

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ  
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Московский технический университет связи и информатики»

Методические указания  
по выполнению курсовой работы  
по дисциплине

## СПУТНИКОВЫЕ И НАЗЕМНЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ

Направление подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и  
системы связи

Ростов-на-Дону  
2019

Методические указания  
по выполнению курсовой работы  
по дисциплине

## СПУТНИКОВЫЕ И НАЗЕМНЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ

Составитель: А.Г. Жуковский, проф. каф. «ИТСС»

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

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения .....	4
1.1 Цель курсовой работы .....	4
1.2 Задачи, которые решаются в ходе выполнения курсовой работы .....	4
2 Краткие сведения из теории .....	5
2.1 Основные принципы функционирования спутниковой системы непосредственного телевизионного вещания .....	5
2.2 Диапазоны частот спутниковых систем телевизионного вещания .....	9
2.3 Виды поляризации спутникового сигнала .....	9
2.4 Состав и принцип работы спутникового оборудования ...	11
3 Структура отчета по курсовой работе и требования по ее оформлению .....	19
4 Порядок выполнения курсовой работы .....	21
4.1 Определение спутников доступных для приема сигнала на спутниковую антенну .....	21
4.2 Выбор вещательного спутника с помощью таблицы спутниковых транспондеров .....	27
4.3 Расчет энергетики спутникового канала и выбор диаметра зеркала антенны для устойчивого приема .....	29
4.4 Выбор спутникового оборудования, описать его характеристик и определение стоимости всего спутникового комплекта .....	55
5 Рекомендации по выбору варианта выполнения работы .....	56
Список источников .....	57
Приложение А. Варианты выполнения индивидуальных заданий ...	58
Приложение Б. Зоны покрытия спутников .....	62

# **1 Общие положения**

Курсовая работа (далее - КР) является частью самостоятельной работы студентов. Выполняя данную работу, студенту необходимо показать умение искать нужную информацию, анализировать, систематизировать, уметь использовать информационные технологии, обобщать и представлять изученный материал в электронном виде и в виде бумажного отчёта.

## **1.1 Цель курсовой работы**

Цель работы - закрепить знания, полученные в процессе изучения теоретических вопросов по дисциплине СПУТНИКОВЫЕ И НАЗЕМНЫЕ СИСТЕМЫ РАДИОСВЯЗИ, выработать навыки самостоятельной работы с соответствующим программно-аппаратным обеспечением, позволяющем определить места расположения спутников. Освоить расчёт энергетики спутникового вещательного канала, изучить принципы модуляции, кодирования и сжатия информации, использующиеся в цифровом телевизионном вещании. Уметь обосновать выбор необходимого спутникового оборудования.

## **1.2 Задачи, которые решаются в ходе выполнения курсовой работы**

В ходе выполнения работы студент решает следующие задачи:

1. Определить, вещание, каких телевизионных спутников будут доступно в определенном населенном пункте на территории Российской Федерации. Наименование населенного пункта определяется исходя из номера варианта.
2. Определить характеристики этих спутников и выбрать из них тот, который содержит наибольшее количество бесплатных русскоязычных программ.
3. Рассчитать энергетические параметры спутникового канала и на основе проведенных расчетов сравнить полученные результаты с рекомендациями спутникового провайдера, предоставляющего услуги телевещания с данного спутника и программными средствами определения основных параметров трассы и энергетики канала связи.
4. Выбрать соответствующее спутниковое оборудование, описать его характеристики и определить стоимость всего спутникового комплекта.

## 2 Краткие сведения из теории

### 2.1 Основные принципы функционирования спутниковой системы непосредственного телевизионного вещания

Когда спутниковая связь, еще не так была развита как в настоящее время, наземная передача информации (передача сигнала по радиоволнам), осуществлялась через так называемые РРС коммуникации (РРС - Радио Релейная Связь). На земле, устанавливались приемно-передающие радиорелейные станции, которые по цепочке, принимали и передавали радиосигнал в обоих направлениях (см. Рисунок 1). Расстояние между ними, напрямую зависело от рельефа местности и достигало максимум 60-80 км.

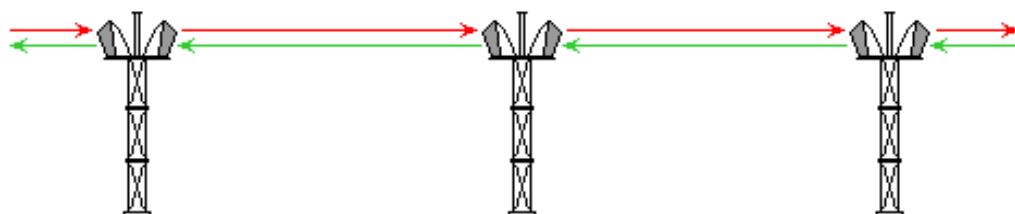


Рисунок 1

Телевизионные сигналы по РРЛ поступали на эфирные передающие станции, которые, в свою очередь, передавали в определенном радиусе (30-100 км) радиосигнал на приемные антенны телевизоров (Рисунок 2).

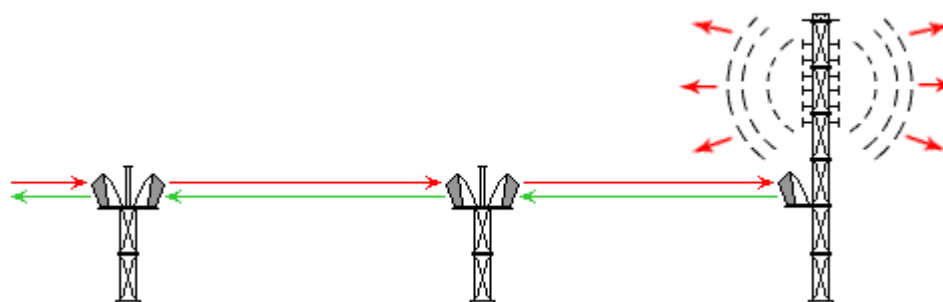


Рисунок 2

В настоящее время наиболее распространенным доступом в телевизионному вещанию в отдаленных населенных пунктах в Европейской и в восточных районах Российской Федерации является спутниковое телевидение непосредственного вещания (НТВ). Это позволило практически не использовать наземные телекоммуникации, а получать телевизионный контент по кратчайшему пути: телестудия - спутник - зритель, как показано на рисунке 3.

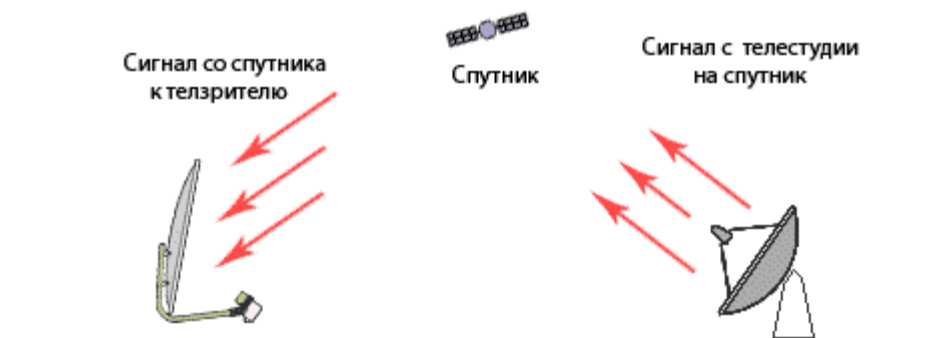


Рисунок 3

Для приема телевизионных каналов достаточно установить комплект спутникового оборудования и настроить его работу.

Такое спутниковое вещание обладает следующими достоинствами:

1. Хорошее качество изображения по сравнению с эфирным ТВ, что особенно заметно на телевизорах с большой диагональю.
2. Хорошее качество звука.
3. Возможность приема сигнала там, где не доступен эфирный прием.
4. Большой выбор телеканалов.
5. Помимо телеканалов, можно принимать множество радиоканалов, с отличным качеством.
6. Кроме просмотра телепрограмм, становится доступным, скоростной спутниковый Интернет.
7. Возможность просмотра каналов различных языковых регионов.

Но при этом существует и ряд недостатков:

1. При ухудшении погодных условий заметно снижается качество принимаемого телевизионного сигнала.
2. Для приема спутникового вещания не достаточно иметь только телеприемник (телевизор), необходимо приобретать комплект спутникового приема, состоящий из параболической антенны, конвертера и ресивера.
3. По сравнению с эфирным приемом, больше элементов в параметрах настройки.
4. Иногда прием становится невозможным, вследствие высокой солнечной активности.

Спутники, с которых принимается сигнал, находятся на геостационарной орбите, на расстоянии от земли около 36 000 км. Так как спутник, должен, постоянно находится в одной и той же точке, относительно нашей планеты, он вращается вокруг земли перпендикулярно ее оси, в том

же направлении и с такой же скоростью (Рисунок 4), то есть одновременно с самой планетой.

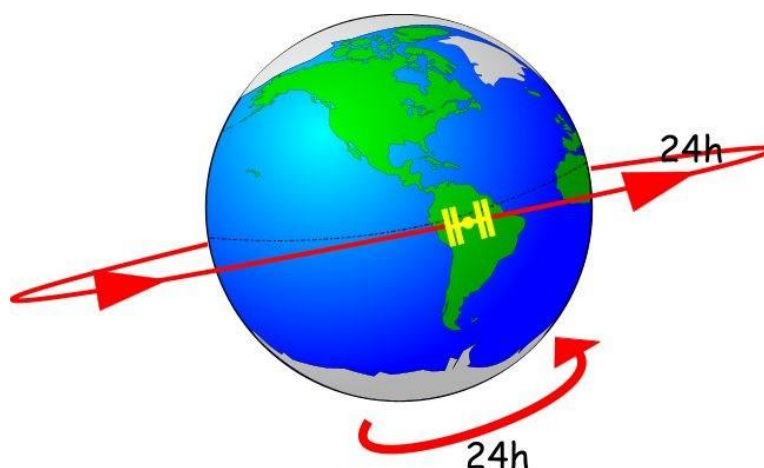


Рисунок 4

Так как земля имеет шарообразную форму, все координаты измеряются в градусах, а местоположение определяется долготой и широтой. Как правило, в определении долготы, для сокращения используются две латинские буквы:

E - от слова East ( в переводе - ВОСТОК),

W - от слова West ( в переводе - ЗАПАД).

Исходя из того, что окружность равна 360 градусов, она поделена на две части, по 180 градусов, а нулевой градус геостационарной орбиты будет проходить через  $0^\circ$  широты и  $0^\circ$  долготы, так называемый, Гринвичский меридиан. Западная долгота будет расположена, к западу от Гринвича, а восточная, к востоку от Гринвича (Рисунок 5).



Рисунок 5

Например, два спутника, Express AM 22  $53,0^\circ\text{E}$  и Intelsat 707  $53,0^\circ\text{W}$  имеют одинаковую величину в градусах (Рисунок 6), а различие в координатах будет, в какой стороне от Гринвича находятся спутники. В нашем случае, Express AM 22 будет расположен к востоку от Гринвича, восточная долгота, а Intelsat 707 к западу, западная долгота.

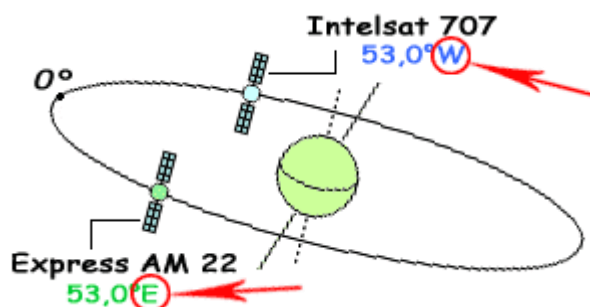


Рисунок 6

Иногда встречаются варианты, что координаты какого либо конкретного спутника будут измеряться исходя из азимута. В этом случае, азимут спутника вычисляется непосредственно от того места, где находится спутниковая антенна.

Для проживающих в северном полушарии, все видимые спутники будут находиться в южном, в юго-восточном и юго-западном направлениях. При этом видна только часть геостационарной орбиты (в виде дуги над горизонтом). Этим определяется количество спутников, с которых можно принимать сигнал, поскольку, остальные спутники скроются от нас за горизонтом как показано на рисунке 7.

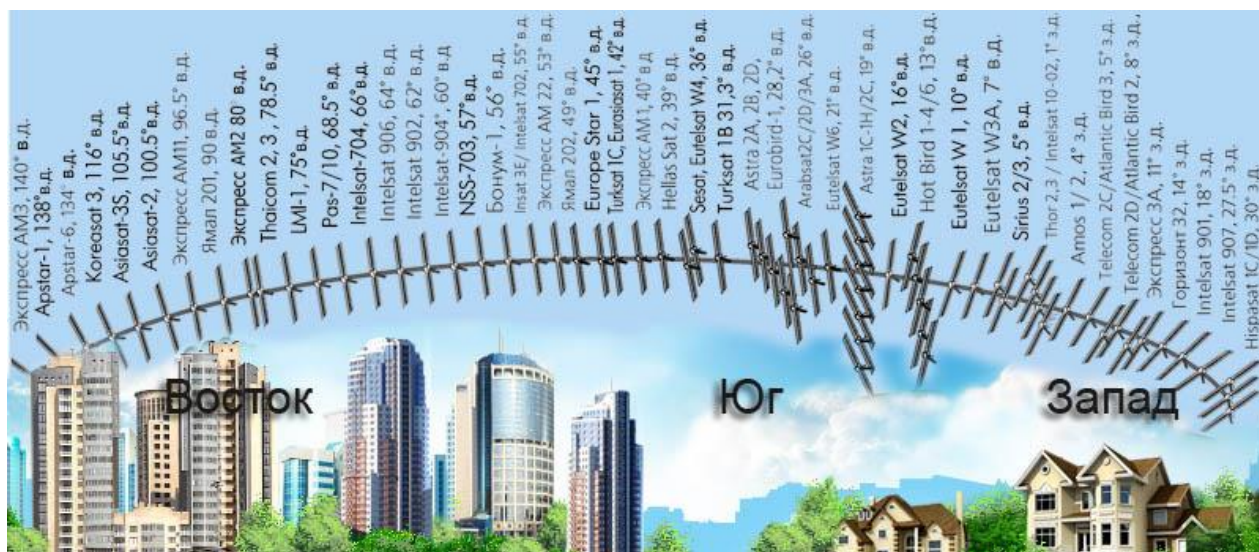


Рисунок 7

Однако чтобы правильно произвести настройку спутникового оборудования, мало знать только геостационарное положение самого спутника. Необходимо также располагать координатами того населенного пункта где устанавливается спутниковый телеприемник. Координаты места также определяются широтой и долготой. При этом широта может быть северной - N и южной - S.



## 2.2 Диапазоны частот спутниковых систем телевизионного вещания

Для систем спутниковой связи выделено несколько диапазонов частот, каждый из которых получил условное обозначение буквой латинского алфавита (см. таблицу 1).

Таблица 1 - Частотные диапазоны спутниковых инфокоммуникационных систем

Наименование диапазона	Полоса частот в ГГц
<i>L</i> - диапазон	1,452-1,550 и 1,610-1,710
<i>S</i> - диапазон	1,93 - 2,70
<i>C</i> - диапазон	3,40 -5,25 и 5,725 - 7,075
<i>X</i> - диапазон	7,25 - 8,40
<i>Ku</i> - диапазон	10,70 - 12,75 и 12,75 - 14,80
<i>Ka</i> - диапазон	15,40 - 26,50 и 27,00 - 30,20
<i>K</i> - диапазон	84,0 - 86,0

В настоящее время для приема спутникового телевизионного вещания в основном используют два частотных диапазона: *C* и *Ku*. *C* - диапазон - используется на сравнительно старых спутниках, но сигнал в этом диапазоне более устойчив к гидрометеорам. *Ku* - диапазон является наиболее оптимальным из соотношения «стоимостные затраты - качественные характеристики сигнала» для прямого спутникового вещания. Ъ

## 2.3 Виды поляризации спутникового сигнала

Кроме частотного спектра (диапазона), спутниковые сигналы, различаются видом поляризации.

Основными видами поляризации являются:

- 1) Линейная горизонтальная - сокращено "H" (Horisontal).
- 2) Линейная вертикальная - сокращено "V" (Vertical).
- 3) Круговая правая - сокращено "R" (Right).
- 4) Круговая левая - сокращено "L" (Left).

Сигнал горизонтальной поляризации (Horisontal) приходит на спутниковую антенну в горизонтальной плоскости (Рисунок 8).

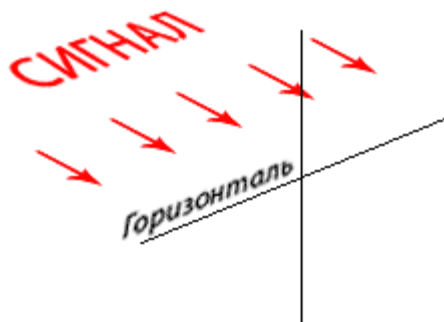


Рисунок 8

Сигнал вертикальной поляризации (Vertical) - в вертикальной плоскости (Рисунок 9).

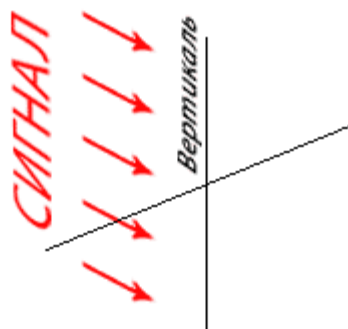


Рисунок 9

В круговой поляризации (Circular) - сигнал как бы вращается по спирали в одну, или другую сторону с очень большей скоростью, условно называясь правой - Right (R), и левой - Left (L) поляризацией.

Поляризация позволяет расширить число каналов, которые могут занимать данную полосу частот, путем использования горизонтальной или вертикальной поляризации. Это удваивает число каналов, передаваемых одним спутником, поскольку два канала могут располагаться на одной частоте при условии, что они имеют противоположную поляризацию. По существу же, эти каналы разнесены, чтобы минимизировать перекрестные искажения (интерференцию) между ними. Также для уменьшения перекрестных искажений используется и круговая левая и правая поляризации.

Так как различные спутники используют разные виды поляризации, то от этого зависит и выбор определенного типа оборудования, например конвертеров, устанавливаемых на параболическую антенну.

## 2.4 Состав и принцип работы спутникового оборудования

Электромагнитный сигнал высокой частоты (до нескольких десятков ГГц) со спутника, встречая спутниковую антенну, и отражаясь от ее зеркала, падает на облучатель конвертера. В конвертере происходит преобразование несущей частоты до промежуточной (в пределах от нескольких сот МГц до 1,5 ГГц). Через коаксиальный кабель сигнал попадает в спутниковый ресивер, в котором происходит выделение из промежуточной частоты, содержащей большое количество уплотненных телевизионных каналов, определенного телевизионного канала по выбору пользователя (Рисунок 10).



Рисунок 10

### 2.4.1 Спутниковая антенна

Сигнал, идущий с передающей антенны спутника, имеет различную конфигурацию, а это значит, что комплектация антенны и ее стоимость, напрямую зависят от того, сигналы с какого спутника будут приниматься абонентом.

Спутниковая антенна предназначена для фокусировки на облучатель конвертера параллельного пучка радиоволн, излучаемых конкретным спутником. По форме, антенны различаются, на прямофокусные и офсетные.

Конвертер - другое название LNB (Low Noise Blockconverter) или МШУ (Мало Шумящий Усилитель) - это такое приемное устройство, которое крепится в фокусе отраженного от спутниковой антенны сигнала. На его облучатель, проецируется электромагнитный сигнал идущий со спутника. Конвертер преобразует электромагнитную волну в электрический сигнал, снижает его частоту и передает его на приемник (ресивер).

По принципу работы, эти две спутниковые антенны различаются направлением отражаемого от их рефлектора сигнала, то есть, от самого зеркала этой антенны.

У офсетной спутниковой антенны, идущий со спутника сигнал, попадает на внутреннюю часть сферического зеркала антенны под определенным углом (Рисунок 11). Отразившись, сигнал фокусируется на расположенный внизу облучатель конвертера.

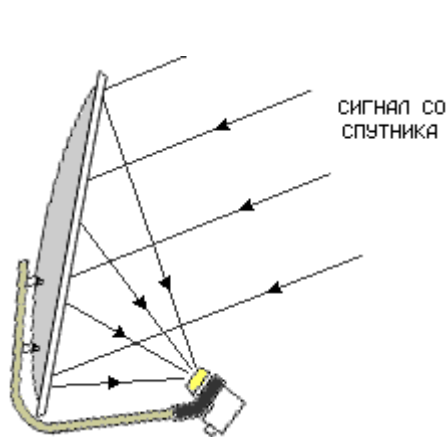


Рисунок 11

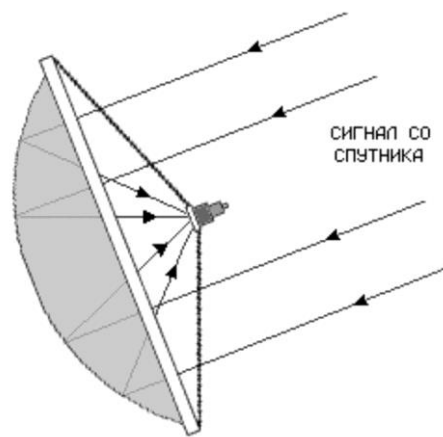


Рисунок 12

У офсетных спутниковых антенн фокус смещен к нижней части конструкции. Поэтому, их и называют асимметричные (нет симметрии). У прямофокусной спутниковой антенны, сигнал, идущий со спутника, фокусируется в диаметральной центре сферического зеркала. Поэтому она называется симметричная (Рисунок 12).

Прямофокусная антенна «смотрит» строго по направлению на спутник. Офсетная же антенна, имеет некоторый наклон к горизонту.

Каждый из этих типов спутниковых антенн имеет свои достоинства и недостатки. Однако в системах непосредственного телевизионного спутникового приема чаще используются офсетные антенны.

У офсетной спутниковой антенны, фокус отражаемого от рефлектора сигнала смещен в сторону. Это существенно и положительно влияет на беспрепятственное прохождение электромагнитной волны на облучатель конвертера. У прямофокусной антенны, прохождению сигнала препятствуют, как ее стойки держащие конвертер, так и он сам.

При различных климатических условиях, будь то дождь или снег, существенное преимущество будет у офсетной спутниковой антенны. Это объясняется положением самого рефлектора. Если смотреть сбоку, у офсетной антенны рефлектор действует как козырек. Поэтому осадки попадают не на отражаемую поверхность самой антенны, а только на ее тыльную часть. Прямофокусная спутниковая антенна предоставляет не защищенное ни чем зеркало антенны, различным атмосферным осадкам.

Еще одним преимуществом офсетной спутниковой антенны, перед прямофокусной, будет распределение центра тяжести. У офсета, основная масса антенны распределена на кронштейн, к которому прикреплена сама антенна и конвертер с облучателем. Тем самым, перераспределяя основной центр тяжести к нижней части всей конструкции, и таким образом делая ее более устойчивой при порывах ветра.

### 2.4.2 Спутниковый конвертер

Сокращенное название LNB (Low Noise Blockconverter) или МШУ (Мало Шумящий Усилитель). Может быть обозначен как LNBF (LNB - конвертер, + Feedhorn - облучатель = LNBF). Внешний вид спутникового конвертера Ku-диапазона (конвертера с облучателем в одном корпусе - LNBF) представлен на рисунке



Рисунок 13

Спутниковые конвертеры, которые обычно применяют для спутникового вещания, также рассчитаны для приема С-диапазона, Ku, а также совместно С и Ku - диапазонов.

Спутниковые конвертеры Ku-band, более распространены, так как диаметр спутниковой антенны, при использовании такого конвертера, составляет обычно, от 0.5 до 1.2 метра. При приеме диапазона С-band, размеры антенны требуется несколько больше.

Существуют множество моделей спутниковых конвертеров, различные как по типу, так и внешнему виду. Ниже приведены фотографии некоторых из них.

Конвертеры также различаются по виду поляризации принимаемого со спутника сигнала - с линейной (горизонтальной и(или) вертикальной) и круговой (левой и(или) правой).

### 2.4.3 Спутниковый ресивер

Современные спутниковые приёмники (*receiver с англ.*) телевизионного сигнала, в зависимости от их технических возможностей, условно можно разделить на 4 класса:

**К четвёртому классу** отнесём бюджетные ресиверы, предназначенные для приёма бесплатных (FTA) телевизионных каналов. У них отсутствует картоприёмник. Подключить телевизор к ним можно через RCA или SCART интерфейсы, которые есть практически у любого телевизора. Воспроизводят такие ресиверы, как правило, только телепрограммы в самом распространённом на сегодняшний день цифровом стандарте **DVB-S**, который использует формат сжатия видео **MPEG-2**. При желании, возможности FTA-ресивера могут быть расширены применением специального программного обеспечения, которое позволяет принимать условно кодированные каналы. Для смены программного обеспечения на

задней панели, как правило, имеется RS-232 интерфейс, что позволяет подключить к нему персональный компьютер для периодических обновлений. Такие ресиверы не рекомендованы к использованию на телевизорах с диагональю более 32 дюймов, т.к. имеют аналоговые выходы и на больших телевизорах будут заметны искажения, связанные с преобразованием телевизионного изображения из цифрового в аналоговый формат.

**К третьему классу** относятся ресиверы, которые в дополнение к предыдущим ресиверам, имеют картоприёмник, позволяющий устанавливать карты платных спутниковых операторов. Перед тем как выбрать ресивер с картоприёмником, следует выяснить в какой кодировке вещает оператор, услугами которого вы хотите пользоваться. Это могут быть кодировки Conax, Irdeto, Viaccess и др. Как правило, каждый ресивер поддерживает какой-то один вариант кодирования, в редких случаях – несколько видов. Помимо порта RS-232, такие ресиверы могут иметь более современный интерфейс USB, через который можно производить обновление программного обеспечения с USB-носителя (флешки), а отдельные модели спутниковых ресиверов позволяют производить запись и воспроизведение телевизионных программ на флешку (их обозначают **PVR**). Часто бывает, что формат записанного изображения понятен только самому ресиверу и воспроизведение записанных им телепрограмм невозможно на компьютере или другом устройстве. В ресиверах с функцией записи возможен режим **TimeShift** (временной сдвиг), необходимый для повторного просмотра интересного или пропущенного фрагмента трансляции. Воспроизводят эти ресиверы, как правило, телеканалы в распространённом DVB-S стандарте. Поскольку ресиверы этого класса рассчитаны на широкую аудиторию, то они также имеют преимущественно аналоговый (SCART или RCA) выход, который присутствует даже у телевизоров с электронно-лучевой трубкой. Некоторые ресиверы имеют цифровой **интерфейс HDMI** и картинка на экране телевизора будет заметно лучше. Эти ресиверы допустимо использовать с телевизорами, у которых диагональ до 42 дюймов. При этом картинка может оставаться достаточно качественной.

