

Моделирование КВ радиосети Арктического региона

Студент гр. *ФРБ – 902 – О – 01*

Шад Сергей Викторович

инженер ИРФЭ

Артюшин Георгий Олегович

Цель работы: исследовать модель радиосети КВ диапазона, расположенной в Арктике.

Задачи, требуемые выполнить:

- 1) Определить используемые подходы к построению КВ радиосетей арктического региона с учетом имеющихся особенностей распространения радиоволн.
- 2) Изучение программного обеспечения для расчёта радиотрасс, построение моделей радиосети и расчёта оптимальных путей передачи информации.
- 3) Произвести моделирование КВ радиосети, определить оптимальные пути для более быстрой передачи информации, определить скорость изменения оптимальных путей в течении суток.

Физические представления о распространении КВ-радиоволн в арктическом регионе

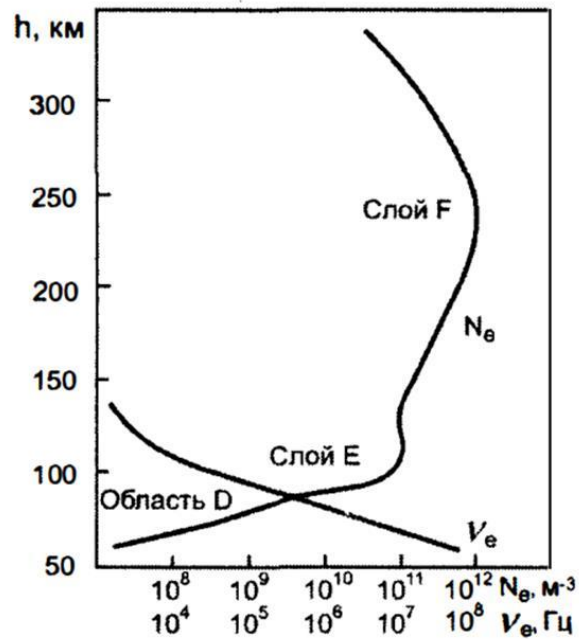


Рисунок 1. Типичное высотное распределение электронной концентрации для дневного условия

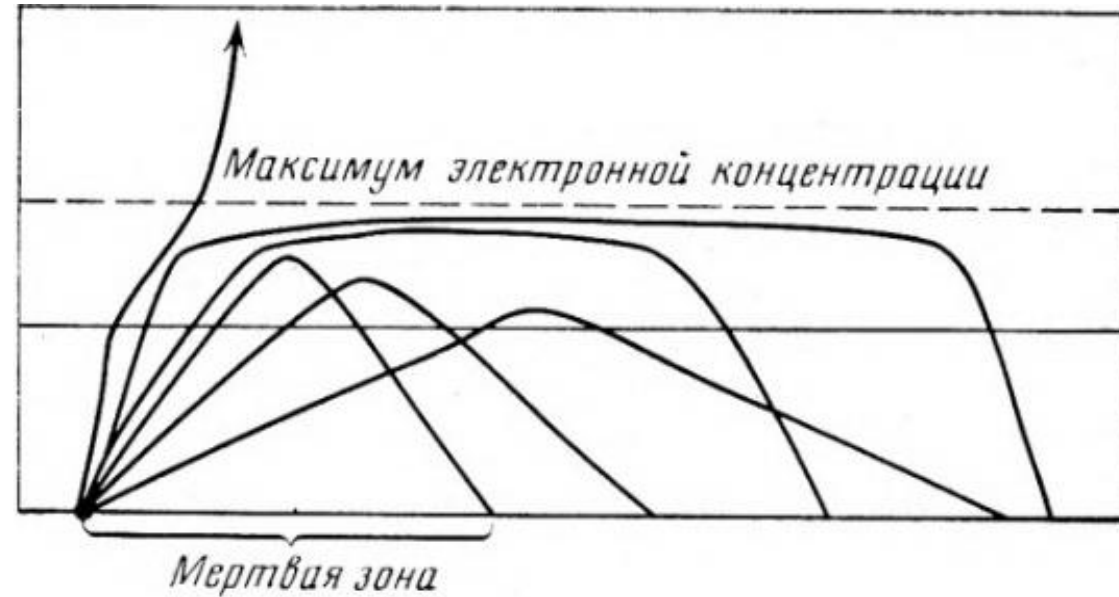


Рисунок 2. Лучевая траектория на фиксированной частоте при различных углах возвышения.

