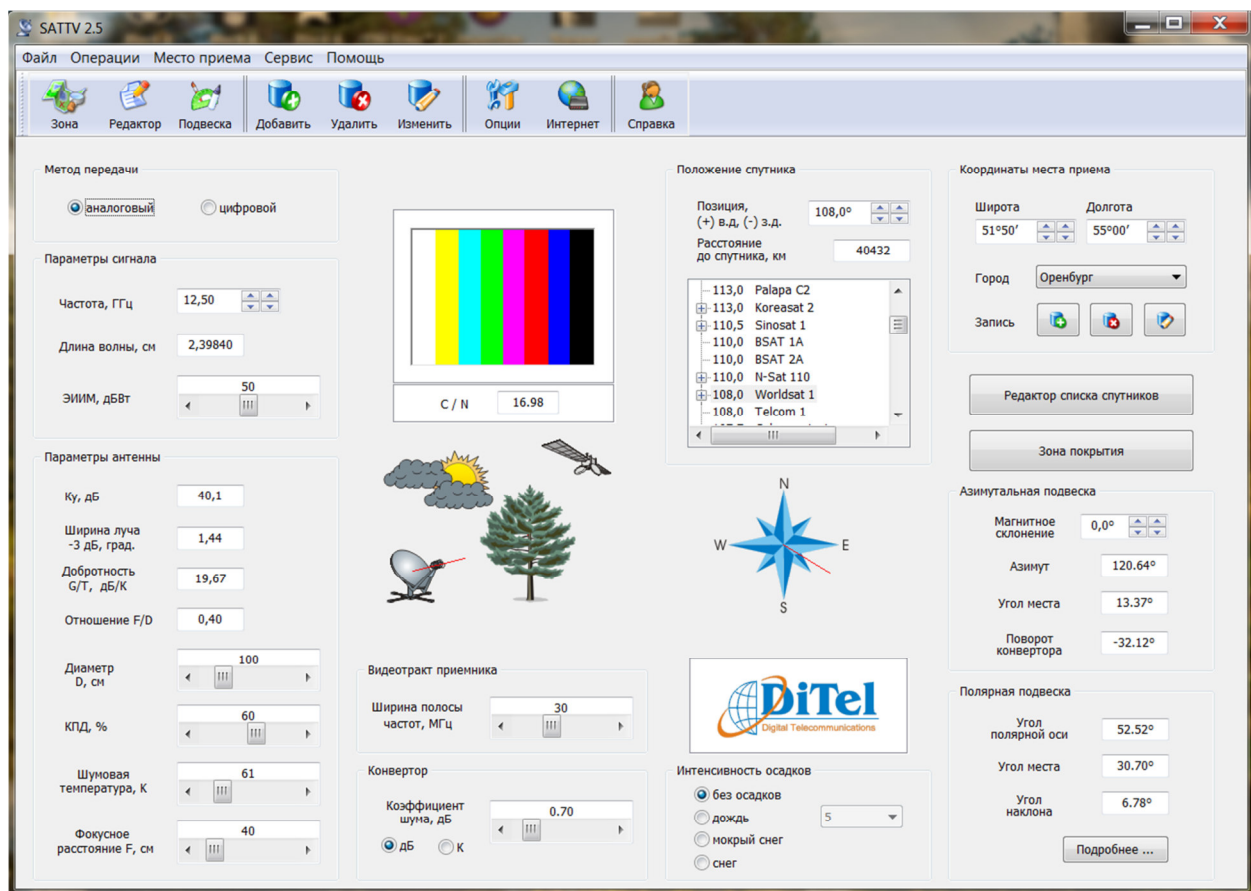


Рисунок 9 - Интерфейс программы SATTV

Здесь также необходимо ввести координаты места приема, выбрать спутник, на который будем настраиваться. Буден произведен расчет азимута и угла места. Изображение компаса покажет, в какой стороне будет находиться выбранный спутник с данной точки приема, а изображение телевизора, возможен ли прием с данного спутника и полученное отношение сигнал/шум.