**К ресиверам второго класса** можно отнести самые распространённые на данный момент **HDTV-ресиверы** (стандарт **DVB-S2**, формат сжатия видео- **MPEG-4**). Оценить все преимущества большого экрана можно только с использованием HDTV-ресивера. Эти ресиверы обязательно имеют картоприёмник, цифровой интерфейс HDMI и могут воспроизводить телевизионные изображения высокой чёткости (до 1080 строк на экран). Различают чересстрочную развёртку (**1080i**) и построчную развёртку строк (**1080p**) изображения. Последняя считается лучше, т.к. обеспечивает более качественную телевизионную картинку на телевизорах Full HD, как современных, так и предыдущих поколений. К сожалению, не все телевизионные спутники транслируют телевизионные каналы в HD-качестве. На сегодняшний день полноценный просмотр HD каналов возможен со

спутников Eutelsvat W4 (пакеты российских операторов НТВ+ и Триколор ТВ) и Eurobird 9E (пакет российского оператора Платформа HD). На других спутниках вещание HD-каналов пока производится в тестовом режиме. Но если учитывать, что развитие информационных технологий происходит очень стремительно, то можно считать, что приобретение **HDTV-ресивера** является наиболее оправданным. Некоторые из HD-ресиверов имеют функцию **PiP** (картинка в картинке), что позволяет во время рекламы просматривать другие телевизионные каналы в пределах одной частоты спутникового передатчика (транспондера). Уменьшенная картинка вашего телеканала может присутствовать на экране. Важно отметить, что HD-ресиверы воспринимают спутниковые телевизионные программы **3D**-формата, которые уже доступны для просмотра с некоторых спутников. На обычном телевизоре вы будете видеть две картинки (для левого и правого глаза), а на 3D-телевизоре вы сможете просматривать объёмные изображения с помощью штатных 3D-очков, которые идут в комплекте с таким телевизором.

**К ресиверам первого класса** можно отнести HDTV-ресиверы с расширенными возможностями, которые помимо приёма спутниковых сигналов в высоком разрешении, могут выполнять функции домашнего медиа-центра. Так, например, они имеют возможность установки, или уже содержат дополнительные цифровые тюнеры, которые позволяют подключить кабельное телевидение стандарта DVB-C, присутствующее в вашем доме, или цифровое эфирное телевидение стандарта DVB-T/T2, которое можно принимать на обычную эфирную антенну.

Некоторые из ресиверов имеют возможности медиаплеера, т.е. воспроизводят видео, аудио, картинки в различных цифровых форматах с внешних носителей, имеют встроенный Интернет-браузер, Youtube-плеер, что позволяет смотреть видео прямо из Интернета без использования компьютера. Подключение к Интернету возможно как проводное (через LAN-интерфейс), так и по Wi-Fi через встроенный или подключаемый внешний адаптер. Многие такие ресиверы, особенно построенные на операционной системе Linux, позволяют опытным пользователям изменять программное обеспечение и расширять функциональные возможности спутниковых ресиверов.

При выборе ресивера по внешнему виду и наличию разнообразных разъёмов потребителю первым делом следует обратить внимание на внешний вид и органы управления на передней панели. Практически на всех ресиверах присутствует дисплей, который отображает текущий канал или время в ждущем режиме. Желательно чтобы на передней панели присутствовали: кнопка включения и выключения питания, а также кнопки смены канала, меню и громкости, с помощью которых можно управлять спутниковым ресивером без пульта дистанционного управления. Эти кнопки могут понадобиться, если вдруг сломается ПДУ.

На передней панели ресивера могут находиться: картоприемник для установки карт доступа, с помощью которых можно просматривать платные пакеты спутникового телевидения, такие как НТВ+, Радуга ТВ и др., CI интерфейсы для установки модулей декодирования, которые также предназначены для просмотра платных каналов спутникового телевидения, т.е. на одном ресивере вы можете просматривать телеканалы сразу нескольких операторов спутникового телевидения, а также USB порт, который позволяет подключать к ресиверу внешний накопитель USB-Flash или съемный USB жесткий диск для записи передач со спутника или просмотра содержимого внешних устройств, как фотографий, MP3 музыки, фильмов и др.

USB порт также часто используется для смены программного обеспечения ресивера.

Следующий этап осмотра - задняя панель ресивера. На задней панели расположены различные разъёмы, рассмотрим наиболее часто встречающиеся:

LNB IN – разъём для подключения кабеля от конвертора спутниковой антенны.

LNB OUT – петлевой выход для подключения второго ресивера. Следует сказать, что просмотр телеканалов на втором ресивере при включенном первом, возможен только в одной поляризации и в одном диапазоне частот, а если первый ресивер находится в режиме ожидания, то второй полностью управляет спутниковой антенной.

VIDEO – RCA выход видеосигнала (тюльпаны) служит для подключения к телевизору, обеспечивает среднее качество изображения.

AUDIO L/R - RCA выход звукового сигнала (тюльпаны), обычно стерео, служит для подключения к телевизору или усилителю.

SCART TV- разъём для подключения к телевизору. Обычно обеспечивает режим RGB, иногда, компонентный, позволяет получить "картинку" хорошего качества. Через данный разъём также подается звуковой сигнал и сигнал управления на телевизор. SCART VCR – разъём для подключения видео проигрывателя, бывает, полезен в случае, когда у телевизора один SCART разъём и ресивер служит транзитным устройством для подачи сигнала на телевизор.

RS232 – порт для подключения к компьютеру, используется для обновления программного обеспечения.

0V/12V – источник напряжения 12В для внешних устройств. Используется в различных целях, в том числе для управления DISEqC 1/4, с целью подключения большего числа, чем 4 -х конверторов к ресиверу.

S/PDIF – оптический аудио выход, служит для подключения к домашнему кинотеатру или Hi-Fi аппаратуре.

HDMI - мультимедийный цифровой интерфейс для подключения к телевизору, поддерживает видеосигналы высокой чёткости.



Ethernet – порт для подключения к интернету, компьютеру или локальной сети.

RF IN – вход для подключения сигналов частот эфирного телевидения, позволяет суммировать внешний сигнал и внутренний сигнал от модулятора ресивера.

RF OUT – выход для подключения к телевизору на частотах эфирного телевидения, при наличии модулятора.

POWER – сетевой выключатель.

#### **2.4.4 Рекомендации по выбору спутникового ресивера при выполнении курсовой работы**

1. Если есть выбор между обычным ресивером SD (поддерживающим стандартную четкость) и ресивером HD (поддерживающим высокую четкость) - выбирайте ресивер HD. Ресивер HD позволит смотреть не только спутниковые телевизионные каналы в стандартной четкости, но и смотреть телевидение высокой четкости. Кроме этого, данный вид ресиверов позволяет смотреть телевидение в формате MPEG4. HD-ресиверы целесообразно использовать с современными ЖК или плазменными телевизорами или мониторами для получения более четкой картинки без искажений.

2. Если есть выбор между ресивером, имеющим карто-приемник, под карты доступа платного телевидения или САМ-интерфейс под модули условного доступа платного телевидения и ресивером не имеющим эти устройства - выбирайте с карто-приемником. Если сегодня, вы смотрите открытое телевидение, то возможно завтра перейдете на закрытое - платное.

3. Если есть выбор между ресивером PVR (с функцией записи) и ресивером без PVR - выбирайте с PVR. Иногда удобней смотреть телевидение предварительно записав его на жесткий диск или флеш-память. Кроме этого, есть возможность остановить прямую трансляцию (нажать кнопку Пауза) и через некоторое время продолжить просмотр, с места остановки. Возможно также редактирование записанных теле или радио каналов.

4. Если есть выбор между спутниковым ресивером, имеющим встроенный эмулятор и ресивером без эмулятора - выбирайте с эмулятором. Эмулятор позволит смотреть некоторые закрытые - платные каналы - бесплатно. Кроме этого, такие ресиверы способны работать в режиме домашнего шаринга. Это когда один ресивер с картой доступа, передает ключи карты на другие ресиверы. Например, в доме 3 телевизора и нет необходимости покупать карту доступа для каждого ресивера и оплачивать месячную абонентскую плату 3 карт.

5. Если есть выбор между ресивером с HDMI выходом и ресивером без него - выбирайте с HDMI. HDMI выход позволит получить более качественную картинку на ЖК или плазменном телевизоре.

6. Если есть выбор между ресивером с Ethernet разъемом и ресивером без него - выбирайте с Ethernet. Этот разъем позволит вам получить дополнительные интересные возможности при просмотре спутникового телевидения.

7. Если есть выбор между ресивером имеющим два тюнера и ресивером с одним тюнером - выбирайте с двумя тюнерами. Ресивер с двумя тюнерами позволит например, смотреть один канал и в это же время записывать на внешний носитель другой.

8. Если есть выбор между ресивером имеющим мультимедийный возможности (смотреть с внешнего носителя фото, фильмы, слушать музыку, пользоваться интернет-сервисами), выбирайте с мультимедийными функциями - это очень удобные и интересные возможности, которые не оставят вас равнодушными.

### **3 Структура отчета по курсовой работе и требования по ее оформлению**

Отчет готовится как на бумажном, так и на электронном носителе и включает в себя следующие части:

1. Титульная страница;
2. Содержание;
3. Введение.

Задача введения — создать общее представление о решаемой задаче, предметной области, к которой она относится, а также дать общую оценку актуальности и значимости курсовой работы.

В соответствии с этим, во введении следует кратко:

- а) оценить современное состояние и актуальную проблематику рассматриваемой предметной области;
- б) в общих словах описать цель выполняемой работы, изложить историю вопроса;
- в) провести краткий аналитический обзор доступных информационных источников по данной тематике и дать оценку значимости предполагаемой разработки;
- г) на основе анализа общих тенденций развития предметной области подтвердить актуальность решаемой задачи.

4. Основная часть, включающая постановку задачи и этапы ее решения с соответствующими пояснениями.

#### **5. Заключение.**

В данном разделе должен содержаться анализ результатов выполненной работы, оценка полноты решения поставленных задач, рекомендации по конкретному использованию результатов работы, ее экономическая, научная или социальная значимость.

6. Библиографический список (не менее 15 наименований), литература и Интернет-ресурсы, которые использовались при выполнении контрольной работы. Библиографический список оформляется согласно требованиям ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Библиографическая ссылка». Общие требования и правила составления». Он составляется в алфавитном порядке в следующей последовательности: документы, энциклопедии, словари, справочники, монографии, учебные пособия, журнальные и газетные статьи, сайты сети Интернет.

#### **7. CD(DVD)-диск с полным текстом отчета по курсовой работе.**

Оформление контрольной работы должно соответствовать требованиям стандарта. Общий объем отчета должен составлять 20-40 страниц. Поля на листе формата А4: левое поле – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее – 20 мм и нижнее 25 мм. Все страницы (кроме титульной) нумеруются в правом нижнем углу арабскими цифрами.

Текст в распечатанном виде набирается шрифтом Times New Roman, 14пт, интервал полуторный, абзацный отступ 1,25 см, выравнивание по ширине страницы. Текстовый редактор Word 2003 или Word 2007-10 или аналогичной из пакета OpenOffice.

При подготовке пояснительной записки руководствоваться всеми требованиями ГОСТ по оформлению текстовых научно-технических документов, выполненных с использованием компьютера. Для упрощения работы студента по оформлению пояснительной записки предлагается использовать методическое пособие «Борисов Б.П., Жуковский А.Г., Рыбалко И.П., Швидченко С.А. Руководство по дипломному проектированию. Учебно-методическое пособие. – Ростов-на-Дону: СКФ МТУСИ, 2011. – 62 с.», изданное в СКФ МТУСИ и размещенное в электронном виде для доступа обучающихся в сети университета.

Все листы отчета пробиваются дыроколом и подшиваются в скоросшиватель. CD(DVD)-диск помещается в отдельный прозрачный файл в конце отчета. ***Листы работы скрепленные степлером или помещенные в прозрачные файлы не принимаются.***

## 4 Порядок выполнения курсовой работы

### 4.1 Определение спутников доступных для приема сигнала на спутниковую антенну

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 будут скрыты за горизонтом.

Определение зоны охвата, выполняется в два этапа.

В первом - определяется общая картина доступных спутников для конкретного населенного пункта.

Во втором - для предполагаемого места установки спутниковой антенны (так как, это предполагает наличие перекрывающих обзор препятствий, например, находящихся рядом строений, деревьев и т. д.).

Чтобы выполнить эти этапы необходимо воспользоваться данными, приведенными в Приложении А в соответствии со своим вариантом.

Для определения видимых спутников воспользуйтесь программой Satellite Antenna Alignment (SAA). Скачать ее последнюю версию, а так же посмотреть справку по программе, можно непосредственно на сайте разработчика - [www.al-soft.com](http://www.al-soft.com).

Спутник	E/W	°	Азимут °	Угол места °
Astra 1C	E	2 0	214,911 °	13,260 °
Rascom QAF 1R	E	2 8	214,076 °	13,466 °
Eurobird 4A	E	4 0	212,819 °	13,765 °
Astra 4A	E	4 8	211,978 °	13,960 °
Eutelsat W3A	E	7 0	209,655 °	14,472 °
Eurobird 9A	E	9 0	207,529 °	14,907 °
Eutelsat W2A	E	10 0	206,461 °	15,114 °
Hot Bird 6,8,9	E	13 0	203,238 °	15,688 °
Eutelsat W2M	E	16 0	199,989 °	16,192 °
Eurobird 16	E	16 0	199,989 °	16,192 °
Eutelsat Sesat 1	E	16 0	199,989 °	16,192 °
Astra 1H,1KR,1L,1...	E	19 2	196,498 °	16,650 °
Arabsat 2B	E	20 0	195,622 °	16,751 °
Arabsat W6	E	21 6	193,865 °	16,937 °
Astra 3A	E	23 5	191,772 °	17,130 °
Astra 3B	E	23 5	191,772 °	17,130 °
EuroBird 2	E	25 5	189,563 °	17,299 °
Badr 4,5,6	E	26 0	189,010 °	17,336 °
Astra 2A,2B,2D	E	28 2	186,573 °	17,473 °
Eurobird 1	E	28 2	186,573 °	17,473 °
Arabsat 5A	E	30 5	184,020 °	17,570 °
Intelsat 24	E	31 0	183,464 °	17,585 °
Astra 1G	E	31 5	182,909 °	17,598 °

Местоположение спутника  
Astra 1C  
2, 0 ° град E  
Азимут: 214,911 °  
Угол места: 13,260 °

Координаты места установки антенны  
Широта места: "N" Северная; "S" Южная  
64 ° град 05 ' мин 0 " сек N  
Долгота места: "E" Восточная; "W" Западная  
34 ° град 07 ' мин 0 " сек E

Название места	°	'	"	°	'	"
Беломорск	64	5	0	34	7	0

Беломорск Сохранить Удалить

Рисунок 14

Программа для российских пользователей бесплатная, не требует регистрации и не имеет никаких временных ограничений при условии использования ее в не коммерческих целях. Так же она поддерживает русский язык.

После установки и запуска SAA, введите географические координаты того населенного пункта, который был определен в соответствии с вашим вариантом, на вкладке с названием **Углы поворота антенны** (Рисунок 14). Координаты населенных пунктов требуется найти самостоятельно с помощью карт или ресурсов Интернета.

Для удобства, Вы можете на этой же вкладке вписать название вашего населенного пункта. Далее, для сохранения введенных данных, нажмите на расположенную внизу кнопку с надписью "Сохранить".

В данной программе, есть возможность, сразу, после ввода координат вашего местоположения, узнать какие спутники будут находиться в зоне прямой видимости (зону охвата).

Для этого (только после ввода ваших координат!), на той же вкладке **Углы поворота антенны**, посмотрите на таблицу спутников. Она расположена в левой части окна программы. В столбце **Угол места** красными строками указывают на те спутники, которые будут скрыты за горизонтом. А зеленые, показывают, что эти спутники находятся в зоне прямой видимости, то есть доступны для приема сигнала в вашем населенном пункте.

Перечень видимых спутников сведите в таблицу 2, как представлено ниже.

Таблица 2 - Видимые спутники для г. Беломорск, Широта: 64°5'0" N, Долгота: 34°7'0" E.

N	Спутник	Position	Азимут °	Угол места °
1	Astra 1C	2,0°E	214,911 °	13,260 °
2	Rascom QAF 1R	2,8°E	214,076 °	13,466 °
3	Eurobird 4A	4,0°E	212,819 °	13,765 °
4	Astra 4A	4,8°E	211,978 °	13,960 °
5	Eutelsat W3A	7,0°E	209,655 °	14,472 °
6	Eurobird 9A	9,0°E	207,529 °	14,907 °
7	Eutelsat W2A	10,0°E	206,461 °	15,114 °
8	Hot Bird 6,8,9	13,0°E	203,238 °	15,688 °
9	Eutelsat W2M	16,0°E	199,989 °	16,192 °
10	Eurobird 16	16,0°E	199,989 °	16,192 °
11	Eutelsat Sesat 1	16,0°E	199,989 °	16,192 °
12	Astra 1H,1KR,1L,1M, 2C	19,2°E	196,498 °	16,650 °
13	Arabsat 2B	20,0°E	195,622 °	16,751 °
14	Eutelsat W6	21,6°E	193,865 °	16,937 °
15	Astra 3A	23,5°E	191,772 °	17,130 °
16	Astra 3B	23,5°E	191,772 °	17,130 °
17	EuroBird 2	25,5°E	189,563 °	17,299 °

18	Badr 4,5,6	26,0°E	189,010 °	17,336 °
19	Astra 2A,2B,2D	28,2°E	186,573 °	17,473 °
20	Eurobird 1	28,2°E	186,573 °	17,473 °
21	Arabsat 5A	30,5°E	184,020 °	17,570 °
22	Intelsat 24	31,0°E	183,464 °	17,585 °
23	Astra 1G	31,5°E	182,909 °	17,598 °
24	EuroBird 3	33,0°E	181,241 °	17,623 °
25	Intelsat New Dawn	33,0°E	181,241 °	17,623 °
26	Eutelsat W4,W7	36,0°E	177,906 °	17,612 °
27	Paksat 1	38,0°E	175,684 °	17,561 °
28	Hellas Sat 2	39,0°E	174,574 °	17,522 °
29	Express AM1	40,0°E	173,464 °	17,475 °
30	Turksat 2A	42,0°E	171,248 °	17,353 °
31	Turksat 3A	42,0°E	171,248 °	17,353 °
32	Intelsat 12	45,0°E	167,934 °	17,105 °
33	Yamal 202	49,0°E	163,538 °	16,654 °
34	Galaxy 26	50,0°E	162,445 °	16,520 °
35	Intelsat 26	50,0°E	162,445 °	16,520 °
36	Yahsat 1A	52,5°E	159,721 °	16,150 °
37	Express AM 22	53,0°E	159,178 °	16,070 °
38	Astra 1F	55,0°E	157,014 °	15,730 °
39	Insat 3E	55,0°E	157,014 °	15,730 °
40	G-Sat 8	55,0°E	157,014 °	15,730 °
41	Bonum 1	56,0°E	155,936 °	15,548 °
42	NSS 12	57,0°E	154,861 °	15,358 °
43	Intelsat 904	60,0°E	151,655 °	14,744 °
44	Intelsat 902	62,0°E	149,533 °	14,297 °
45	Intelsat 906	64,2°E	147,216 °	13,774 °
46	Intelsat 17	66,0°E	145,332 °	13,321 °
47	Intelsat 7,10	68,5°E	142,736 °	12,656 °
48	Eutelsat W5	70,5°E	140,676 °	12,096 °
49	Insat 3C	74,0°E	137,106 °	11,059 °
50	Insat 4CR	74,0°E	137,106 °	11,059 °
51	ABS 1	75,0°E	136,094 °	10,749 °
52	Apstar 2R	76,5°E	134,584 °	10,275 °
53	Thaicom 5	78,5°E	132,583 °	9,625 °
54	Express AM2,MD1	80,0°E	131,092 °	9,124 °
55	Insat 2E,4A	83,0°E	128,135 °	8,090 °
56	Intelsat 15	85,2°E	125,986 °	7,307 °
57	ChinaStar 5A	87,5°E	123,758 °	6,467 °
58	ST 1	88,0°E	123,276 °	6,282 °
59	ST 2	88,0°E	123,276 °	6,282 °
60	Yamal 201	90,0°E	121,356 °	5,531 °
61	Measat 3, 3A	91,5°E	119,924 °	4,959 °
62	Chinasat 9	92,2°E	119,258 °	4,689 °
63	Insat 3A,4B	93,5°E	118,025 °	4,185 °
64	NSS 6	95,0°E	116,609 °	3,596 °

65	Express AM33	96,5°E	115,199 °	3,001 °
66	AsiaSat 5	100,5°E	111,468 °	1,387 °
67	Express A2	103,0°E	109,155 °	0,360 °
68	Intelsat 903	34,5°W	250,599 °	0,470 °
69	Intelsat 25	31,5°W	247,820 °	1,699 °
70	Hispasat 1C, 1D, 1E	30,0°W	246,423 °	2,306 °
71	Intelsat 907	27,5°W	244,081 °	3,306 °
72	Intelsat 905	24,5°W	241,248 °	4,483 °
73	NSS 7	22,0°W	238,867 °	5,442 °
74	NSS 5	20,0°W	236,949 °	6,195 °
75	Intelsat 901	18,0°W	235,017 °	6,932 °
76	Telstar 12	15,0°W	232,094 °	8,008 °
77	Express A4	14,0°W	231,112 °	8,358 °
78	Atlantic Bird 1	12,5°W	229,634 °	8,875 °
79	Express AM44	11,0°W	228,147 °	9,381 °
80	Atlantic Bird 2	8,0°W	225,148 °	10,360 °
81	Telecom 2D	7,8°W	224,947 °	10,424 °
82	Nilesat 101, 102, 201	7,0°W	224,141 °	10,676 °
83	Atlantic Bird 4A	7,0°W	224,141 °	10,676 °
84	Atlantic Bird 3	5,0°W	222,116 °	11,292 °
85	Amos 2, 3	4,0°W	221,098 °	11,591 °
86	Intelsat 10-02	0,8°W	217,815 °	12,509 °
87	Thor 3, 5	0,8°W	217,815 °	12,509 °

Азимут - это угол, измеряемый из точки нахождения, между направлением на север и на выбранный объект, например на спутник. Азимут исчисляется по ходу движения часовой стрелки, и измеряется в градусах от 0° до 360°.

И полученной таблицы можно сделать вывод, что в Юго-Восточном направлении самым крайним видимым спутником будет являться «Express A2» с координатами по азимуту 109,155° и углом места 0,360°, а в Юго-Западном - «Intelsat 903» с азимутом 250,599° и углом места 0,470°. Практически точно в южном направлении и, соответственно, с наибольшим возвышением будет находиться спутник EuroBird 3 с азимутом 181,241° и углом места 17,623°.

Полученные данные являются расчетными и на практике пытаться принять спутниковый сигнал с углом возвышения антенны (углом места) в доли градуса практически не представляется возможным. По условиям курсовой работы из списка спутников следует устранить те спутники, углы места которых, не превышает 5 град. Только если в вашем варианте остальные углы будут закрыты, можно использовать и углы места от 0,5 до 5 град.

Satellite Antenna Alignment, это программа, и она не может видеть, есть ли у вас какие либо препятствия на пути распространения спутникового



сигнала. Например, угол соседнего дома, или находящийся рядом балкон. Для этого в курсовую работу введена таблица препятствий в Приложении А, из которой выбираются мешающие условия приема, исходя из вашего варианта. Например, к югу от места установки антенны на расстоянии 100 м расположен 9-ти этажный дом высотой 30 м. Программа SAA позволяет определить угол места антенны, исходя из высоты препятствия и расстояния до него, как показано на рисунке 15. Из рисунка видно, что только спутники с возвышением более 16,7 град будут в зоне видимости спутниковой антенны. Очевидно, что если дом закрывает сектор от 217 до 250 град по азимуту, то спутники с номерами 68-87 согласно таблицы 2 не будут видимы для приемной антенны.

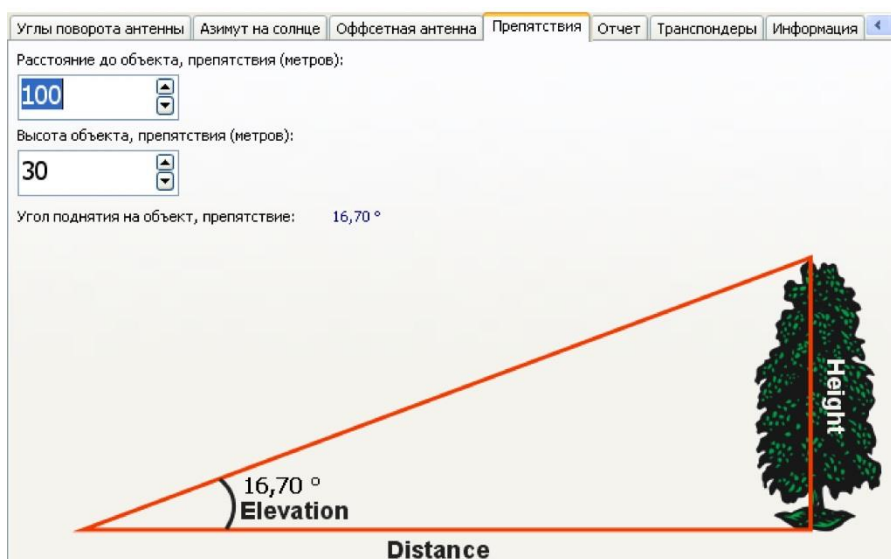


Рисунок 15

Таким образом, после исключения ряда спутников, останутся видимыми те, которые вошли в зону более 5 град по углу места и не закрытые препятствиями. Необходимо свести оставшиеся спутники в таблицу, как в примере в таблице 3.

Таблица 3 - Перечень спутников для устойчивого приема.