Исходные данные вычислительного эксперимента

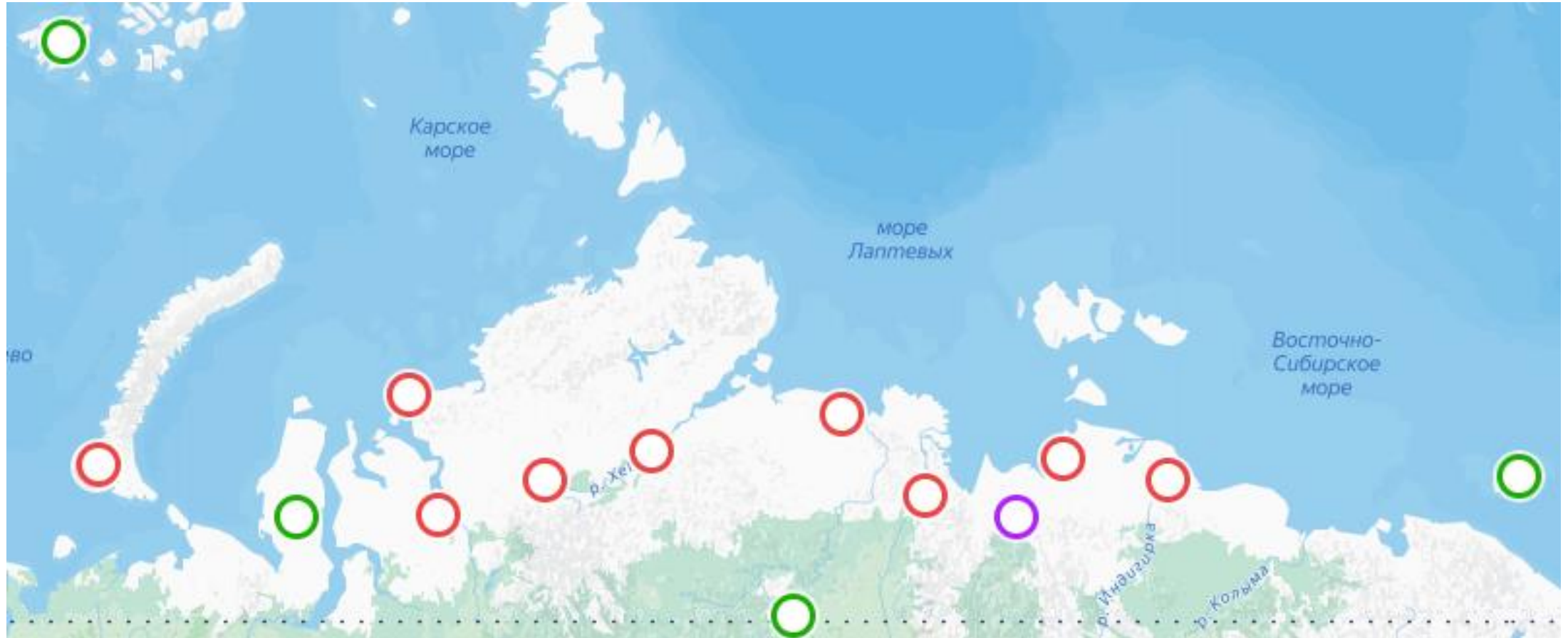


Рисунок 3. Перечень географических пунктов на карте

Методика проведения вычислительного эксперимента

1. Определение расстояния и азимута между регионами.
2. Вычислить максимально применимую частоту
3. Определить оптимально рабочие частоты
4. Выбрать рабочие частоты
5. Получить результаты отношения сигнал/шум
6. Определить скорость передачи данных в кбит/с
7. Получить оптимальные маршруты для радиосети

Программное обеспечение ICERACK

ICEPAC Point-to-Point data input - Version 08.0121W

File Run View Save to: Help

Method 16 = System performance (S.P.)