5 Порядок выполнения лабораторной работы

5.1 Расчетный этап

Для того чтобы правильно установить спутниковую антенну необходимо сначала определить, какие именно спутники будут доступны с нашего местонахождения и с предполагаемого места установки спутниковой антенны. Или, вернее сказать, какие спутники будут находиться в зоне прямой видимости спутниковой антенны.

Так как наша планета имеет форму шара, а спутники расположены вокруг нее, то в зоне прямой видимости будет находиться только часть геостационарной орбиты (цепочки спутников). От того, насколько видна эта часть, напрямую зависит и количество доступных спутников. То есть, одни будут видны, а другие просто-напросто скроются за горизонтом.

Для определения зоны охвата, достаточно знать, какие два самых крайних спутника, из видимой цепочки, находятся в зоне прямой видимости спутник – спутниковая антенна. Для определения их координат существует три способа:

1-й способ: Определение спутников с помощью математических расчетов, по специальным формулам.

2-й способ: Определение спутников с помощью специально разработанных интернет страниц. С помощью, так называемых Online-калькуляторов.

3-й способ: Определение спутников с помощью специально разработанных компьютерных программ, например, таких как: Satellite Antenna

Alignment, SATTV, SMW Link, SatHunter, FastSatFinder, Prog Satellite Finder и многие другие.

На следующем этапе необходимо выбрать спутник, с которого будет приниматься сигнал. Для этого пользуются таблицей спутников, которая приведена в Приложении А. Более точные данные можно узнать в соответствующей литературе или в интернете, например, на сайтах www.telesputnik.ru и www.lyngsat.com.

Задание 1. Расчет параметров наведения антенны на заданный искусственный спутник земли.

1. Определить для заданной географической широты места приема угловой обзор видимой части дуги геостационарной орбиты, в пределах которого возможен приём сигналов со спутников. Место приема выбирается из таблицы в Приложении 4.1 в соответствии с номером студенческого билета.

$$\theta_{\text{ОБ}} = 2 \cdot \arccos(\text{tg}\psi / \text{tg}\alpha_{\text{П}}), \text{град} \quad (5.1)$$

$$\alpha_{\text{П}} = 90^\circ - (\varepsilon_{\text{МИН}} + \arcsin(A \cdot \cos\varepsilon_{\text{МИН}})), \text{град} \quad (5.2)$$

где

$$A = R_z / (R_z + H) = 0,1511;$$

$R_z = 6370$ км – радиус Земли;

$H = 35786$ км - высота геостационарной орбиты;

ψ - широта места приема, град;

$\alpha_{\text{П}}$ – угол относительного центра Земли между направлениями на ЗС и ИСЗ для случая $\varepsilon = \varepsilon_{\text{МИН}}$. Минимальный угол места, ниже которого прием сигналов с ГО затруднен, примем $\varepsilon_{\text{МИН}} = 8^\circ$.

Определить угловой диапазон азимутальной перестройки ОПУ антенны (от горизонта до горизонта), соответствующий максимальному угловому обзору дуги ГО ($\varepsilon = 0^\circ$):

$$\theta_{\text{ОБ.М}} = 2 \cdot \arccos(\text{tg}\psi / \text{tg}\alpha_{\text{П.М}}), \text{град} \quad (5.3)$$

$$\alpha_{П.М} = 90^\circ - \arcsin A = 0,153, \text{ град} \quad (5.4)$$

$$\theta_{ОБ.М} = 2 \cdot \arccos (0,153 \cdot \operatorname{tg} \psi), \text{ град} \quad (5.5)$$

Примечание: На широте $\psi = 81,3^\circ$ максимальный угол обзора равен 0, а на экваторе ($\psi = 0^\circ$) $\theta_{ОБ.М} = 180^\circ$. Реально верхней границей для широт, с которых целесообразен прием сигналов, считается $\psi = 75^\circ$, так как выше этого значения заметно возрастают энергетические потери и резко увеличивается уровень шумов.