N	Спутник	Position	Азимут °	Угол места °
1	Astra 1C	2,0°E	214,911 °	13,260 °
2	Rascom QAF 1R	2,8°E	214,076 °	13,466 °
3	Eurobird 4A	4,0°E	212,819 °	13,765 °
4	Astra 4A	4,8°E	211,978 °	13,960 °
5	Eutelsat W3A	7,0°E	209,655 °	14,472 °
6	Eurobird 9A	9,0°E	207,529 °	14,907 °
7	Eutelsat W2A	10,0°E	206,461 °	15,114 °
8	Hot Bird 6,8,9	13,0°E	203,238 °	15,688 °
9	Eutelsat W2M	16,0°E	199,989 °	16,192 °
10	Eurobird 16	16,0°E	199,989 °	16,192 °

11	Eutelsat Sesat 1	16,0°E	199,989 °	16,192 °
12	Astra 1H,1KR,1L,1M, 2C	19,2°E	196,498 °	16,650 °
13	Arabsat 2B	20,0°E	195,622 °	16,751 °
14	Eutelsat W6	21,6°E	193,865 °	16,937 °
15	Astra 3A	23,5°E	191,772 °	17,130 °
16	Astra 3B	23,5°E	191,772 °	17,130 °
17	EuroBird 2	25,5°E	189,563 °	17,299 °
18	Badr 4,5,6	26,0°E	189,010 °	17,336 °
19	Astra 2A,2B,2D	28,2°E	186,573 °	17,473 °
20	Eurobird 1	28,2°E	186,573 °	17,473 °
21	Arabsat 5A	30,5°E	184,020 °	17,570 °
22	Intelsat 24	31,0°E	183,464 °	17,585 °
23	Astra 1G	31,5°E	182,909 °	17,598 °
24	EuroBird 3	33,0°E	181,241 °	17,623 °
25	Intelsat New Dawn	33,0°E	181,241 °	17,623 °
26	Eutelsat W4,W7	36,0°E	177,906 °	17,612 °
27	Paksat 1	38,0°E	175,684 °	17,561 °
28	Hellas Sat 2	39,0°E	174,574 °	17,522 °
29	Express AM1	40,0°E	173,464 °	17,475 °
30	Turksat 2A	42,0°E	171,248 °	17,353 °
31	Turksat 3A	42,0°E	171,248 °	17,353 °
32	Intelsat 12	45,0°E	167,934 °	17,105 °
33	Yamal 202	49,0°E	163,538 °	16,654 °
34	Galaxy 26	50,0°E	162,445 °	16,520 °
35	Intelsat 26	50,0°E	162,445 °	16,520 °
36	Yahsat 1A	52,5°E	159,721 °	16,150 °
37	Express AM 22	53,0°E	159,178 °	16,070 °
38	Astra 1F	55,0°E	157,014 °	15,730 °
39	Insat 3E	55,0°E	157,014 °	15,730 °
40	G-Sat 8	55,0°E	157,014 °	15,730 °
41	Bonum 1	56,0°E	155,936 °	15,548 °
42	NSS 12	57,0°E	154,861 °	15,358 °
43	Intelsat 904	60,0°E	151,655 °	14,744 °
44	Intelsat 902	62,0°E	149,533 °	14,297 °
45	Intelsat 906	64,2°E	147,216 °	13,774 °
46	Intelsat 17	66,0°E	145,332 °	13,321 °
47	Intelsat 7,10	68,5°E	142,736 °	12,656 °
48	Eutelsat W5	70,5°E	140,676 °	12,096 °
49	Insat 3C	74,0°E	137,106 °	11,059 °
50	Insat 4CR	74,0°E	137,106 °	11,059 °
51	ABS 1	75,0°E	136,094 °	10,749 °
52	Apstar 2R	76,5°E	134,584 °	10,275 °
53	Thaicom 5	78,5°E	132,583 °	9,625 °
54	Express AM2,MD1	80,0°E	131,092 °	9,124 °
55	Insat 2E,4A	83,0°E	128,135 °	8,090 °
56	Intelsat 15	85,2°E	125,986 °	7,307 °
57	ChinaStar 5A	87,5°E	123,758 °	6,467 °

58	ST 1	88,0°E	123,276 °	6,282 °
59	ST 2	88,0°E	123,276 °	6,282 °
60	Yamal 201	90,0°E	121,356 °	5,531 °

## 4.2 Выбор вещательного спутника с помощью таблицы спутниковых транспондеров

В полученной таблице (см. таблицу 3) 60 вещательных телевизионных спутников, каждый из которых может быть принят спутниковым комплектом по приему непосредственного телевидения. По заданию на курсовую работу вам необходимо выбрать только один из них. При этом главными условиями являются:

- вещание этим спутником наибольшего количества русскоязычных теле и радио программ;
- вещание должно быть открытым (без специальной кодировки) и, соответственно, бесплатным.

Углы поворота антенны

Азимут на солнце

Оффсетная антенна

Препятствия

Отчет

Транспондеры

Информация

ПМ

4,8°E : Astra 4A

7,0°E : Eutelsat W3A

9,0°E : Eurobird 9A

10,0°E : Eutelsat W2A

13,0°E : Hot Bird 5,8,9

16,0°E : Eutelsat W2M

16,0°E : Eurobird 16

16,0°E : Eutelsat Sesat 1

19,2°E : Astra 1H,1KR,1L,1M,2C

20,0°E : Arabsat 2B

21,6°E : Eutelsat W6

23,5°E : Astra 3A

23,5°E : Astra 3B

25,5°E : Eurobird 2

26,0°E : Badr 4,5,6

28,2°E : Astra 2A,2B,2D

28,2°E : Eurobird 1

30,5°E : Arabsat 5A

31,0°E : Intelsat 24

31,5°E : Astra 1G

33,0°E : Eurobird 3

33,0°E : Intelsat New Dawn

36,0°E : Eutelsat W4,W7

38,0°E : PalSat 1

39,0°E : Hellas Sat 2

40,0°E : Express AM1

42,0°E : Turksat 2A

42,0°E : Turksat 3A

45,0°E : Intelsat 12

49,0°E : Yamal 202

50,0°E : Galaxy 26

50,0°E : Intelsat 26

52,5°E : Yahsat 1A

53,0°E : Express AM 22

55,0°E : Astra 1F

55,0°E : Insat 3E

55,0°E : G-Sat 8

56,0°E : Bonum 1

57,0°E : NSS 12

60,0°E : Intelsat 904

62,0°E : Intelsat 902

64,2°E : Intelsat 906

66,0°E : Intelsat 17

68,5°E : Intelsat 7,10

70,5°E : Eutelsat W5

74,0°E : Insat 3C

74,0°E : Insat 4CR

75,0°E : ABS 1

76,5°E : Apstar 2R

78,5°E : Thaicom 5

80,0°E : Express AM2,MD1

83,0°E : Insat 2E,4A

85,2°E : Intelsat 15

87,5°E : ChinaStar 5A

88,0°E : ST 1

88,0°E : ST 2

90,0°E : Yamal 201

91,5°E : Measat 3,3A

92,2°E : ChinaSat 9

93,5°E : Insat 3A,4B

95,0°E : NSS 6

96,5°E : Express AM33

100,5°E : AsiaSat 5

103,0°E : Express A2

105,5°E : AsiaSat 3S

108,2°E : NSS 11

108,2°E : SES 7

108,2°E : Telkom 1

110,0°E : N-Sat 110

110,0°E : BSAT 2N,3A,3C

110,5°E : ChinaSat 5B

110,5°E : ChinaSat 10

113,0°E : Koreasat 5

113,0°E : Palapa D

115,5°E : ChinaSat 6B

116,0°E : Koreasat 6

Free Satellite TV

Earth Satellite Map

DISH Network Satellite

Watch TV on PC

High Speed Internet

Internet TV Stream

Satellite Channels

Cable TV Companies

Satellite TV Services

GPS Satellite Tracking

Cable and Satellite TV

Digital TV Tuner

add tv media.net

The EIRP values are for Russia (Asia)


Yamal 202 © LyngSat, last updated 2013-01-13 - <http://www.lyngsat.com/Yamal-202.html>

Freq. Tp	Provider Name	Channel Name	System Encryption	SR-FEC SID-VPID	ONID-TID APID Lang.	Beam EIRP (dBW) C/N lock	Source Updated
3589 L tp 2A	РОССИЯ 1	GTRK Karelija	A	DVB-S 3235-3/4 1 - 512	8192-4096 4112 R	Global 0-42.5 5.5	DeEmEx 091010
3597 L tp 2A	РОССИЯ 1	GTRK Tula	A	DVB-S MPEG-4 1850-5/6 1 - 512	8192-4096 4112 R	Global 0-42.5 6.5	P von Rossum 110525
		Radio Chanson	A S F	1	4114 R		
3635 L tp 3A	РОССИЯ 1	GTRK Kursk	A	DVB-S BISS 3230-3/4 1 - 308	65535-1 256 R	Global 0-42.5 5.5	N Stanislav 101108
		Radio Rossii	A S F	1	256 R		
3640 L tp 3A	ГАЗПРОМ	TRK Seym	A	DVB-S 3215-3/4 1 - 308	65535-1 256 R	Global 0-42.5 5.5	N Stanislav 101108
		Radio Seym	A F	1	257 R		
3644 L tp 3A	ГАЗПРОМ	GTRK Vologda	A	DVB-S BISS 3230-3/4 1 - 308	65535-1 256 R	Global 0-42.5 5.5	N Stanislav 100908
3660 L tp 3A	РОССИЯ 1	GTRK Tatarstan	A	DVB-S 3333-3/4 1 - 41.4	177-176 4195 R	Global 0-42.5 5.5	N Stanislav 110101
3700 L tp 4A	ГАЗПРОМ	@ Gazprom Space Systems Internet	A	DVB-S2 11666-? 16APSK		Global 0-42.5	N Stanislav 111101
3714 L tp 4A	ГАЗПРОМ	@ Gazprom Space Systems Internet	A	DVB-S 8888-3/4		Global 0-42.5 5.5	N Stanislav 110619
3735 R tp 4	РОССИЯ 1	GTRK Kostroma	A	DVB-S BISS 3219-3/4 1 - 308	65535-1 256 R	Global 0-42.5 5.5	N Stanislav 100908
	ГАЗПРОМ	Gazprom Space Systems	A	DVB-S 34075-3/4	100-7		
		Rossiia 24	A S F	570 571 572 R			
		RTR Planeta Ukraina	A F	580 581 582 R			
		REN TV (0h)	A F	590 591 592 R			
		Raz TV	A S F	610 611 612 R			
		RT Arabic	A S F	620 621 622 A			
		Telekanal Zvezda (0h)	A F	630 631 632 R			
		TV Centr Evropa	A F	640 641 642 R			
		TV Centr International	A F	650 651 652 R			
		RT Español	A S F	660 661 662 Sp			
3743 L tp 4A		Radio Zvezda	A S F	630 633 R		Global 0-42.5 5.5	N Stanislav 130113
		Radio Rossii	A S F	690 691 R			

Рисунок 16

Данный этап работы является достаточно длительным и кропотливым. Вам необходимо просмотреть на предмет контента все транспондеры (спутниковые передатчики), перечисленные в полученной вами таблице видимых спутников. Это также можно произвести с помощью программы SAA. В строке выбранного спутника находится гиперссылка, вызываемая сайт, на котором хранится информация о всех перечисленных в программе SAA транспондерах. В качестве примера (рисунок 16) вызвана информация по транспондеру Yamal 202, который вошел в перечень доступных для просмотра спутников.

Наиболее важной информацией, которую можно получить из данной таблицы - это перечень русскоязычных программ и их открытость. Какой теле или радио канал производит вещание через данный спутник можно понять из столбца 2 с эмблемой и столбца 3 с наименованием программы. Если этого понять нельзя, то можно щелкнув мышью по названию программы, получить более подробную информацию о нем. Например, эмблема Газпрома, но название программы Raz TV (см. рисунок 16). При подробном просмотре выясняется, что это Российская телекомпания (рисунок 17).



[www.raz.tv](http://www.raz.tv)  
Russia

*Latest Channel updates:*  
 130113: **Raz TV** started on Yamal 202: 3743 L  
 130103: **Raz TV** started on Astra 1F: 11273 H  
 121221: **Raz TV** left Yamal 201: 11585 V  
 121208: **Raz TV** started on Intelsat 15: 12526 V  
 121202: **Raz TV** started on Yamal 201: 11585 V

*Latest World additions:*  
 130113: **Raz TV** on Yamal 202

Рисунок 17

Закрыт или открыт передаваемый контент, можно понять по наличию красной буквы «F» в белом квадратике (Рисунок 18). Она означает, что программа транслируется в незакодированном виде.













	<b>Gazprom Space Systems</b>		DVB-S	34075-3/4	100-7
	<b>Rossiya 24</b>	  		570	571 572 R
	<b>RTR Planeta Ukraine</b>			581	582 R
	<b>REN TV</b> (0h)	 		590	591 592 R
	<b>Raz TV</b>	  		610	611 612 R

Рисунок 18

Также информацию о транспондерах можно получить и на сайте журнала «Телеспутник» по адресу: <http://www.telesputnik.ru/ft/freqtab.php?sat=0&ad=D&encs=all>, как показано на рисунке 19. В таблицах «Телеспутника» информация представлена на русском языке и более систематизировано, а на сайте <http://www.lyngsat.com> более полное и актуальное.

Канал	Частота, МГц	Полар.	Стандарт	Модуляция	Видео	Кодирование	Скорость потока (кбит/с)	FEC
(1) ГТРК Карелия	3590	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2		3235	3/4
(1) Тула ТВ	3596	L	DVB-S	QPSK	MPEG-4		1850	5/6
(1) ГТРК Курск	3635	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2	BISS	3230	3/4
(1) ТРК Сейм (Курск)	3640	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2		3215	3/4
(1) ГТРК Вологда	3644	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2	BISS	3230	3/4
(1) ГТРК Татарстан	3651	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2		3333	3/4
(1) ГТРК Кострома	3735	R	DVB-S	QPSK	MPEG-2	BISS	3220	3/4
(1) Газком	3743	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2		34075	3/4
Звезда, РЕН ТВ, РТР-Планета, РазТВ, Россия 24, ТВ Центр, ТВЦ Международный,								
(1) ТВ Кострома	3751	R	DVB-S	QPSK	MPEG-2		3230	3/4
(1) TV 2 Loggy	3778	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2		1900	7/8
(1) ТВН (Тамбов)	3792	L	DVB-S	QPSK	MPEG-4		1800	3/4
(1) ГТРК Санкт-Петербург	3936	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2		3230	3/4
(1) ГТРК Поморье	3942	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2	BISS	4000	3/4
(1) Prime Sports	3946	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2	BISS	2963	7/8
(1) Saba TV	3950	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2		3374	3/4
(1) ТВ Тюмень	3960	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2	BISS	6570	3/4
Студия ТРТР, Телеканал Россия Тюмень(BISS),								
(1) Ямал ТВ	3970	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2	BISS	4275	3/4
(1) ГТРК Тюмень	3976	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2	BISS	4285	3/4
(1) Коми РТК	3982	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2		4285	3/4
(1) ТВ Университет	3986	L	DVB-S	QPSK	MPEG-2		2150	3/4
(1) Российский пакет	4101	R	DVB-S2	8PSK	MPEG-4		10050	3/4
Вести FM, Карусель, НТВ, Первый канал, Пятый канал, Радио Маяк, Радио России, Россия 2, Россия 24, Россия K,								
(1) Российский пакет	4115	R	DVB-S2	8PSK	MPEG-4		10050	3/4
Вести FM, Карусель, НТВ, Первый канал, Пятый канал, Радио Маяк, Радио России, Россия 1, Россия 2, Россия 24, Россия K,								

Рисунок 19

Еще тремя важными параметрами, которые нужны будут при формировании конфигурации оборудования, являются вид поляризации, частота работы передатчика и скорость информационного потока или символьная скорость (SR - Symbol Rate).

Из таблиц, представленных с сайтов <http://www.telesputnik.ru> и <http://www.lyngsat.com> видно, что поляризация является круговой (L или R), частоты составляет 3,5-4,1 ГГц (диапазон C), а максимальная скорость передачи SR=34075 Кбит/с.

Процесс выбора вещательного спутника необходимо кратко показать в работе в виде скриншотов и пояснений к ним. После определения вещательного спутника выполняется следующий этап - «Расчет энергетики спутникового канала и выбор зеркала антенны для устойчивого приема».

### 4.3 Расчет энергетики спутникового канала и выбор диаметра зеркала антенны для устойчивого приема

Для определения размера приемной антенны следует проанализировать всю линию связи, включая и линию связи вверх (от наземного передатчика до спутника связи), и линию связи вниз (от спутника до наземной приемной станции). Однако применение в ТВ вещании методов управления мощностью на линии связи вверх и другие определенные традиционные допущения позволяют отдельно рассчитать линию связи вниз.

Основная цель расчета линии связи - определение или проверка того, насколько данное оборудование подходит для обеспечения устойчивого приема сигналов от выбранного спутника в заданном месте расположения приемной системы.

Конечно, можно вместо проведения собственных расчетов полагаться на расчет линии связи, который предоставляют различные программы и онлайн калькуляторы, предназначенные для работы с общедоступными спутниками. Такой подход не является ошибочным, но он сильно



ограничивает вас по многим направлениям. Например, общий расчет линии связи всегда является компромиссным и диктует определенный общепринятый стандарт качества сигнала и его доступности, что может не соответствовать требованиям потребителей. Например, клиент может быть иностранцем, проживающим в вашей стране, и хочет принимать сигналы вещания своей собственной страны. Какой диаметр антенны необходим в этом случае? Таким образом, существует множество причин, по которым расчет линии связи может понадобиться.

Чтобы убедиться, что условия устойчивого приема сигнала обеспечиваются для каждого канала связи, вычисления необходимо выполнить для группы транспондеров. Это особенно важно, когда приемная система собирается из комплектующих частей от разных производителей, поскольку в одном случае на практике может быть получен неудовлетворительный результат, а в другом - чрезмерное усложнение конструкции может привести к неоправданному увеличению стоимости оборудования, а приемная система будет выглядеть громоздкой.

Результатом расчета линии связи является вычисленное значение отношения  $S/N$ , величина которого сравнивается с соответствующими значениями по пятибалльной шкале градаций качества принимаемого изображения согласно рекомендациям Международного консультативного комитета по радиовещанию МККР (см. таблицу 4). Данные оценки, которые получены в результате многочисленных субъективных тестов, наиболее часто применяются в качестве критерия общей эффективности работы приемных систем. Принятым стандартом для бытовых приемных систем является оценка «4», что соответствует взвешенному значению отношения  $S/N$  выше 42,3 дБ.

Таблица 4. - Пятибалльная шкала градаций качества принимаемого изображения в соответствии с рекомендациями МККР

Качество изображения	Оценка	Искажения	Взвешенное отношение $S/N$ , дБ
Отлично	5	Незаметно	> 46,6
Хорошо	4	Заметно, но не мешает	> 42,3
Удовлетворительно	3	Заметно, немного мешает	> 38,0
Плохо	2	Мешает	> 33,2
Очень плохо	1	Сильно мешает	> 29,2

Прием сигналов в С-диапазоне относительно не зависит от таких факторов, как затухание в условиях дождя и поглощение сигнала в атмосфере, но при приеме сигналов в Ки- и Ка-диапазонах частот подобные потери необходимо принимать во внимание. Для выполнения подробного расчета линии связи существуют многочисленные стандартные и альтернативные формулы, позволяющие проводить вычисления с различной степенью точности. Приведенный здесь метод расчета является достаточно

полным и учитывает затухание сигнала в атмосферных осадках, возрастание шумов в осадках, потери рассогласования, переходные (волноводные) затухания, а также номинальную добротность  $G/T$  и используемую добротность  $G/T$ , где  $G/T$  - это отношение полного коэффициента усиления антенны к общей шумовой температуре системы.

***Представление каждого выражения для расчета линии связи сопровождается практическим примером его использования. В качестве места приема сигнала произвольно выбран г. Беломорск, (64,5°N, 34,7°E). Будет оцениваться прием сигналов Ки-диапазона со спутника Express AM22, находящегося в позиции 53°E. Каждый из каналов является фазоманипулированным с использованием полосы пропускания 54 МГц.***

Факторы, влияющие на прием сигнала со спутника

Работа спутниковых приемных ТВ систем зависит от ряда физических параметров, перечень которых приводится ниже.

1. Эффективная изотропно-излучаемая мощность - ЭИИМ.
2. Диаметр действующей антенны.
3. Коэффициент шума малошумящего блока или шумовая температура.
4. Переходные затухания в волноводах и поляризаторах.
5. Потери из-за неточного наведения (нацеливания) антенны:
  - начальная ошибка наведения;
  - устойчивость антенны под воздействием ветра или других условий окружающей среды;
  - точность удержания станции спутника на орбите.
6. Потери поляризации.
7. Старение транспондера.
8. Затухание в условиях дождя для заданной вероятности получения (доступности) сигнала (номинальное значение 99,5% для среднего года).
9. Возрастание шумов в осадках при приеме сигнала в Ки- и Ка-диапазонах (дождь, снег или град).
10. Поглощение сигнала в атмосфере кислородом и парами воды (в зависимости от влажности).
11. Изменения температуры.
12. Параметры приемника.
13. Характеристики модуляции сигнала.
14. Рассеивание сигналов из-за затенения антенны деревьями, зданиями, стаями птиц и летательными аппаратами (самолетами).
15. Потери на расходимость луча при прохождении через атмосферу.

Каждый геостационарный спутник занимает определенную (уникальную) позицию или участок орбиты, находящейся на высоте 35 784 км прямо над экватором. Фактическое положение спутника определяется долготой подспутниковой точки (точки, расположенной прямо под

спутником на экваторе). Для захвата сигнала со спутника в пределах предполагаемой зоны обслуживания антенну необходимо точно установить как по азимуту, так и по углу места.

#### **4.3.1 Вычисление угла места**

Угол места EL (угол возвышения) представляет собой угол направленного вверх наклона антенного зеркала (рефлектора) относительно земной поверхности. Его можно вычислить следующим образом:

$$EL = \tan^{-1} \left( \frac{m \cos A \cos B - 1}{m \sqrt{1 - \cos^2 A \cos^2 B}} \right) \text{ град.} \quad (4.1)$$

где A - широта места нахождения земной станции (положительная для северного полушария, отрицательная для южного полушария);

B - восточная долгота земной станции минус восточная долгота спутника;

$m = 6,61$  - отношение радиуса геостационарной орбиты к радиусу экватора Земли.

Для низких углов места, значения которых составляют менее  $30^\circ$ , геометрический угол места может быть слегка модифицирован при помощи выражения (4.2) для учета средней величины рефракции (преломления) в атмосфере. При этом верно рассчитанное истинное значение угла места всегда должно быть больше, чем геометрический угол.

Истинное значение

$$EL \approx \frac{EL + \sqrt{(EL)^2 + 4,132}}{2} \text{ град.} \quad (4.2)$$

где EL- результат вычислений, выполненных по выражению (4.1).

Значения западной долготы необходимо преобразовать в соответствующие значения восточной долготы и отсчитывать от  $0^\circ\text{E}$  (меридиан по Гринвичу) через  $180^\circ\text{E}$  к  $360^\circ\text{E}$ , которое снова будет являться тем же самым значением  $0^\circ\text{E}$ . Таким образом, для значений долготы, расположенной западнее меридиана по Гринвичу, вычитание значения западной долготы ( $^\circ\text{W}$ ) из  $360^\circ$  дает эквивалентное (соответствующее) значение восточной долготы. Например, значение  $3^\circ\text{W}$  будет эквивалентно следующему:

$$360^\circ - (3^\circ\text{W}) = -357^\circ\text{E}.$$

Стоит иметь в виду, что на широтах выше  $81^\circ$  невозможно наблюдать любой участок геостационарной орбиты спутников. Точно так же и разность значений долготы между земной станцией и желаемым спутником не может превышать данную величину.



Подставляя значения указанных выше координат в выражение (4.2), получаем:  $EL=11,9$  град.

#### 4.3.2 Расчет азимута

Истинный азимут  $AZ$  (поворот рефлектора антенны) представляет собой угол направления, указывающего на выбранный спутник, который отсчитывается от истинного севера. Магнитный азимут измеряется в градусах от 0 до  $360^\circ$ . Истинный азимут рассчитывается по следующей формуле:

$$AZ=180+ \arctan (\tan B/\sin A), \text{ град.} \quad (4.3)$$

Для нашего примера  $AZ=159,8$  град.

#### 4.3.3 Вычисление магнитного азимута

Магнитный меридиан в большинстве случаев не совпадает с истинным (географическим) и образует угол, называемый магнитным склонением для этого места. На навигационных картах магнитное склонение именуется отклонением, чтобы не путать с другим, астронавигационным значением термина "склонение".

Магнитное склонение изменяется в пространстве и во времени. Величина склонения измеряется в градусах западного или восточного склонения в зависимости от того, на какую точку -к западу или к востоку от истинного севера - указывает магнитная стрелка (рисунок 20).

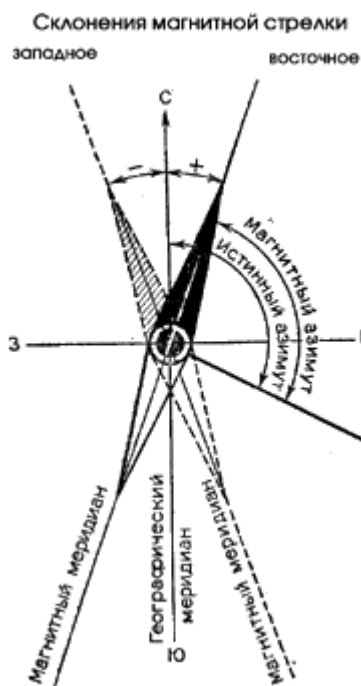


Рисунок 20

Две линии нулевого склонения, называемые агоническими, разделяют всю земную поверхность на две области. В одной из них находится Атлантический и Индийский океаны. Африка и Западная Европа, В другой

области находятся Тихий океан, почти вся Азия и значительная часть Северной и Южной Америки.

Если истинное значение угла азимута вычислено, то магнитный азимут можно легко рассчитать путем обычного сложения или вычитания магнитного склонения в соответствии с местом приема сигнала. Для всех регионов Европы величина западного магнитного склонения добавляется к величине истинного азимута. Величина магнитного склонения будет меняться в зависимости от места расположения земной станции, и ее можно узнать из местных топографических карт.

Магнитное склонение можно вычислить, воспользовавшись услугами сайта <http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/struts/calcDeclination>. Согласно данным, полученным с этого сайта для г. Беломорска местное магнитное склонение составит 13 град. Поэтому магнитный азимут составит  $159,8^\circ + 13^\circ = 172,8^\circ$ .

#### **4.3.4 Протяженность линии связи «вниз»**

Длина пути прохождения сигнала, иногда называемая наклонной дальностью, - это расстояние между земной станцией и рассматриваемым спутником. Чем дальше от экватора находится земная станция, тем длиннее будет путь прохождения сигнала. Для вычисления длины пути  $D$  используется следующее выражение:

$$D = 6378,16 \sqrt{m^2 + 1 - 2m \cos A \cos B}, \text{ км} \quad (4.4)$$

Подставив в формулу исходные значения, получим значение наклонной дальности:

$$D = 43158,9 \text{ км.}$$

#### **4.3.5 Потери при прохождении сигнала в свободном пространстве**

Потери при прохождении сигнала в свободном пространстве  $L_{FS}$ , или потери на трассе распространения, выражают ослабление микроволновых сигналов по мере их продвижения к Земле и происходят из-за расхожимости луча электромагнитной волны. Потери на трассе распространения возрастают с увеличением частоты и становятся тем больше, чем ниже угол возвышения антенны (угол места). Для вычисления величины потерь используем следующее выражение:

$$L_{FS} = 20 \log \left[ (4000 \pi D) / \lambda \right], \text{ дБ} \quad (4.5)$$

где

$D$  - наклонная дальность;

$\lambda$  - длина волны, которая рассчитывается по формуле  $\lambda = c/f$ ,

$c$  - скорость света;

$f$  - несущая частота. Примем среднюю частоту равную 12 ГГц.

Подставив, исходные данные в формулу, получим

$$L_{FS}=206,7 \text{ дБ.}$$

#### 4.3.6. Расчет коэффициента усиления антенны

Коэффициент усиления антенны ( $G_a$ ) возрастает с увеличением действующего размера антенны, который учитывает ее эффективность ( $p$ ) и выражается следующей формулой:

$$G_a = 10 \log \left[ \frac{(\pi d)^2 p}{100 \lambda^2} \right], \text{ дБ} \quad (4.6)$$

где  $d$  - диаметр антенны, м;

$p$  - процент эффективности антенны (обычно 60-80%);

$\lambda$  - длина волны, м.

Примечание Эффективность антенны чаще приводится как нормированное значение меньше 1 (то есть 0,67 или 0,8), а не выражается в процентном отношении. В таких случаях из формулы следует удалить цифру 100, стоящую в знаменателе, и подставить значение нормированного коэффициента для  $p$ .

Рассчитать коэффициенты усиления для типовых спутниковых антенн с эффективностью 70% и диаметрами 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,00; 1,2; 1,4; 1,65; 1,8; 2; 2,5 метра. Свести расчеты в таблицу, как в примере в таблице 5.

Таблица 5 - Коэффициенты усиления антенн с типовыми значениями диаметра зеркала и с эффективностью 70%.

Диаметр, м	0,6	0,7	0,8	0,9	1,00	1,2	1,4	1,65	1,8	2	2,5
Коэфф. усил.	35,99	37,33	38,49	39,52	40,43	42,01	43,35	44,78	45,54	46,45	48,39

#### 4.3.7 Расчет общей шумовой температуры приемной системы

Для наземной приемной станции общая шумовая температура приемной системы  $T_{SYS}$  складывается из шумовой температуры всех входящих в приемную систему составных частей и включает шумы, внесенные блоком LNB, компонентами волновода, и эквивалентные, или приведенные, шумы антенны.