Year 2022 **Coefficients** URSI 88 (Australian)

Time 01 to 24 by 1 hours UT

Groups Month.Day= 1.00
SSN = 100
Qindex = 0.000

Transmitter 67.45N 63.97E VORKUTA **Swap Tx-Rx**

Receiver 71.60N 128.80E TIKSI

Path Long Distances: 37589km 20296nmi 23357mi Azimuth: 230.0deg

Freq(MHz) 6.075 7.200 9.700 11.850 13.700 15.350 17.725 21.650 25.885

System Noise Min Angle Req.Rel. Req SNR Multi Tol Multi Del Absorp
145 (-dBw) 0.10deg 90% 73dB 3.00dB 0.10msec Normal

Eprob 1.00*foE 1.00*foF1 1.00*foF2 0.70*foEs

Tx Antenna # Min Max Design Directory\Filename.sfx Model MainBeam Power kW
1 2 30 0.000 samples \SAMPLE.03 REC705 #03 230.0 5.0000

Rx Antenna DEFAULT \SWWHIP.VOA 0.0deg 0.00dB

Input Help:

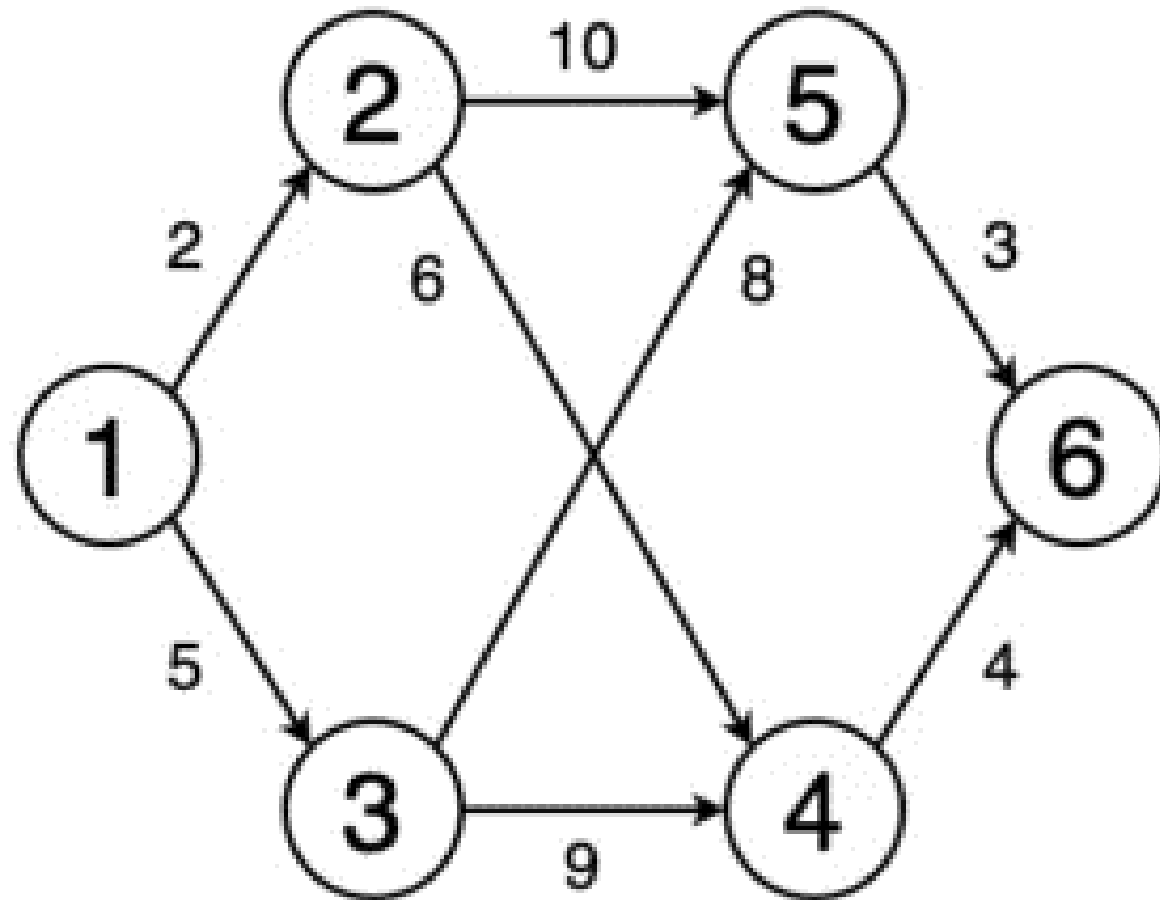
Рисунок 4. Главное меню ПО ICERACK

Определение скорости передачи данных

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	6,4/8,0	8,0/8,0	4,8/4,8	6,4/8,0	6,4/6,4	6,4/6,4	4,8/8,0	8,0/9,6	6,4/9,6	2,4/9,6	2,4/8,0	4,8/9,6	2,4/8,0	8,0/8,0
2		0	0/0	8,0/9,6	6,4/8,0	6,4/8,0	9,6/9,6	6,4/4,8	2,4/4,8	2,4/4,8	4,8/6,4	2,4/2,4	2,4/4,8	0/2,4	0/0
3			0	8,0/9,6	6,4/8,0	6,4/8,0	9,6/9,6	6,4/6,4	2,4/4,8	2,4/4,8	4,8/6,4	2,4/2,4	2,4/4,8	0/2,4	0/0
4				0	8,0/9,6	8,0/8,0	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	8,0/9,6	6,4/9,6	4,8/8,0	4,8/9,6	2,4/8,0	0/1,2
5					0	2,4/4,8	6,4/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	8,0/8,0	9,6/9,6	6,4/9,6	4,8/9,6	2,4/9,6	8,0/6,4
6						0	6,4/8,0	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	6,4/9,6	8,0/9,6	2,4/9,6	2,4/4,8