2. Определить угловое разнесение между крайними позициями спутников, находящихся на видимой с точки приёма части дуги ГО (см. рисунок 10):

$$\theta_p = 2 \arccos(\cos \alpha_{П}/\cos \psi), \text{ град} \quad (5.6)$$

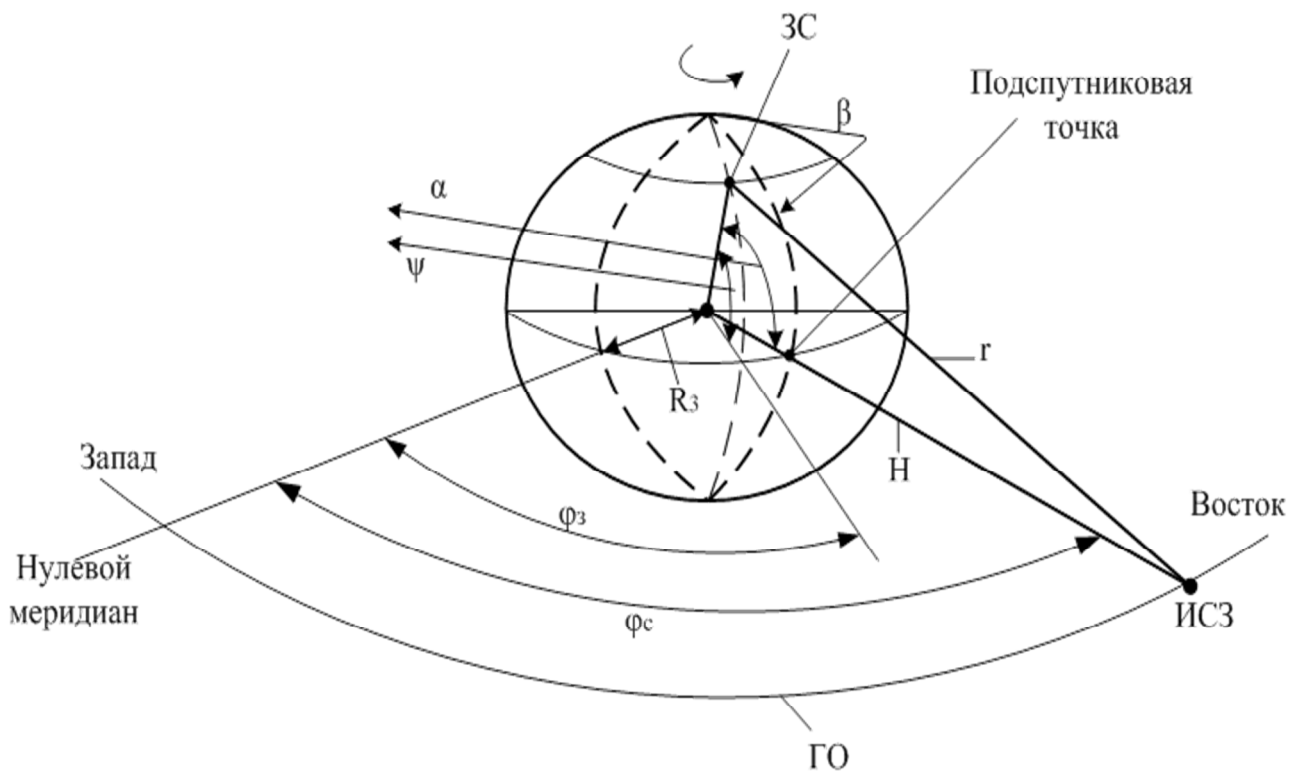


Рисунок 10 – Геометрическое представление орбитальных показателей

3. Определить на видимой части дуги ГО значения крайних позиций восточного и западного спутников, находящихся под углами мест $\varepsilon = \varepsilon_{\min}$

$$\varphi_{\text{С.Вос}} = \varphi_3 + \theta_p/2, \text{град} \quad (5.7)$$

$$\varphi_{\text{С.Зап}} = \varphi_3 - \theta_p/2, \text{град} \quad (5.8)$$

где φ_3 – долгота места приема, град.