Главные составляющие, воздействующие на шумовую температуру приемной системы, показаны на рисунке 21. Плоскость PQ указывает точку, по отношению к которой приводятся общие шумы приемной системы. Обычно считается, что это точка, расположенная сразу перед входом блока LNB или точка соединительного фланца между компонентами волновода и блока LNB. Эквивалентная шумовая температура антенны  $T_A$  получается из

всех внесенных шумов, попадающих на антенну, но уменьшенных частичной проницаемостью ( $\sigma$ ) облучателя.

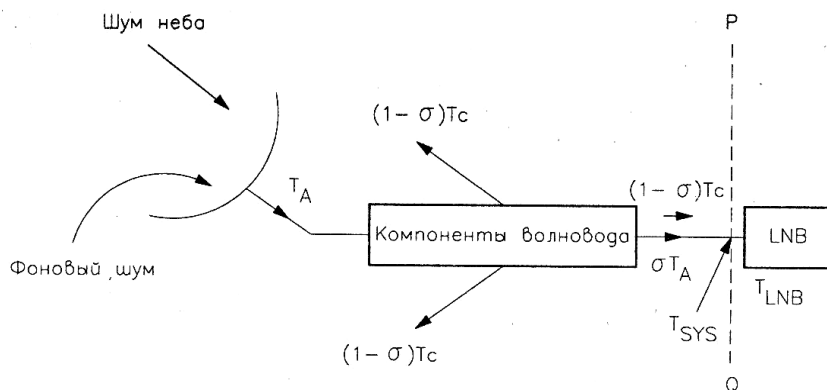


Рисунок 21

### *Частичная проницаемость*

Частичная проницаемость ( $\sigma$ ), величина которой может составлять от 0 до 1, определяется как часть от всей падающей энергии, проходящей через среду и выходящей на ее другой стороне. Величина, равная нулю, указывает на полное поглощение средой, а величина, равная единице, означает, что среда не является поглощающей, то есть прозрачна (транспарентна).



Рисунок 22

Когда поглощающая среда находится в равновесном состоянии с окружающей ее средой, она будет изотропно (равномерно) излучать столько энергии, сколько она поглотила. Если температура поглощающей среды возрастает до температуры  $T_m$  в результате, скажем, поглощения энергии от земной поверхности, то эффективность, с которой среда поглощает и снова переизлучает энергию, может быть измерена при помощи частичной

проницаемости ( $\sigma$ ) - см. рисунок 22. Сигнал, мощность которого составляет величину  $P$ , проходя через поглощающую среду, будет выходить с другой стороны с уровнем пониженной мощности  $\sigma P$ . Поскольку излучаемая энергия является изотропной, любое приемное устройство, детектирующее данный сигнал, будет также детектировать увеличение шумовой температуры, составляющее  $(1 - \sigma)T_m$ . Независимо от того, по отношению к какой среде применяется данный принцип, он будет одним и тем же и для дождя с грозой, и для поглощения или потерь в облучателе. Но вместо непосредственного использования параметра частичной проницаемости облучателя его чаще заменяют на более удобную величину затухания (ослабления). Проницаемость среды  $\sigma$  связана с затуханием  $A$  простым соотношением:

$$A = 10 \log(1/\sigma), \text{ дБ} \quad (4.7)$$

или после преобразования

$$\sigma = (1/10^{0.1A}) = 10^{-0.1A} \quad (4.8)$$

Из этого можно сделать следующие выводы. Во-первых, появление грозового дождя на пути прохождения сигнала через земное пространство будет не только ослаблять сигнал, но и вызывать возрастание шумовой температуры, которое будет детектироваться приемным устройством. Во-вторых, шумы, попадающие на антенну, также как и приходящий сигнал, поглощаются компонентами волновода, такими как рупорные облучатели, поляризаторы и разделители поляризации (ОМТ).

#### *Определение шумовой температуры приемной системы*

Основным выражением, применяемым для определения общей шумовой температуры приемной системы, является:

$$T_{SYS} = T_{LNB} + (1 - \sigma)T_C + \sigma T_A \quad (4.9)$$

или его эквивалентное выражение, использующее величину затухания:

$$T_{SYS} = T_{LNB} + (1 - 10^{-0.1A_{feed}})T_C + 10^{-0.1A_{feed}}T_{ANT} \quad (4.10)$$

где  $T_{SYS}$  - общая шумовая температура приемной системы, К;

$T_A$  - эквивалентная шумовая температура антенны либо при условиях ясного неба, либо для заданного процента времени, К;

$T_{LNB}$  - эквивалентная шумовая температура блока LNB, К;

$T_C$  - физическая температура переходных (волноводных) компонентов, К;

$\sigma$  - частичная проницаемость;

$A_{feed}$  - ослабление в облучателе или коэффициент внесенных потерь;

$T_{ANT}$  - шумовая температура антенны, обусловленная фоновым шумом.

#### *Эквивалентная шумовая температура LNB*

Первая составляющая  $T_{LNB}$  в выражениях (4.9) и (4.10) представляет собой общий фактор шума LNB в виде эквивалентной шумовой температуры, который является главным вкладом в общую шумовую температуру приемной системы. Если фактор шума выразить как отношение мощностей в децибелах, то он становится коэффициентом шума. Шумовая характеристика LNB может выражаться как эквивалентная шумовая температура в градусах Кельвина, или чаще как коэффициент шума - в децибелах. В последнем случае для вычисления общей шумовой температуры приемной системы необходимо преобразовать коэффициент шума в эквивалентную шумовую температуру при помощи следующего выражения:

$$T_{LNB} = 290(10^{(NF/10)} - 1), \quad (4.11)$$

где  $T_{LNB}$  - шумовая температура, К;  
NF - коэффициент шума, дБ.

Для Ku-диапазона значения коэффициента шума недорогих конвертеров LNB составляют 1,2-1,5 дБ. Низкие значения коэффициентов шума можно получить в случае применения приборов на транзисторах с высокой подвижностью электронов (HEMT). Номинальные значения коэффициентов шума в Ки-диапазоне для таких приборов составляют 0,8-1,0 дБ.

Предположим, что коэффициент шума LNB составляет 1,5 дБ. Вычислим его эквивалентную шумовую температуру:

$$T_{LNB} = 119,6 \text{ К.}$$

Как правило, чем выше частота, тем труднее достигнуть низких значений коэффициента шума.

#### *Переходные шумы*

Вторая составляющая  $(1-\sigma)T_c$  в выражениях (4.9) и (4.10) представляет собой шум, изотропно излучаемый компонентами облучателя. Облучатель будет поглощать энергию, исходящую в основном от земли, и поэтому обладает величиной частичного поглощения, или собственными потерями. Данная изотропно-переизлучаемая часть шума  $(1-\sigma)T_c$  будет детектироваться блоком LNB. Внесенные потери или затухание (ослабление) сигнала, полученное при прохождении через компоненты волновода, обычно приводятся в документации производителя как отношение мощностей в децибелах, поэтому на практике для расчетов используется только выражение (4.10). Общий коэффициент затухания облучателя является суммой величин затуханий составляющих компонентов волновода, таких как рупорные облучатели, ОМТ, поляризаторы и т.д. Составляющая  $T_c$  представляет собой физическую температуру облучателя. Обычно она принимается равной 290 К.

Предположим, что в головку облучателя устанавливаются компоненты с общей величиной вносимого затухания  $A_{feed}=0,5$  дБ. Вычислим дополнительную шумовую температуру, детектируемую блоком LNB:

$$(1-\sigma)T_C = (1-10^{-0,1A_{feed}}) \cdot 290.$$

После постановки значений в формулу, получим тепловую температуру переходных шумов 31,5 К.

#### *Приведенная шумовая температура антенны*

Третья составляющая  $\sigma T_A$  в выражениях (5.9) и (5.10) является приведенной шумовой температурой антенны, которая представляет собой эквивалентную шумовую температуру антенны  $T_A$  (то есть включает все компоненты шума, попадающие на антенну), уменьшенную величиной проницаемости облучателя.

#### *Эквивалентная шумовая температура антенны*

Рассмотрим более подробно эквивалентную шумовую температуру антенны  $T_A$ . Она определяется многими факторами - размером антенны, углом возвышения (места), внешними источниками шумов и условиями распространения сигнала в атмосфере. В условиях ясного неба основной шумовой составляющей являются фоновые шумы, поскольку без учета атмосферного влияния на распространение сигнала (дождь и т.п.) эти шумы фактически представляют собой все шумы, поступающие на вход антенны. Этот шумовой параметр антенны производители часто приводят в виде таблицы для диапазона значений углов места. Он может также включать относительно небольшую составляющую, вносимую галактическими фоновыми шумами. Существует три главных составляющих общих шумов антенны.

Шумовая температура антенны, обусловленная фоновым шумом ( $T_{ANT}$ ) - чем меньше диаметр антенны, тем шире ее диаграмма направленности и больше разброс боковых лепестков, улавливающих шумы теплой земли, и, следовательно, тем больше фоновый шум собирается антенной. Кроме того, при более низких значениях угла места боковые лепестки (особенно первый боковой лепесток) антенны с меньшими размерами будут улавливать больше фонового шума, чем лепестки антенны с большими размерами. Поэтому при установке для заданного значения угла места антенна с меньшим диаметром будет представлять собой более «шумное» устройство. Поступление фонового шума можно уменьшить за счет уменьшения коэффициента усиления антенны, путем неполного (недостаточного) облучения антенного зеркала. Таким образом, данный фактор определяет эффективность антенны. Значение фонового шума, принимаемого прямофокусной антенной, будет большим, по сравнению с уровнем шума, принимаемым офсетной антенной (при условии равных размеров). Это объясняется тем, что головка облучателя, установленная в прямофокусной антенне непосредственно на

пути прохождения сигнала, «видит» при температуре, равной температуре Земли, и будет вносить дополнительные шумы.

Поскольку шумовая температура антенны зависит от множества изменяющихся факторов, при отсутствии в документации изготовителя значений необходимых параметров лучше полагаться на их вычисление. Для расчета приближенного значения шумов антенны в условиях ясного неба можно воспользоваться выражением (4.12), которое учитывает угол места и диаметр антенны.

$$T_{ANT} = 15 + 30/d + 180/EL, \text{ дБ} \quad (4.12)$$

где d - диаметр антенны, м;

EL - угол места антенны, град.

Вычислить значение  $T_{ANT}$  для всех диаметров и полученного значения EL.

На основе полученных значений шумовой температуры антенн, вычислить эквивалентную шумовую температуру по формуле

$$\sigma T_A = 10^{-0,1A_{feed}} T_{ANT}$$

Все полученные результаты свести в таблицу, как показано в таблице 6.

Таблица 6 - Зависимость шумовой температуры антенны от ее диаметра при заданном угле места.

Диаметр, м	0,6	0,7	0,8	0,9	1,00	1,2	1,4	1,65	1,8	2	2,5
Шумовая темп. ант., К	80,92	73,77	68,42	64,25	60,92	55,92	52,34	49,10	47,58	45,92	42,92
Эквивал. шумовая темп. ант., К	72,12	65,75	60,98	57,26	54,29	49,84	46,65	43,76	42,41	40,92	38,25

*Составляющая космических, или галактических шумов*, представляет собой фоновый космический шум, величина которого определяется в основном уровнем остаточного излучения от «большого взрыва». Она имеет небольшое значение шумовой температуры (около 2,7 К). Данная составляющая относительно невелика по сравнению с погрешностью вычисления составляющей фонового шума, и может быть опущена при практических расчетах. В любом случае, в зависимости от того, как шумы антенны определяются в документации изготовителя, она может быть введена.

Составляющие условий распространения сигнала в атмосфере - два главных влияния условий распространения сигнала на линии связи «вниз». При уменьшении длины волны  $\lambda < 3$  см потери начинают расти вследствие наличия резонансных линий поглощения в спектре молекулярных компонент паров воды и кислорода земной атмосферы. Графические зависимости потерь



энергии радиосигнала в земной атмосфере от длины волны без учета угла места антенны представлены на рисунке 23. Поглощение радиоволн, вызываемое осадками, в основном дождем и туманом, растет с уменьшением длины волны, зависит от интенсивности осадков и становится существенным при  $\lambda < 5$  см.

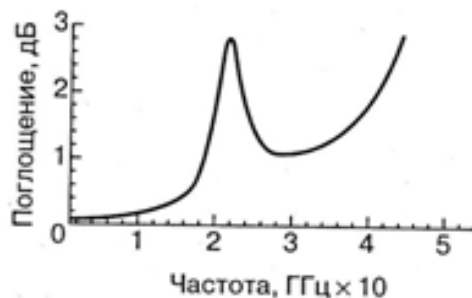


Рисунок 23

Вторая составляющая влияния условий распространения - это затухание сигнала в осадках. При распространении сигнала по линии связи вверх приемник на борту спутника будет «видеть» вполне постоянную, но высокую шумовую температуру, исходящую от теплой Земли. Ее величина составляет около 290 К, поэтому дополнительное излучение тепловой энергии от дождя будет оказывать незначительное влияние. При распространении сигнала по линии связи вниз приемник направлен в небо, имеющее относительно невысокую шумовую температуру. Поэтому дополнительная тепловая шумовая составляющая, вносимая дождем, уже не будет незначительной в общих шумах приемной системы, особенно если приемник (LNB) является малошумящим прибором, работающим в Ки- или Ка-диапазоне. В S- и C-диапазонах влияние дождя и поглощения в атмосфере незначительно.

Осадки не только непосредственно ослабляют сигнал (данное явление называется замиранием сигнала в дожде), но и приводят к возрастанию шумовой температуры приемной системы, поскольку температура промежуточной среды приближается к температуре Земли. Важно, чтобы указанное возрастание шумов приемной системы было учтено, причем не только ослабление, вызываемое замиранием в дожде. Сочетание этих двух составляющих называется снижением эффективности линии связи «вниз» (DND).

Влияние условий распространения сигнала становится значительным на частотах выше 8 ГГц. Дождь, снег, туман или облачность ослабляют и рассеивают микроволновый сигнал. Величина ослабления зависит больше от размера водных капель (в кубических единицах по отношению к длине волны), чем от интенсивности осадков. При более сильном дожде капли становятся крупнее, поэтому эти факторы обычно оказываются связанными. Как правило, температура физической среды при всех формах выпадения

осадков принимается равной 260 К. В условиях облачности и при ясном небе используется значение 280 К.

На рисунке 24 показаны кривые зависимости потерь энергии радиосигнала на трассе от длины волны  $\lambda$  и интенсивности дождя.

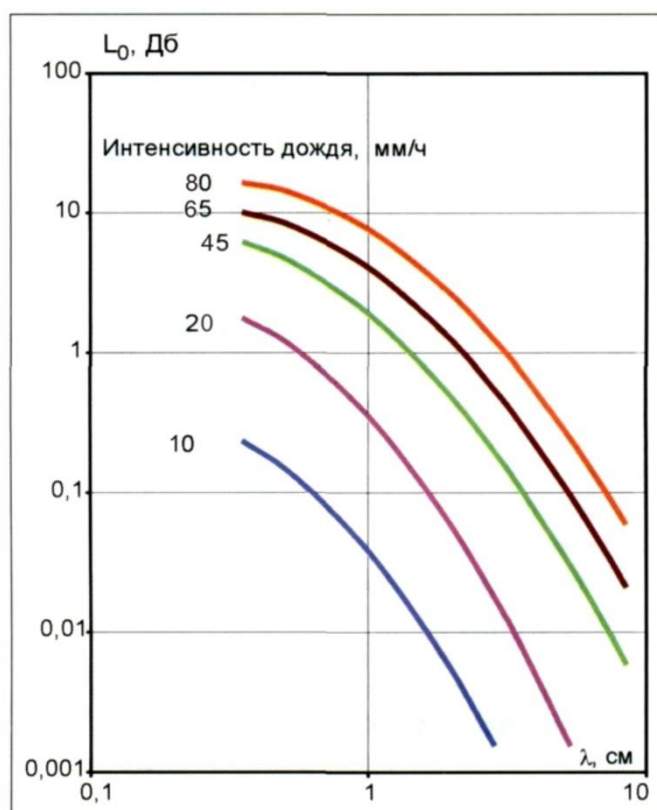


Рисунок 24

#### *Доступность сигнала и рабочие запасы.*

Коэффициент затухания в дожде необходимо прогнозировать из статистических данных, полученных в результате многолетних наблюдений интенсивности выпадения осадков для рассматриваемого места приема сигнала. Схема интенсивности осадков для Российской Федерации приведена на рисунке 25.

Вместо того чтобы учитывать огромный рабочий запас по превышению порога помехоустойчивости приемника для наихудшего случая ливневого дождя, обычно довольствуются определением приемлемой величины коэффициента доступности сигнала для среднего года. Или, другими словами, процента времени, в течение которого уровень сигнала не падает ниже некоторого определенного заранее отношения  $C/N$  (или  $S/N$ ). Например, когда говорят, что прием сигнала, соответствующего по шкале МККР оценке «4» (хорошо), обеспечивается для 99,7% среднего года, имеют в виду, что ожидаемая величина отношения  $S/N$  не упадет ниже 42,3 дБ для 99,7% времени (или 99% для наихудшего месяца). Однако иногда ожидается его падение ниже этого уровня для 0,3% времени во время сильных ливней. Чем выше доступность сигнала, заложенная при разработке приемной

системы, тем лучше будет защита от влияния затуханий сигнала в дожде. При этом необходимый размер антенного зеркала также увеличивается по мере возрастания предусмотренного значения доступности сигнала. Затухание в дожде, или более специальный параметр эффективности линии связи вниз, является главной составляющей запасов на общие потери для приемных систем в Ки- или Ка-диапазонах. Для типичных систем непосредственного приема спутниковых сигналов (direct-to-home system - DTH) коэффициент доступности сигнала 99,5% обычно признается приемлемым.

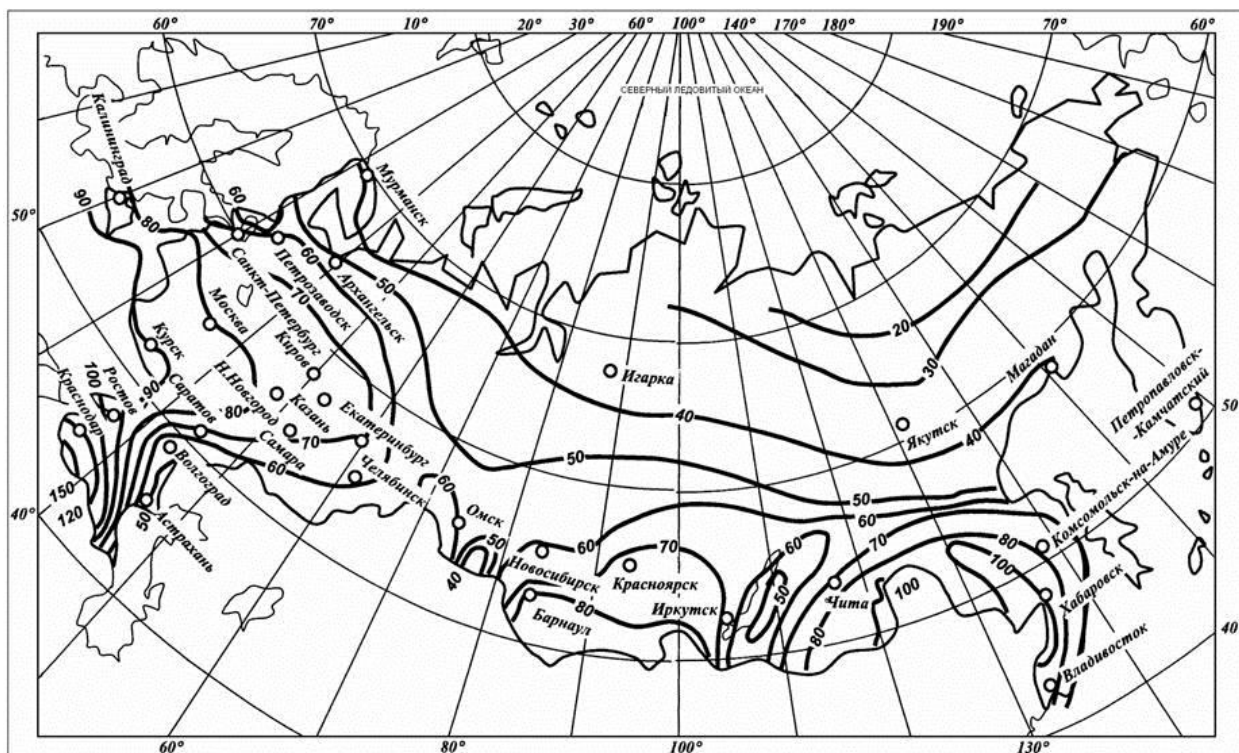


Рисунок 25

Фактически большинство готовых фиксированных антенных систем для приема сигналов с обще-доступных спутников разрабатываются с учетом этой цифры. Для систем спутникового ТВ с коллективным приемом (SMATV) может потребоваться более высокая величина (99,9%), а для систем кабельного распределения сигналов еще выше. Однако доступность 100% практически невозможна.

*Возрастание шумов из-за выпадения осадков и поглощения в атмосфере.*

В условиях ясного неба единственной причиной ослабления сигнала на линии связи между спутником и земной станцией остается поглощение сигнала в атмосфере ( $A_{atm}$ ) кислородом и парами воды. В условиях дождя ослабление сигнала будет определяться сочетанием двух факторов - поглощением газами атмосферы  $A_{atm}$  и затуханием в дожде  $A_{rain}$

(выраженном в децибелах). Общим следствием этого является возрастание эквивалентной шумовой температуры антенны  $T_A$  при работе на частотах выше 8 ГГц. Для S- и C-диапазонов при расчетах нет необходимости учитывать данные факторы, поскольку их влияние незначительно, но для Ки- и Ка-диапазонов их влияние существенно возрастает, особенно принимая во внимание получаемые в настоящее время низкие значения шумовой температуры приемных систем. Даже при условии ясного неба к эквивалентной шумовой температуре антенны  $T_A$  следует добавить поправку на увеличение температуры из-за поглощения в атмосфере. Для вычисления данной величины можно воспользоваться выражением (4.13). В условиях дождя величина дополнительного возрастания шумовой температуры может быть вычислена при помощи выражения (4.14), которое учитывает влияние статистических значений интенсивности выпадения осадков. Значения  $A_{atm}$  и  $A_{rain}$  для России можно получить, используя рисунки 23 и 24 и 25.

$$T_{clear\ sky} = (1 - 10^{-0,1A_{atm}})T_m + 10^{-0,1A_{atm}}T_g, \text{ К} \quad (4.13)$$

$$T_{rain} = (1 - 10^{-0,1(A_{atm} + A_{rain})})T_m + 10^{-0,1(A_{atm} + A_{rain})}T_g, \text{ К} \quad (4.14)$$

где  $T_m$  - физическая температура среды (260 К для условий дождя, 280 К для условий ясного неба или облачности);

$T_g$  - космическая, или галактическая шумовая температура (номинальное значение 2,7 К на частотах  $> 4$  ГГц);

$A_{atm}$  - ослабление сигнала из-за поглощения газами атмосферы, дБ;

$A_{rain}$  - затухание сигнала в осадках для заданного процента времени, дБ.

Добавление либо  $T_{clear\ sky}$ , либо  $T_{rain}$  к эквивалентной шумовой температуре антенны  $T_A$  и ее пересчет с использованием выражения (4.10) даст в результате приведенную величину общей шумовой температуры приемной системы  $T_{SYS}$ , которая учитывает ослабление сигнала газами атмосферы и/или осадками. Для вычисления возрастания шумов в соответствии с заданной величиной замираний сигнала в дожде, выраженной как отношение мощности в децибелах, следует воспользоваться следующей формулой:

$$\text{Возрастание шумов (из-за дождя)} = 10 \log \left( \frac{T_{SYSrain}}{T_{SYSclear\ sky}} \right) \text{ дБ}, \quad (4.15)$$

где  $T_{SYSrain}$  - шумовая температура приемной системы в условиях дождя для определенного процента времени среднего года, К;

$T_{SYSclear\ sky}$  - шумовая температура приемной системы, рассчитанная для условий ясного неба с учетом поглощения сигнала газами атмосферы, К.

Снижение эффективности линии связи «вниз», которое происходит при заданном замирании сигнала в дожде, выражается следующей формулой:

$$DND = A_{\text{rain}} + 10 \log \left( \frac{T_{\text{SYSrain}}}{T_{\text{SYSclear sky}}} \right) \text{ дБ.} \quad (4.16)$$

Для вычисления DND по формулам (4.13) и (4.14) необходимо определить величины  $A_{\text{atm}}$  и  $A_{\text{rain}}$ .

В соответствии с рисунком 23 определяем с учетом рабочей частоты  $A_{\text{atm}}=0,2$  дБ.

Затухание в дожде определяется по рисункам 24 и 25 и с учетом места расположения места установки антенны (в нашем примере это г. Беломорск)  $A_{\text{rain}}=1,5$  дБ.

Таким образом,

$T_{\text{clear sky}}=15,2$  К;

$T_{\text{rain}}=92,5$  К.

Найдите общую шумовую температуру приемной системы для чистого неба и для дождя по формулам, а также DND из формулы (4.16) используя для этого предыдущие полученные значения и значения из таблицы 6.

$$T_{\text{SYSclear sky}} = T_{\text{LNB}} + \left(1 - 10^{-0,1A_{\text{feed}}}\right) T_C + 10^{-0,1A_{\text{feed}}} \cdot (T_A + T_{\text{clear sky}}) ;$$

$$T_{\text{SYSrain}} = T_{\text{LNB}} + \left(1 - 10^{-0,1A_{\text{feed}}}\right) T_C + 10^{-0,1A_{\text{feed}}} \cdot (T_A + T_{\text{rain}}) ;$$

Сведите полученные данные в таблицу по примеру таблицы 7.

Таблица 7 - Значения  $T_{\text{SYSclear sky}}$ ,  $T_{\text{SYSrain}}$  и DND в зависимости от типовых размеров антенн.

Диаметр, м	0,6	0,7	0,8	0,9	1,00	1,2	1,4	1,65	1,8	2	2,5
Общая шумовая темп. приемной системы при чистом небе, К	229,0	223,3	219,0	215,7	213,1	209,1	206,3	203,7	202,5	201,2	198,8
Общая шумовая темп. приемной системы при дожде, К	297,9	292,2	288,0	284,7	282,0	278,0	275,2	272,6	271,4	270,1	267,7
снижение эффективности линии связи «вниз», дБ	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8

#### 4.3.8 Расчет коэффициента добротности

G/T представляет собой отношение полного коэффициента усиления антенны к общей шумовой температуре приемной системы. Номинальный коэффициент добротности  $G/T_{\text{nom}}$  - это максимальный коэффициент,

который можно получить для заданного значения угла места. Он содержит полный коэффициент усиления антенны (усиление антенны минус переходные потери), деленный на фактор шумовой температуры, который получен из составляющих эквивалентной шумовой температуры приемника (то есть LNB), переходных шумов встроенных поляризаторов и компонентов волновода (таких, как разделитель поляризации ОМТ) и приведенной шумовой температуры антенны в условиях ясного неба. Математически это выражается с помощью формулы (4.17). Сюда не включены рабочие запасы: запасы на потери антенны из-за рассогласования, старение, возрастание шумов антенны в условиях дождя для заданного процента времени. Это самая высокая величина отношения  $G/T$ , дающая возможность качественного сопоставления различных внешних устройств. Чем выше данное отношение, тем лучше будет функционировать приемная система. По сути,  $G/T$  - это коэффициент, который оказывает наибольшее влияние на окончательную величину отношения  $C/N$  на входе приемника. Как будет видно далее, все другие содействующие факторы относительно постоянны.

$$G/T_{nom} = 10 \log \left[ \frac{10^{0,1(G+\alpha)}}{T_{sys}} \right], \text{ дБ/К} \quad (4.17)$$

где  $G$  - коэффициент усиления антенны, дБ;

$\alpha$  - переходные потери, дБ, создаваемые компонентами волновода (потери равны отрицательному усилению и по модулю соответствуют  $A_{feed}$ );

$T_{sys}$  - шумовая температура приемной системы в условиях ясного неба, исключая влияние условий распространения сигнала.