7							0	6,4/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	8,0/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	4,8/8,0
8								0	8,0/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	8,0/9,6
9									0	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6
10										0	8,0/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6
11											0	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6	9,6/9,6
12												0	8,0/8,0	9,6/9,6	9,6/9,6
13													0	9,6/9,6	9,6/9,6
14														0	9,6/9,6
15															0

Рисунок 5. Скорость передачи данных для времени 01:00/03:00

Алгоритм Дейкстры для вычисления кратчайшего пути



Реализация на языке Python алгоритма Дейкстры

```
import pandas as pd
from scipy.sparse.csgraph import dijkstra
from scipy.sparse import csr_matrix

graph_sputnik=[0,3000, 3000, 3000, 3000, 3000, 3000, 1500, 1800, 1500, 1800, 2000, 1800, 1800, 1500]

df = pd.read_csv("1.csv", sep=";")
df2 = pd.read_csv("2.csv", sep=";")
mylist=df.values.tolist()
mylist2=df2.values.tolist()
N=(len(mylist))
m= (len(mylist2))
i=0

for i in range(0, N):
    for j in range(0, N):
        if mylist[i][j] !=0:
            mylist[i][j]=1/mylist[i][j]
for i in range(0, N):
    for j in range(i+1, N):
        if mylist[i][j] > 1/12.8 and i!=j and i!=0:
            mylist[i][j]=1/mylist2[i][j]
            mylist[j][i]=1/mylist2[j][i]
        if i!=0 and i!=j and mylist[i][j]==0:
            mylist[i][j]=1/graph_sputnik[i]

distance = dijkstra(mylist, return_predecessors=True)
print(distance[1])
```