4. Определить для географической широты точки приема максимальный угол места ε_M и диапазон угломестной перестройки ОПУ:

$$\varepsilon_M = \arctg\left(\frac{(-A + \cos \psi)}{\sin \psi}\right), \text{град} \quad (5.9)$$

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_M - \varepsilon_{\text{МИН}}, \text{град} \quad (5.10)$$

5. Определить угол места наведения антенны на выбранный видимый спутник с данной точки приема. Спутник выбрать по указанию преподавателя из таблицы в Приложении А.

$$\varepsilon_T = \arctg\left(\frac{(-A + \cos \alpha)}{\sin \alpha}\right), \text{град} \quad (5.11)$$

$$\alpha = \arccos(\cos \psi \cdot \cos|\varphi_{\text{С}} - \varphi_3|), \text{град} \quad (5.12)$$

где $\varphi_{\text{С}}$ – геостационарная позиция спутника, град.

Если спутник находится под углом места $\varepsilon \leq 35^\circ$, необходимо скорректировать угол места с учетом наличия атмосферной рефракции:

$$\varepsilon = 0,5 \cdot \left(\varepsilon_T + \sqrt{\varepsilon_T^2 + 4,13}\right), \text{град} \quad (5.13)$$

6. Определить азимут β и азимутальное смещение $\Delta\beta$ между направлениями на юг и на спутник. Азимут характеризует угол между направлениями на северный полюс (СП) и спутником. Угол отсчитывается по часовой стрелке в горизонтальной плоскости точки приема.

$$\beta = 180^\circ + \Delta\beta, \text{град} \quad (5.14)$$

$$\Delta\beta = \arctg[(\tg|\varphi_{\text{С}} - \varphi_3|)/\sin \psi], \text{град} \quad (5.15)$$

где $\Delta\beta$ – азимутальное смещение, равное углу между направлениями на юг и на спутник с вершиной в точке приема.

В расчетах для южного полушария цифра 180 из формулы исключается.

7. Сделать рисунок, по примеру рисунка 12 с указанием на дуге ГО позиции заданных ИСЗ и рассчитанные показатели наведения и перестройки.

5.2 Этап использования специализированного программного обеспечения

Задание 2.

1. Запустить программу Satellite Antenna Alignment. Ввести исходные данные (координаты места приема) для своего варианта.
2. Проверить попадают ли видимые с данной точки приема спутники, указанные в таблице программы, в рассчитанные границы углового обзора видимой части дуги ГО при минимальном и максимальном угле. Для этого необходимо сложить координаты крайне восточного и крайне западного видимых спутников и проверить условие $\theta_{ОБ} \leq \theta \leq \theta_{ОБМ}$.
3. Исходя из расчетов значений крайних позиций, восточного и западного спутников, найти их в таблице программы.
4. Щелкнуть на название выбранного ранее спутника. Сравнить расчетные значения угла места наведения антенны и азимута со значениями представленными программой.
5. Прodelать пункты 1-4 для программ SatHunter и SATTV.
6. Сделать вывод об эффективности использования каждой программы в отдельности.
7. Сделать сравнительную таблицу значений:

Таблица 5.2

Параметр	$\theta_{ОБ}$	$\theta_{ОБ.М}$	$\varphi_{С.Вос}$	$\varphi_{С.Зап}$	ε_T	β
Расчетное значение						
Значение по программе						

■

5.3 Практическая настройка приемной системы спутникового ТВ

Задание 3. Практическая настройка приемной системы спутникового телевидения

Получить от преподавателя координаты или название спутника, на который необходимо настроить приемную систему.

Для практической работы используется офсетная антенна с азимутально-угломестной подвеской с подключенным к ней конвертором линейной или круговой поляризации.