Подставив вычисленные ранее значения для коэффициента усиления антенны из таблицы 6 и шумовой температуры приемной системы в условиях ясного неба из таблицы 7 в выражение (4.17), получите значения и составьте таблицу, как показано в таблице 8.

Таблица 8 - Значения коэффициента добротности при типовых размерах антенн.

Диаметр, м	0,6	0,7	0,8	0,9	1,00	1,2	1,4	1,65	1,8	2	2,5
Коэффициент добротности, дБ/К	11,9	13,3	14,6	15,7	16,6	18,3	19,7	21,2	22,0	22,9	24,9

Необходимым для подробного расчета линии связи параметром  $G/T$  является используемый (пониженный или минимальный) коэффициент добротности  $G/T_{usable}$ . Он учитывает последующие потери при работе системы из-за ошибок наведения антенны, влияния поляризации, старения и возрастания шумов приемной системы в условиях осадков для заданного процента времени. Данный коэффициент представляет собой полный коэффициент усиления антенны (усиление антенны минус переходные

потери и минус потери при работе системы), деленный на общую шумовую температуру приемной системы. Таким образом, данное отношение  $G/T$  характеризует эффективность системы в процессе работы, и именно оно используется при подробном расчете линии связи. Чтобы учесть возрастание шумов приемной системы из-за выпадения осадков для определенного заданного процента времени, к шумовой температуре приемной системы  $T_{SYS}$  добавляется дополнительная составляющая шумовой температуры, как показано в формуле 4.18.

$$G/T_{useable} = 10 \log \left[ \frac{10^{0,1(G+\alpha+\beta)}}{T_{SYSrain}} \right], \text{ дБ/К} \quad (4.18)$$

где  $G$  - коэффициент усиления антенны, дБ;

$\alpha$  - переходные потери, дБ, создаваемые компонентами волновода (потери равны отрицательному усилению и по модулю соответствуют  $A_{feed}$ );

$T_{SYSrain}$  - приведенная общая шумовая температура приемной системы, которая включает возрастание шумовой температуры в условиях дождя для заданного процента времени, К.

$\beta$  - потери из-за ошибок наведения антенны, ошибок поляризации и старения (потери равны отрицательному усилению), дБ;

Для получения результатов по формуле (4.18) необходимо вычислить величину  $\beta$ .

*Вычисление потерь из-за неточного наведения антенны  $\beta$*

Потери из-за неточного наведения антенны вычисляются по формуле:

$$\beta = 12 \left( \frac{\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2}{\theta_0^2} \right), \text{ дБ} \quad (4.19)$$

где  $\theta_1$  - начальная погрешность наведения антенны с фиксированной подвеской на спутник, градусы. Номинальная величина погрешности составляет около 10-20% ширины диаграммы направленности антенны по уровню половинной мощности;

$\theta_2$  - устойчивость (стабильность) наведения установки под воздействием факторов окружающей среды, таких, как ветер и старение, влияние колебаний температуры;

$\theta_3$  - точность удержания станции спутника на орбите, градусы (номинально  $\pm 0,16^\circ$ );

$\theta_0$  - ширина диаграммы направленности приемной антенны по уровню половинной мощности, градусы.

Чем больше диаметр антенны, тем больше ошибка наведения из-за ветровой нагрузки; поэтому большие антенны, диаметр которых превышает 1 м, обладают в этом отношении значительным недостатком. Стабильность нацеливания для больших монолитных антенн в условиях ветра может быть не выше  $1^\circ$ .

Рассчитайте и сведите в таблицу значения  $\beta$  в зависимости от типовых размеров антенн, которые приводились в таблицах 6,7 и 8. При этом погрешность наведения  $\theta_1$  принять равной 0,5 град, стабильность наведения  $\theta_2$  - равной 0,5 град,  $\theta_3=0,16^\circ$ . Значения  $\theta_0$  для различных диаметров антенн найти в справочной литературе или из Интернет-источников.

Для используемого в методических указаниях примера, примем  $\beta = 0,6$  дБ.

Таким образом, имея все значения, по формуле (4.18) определите минимальный коэффициент добротности  $G/T_{\text{usable}}$  и сведите данные в таблицу 9:

Таблица 9 - Значения минимального коэффициента добротности при типовых размерах антенн.

Диаметр, м	0,6	0,7	0,8	0,9	1,00	1,2	1,4	1,65	1,8	2	2,5
Коэффициент добротности, дБ/К	11,4	12,8	14,0	15,1	16,0	17,7	19,1	20,5	21,3	22,2	24,2

*Примечание: в полученной вами таблице 9 необходимо использовать для каждого диаметра типовых антенн индивидуальное для каждой антенны значение  $\beta$ , полученное из формулы (4.19).*

#### **4.3.9 Эффективная изотропно-излучаемая мощность**

Изотропный излучатель определяется как излучающий равномерно по всем направлениям. Это невозможно получить в реальности, но легко представить наглядно. Используя отражатель, изотропный излучатель может концентрировать всю свою энергию в виде узкого луча, который кажется некоторому отдаленному наблюдателю, находящемуся на другом конце луча, изотропным источником со значительно большей выходной мощностью. Таким образом, понятие эффективной изотропно-излучаемой мощности (ЭИИМ) или *Equivalent Isotropically Radiated Power (EIRP)* используется в качестве меры напряженности (силы) сигнала, который передается спутником на Землю. ЭИИМ измеряется в децибелах относительно одного ватта (дБВт) и достигает наивысшего значения в центре луча. Данная величина уменьшается логарифмически по мере удаления от центра луча. Значение ЭИИМ для любого спутника можно получить из соответствующих карт зоны обслуживания, где указаны контуры с равными значениями ЭИИМ. В Приложении Б представлены зоны покрытия некоторых, наиболее



востребованных спутников. При необходимости в сети Интернет на сайтах соответствующих провайдеров можно найти зоны покрытия практически для любого вещательного спутника.

Современные спутники могут в определенной степени формировать контуры ЭИИМ, чтобы соответствовать желаемой зоне обслуживания.

#### **4.3.10 Расчет отношения несущая/шум**

Для диапазонов частот Ки и Ка отношение несущая/шум (C/N) на входе приемной системы определяется следующим выражением:

$$C/N = EIRP - L_{FS} + G/T_{usable} - 10\log(kB) - A_{rain} - A_{atm}, \text{ дБ} \quad (4.20)$$

где EIRP - эффективная изотропно-излучаемая мощность со спутника в направлении места расположения приемной системы, дБВт;

$L_{FS}$  - потери при распространении сигнала в свободном пространстве на участке от Земли до спутника связи, дБ;

$G/T_{usable}$  - минимально пониженная величина коэффициента добротности приемной системы, дБ/К;

$k$  - постоянная Больцмана ( $1,38 \times 10^{-23}$  Дж/К);

$B$  - полоса пропускания приемника до детектирования промежуточной частоты ПЧ, Гц; Для разных спутников может находиться в интервале от 20 до 72 МГц. Для каждого конкретного спутника определяется в справочной информации. Например, для спутника Экспресс АМ 22 составляет 54 МГц.

$A_{atm}$  - ослабление сигнала за счет поглощения в атмосфере, дБ;

$A_{rain}$  - затухание сигнала в осадках для заданного процентного отношения времени, дБ.

Примечание: при работе на частотах ниже 8 ГГц значениями  $A_{atm}$  и  $A_{rain}$  можно пренебречь.

При вычислениях для условий ясного неба параметр  $A_{rain}$  исключается, а  $G/T_{usable}$  заменяется на номинальный коэффициент добротности  $G/T$ .

Для приведенного примера расчет проводится по уже ранее полученным значениям. Отсутствует только информация о EIRP. В примере в качестве источника телевизионного контента выбран спутник Экспресс АМ 22 53 в.д. При задании в поисковике Интернета «зона покрытия Экспресс АМ 22» с помощью информации, представленной ФГУП «Космическая связь» с сайта <http://www.rscs.ru/customer/87/199/> выбираем требуемую нам зону покрытия (т.к. спутник может иметь несколько антенн направленных в разные точки Земли). Вид зоны показан на рисунке 26. Другие зоны спутника Экспресс АМ 22 и ряда вещательных спутников приведены в Приложении Б.

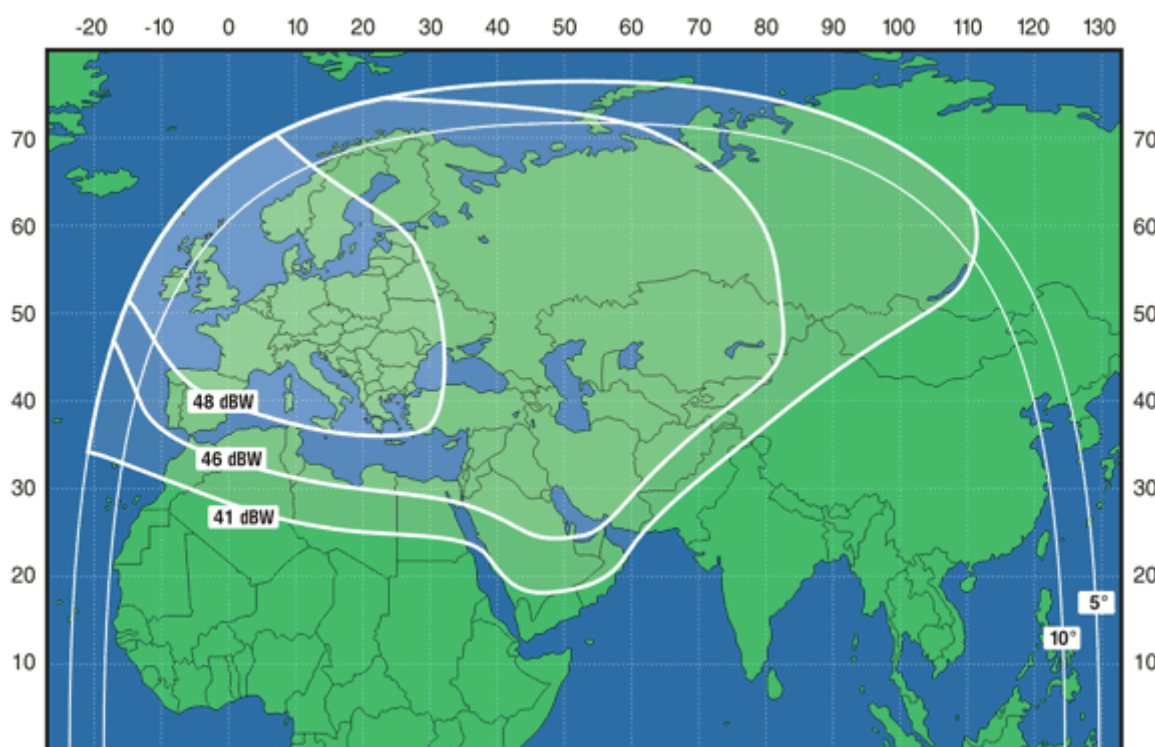


Рисунок 26

Из координат расположения используемого в примере г. Беломорска и рисунка 26 определяется  $EIRP=47$  дБ Вт.

Подставив все значения в формулу (4.20), вычислите отношение несущая/шум в условиях плохого приема (атмосферные осадки и пониженный коэффициент добротности) и в условиях хорошего приема (без осадков и с номинальным коэффициентом добротности). Вычисления сведите в таблицу, как показано в таблице 10.

Таблица 10 - Отношение несущая/шум для плохих и хороших условий приема

Диаметр, м	0,6	0,7	0,8	0,9	1,00	1,2	1,4	1,65	1,8	2	2,5
Отношение несущая/шум в плохих условиях	1,2	2,6	3,9	4,9	5,9	7,5	8,9	10,4	11,2	12,1	14,1
Отношение несущая/шум в хороших условиях	3,3	4,7	5,9	7,0	8,0	9,7	11,1	12,5	13,3	14,3	16,3

#### 4.3.11 Особенности спутникового цифрового приема

*Пропускная способность канала связи согласно теореме Шеннона*

Переданный сигнал, несущий полезную информацию, может быть неверно воспринят приемным устройством из-за искажений сигнала, возникающих при передаче по зашумленному каналу связи. Поэтому выход источника информации подсоединяется к кодеру канала связи, где в сигнал вводится избыточность (вставляются дополнительные биты информации).

Это делается для того, чтобы уменьшить вероятность появления ошибочных битов. Такая практика называется предварительной коррекцией ошибок (FEC) и является единственным методом обеспечения коррекции ошибок без запроса повторной передачи информации. Вероятность появления ошибочных битов равна частоте ошибочных битов (BER) декодера приемного устройства.

Предварительная коррекция ошибок достигается введением избыточности в систему кодирования канала связи. Дополнительные биты добавляются предсказанным и предопределенным образом, чтобы декодер мог правильно интерпретировать передаваемые биты.

Американский инженер Клод И. Шеннон предложил научное обоснование теории информации. Он показал, что пропускная способность (C) канала связи - это число битов информации в секунду, которое теоретически можно передать по каналу связи с условно низкой частотой появления ошибочных битов. Пропускная способность является функцией ширины полосы пропускания канала связи и отношения S/N.

В цифровых системах параметром, эквивалентным отношению S/N, является отношение  $E_b/N_0$ , которое определяется как отношение количества энергии в бите информации к спектральной плотности шумов. Для определенной цифровой модуляции и метода кодирования существует определенное значение отношения  $E_b/N_0$ , которое соответствует заданной величине BER, ожидаемой на выходе декодера. Экспериментально показано, что величина BER лучше, чем  $10^{-10}$ , примерно соответствует оценке «5» по градации качества приема сигнала.

Предположим, что мощность на выходе кодера источника информации меньше, чем пропускная способность канала связи. Тогда можно уменьшить величину BER до любого желаемого уровня, используя FEC, не увеличивая мощность передатчика выше значения, для которого была рассчитана пропускная способность. Другими словами, существует верхний предел скорости безошибочной связи, который может быть достигнут при передаче по любому заданному каналу связи. Однако здесь существует компромисс. Сложность систем кодирования канала связи стремительно растет при приближении к пропускной способности, а ширина полосы пропускания также возрастает. График, демонстрирующий зависимость пропускной способности канала связи по отношению к  $E_b/N_0$  и ширине полосы пропускания, приведен на рисунке 27.

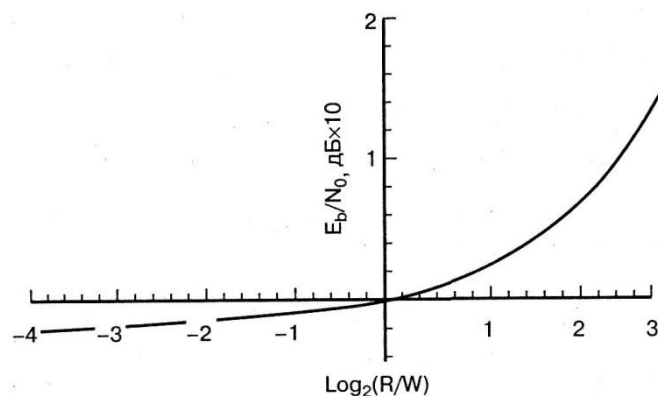


Рисунок 27

$R$  - скорость передачи информации, бит/с,  $W$  - передаваемая полоса частот, Гц.

Рабочая область для безошибочной связи лежит выше кривой.

Для  $E_b/N_0 < -1,6$  дБ требуется бесконечная полоса частот.

Рабочее ограничение мощности лежит слева от оси  $E_b/N_0$  ( $R < W$ ).

Область ограничения полосы пропускания лежит справа от оси  $E_b/N_0$  ( $R > W$ ).

### *Эффективность кодирования*

Шеннон не определил коды, которые позволили бы работать со скоростью, близкой к пропускной способности канала связи. Использование FEC выражается в коэффициенте эффективности кодирования (или коэффициенте эффективности декодирования) при демодуляции передаваемого сигнала. Коэффициент эффективности кодирования определяется как разность между величиной  $E_b/N_0$ , требуемой для достижения определенного значения BER без применения кодирования, и величиной  $E_b/N_0$ , требуемой для достижения того же самого значения BER с применением кодирования. Очевидно, что чем эффективнее кодирование, тем выше будет коэффициент его эффективности при демодуляции, но тем выше будет и сложность кодирования, и его стоимость.

Постоянный внешний код, применяющийся в стандарте DBV - это код Рида-Соломона, связанный с внутренним непрерывным (сверточным) кодом, который был выбран для удовлетворения требований вещателей. В комплексе такое кодирование канала связи может дать коэффициент эффективности кодирования свыше 7 дБ. Не следует путать кодирование канала связи с кодированием источника информации (цифровым сжатием).

### *Потери при работе декодера*

Демодулятор приемника является причиной определенного количества потерь в общем канале связи из-за нелинейности фильтров и т.д. Эти потери обычно малы по сравнению с коэффициентом эффективности декодирования, но все же составляют значительную величину и должны быть учтены при расчете линии связи. Порядок этих величин обычно составляет от 1 до 1,5 дБ.

### *Цифровая модуляция*

Цифровая модуляция, также называемая фазовой манипуляцией, во многих отношениях очень похожа на ЧМ. Как и в случае с ЧМ, анализ спектра является достаточно сложным, а оба спектра оказались бы похожими. Наиболее подходящими методами цифровой модуляции для передачи сигналов цифрового ТВ через спутник связи являются BPSK (двоичная фазовая манипуляция), QPSK (квадратурная фазовая манипуляция), 8-PSK и, возможно, 16-QAM (квадратурная амплитудная модуляция). Из этих четырех методов наиболее часто используется QPSK. Он имеет преимущество, поскольку может работать при мощности транспондера, близкой к насыщению, то есть с эффективной отдачей энергии. В таблице 11 приведены теоретические значения  $E_b/N_0$ , требуемые для достижения величины BER, равной  $10^{-10}$ , без кодирования канала связи для различных методов модуляции. Метод 64-QAM часто выбирается для системы кабельного распределения каналов, потому что он обладает высокой эффективностью использования полосы пропускания при постоянно доступной ширине полосы пропускания 6-8 МГц.

Таблица 11 - Сравнение методов цифровой модуляции для BER, равной  $10^{-10}$

Метод модуляции	$E_b/N_0$ без применения кодирования, дБ	Эффективность использования полосы пропускания, бит/с/ Гц
BPSK	13,06	1,0
QPSK	13,06	2,0
8-PSK	16,55	3,0
16-PSK	21,09	4,0
4-QAM	13,06	2,0
16-QAM	16,98	4,0
64-QAM	21,40	6,0

#### **3.3.12 Модификация расчета для системы DVB**

В системе DVB (стандарт вещания цифрового телевидения) применяется фазовая модуляция, которая по своим свойствам близка к ЧМ. Поэтому параметры, которые относятся к аналоговым ЧМ сигналам, действительны и для расчетов линии связи цифровых систем за одним исключением. Точно так же, как отношение  $S/N$  служит показателем качества принимаемого сигнала в аналоговых ЧМ системах, отношение  $E_b/N_0$ , при котором достигается определенная величина BER, является эквивалентом отношения  $S/N$  для цифровых систем. Соотношение между  $C/N$  и  $E_b/N_0$ , выраженное в дБ, определяется следующей формулой:

$$E_b/N_0 = C/N + 10\log(1/R) + 10\log B, \text{ дБ} \quad (4.21)$$

где  $E_b/N_0$ , дБ - отношение количества энергии в бите ( $E_b$ ), Дж, к плотности потока мощности шумов,  $N_0$ , Вт/Гц;

$R$  - скорость передачи информации, бит/с;

$B$  - передаваемая полоса частот, Гц;

$C/N$  - отношение несущая/шум в полосе частот  $B$ , дБ.

Характерной чертой практических цифровых систем является следующее: для данного отношения скорости передачи бита информации к полосе пропускания канала существует отношение сигнал/шум ( $E_b/N_0$ ), выше которого возможен прием Сигнала без ошибок и ниже которого прием невозможен. В отличие от аналоговых сигналов, которые постепенно ухудшаются под воздействием шумов, цифровые системы относительно не подвержены влиянию шумов вплоть до того момента, когда система коррекции ошибок уже не может действовать эффективно. В результате происходит резкое ухудшение или «крушение» системы. Это свойство цифровых систем устраняет необходимость градаций качества принимаемого изображения. Качество изображения относительно не пострадает, если суммарный ухудшенный уровень отношения  $E_b/N_0$  выше, чем некоторый требуемый уровень, соответствующий приемлемой «внутренней» вероятности появления ошибочных битов ( $P_e$ ) или определенной величине BER. BER - это отношение числа битов информации, принятых ошибочно, к общему числу битов, переданных в секунду. Взаимоотношение между  $P_e$  и  $E_b/N_0$  зависит от конкретных особенностей выбранного метода цифровой модуляции, поэтому операторы спутниковой связи обычно определяют (оговаривают) минимальный требуемый уровень отношения  $E_b/N_0$ . Значения, составляющие около 8-10 дБ, являются типичными для большинства телепрограмм DVB.

Учитывая изложенные выше особенности цифрового приема, перейдите к заключительному этапу расчетной части курсовой работы. Проведите расчет отношения  $E_b/N_0$  с использованием формулы (4.21) и ранее полученных значений  $C/N$  (таблица 10), скорости передачи информации  $R$ , которые даны в таблицах транспондеров (для Экспресс АМ 22 максимальная скорость потока - 44,95 Кбит/с) и полосы частот 54 МГц.

Для приведенного примера приведена таблица 12, показывающая зависимость отношения  $E_b/N_0$  для плохих и хороших условий приема в зависимости от типа применяемых антенн.

Таблица 12 - Зависимость отношения  $E_b/N_0$  для плохих и хороших условий приема в зависимости от типа применяемых антенн

Диаметр, м	0,6	0,7	0,8	0,9	1,00	1,2	1,4	1,65	1,8	2	2,5
Отношение $E_b/N_0$ в плохих условиях	2,0	3,4	4,7	5,7	6,7	8,3	9,7	11,2	12,0	12,9	14,9
Отношение $E_b/N_0$ в хороших условиях	4,0	5,5	6,7	7,8	8,8	10,5	11,9	13,3	14,1	15,1	17,1

Из приведенной выше таблицы делается вывод, что наиболее подходящими антеннами, с учетом потери 1-1,5 дБ в декодере, для приема спутника Экспресс АМ 22 в г.Беломорске являются антенны диаметром 1,2 - 1,4 м.

Сравнить полученные значения с рекомендациями по определению примерного диаметра антенн на основе ЭИИМ зон покрытия спутников. Сделать выводы, насколько близки расчеты к тем значениям, которые были получены с помощью программы «SAA».

#### 4.4 Выбор спутникового оборудования, описать его характеристик и определение стоимости всего спутникового комплекта

При выполнении четвертого этапа работы студент должен найти на официальных сайтах производителей или организаций, занимающихся реализацией спутникового оборудования спутниковую антенну необходимого диаметра, конвертер на необходимую рабочую частоту и поляризацию и ресивер с необходимыми качественными показателями. Рекомендации по их выбору представлены в Разделе 2.

Выбор оборудования обосновать, подкрепляя результатами работы по пунктам 4.1-4.3. Привести соответствующие скриншоты и технические характеристики каждого элемента системы спутникового приема.

На основании изучения рынка предлагаемой продукции подобрать устройства с минимальной розничной ценой, определить компании, предлагающие спутниковое оборудование по минимальной стоимости и рассчитать общую стоимость всего спутникового комплекта.

## 5 Рекомендации по выбору варианта выполнения работы

Вариант работы выбирается исходя из номера последних двух цифр студенческого билета (зачетной книжки) и номера текущего года.

Номер задания места установки спутникового оборудования выбирается из Таблицы А1 по следующей формуле:

**При четном годе:**

$YZ$  минус 64 умножить на  $K$ ,

где  $Y$  - предпоследняя цифра зачетной книжки;

$Z$  - последняя цифра зачетной книжки.

$K$  - 0 или 1.

Например, две последние цифры 98. Тогда номер варианта определяется как 98 минус 64 умножить на 1 = 34;

если 47, то как 47 минус 64 умножить на 0 = 47, т.к. отрицательного варианта быть не может.

**При нечетном годе:**

$ZY$  - т.е. две последних цифры читать справа налево в номере зачетной книжки, а далее номер задания вычисляется так, как сказано выше.

Номер задания с характеристикой препятствий выбирается из Таблицы А2 по такой же формуле, только

**При четном годе:**

использовать 2 последние цифры, как  $ZY$ ;

**При нечетном годе:**

использовать 2 последние цифры, как  $YZ$ ;

Значение эффективной площади использования антенны выбирается из Таблицы А3 и является одинаковым для всех в определенном году.



## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Карякин В.Л. Цифровое телевидение: учебное пособие для вузов, 2-е изд., переработанное и дополненное / В.Л. Карякин. – М: СОЛОН-ПРЕСС, 2012. – 448 с.
2. Жуковский А.Г. Спутниковые и радиорелейные системы передачи. Учебное пособие - Ростов-на-Дону: Северо-Кавказский филиал МТУСИ, 2012. - 270 с.
3. Основы инфокоммуникационных технологий. / В.В. Величко, Г.П. Катунин, В.П. Шувалов; под ред. проф. В.П. Шувалова. - М.: Горячая линия-Телеком, 2009. -712 с.
4. Спутниковое телевидение: справочник / Сост.: В.И. Назаров, В.И. Рыженко. М.: Оникс. - 2006. - 32 с.
5. Камнев В.Е., Черкасов В.В., Чечин Г.В. Спутниковые сети связи: Учеб. пособие. - М.: «Альпина Паблишер», 2004. - 536 с.
6. Мамчев Г.В. Основы радиосвязи и телевидения. Уч. пос. для вузов. М.: «Горячая линия-Телеком», 2007. 148 с. ISBN 5-93517-267-4.
7. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов /В.В.Крухмалёв, В.Н.Гордиенко, А.Д.Мочёнов и др.; Под ред. В.Н.Гордиенко, В.В.Крухмалёва. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 510 с.: ил.
8. Мамчев Г.В. Основы цифрового телевидения/ - Новосибирск: СибГУТИ, 2003. - 248 с.
9. Стивенсон Д. Спутниковое ТВ. Практическое руководство: пер. с английского. М.: ДМК-Пресс, 2001. - 496 с.
10. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Многоканальные телекоммуникационные системы. - М.: Горячая линия-Телеком 2007.
11. Андрианов В. И., Соколов А. В. Сотовые, пейджинговые и спутниковые средства связи. — СПб.:БХВ-Петербург; Арлит. 2001. — 400 с.
12. Эфирное цифровое телевидение DVB-T/H: Александр Серов — Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2010 г.- 464 с.
13. Жуковский А.Г., Манин А.А. Руководство по подготовке курсовых работ (проектов) и выпускных квалификационных работ. Учебно-методическое пособие. – Ростов-на-Дону: СКФ МТУСИ, 2019. – 69 с.