Вычисление оптимального пути для ДКМВ-радиосети

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	15/+	15/+	+/+	15/+	+/+
2		0	7/4	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	7/+	7/+	+/+	7/7	7/+	7/7	8/7
3			0	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	7/+	7/+	+/+	7/7	7/+	7/7	1/7
4				0	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	7/+	9/13
5					0	8/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	8/8	5/5
6						0	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	8/8	11/11
7							0	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+
8								0	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+
9									0	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+
10										0	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+
11											0	+/+	+/+	+/+	+/+
12												0	+/+	+/+	+/+
13													0	+/+	+/+
14														0	+/+
15															0

Рисунок 6. Оптимальный маршрут радиосети для времени 01:00/03:00

Вычисление оптимального пути для ДКМВ-радиосети

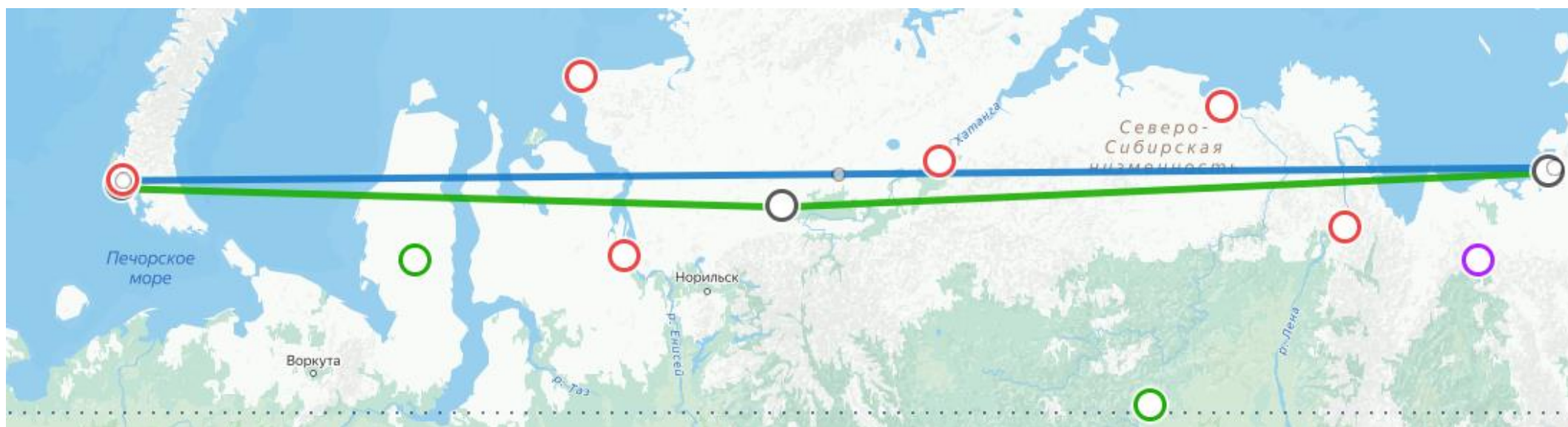


Рисунок 7. Визуальное представление оптимального маршрута для связи для пунктов 2-13.