Наведение антенны делится на два этапа – предварительное, по азимуту и углу места и точное, по максимуму принимаемого сигнала.

Для наведения по азимуту требуется максимально точно определить направление, в котором должна “смотреть” антенна. Наиболее точный метод определения азимута – по солнцу. Для этого нужно определить, в какой момент времени солнце находится в нужном направлении. Сделать это можно, например, с помощью программы SAA. Как навести антенну по солнцу смотри «Краткие теоретические сведения» → «Описание лабораторного макета».

Если наведение по солнцу представляется невозможным (в нужный момент может быть облачно), используется наведение по компасу: на предполагаемом месте установки спутниковой антенны определить с помощью компаса направление на юг. После этого, сопоставить саму стрелку компаса, указывающую южное направление, с нулевой отметкой передвижной шкалы. Далее, определить по визирю компаса, какое будет направление при вычисленном азимуте. Это и будет направление на искомый спутник.

После наведения по азимуту – закрепить антенну (сильно крепеж не затягивать) и еще раз проверить правильность установки угла места.

Прежде чем приступать к непосредственному поиску каналов, необходимо настроить антенну на наведенный спутник по максимуму принимаемого сигнала. Для этого используют прибор Sat-Finder. Он предназначен для настройки антенн на спутники и нахождения наилучшего сигнала от них. Внешний вид прибора в 2-х различных версиях исполнения показан на рисунке 13.



Рисунок 13 - Прибор Sat-Finder

Sat-Finder подключается в разрыв кабеля, между антенной и ресивером, вблизи от антенны (желательно 1-3 м). Ресивер при этом должен быть выключен.

После включения появляется фирменная заставка, а затем ресивер переходит в режим первоначальной настройки. Первым пунктом пользователю предлагают выбрать язык меню и звукового сопровождения как показано на рисунке 14.



Рисунок 14 – Страница Выбор языка

Выбрав язык, нажимаем на Exit (Previous) и попадаем на следующий экран - UHF control. На этом экране можно настроить номер телевизионного канала, в который ресивер будет подмешивать свой сигнал, а также

разновидность стандарта PAL, в которой ресивер будет выдавать сигнал. Далее нажимаем на кнопку Exit (Previous), и попадаем на следующую страницу Edit Satellite, как показано на рисунке 15.



Рисунок 15 - Страница Edit Satellite

Список содержит орбитальные позиции спутников, и отсортирован по алфавиту. Для выбора спутника необходимо пометить его спутник как фаворит и нажать на ОК.

Выбрав принимающиеся в данной местности спутники, и нажав на Exit, Вы попадаете на страницу Antenna Setting, как показано на рисунке 16.



Рисунок 16 - Страница Antenna Setting

Для каждого спутника Вы выбираете тип LNB, DiSEqC-порт или настройки позиционера. Можно также вручную управлять сигналами 0/12V и 22KHz.

При включении питания ресивера, напряжение питания подается на конвертор. Происходит включение прибора Sat Finder, при этом уровень сигнала на индикаторе будет небольшим. Медленно изменяя азимут (вправо/влево) и угол места (вверх/вниз) спутниковой антенны, добиться увеличения уровня сигнала на шкале индикатора. Включить и выключить звуковой сигнал можно при помощи кнопки включения звука. Частота звукового сигнала нарастает с улучшением точности настройки антенны на спутник. Зелёный светодиод отображает вертикальную/горизонтальную поляризацию. Красный светодиод отображает наличие частоты 22кГц. При достижении максимального уровня на шкале индикатора или максимального уровня звукового сигнала, настройка на спутник окончена.

После того как антенна будет настроена по максимуму принимаемого сигнала, прибор Sat-Finder отключают. **При этом необходимо обязательно отключить питание ресивера во избежание выхода из строя ресивера и конвертера, так как между ними присутствует некоторый потенциал разностного напряжения.** Соединить ресивер с конвертором напрямую и вновь подать на него питание.