### Варианты выполнения индивидуальных заданий

Таблица А1 - Перечень населенных пунктов Российской Федерации.

№ вар.	Населённый пункт
1	Россия, Калининградская область, Черняховск
2	Россия, Мурманская область, Мончегорск
3	Россия, Архангельская область, Мезень
4	Россия, Мурманская область, Кандалакша
5	Россия, республика Карелия, поселок Муезерский
6	Россия, Псковская область, Дно
7	Россия, Псковская область, Великие Луки
8	Россия, Ленинградская область, Выборг
9	Россия, Вологодская область, поселок Вожега
10	Россия, Костромская область, Мантурово
11	Россия, Вологодская область, Великоустюгский район, Великий Устюг
12	Россия, Кировская область, Уржум
13	Россия, Новгородская область, Маловишерский район, Малая Вишера
14	Россия, Тверская область, Бологое
15	Россия, Московская область, Талдом
16	Россия, Московская область, Шатура
17	Россия, Ярославская область, Пошехонье
18	Россия, Владимирская область, Суздаль
19	Россия, Ивановская область, Кинешма
20	Россия, Нижегородская область, Ветлуга
21	Россия, Смоленская область, Вязьма
22	Россия, Калужская область, Обнинск
23	Россия, Тульская область, Ефремов
24	Россия, Рязанская область, Рязск
25	Россия, республика Мордовия, Zubovo-Полянский район, Потьма
26	Россия, Сахалинская область, Южно-Сахалинск
27	Россия, Камчатский край, Елизово
28	Россия, Республика Саха (Якутия), Якутск
29	Россия, Магаданская область, поселок Ягодное
30	Россия, Приморский край, город Арсеньев
31	Россия, Еврейская автономная область, Биробиджан
32	Россия, Амурская область, Благовещенск
33	Россия, Хабаровский край, Комсомольск-на-Амуре

34	Россия, Забайкальский край, Чита
35	Россия, Республика Тыва, Кызыл
36	Россия, Кемеровская область, Кемерово
37	Россия, Тюменская область, Ишимский район, город Ишим
38	Россия, Омская область, поселок Черлак
39	Россия, Алтайский край, город Рубцовск
40	Россия, Томская область, Колпашево
41	Россия, Новосибирская область, Куйбышев
42	Россия, Иркутская область, Братский район, Братск
43	Россия, Республика Бурятия, город Улан-Удэ
44	Россия, Красноярский край, Лесосибирск
45	Россия, Тюменская область, Тобольский район, город Тобольск
46	Россия, Курганская область, Катайский район, город Катайск
47	Россия, Оренбургская область, Орск
48	Россия, Челябинская область, Копейск
49	Россия, республика Татарстан, Бугульма
50	Россия, республика Башкортостан, Уфа
51	Россия, республика Удмуртская, Глазов
52	Россия, Свердловская область, Серов
53	Россия, Краснодарский край, поселок Каневская
54	Россия, Ростовская область, станица Тагинская
55	Россия, Волгоградская область, Михайловка
56	Россия, Воронежская область, Борисоглебск
57	Россия, Астраханская область, Ахтубинск
58	Россия, Ставропольский край, Георгиевск
59	Россия, республика Дагестан, Дербент
60	Россия, республика Чеченская, Урус-Мартан
61	Россия, республика Ингушская, Сунженский район, пос. Карабулак
62	Россия, республика Северная Осетия-Алания, Алагир
62	Россия, республика Карачаево-Черкесская, Урупский район, пос. Медногорский
64	Россия, республика Кабардино-Балкарская, Эльбрусский район, Тырныауз

Таблица А2 - Ограничения по обзору спутников

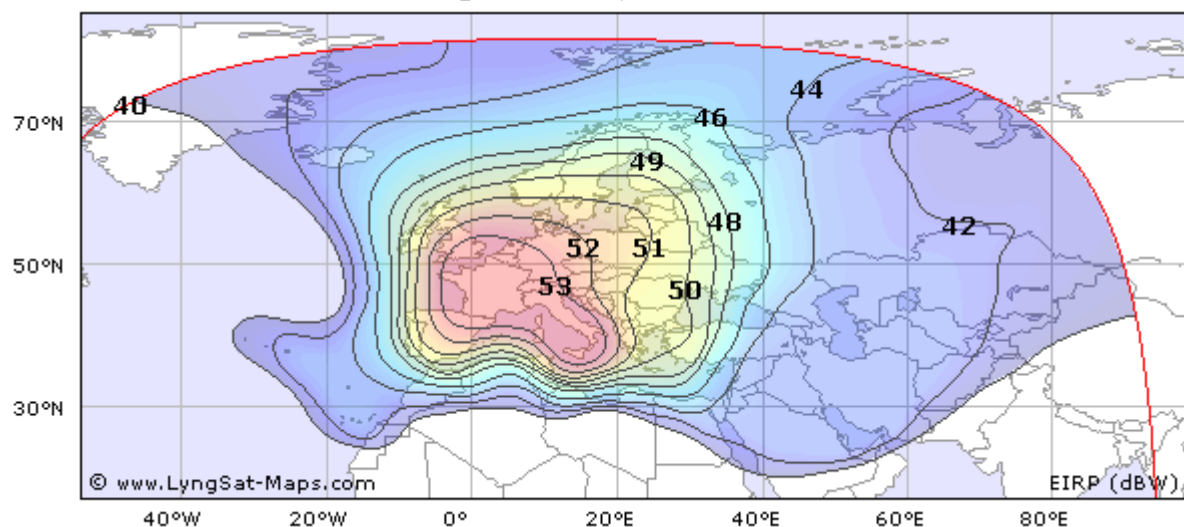
№ вар	расстояние до препятствия, м	высота препятствия, м	Сектор закрытия по азимуту, град
1	50	30	114-143
2	75	30	200-246
3	100	40	210-250
4	125	50	180-235
5	150	70	214-230
6	200	50	135-157
7	250	70	164-200
8	300	70	100-190
9	250	60	190-270
10	200	50	195-224
11	175	40	152-168
12	150	30	92-180
13	125	30	120-140
14	100	30	137-154
15	75	20	174-221
16	50	20	221-240
17	75	40	185-215
18	100	30	125-138
19	125	50	143-164
20	150	40	167-196
21	175	40	184-210
22	200	60	200-220
23	225	75	222-250
24	250	50	238-270
25	275	45	100-137
26	250	30	160-200
27	225	40	95-180
28	200	60	215-270
29	175	30	195-230
30	150	20	101-130
31	125	20	225-260
32	100	15	160-205
33	75	30	114-143
34	50	30	200-246
35	75	40	210-250
36	100	50	180-235
37	125	70	214-230
38	150	50	135-157

39	175	70	164-200
40	200	70	100-190
41	175	60	190-270
42	150	50	195-224
43	125	40	152-168
44	100	30	92-180
45	75	30	120-140
46	50	30	137-154
47	75	20	174-221
48	100	20	221-240
49	125	40	185-215
50	150	30	125-138
51	175	50	143-164
52	200	40	167-196
53	175	40	184-210
54	150	60	200-220
55	125	75	222-250
56	100	50	238-270
57	75	45	100-137
58	50	30	160-200
59	75	40	95-180
60	100	60	215-270
61	125	30	195-230
62	150	20	101-130
62	175	20	225-260
64	200	15	160-205

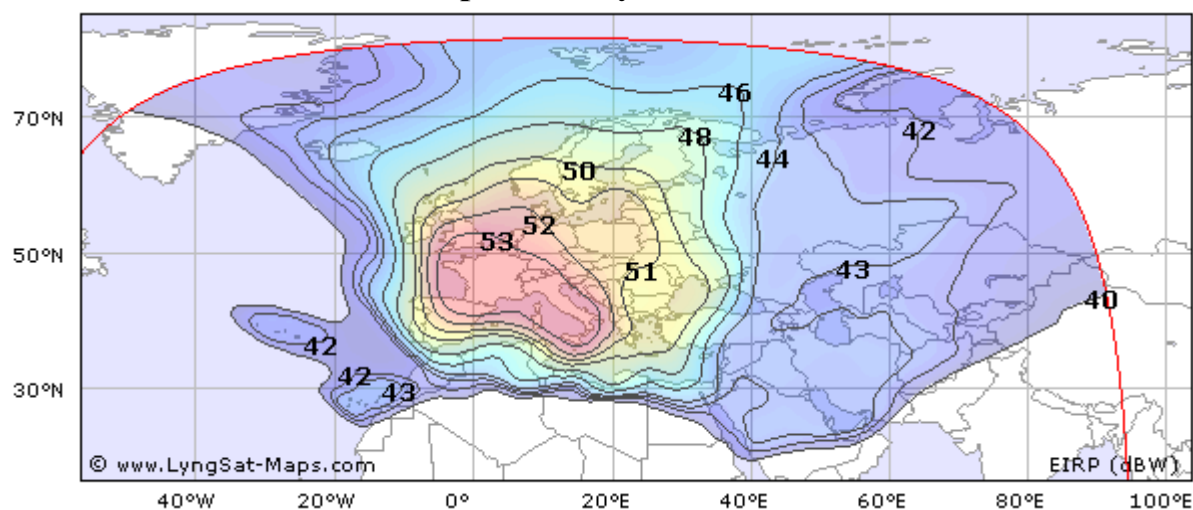
Таблица А.3 - Значения эффективной площади антенны

Год выполнения работы	Эффективная площадь антенны, %
2013	60
2014	65
2015	70
2016	75
2017	80
2018	85
2019	60
2020	65
2022	70
2023	75

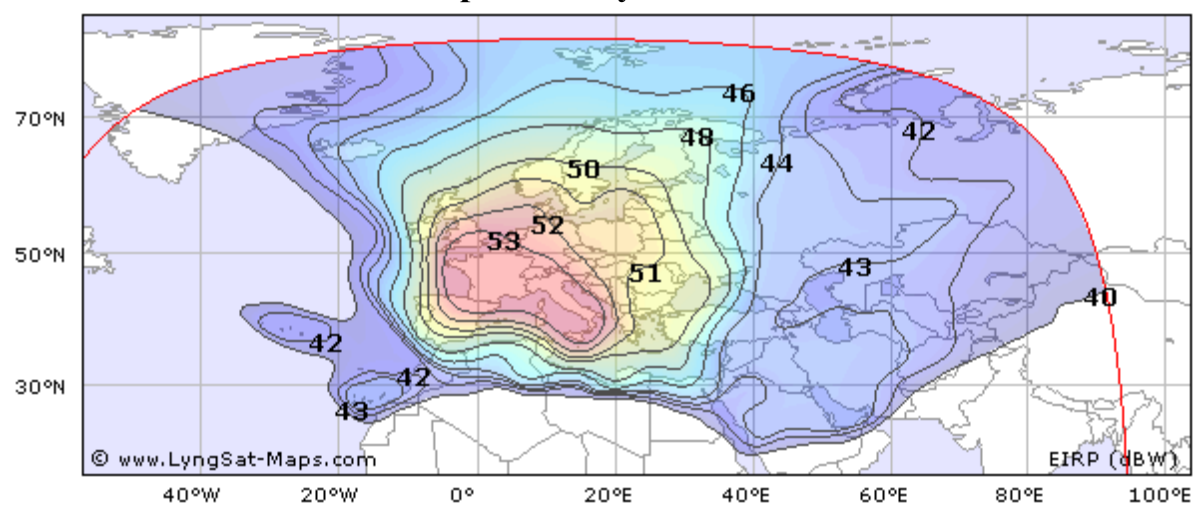
# ЗОНЫ ПОКРЫТИЯ СПУТНИКОВ Зона покрытия спутника Hot Bird 6



## Зона покрытия спутника Hot Bird 8



## Зона покрытия спутника Hot Bird 9

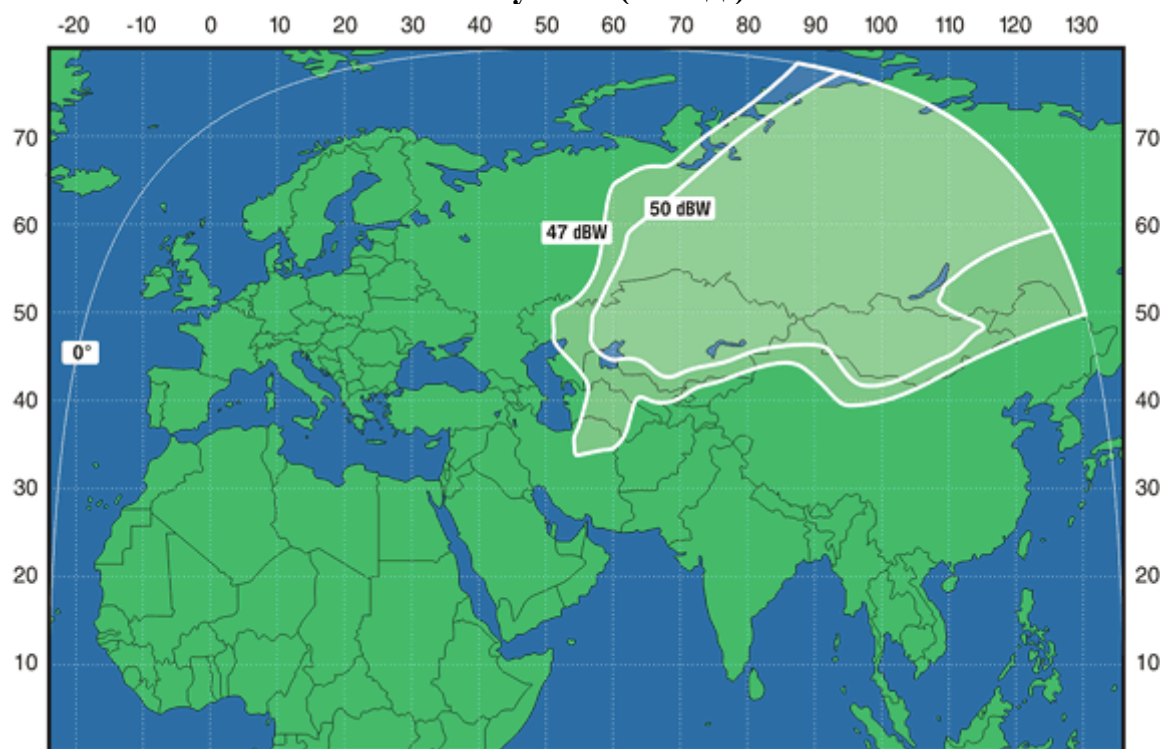


Зона охвата спутника Eutelsat (W4 W7) 36.0°E

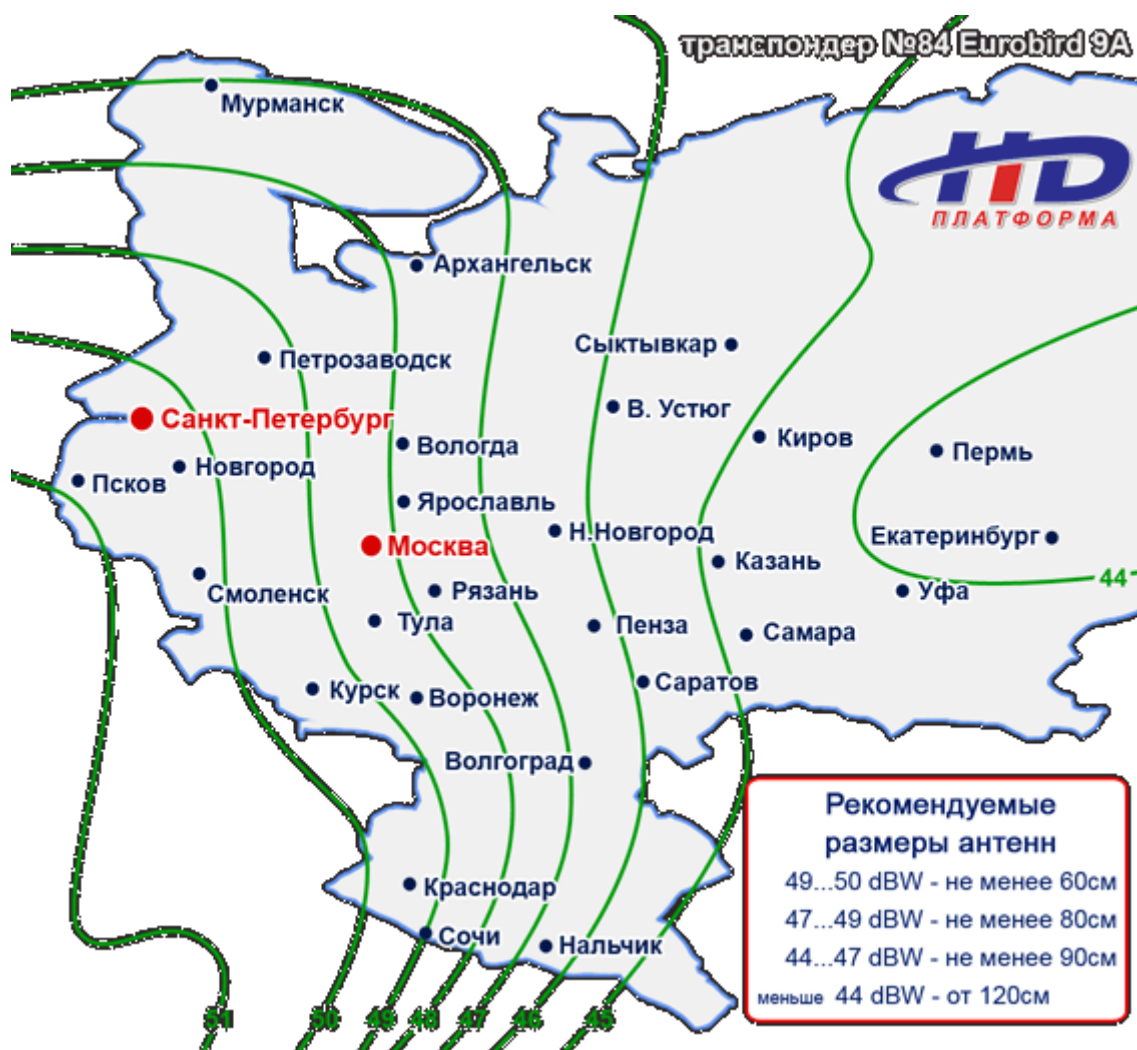
**Eutelsat 36A (W4), 36E, российский луч**



**"Бонум-1" (56 в.д.)**

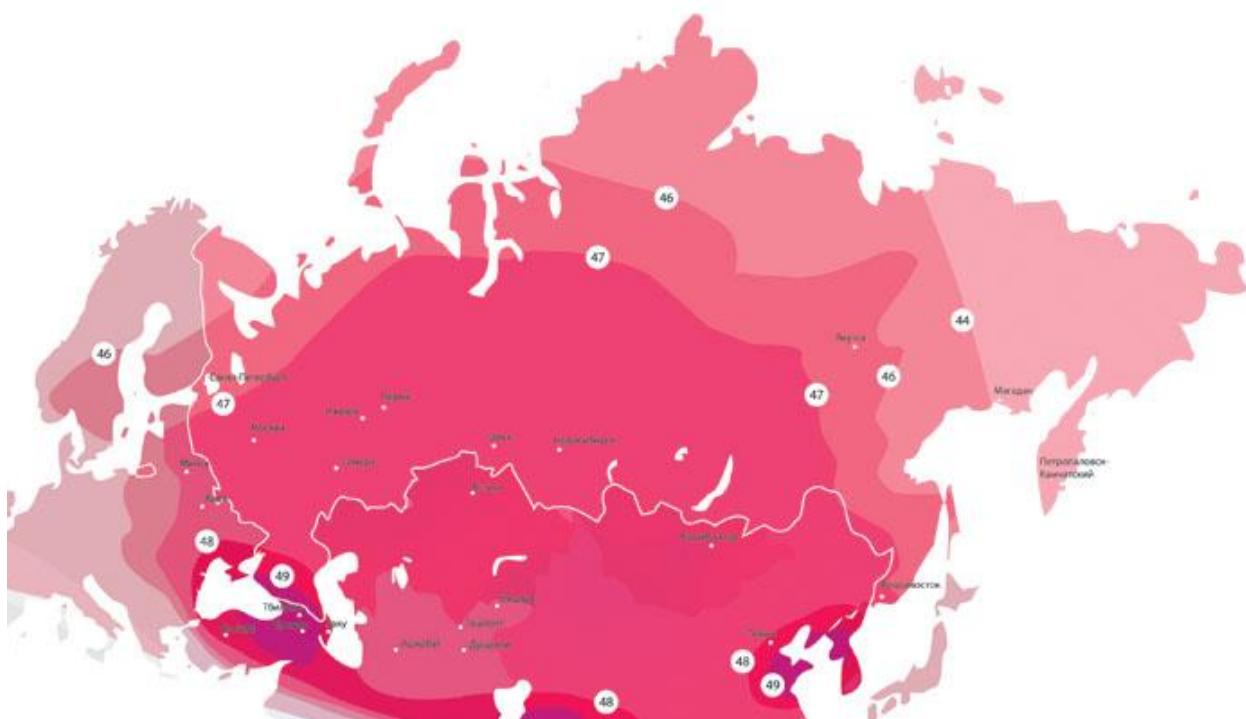


## Зона покрытия спутника Eutelsat-9A 9E





## Зона покрытия спутника ABS1 / LMI 75.0°E Радуга ТВ

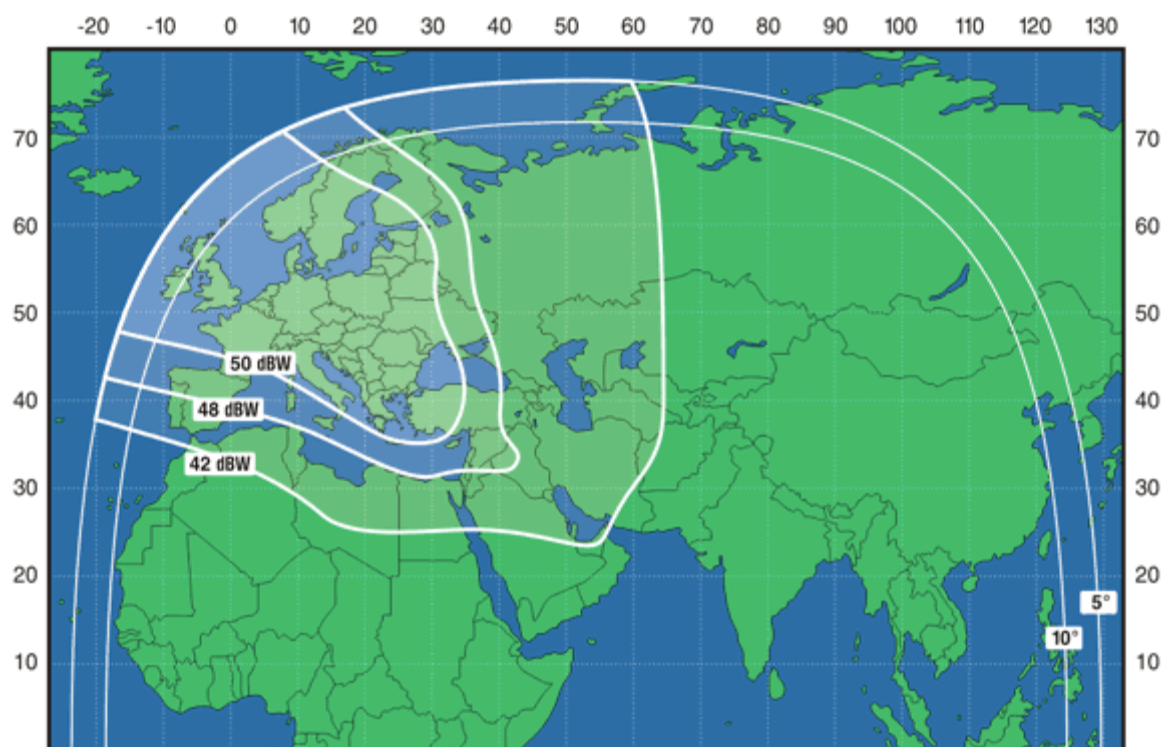
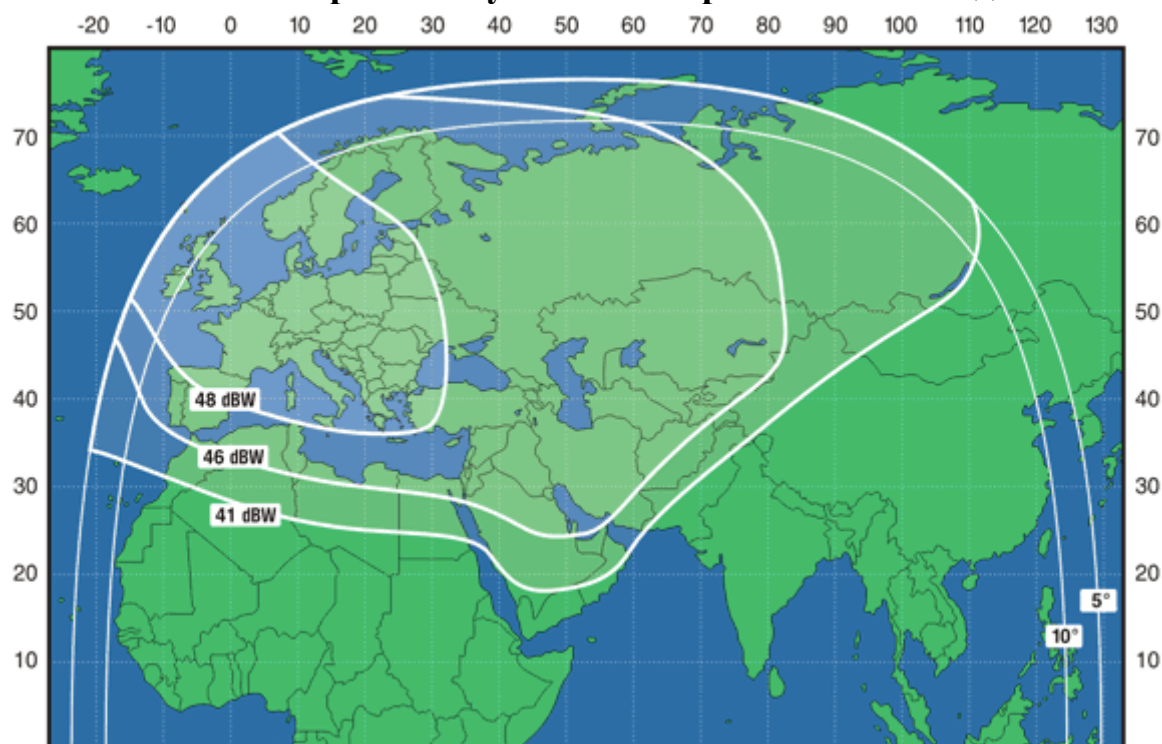


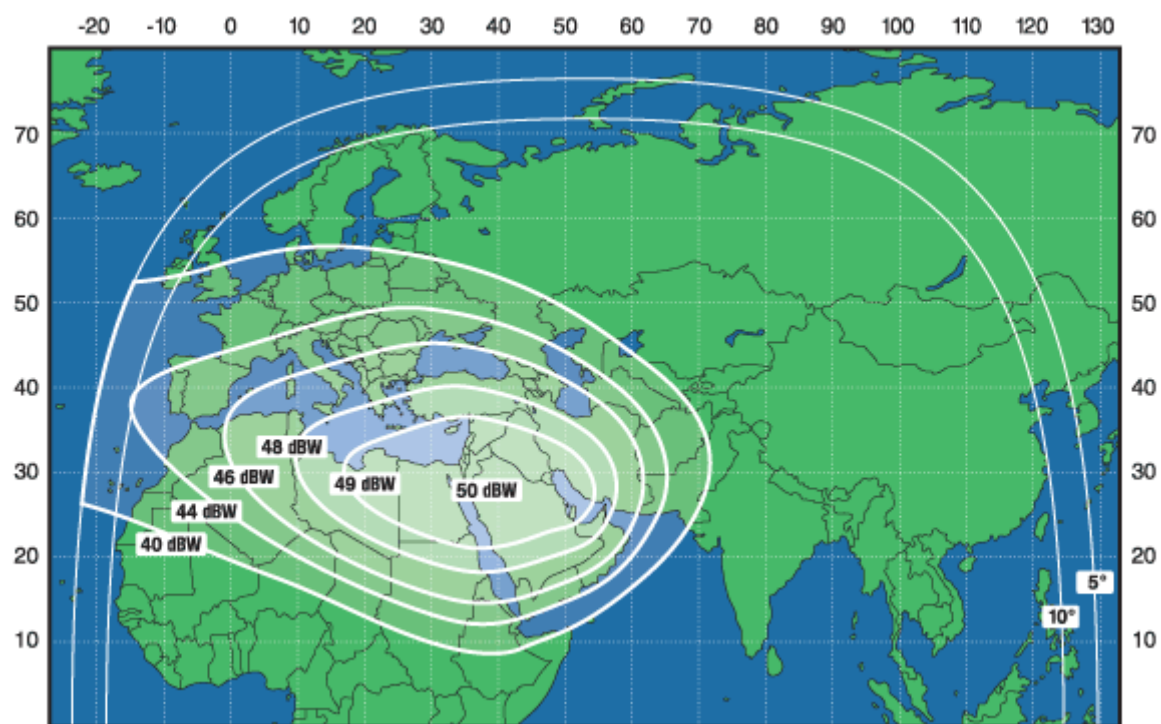
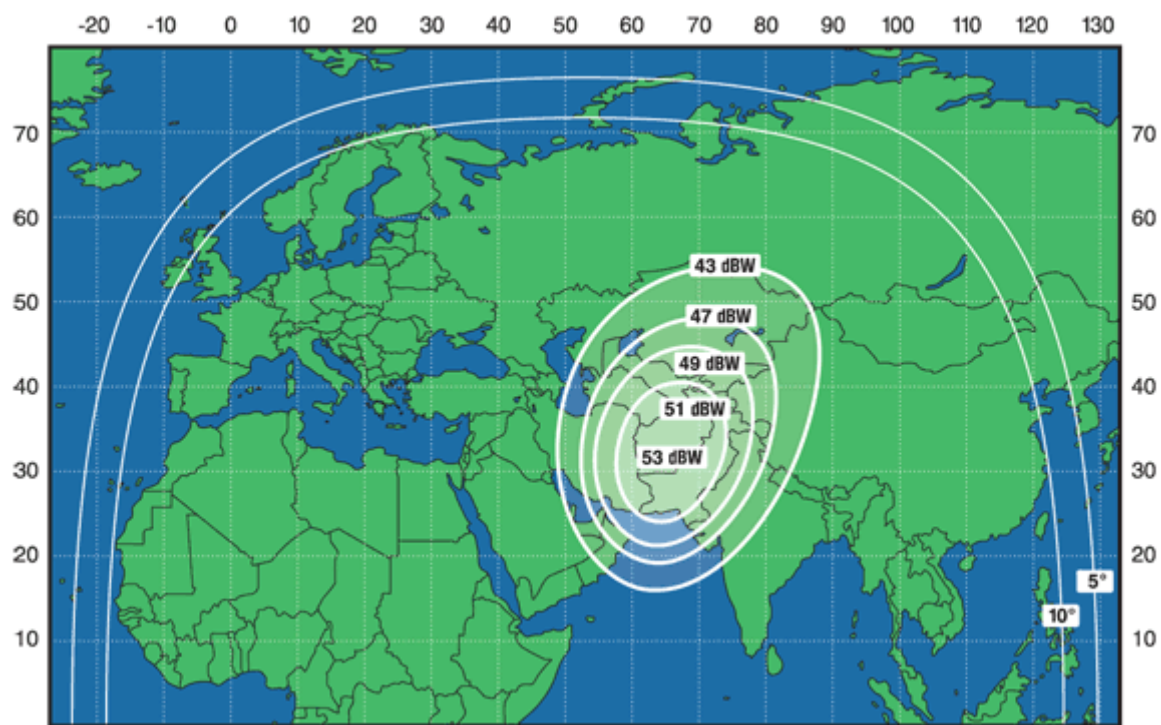
## Карта покрытия спутника Astra 4A (Sirius 4) 4.8° в.д.

### Европейский Луч



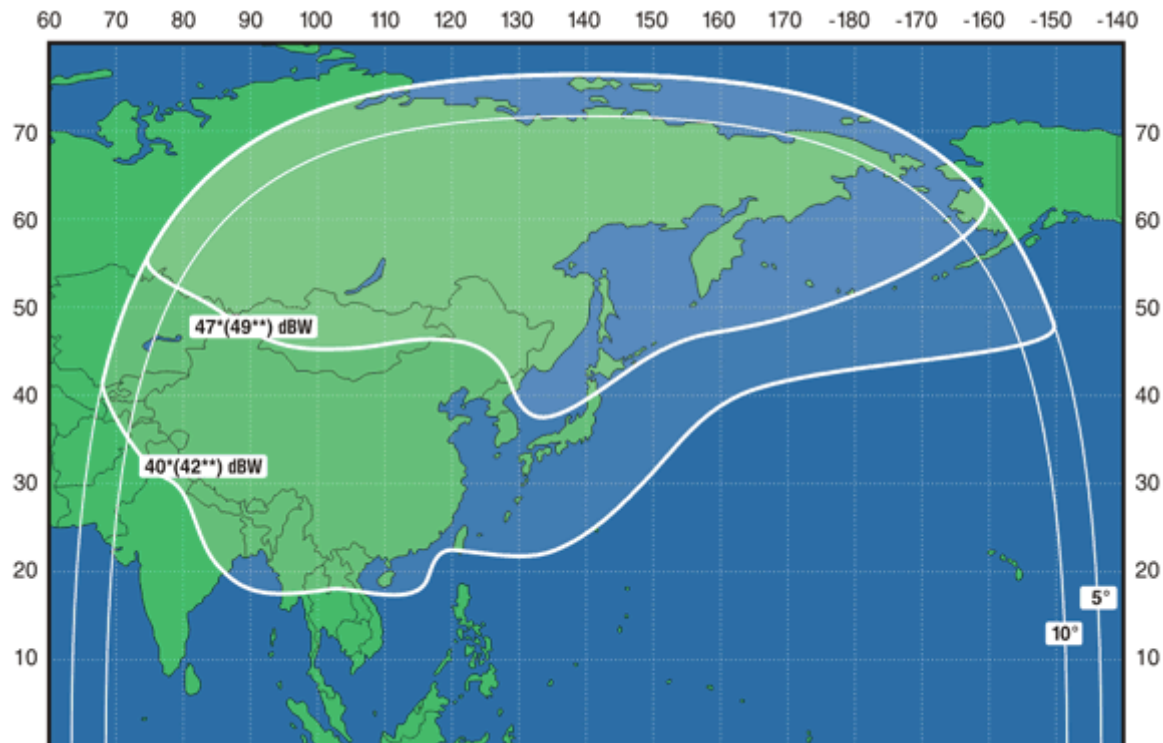
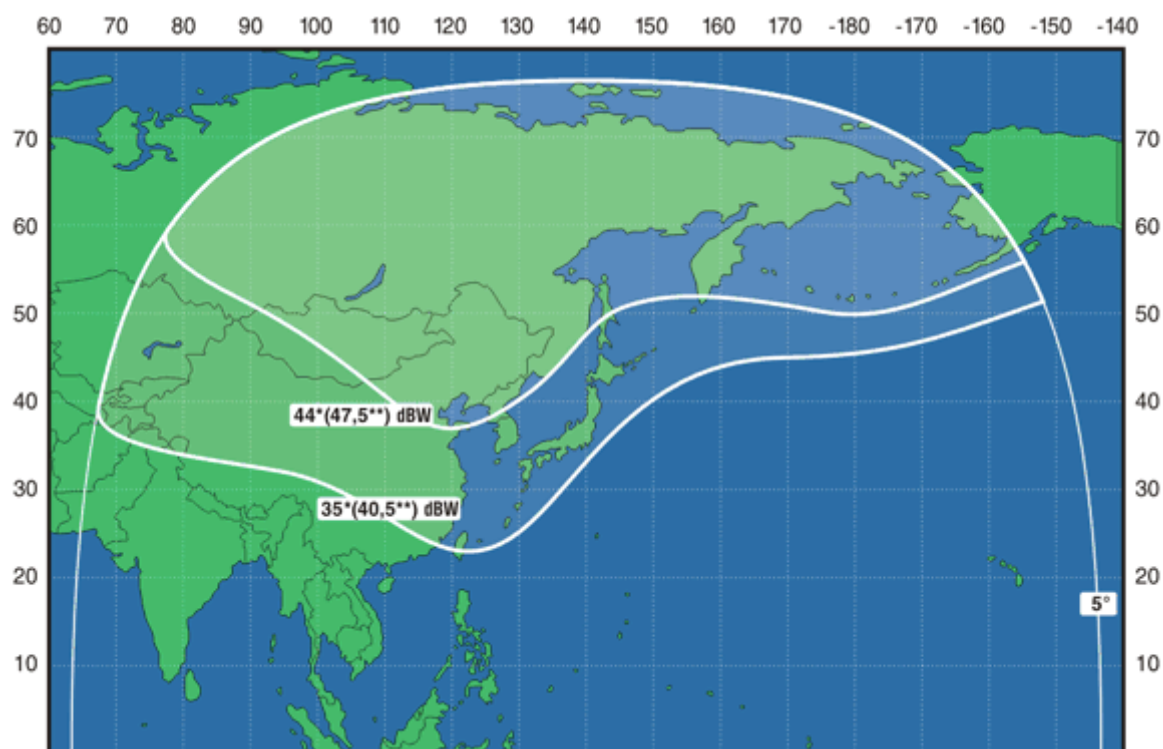
## Зоны покрытия спутника Экспресс АМ 22 53 в.д.



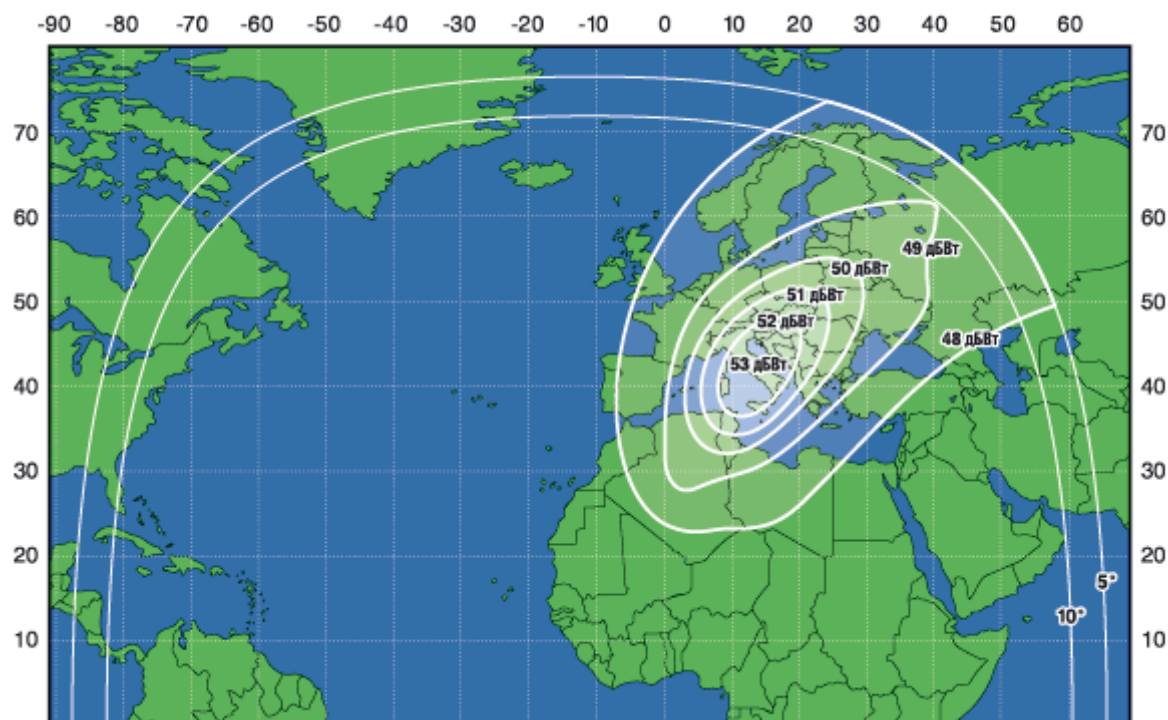




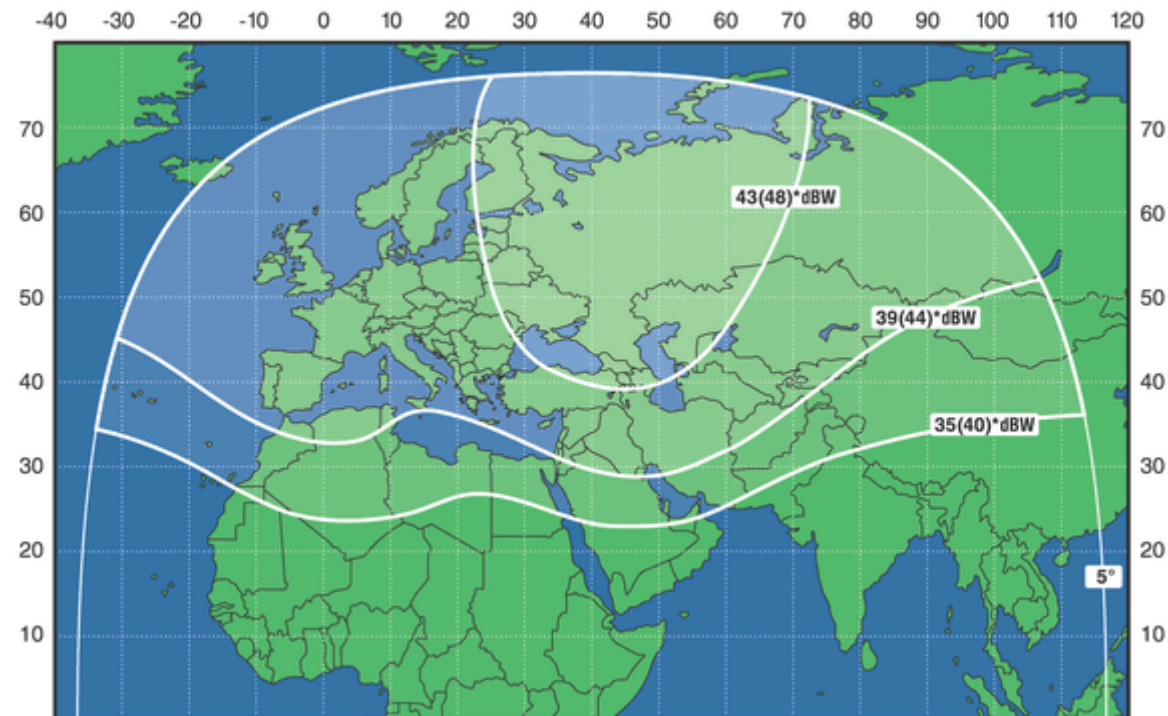
## "Экспресс-АМЗ" (140 в.д.)



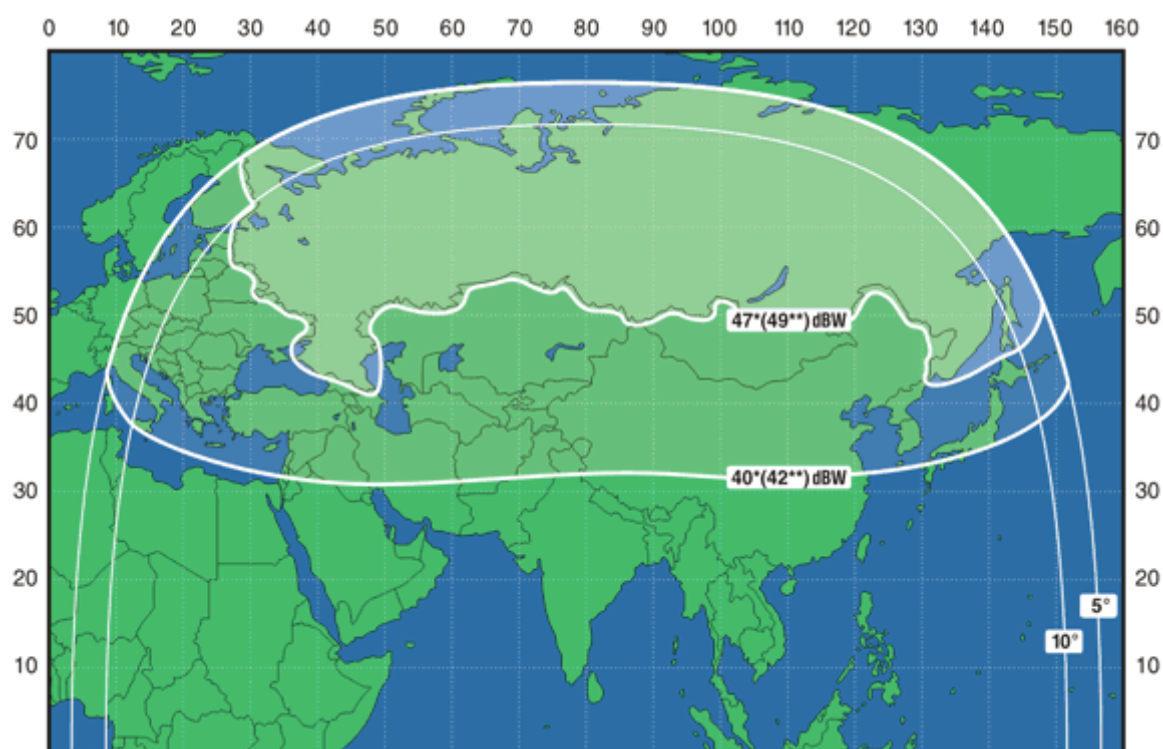
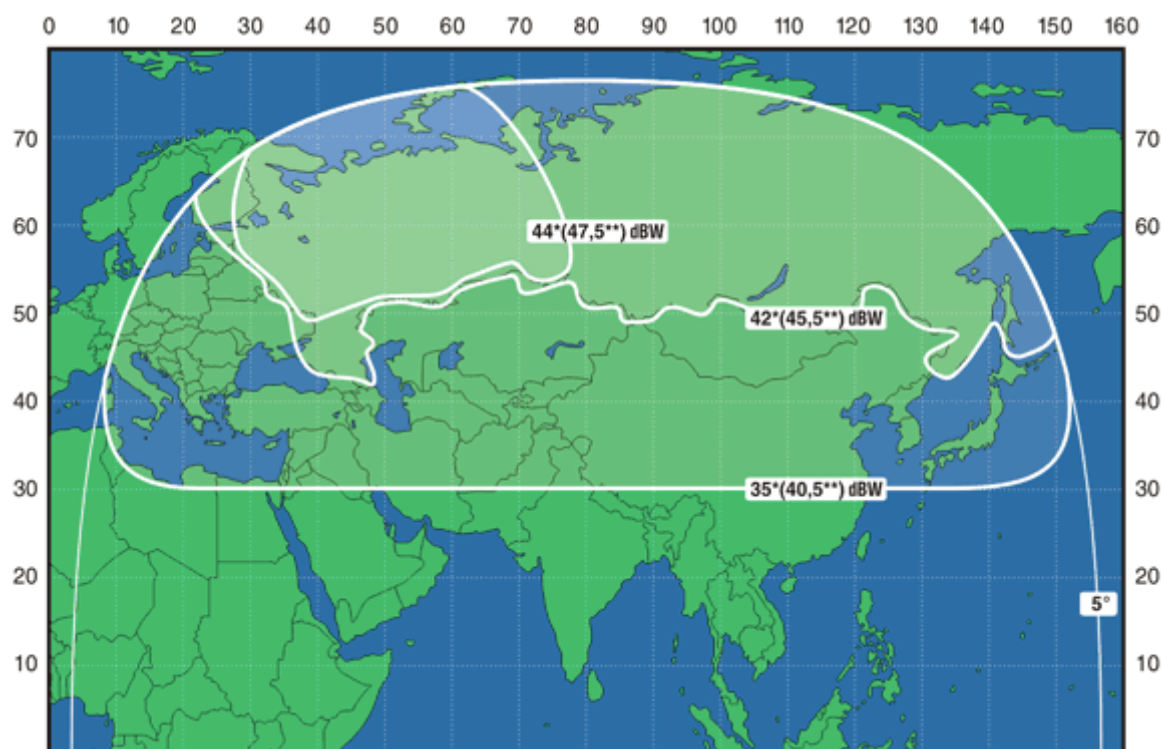
### Экспресс-АМ44" (11 з.д.)