После настройки положения спутниковой антенны Вы попадаете в диалог поиска каналов, как показано на рисунке 17. Реализован как быстрый поиск (по транспондерам), так и медленный (сканирование всего диапазона). Для каждого спутника хранится список возможных символьных скоростей (SR).



Рисунок 17 - Страница поиска каналов

Отсканировав каналы, Вы попадаете в диалог установки времени. Ресивер поставляется с включенным режимом Menu Lock - ограничения доступа к меню. Для того, чтобы установить время, требуется снять режим Menu Lock. Пароль по умолчанию "0000".

Главное меню состоит из четырех пунктов - Search (Поиск каналов), Edit (редактирование спутников, каналов, и транспондеров), Setup (разнообразные настройки) и Tools (служебные пункты и игры). Перемещение производится кнопками "вправо-влево", при этом наверху появляется соответствующее вертикальное меню второго уровня.

На рисунке 18 приведена карта меню. При этом в первой колонке приведены пункты главного меню, во второй колонке - пункты меню второго уровня, а третьей - диалоги третьего уровня.

Menu Map

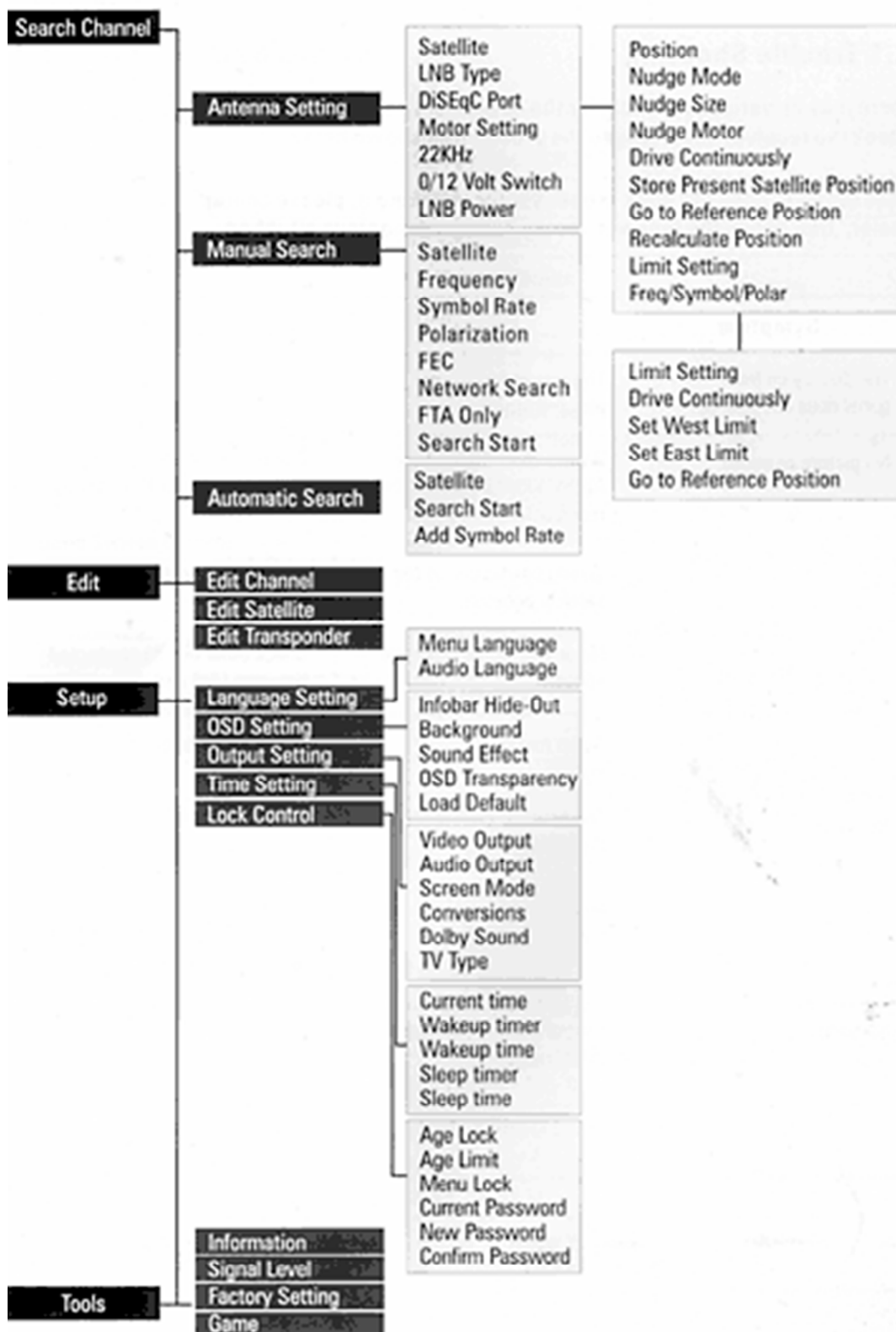


Рисунок 18 – Пункты меню

6 Содержание отчета

Отчет должен содержать:

- Название и цель работы.
- Результаты расчетов задания 1.
- Рисунок с рассчитанными параметрами наведения антенны.
- Скриншоты интерфейса программ с установленными значениями по заданию 2.
- Результаты настройки приемной системы на заданный спутник (частоты приема, гетеродина, символьная скорость, поляризация и т.д., принятые телевизионные программы).
- Выводы по результатам выполнения каждого раздела лабораторной работы.

7 Контрольные вопросы

1. Что такое система НТВ?
2. Какие типы антенн используются при приеме ТВ сигнала со спутника?

Их достоинства и недостатки?

3. На что влияет поляризация сигнала?

4. Каково назначение конвертора?

5. Каково назначение спутникового ресивера?

6. Какая подвеска называется азимутально-угломестной а какая полярной? Их достоинства и недостатки?

7. Какой угол называется азимутальным?

8. Какой угол называется углом места?

9. Как определить угол места и азимут антенны для приема сигналов спутникового ТВ вещания?

10. Как осуществить грубое и точное позиционирование антенны на спутник?

11. Для чего нужны DVB-карты?

12. Что такое частота гетеродина конвертера?