### "Экспресс-АМ1" (40 в.д.)

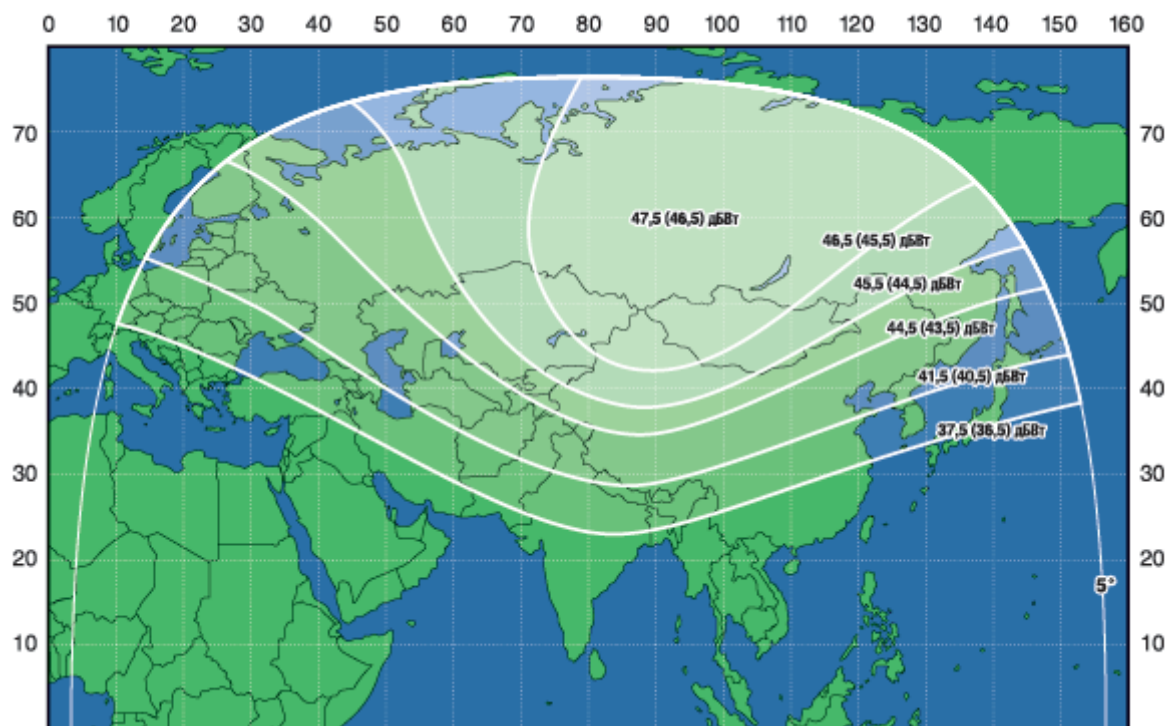


## "Экспресс-АМ2" (80 в.д.)

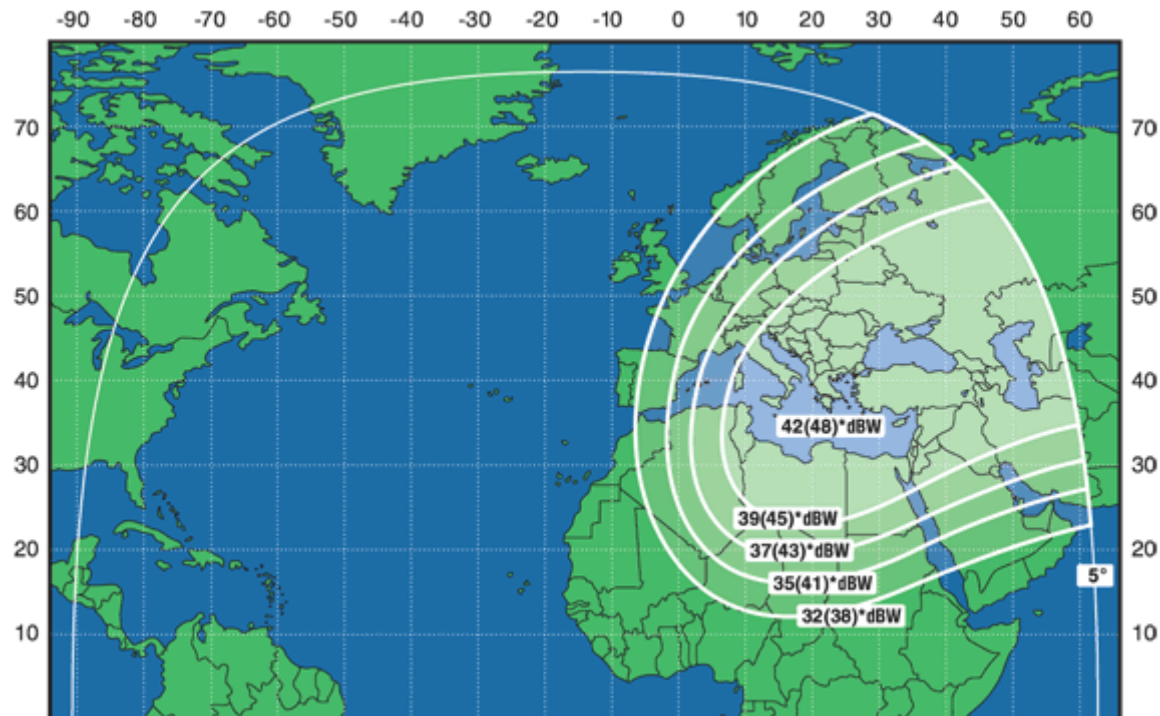


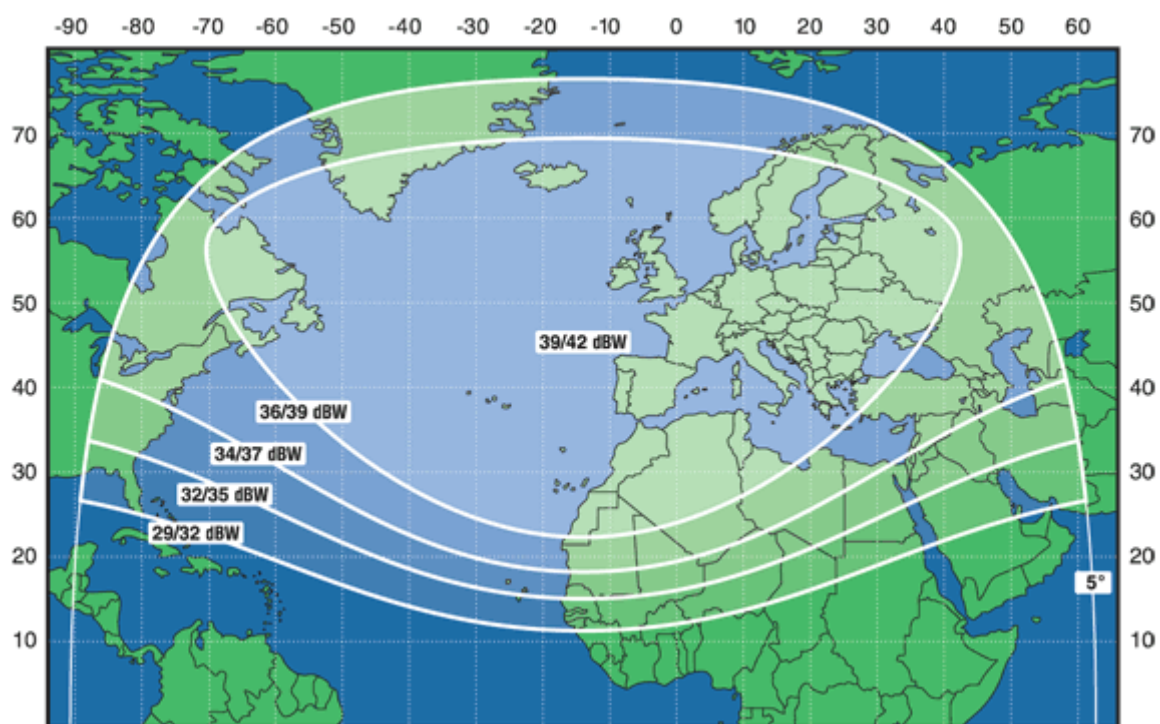


## "Экспресс-МД1" (80 в.д.)

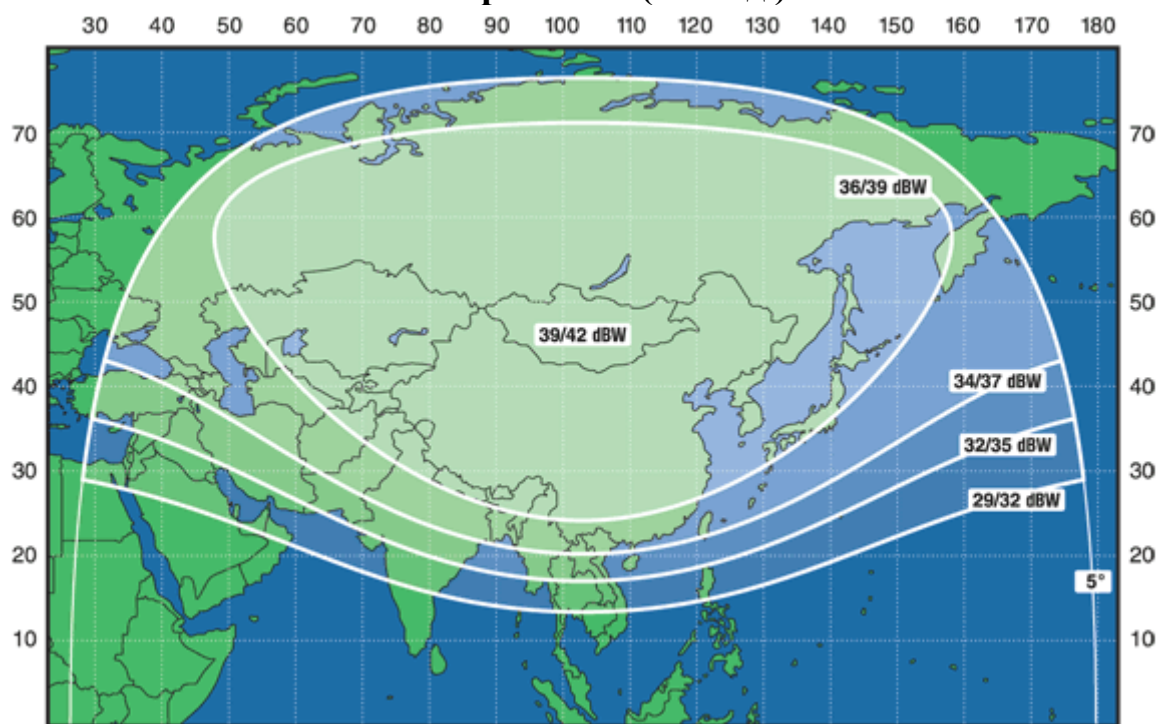


## "Экспресс-А4" (14 з.д.)

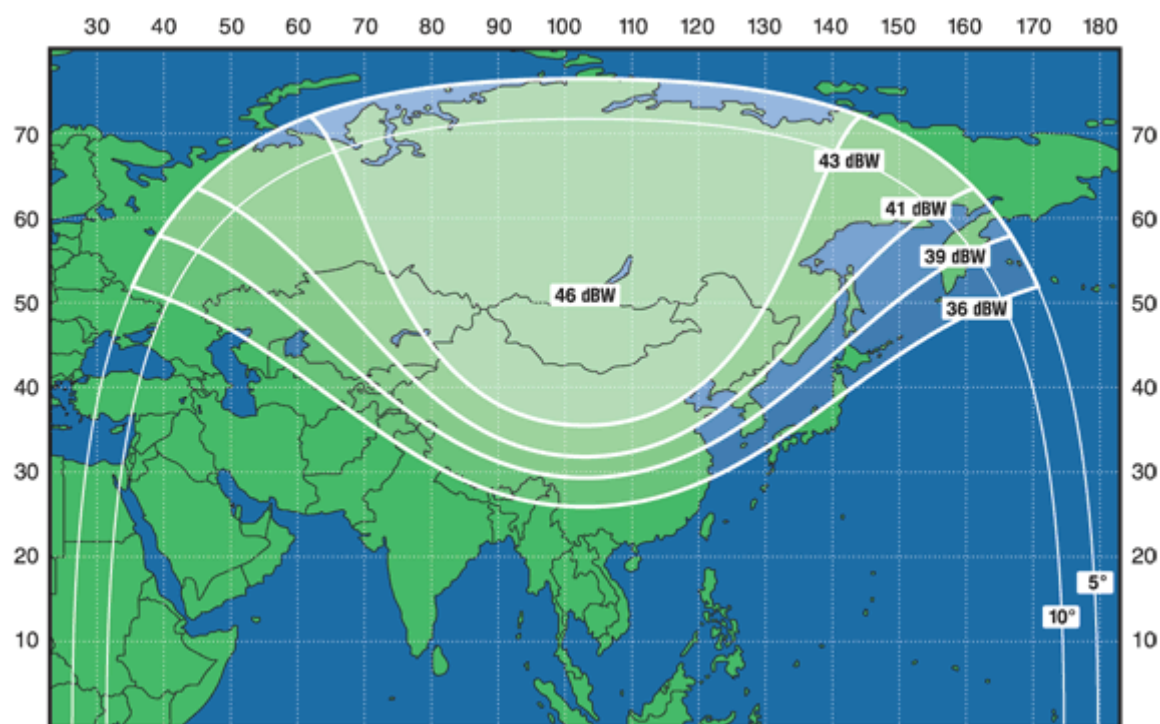




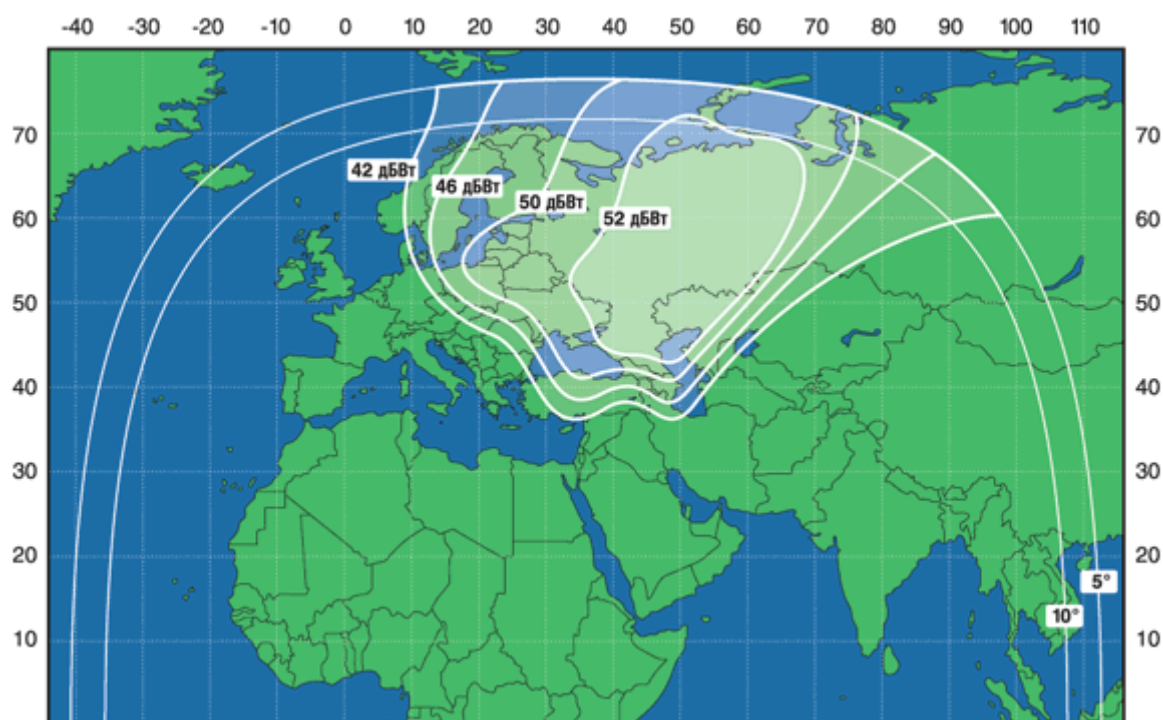
### "Экспресс-A2" (103 в.д.)



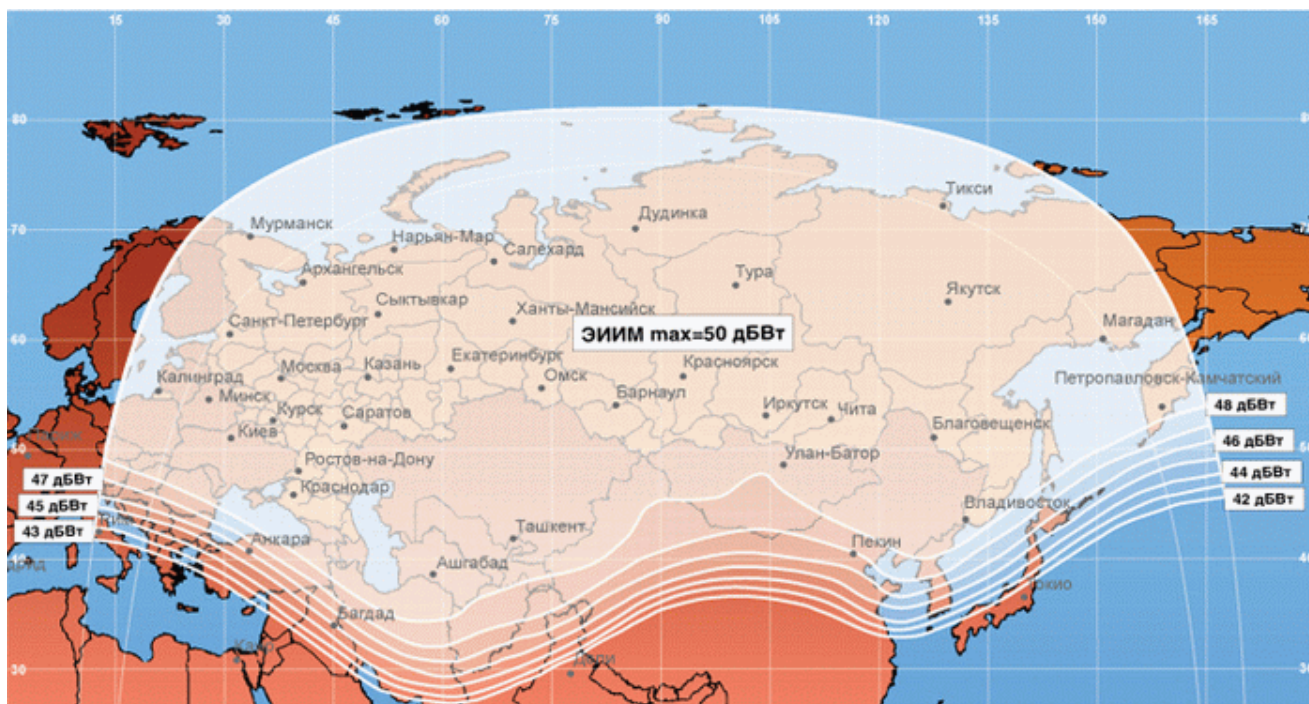




"W4" (36 В.Д.)



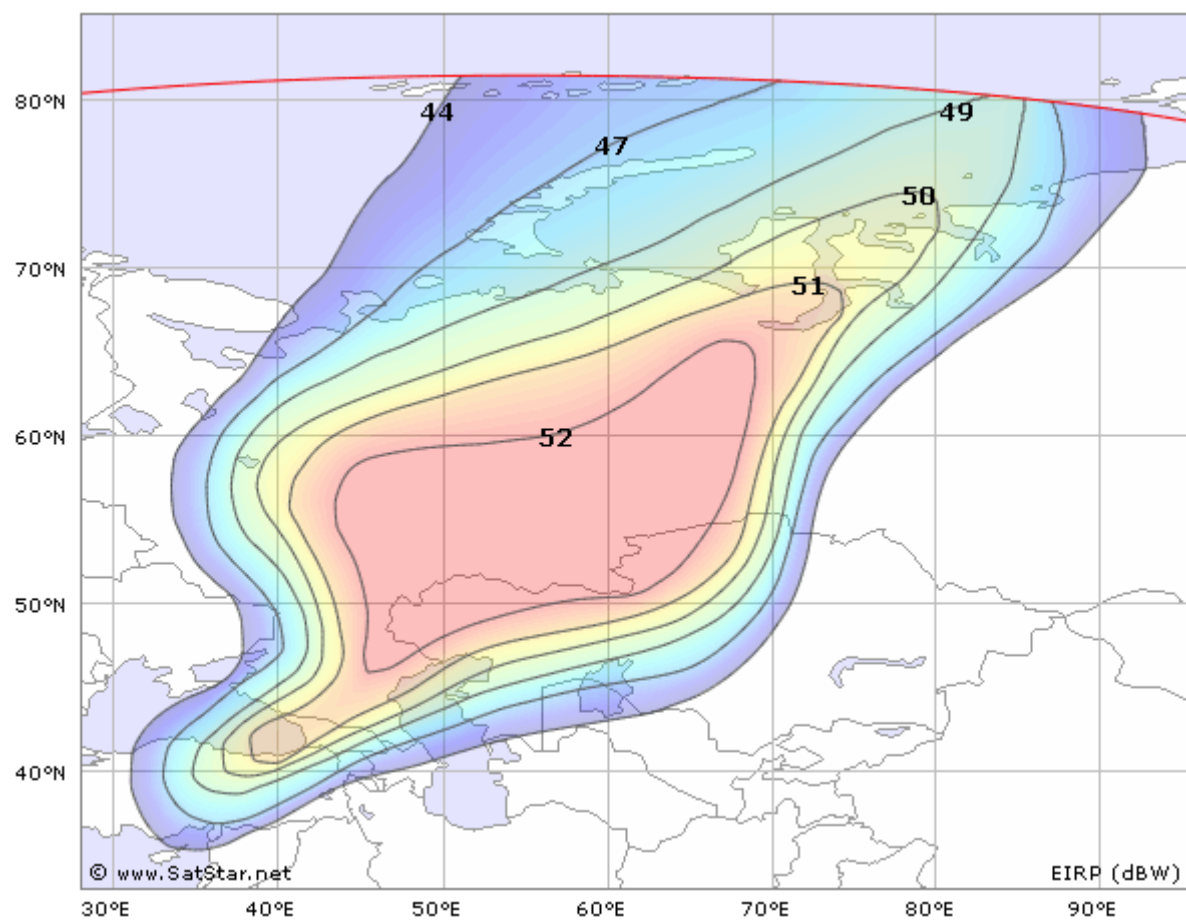
## Зона покрытия спутника Зона покрытия спутника Ямал 201 90E



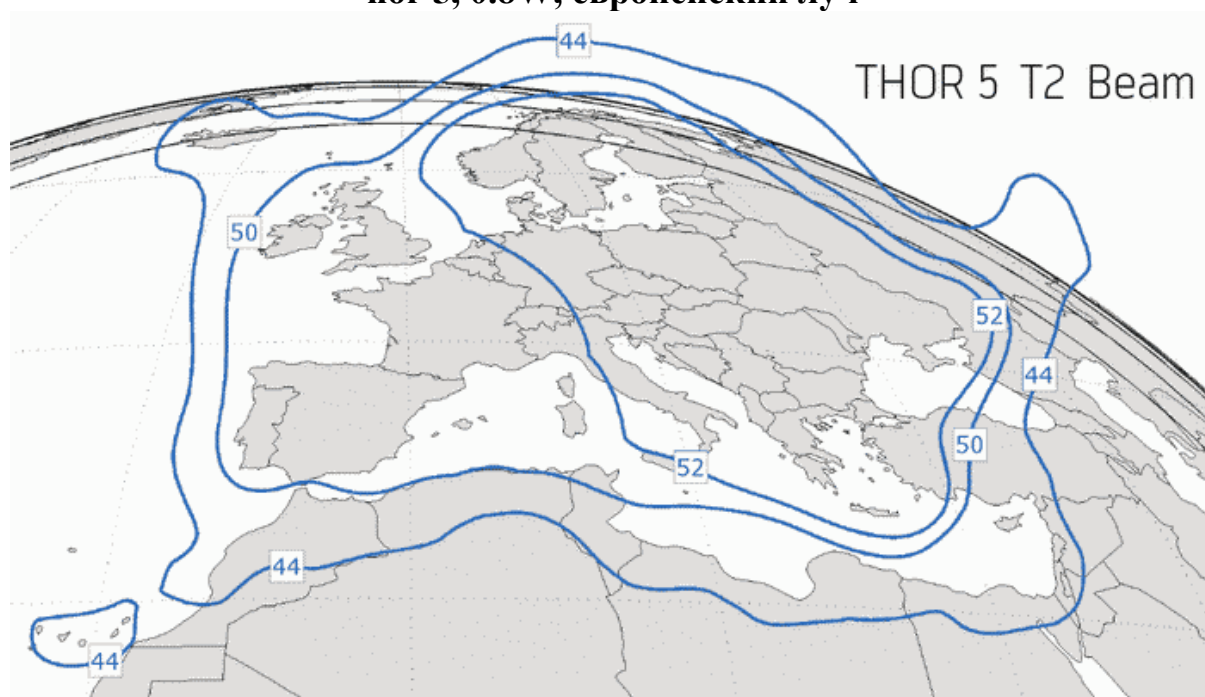
## Зона покрытия спутника Intelsat-904 60E Ku-band, московский луч



## Зона покрытия спутника Astra-1F 55E

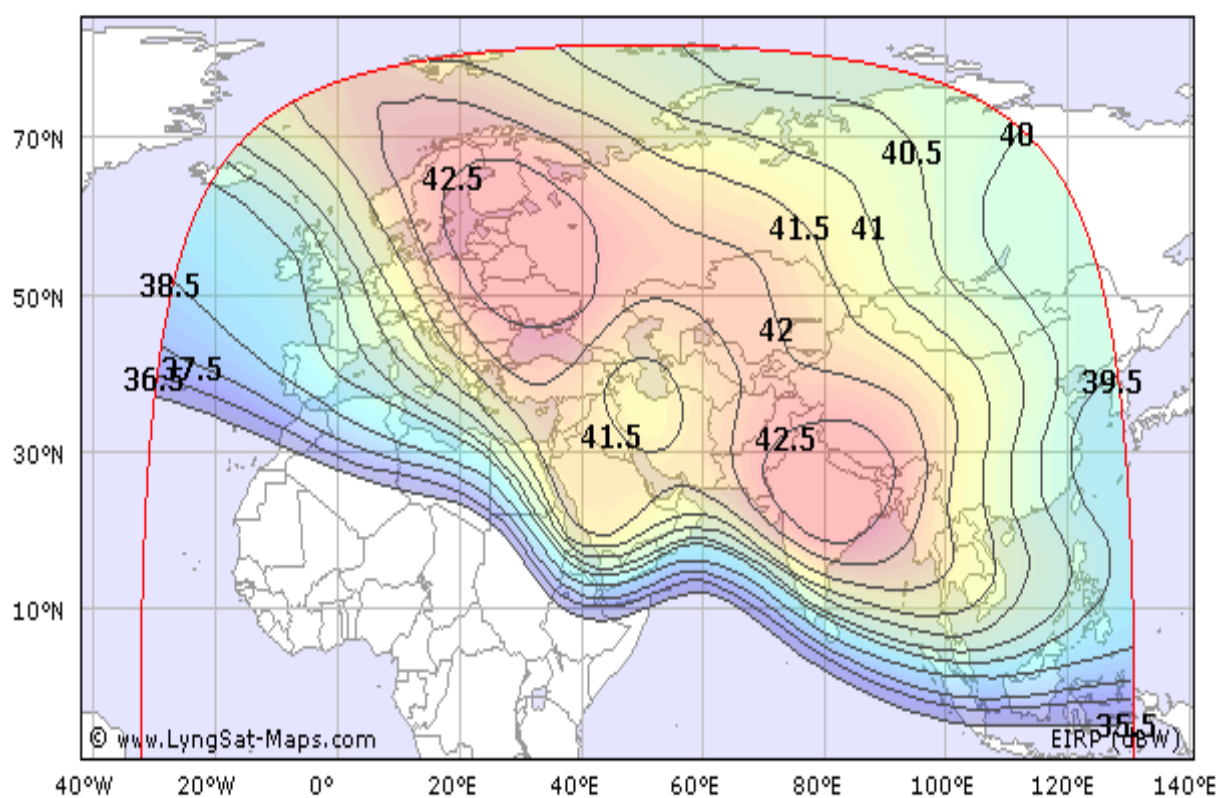


## hor 5, 0.8W, европейский луч

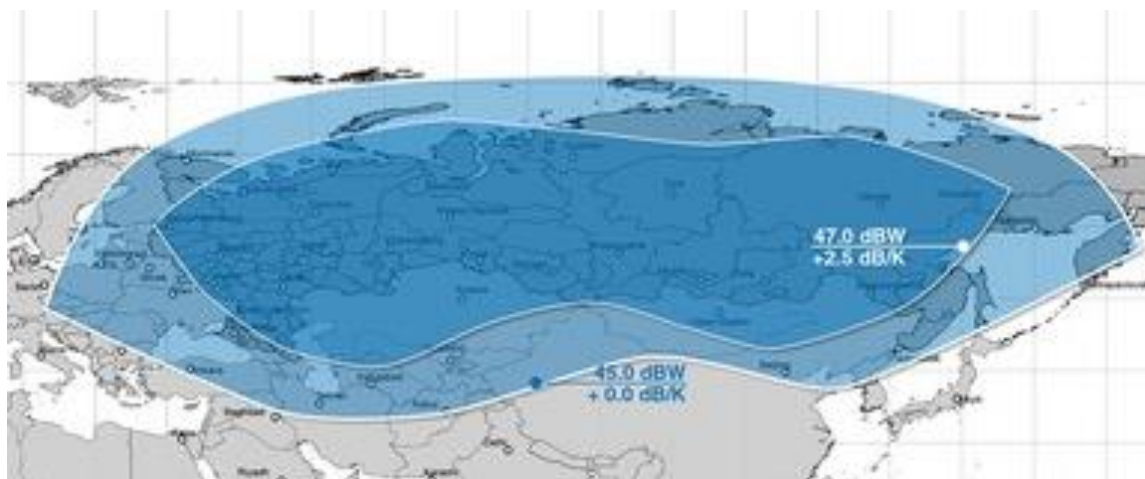




### Карта зоны покрытия Спутник Ямал-202, 49° восточной долготы, С-диапазон

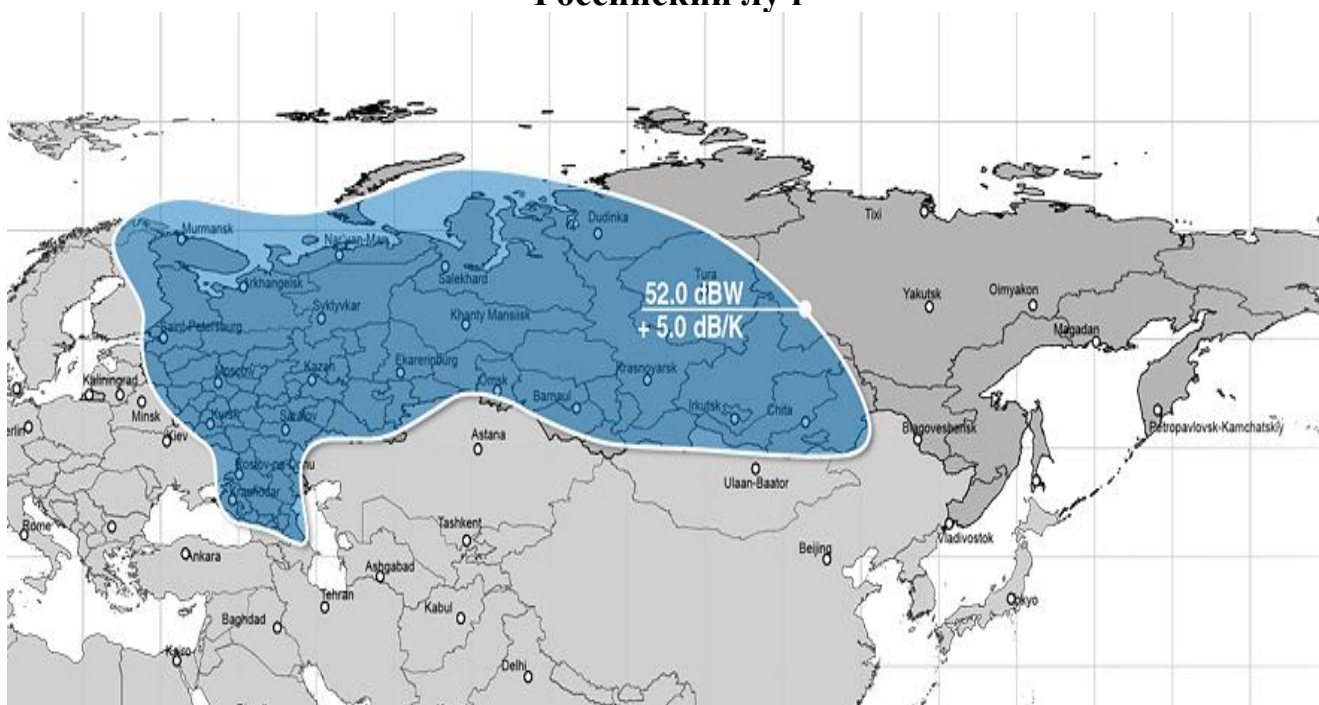


### Зона покрытия спутника Ямал 300K, 90°в.д.



## Зона покрытия спутника Ямал - 402, 55°в.д.

### Российский луч



### Северный луч