Приложение А

Таблица координат спутников, принимаемых в европейской части России

№	Позиция	Спутник	Частоты	№	Позиция	Спутник	Частоты
1	72.1°E	Intelsat 22	СКu	37		Eutelsat 36B	Ku
2	70.5°E	Eutelsat 70B	Ku	38	33.0°E	Eutelsat 33E	н/д
3	68.5°E	Intelsat 20	СКu	39	33.0°E	Eutelsat 33C	Ku
4	68.5°E	Intelsat 36	н/д	40		Intelsat 28	Ku
5	66.0°E	Intelsat 17	СКu	41	31.5°E	Astra 5B	Ku
6	65.0°E	Amos 4	Ku	42	31.0°E	Hylas 2	Ka
7	64.2°E	Intelsat 906	СКu	43	30.8°E	Eutelsat 31A (<i>incl. 2.2°</i>)	Ku
8	62.0°E	Intelsat 902	СКu	44	30.5°E	Arabsat 5A	СКu
9	61.0°E	ABS 4	н/д	45	28.2°E	Astra 2E	Ku
10	60.0°E	Intelsat 33e	СКu	46		Astra 2F	Ku
11	58.5°E	KazSat 3	Ku	47		Astra 2G	Ku
12	57.0°E	NSS 12	СКu	48	26.0°E	Badr 4	Ku
13	56.0°E	Express AT1	Ku	49		Badr 5	Ku
14	55.0°E	G-Sat 16	н/д	50		Badr 6	Ku
15	54.9°E	G-Sat 8	Ku	51		Badr 7	Ku
16		Yamal 402	Ku	52	25.5°E	Eutelsat 25B/Es'hail 1	KuKa
17	53.0°E	Express AM6	СКu	53	23.5°E	Astra 3B	Ku
18	52.5°E	Y1A	Ku	54	21.5°E	Eutelsat 21B	Ku
19	52.0°E	TurkmenÄlem/MonacoSat	Ku	55	20.0°E	Arabsat 5C	C
20	51.5°E	Belintersat 1	СКu	56	19.2°E	Astra 1KR	Ku
21	50.5°E	NSS 5 (<i>incl. 3.7°</i>)	СКu	57		Astra 1L	KuKa
22	50.0°E	Türksat 4B	Ku	58		Astra 1M	Ku
23	49.0°E	Yamal 202	C	59		Astra 1N	Ku
24	48.0°E	Afghansat 1	Ku	60	16.0°E	Eutelsat 16A	KuKa
25	47.9°E	Insat 4CR	н/д	61	13.0°E	Eutelsat Hot Bird 13B	Ku
26	47.5°E	Intelsat 10 (<i>incl. 1.3°</i>)	Ku	62		Eutelsat Hot Bird 13C	Ku
27	46.0°E	AzerSpace 1/Africasat 1a	СКu	63		Eutelsat Hot Bird 13E	Ku
28	45.1°E	Intelsat 904	н/д	64	10.0°E	Eutelsat 10A	СКu
29	45.0°E	Intelsat 12	Ku	65	9.0°E	Eutelsat Ka-Sat 9A	Ka
30	42.5°E	NigComSat 1R	н/д	66		Eutelsat 9B	Ku
31	42.0°E	Türksat 3A	Ku	67	7.0°E	Eutelsat 7A	KuKa
32		Türksat 4A	Ku	68		Eutelsat 7B	KuKa
33	40.0°E	Express AM7	СКu	69	4.9°E	SES 5	СКu
34	39.0°E	Hellas Sat 2	Ku	70		Astra 4A	KuKa
35	38.0°E	Paksat 1R	СКu	71	3.0°E	Eutelsat 3B	СКu
36	36.0°E	Express AMU1	Ku	72		Rascom QAF 1R	СКu

"E" – Восточная долгота (в.д.)

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жуковский А.Г. Спутниковые и радиорелейные системы передачи. Учебное пособие Ростов-на-Дону: Северо-Кавказский филиал МТУСИ, 2011. - 270 с. (гриф УМО)
2. Системы спутниковой связи: Учеб. пособие для вузов; Под ред. Л.Я. Кантора. М.: Радио и связь, 1992.
3. Сомов А.М., Корнев С.Ф. Спутниковые системы связи: Учебное пособие для вузов. М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 244 с.
4. Мамаев Н.С. Спутниковое телевизионное вещание. Приемные устройства М.: Радио и связь, 1999. – 152с.
5. Быховский М.А. Основы проектирования цифровых радиорелейных линий связи. Учебное пособие для вузов. М.: Горячая линия-Телеком, 2014. -334 с..
6. Быховский М.А. Развитие телекоммуникаций. На пути к информационному обществу. Развитие спутниковых телекоммуникационных систем. М.: Горячая линия-Телеком, 2014. -436 с.
7. Ткаченко Д.А. Спутниковое телевидение: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1998.
8. Немировский А.С. и др. Радиорелейные и спутниковые системы передачи. М.: Радио и связь, 1986.
9. В.И. Назаров, В.И. Рыженко Спутниковое телевидение: справочник М.: Оникс. - 2006. - 32 с.М.: Радио и связь, 1986.
- 10.Мамчев Г.В. Цифровое телевизионное вещание: учебное пособие для вузов/ М.: Горячая линия - Телеком, 2014.— 448 с.
- 11.Катунин Г.П., Мамчев Г.В., Попантонопуло В.Н., Шувалов В.П. под ред. проф. В.П. Шувалова Телекоммуникационные системы и сети. Том 2. Радиосвязь, радиовещание, телевидение. М.: Горячая линия - Телеком, 2014.— 672 с.