Вычисление оптимального пути для ДКМВ-радиосети

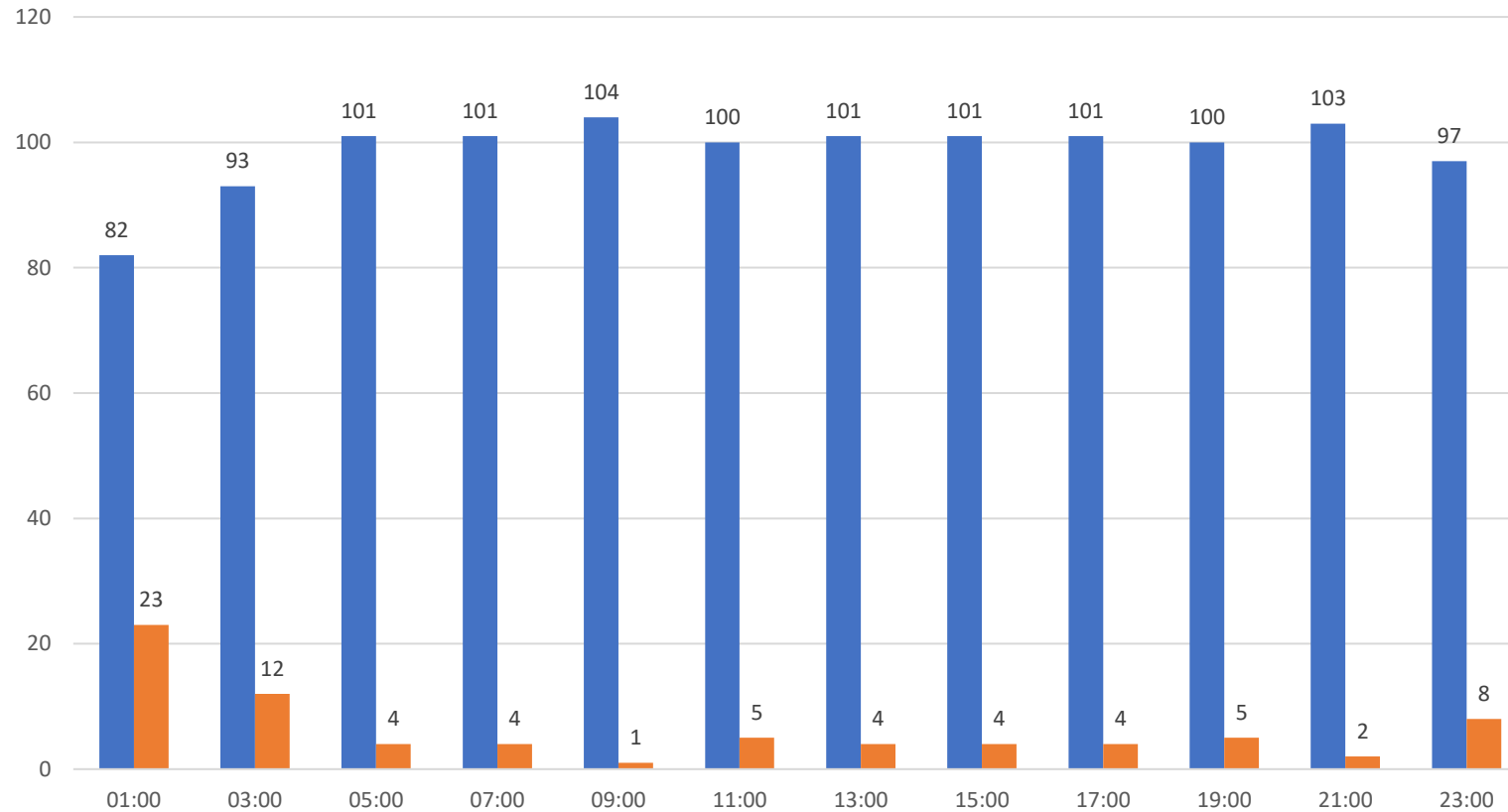


Рисунок 8. Зависимость количества радиолинии от времени суток. Синим – прямая радиосвязь. Оранжевым - связь с ретранслятором.

Заключение

- В выпускной квалификационной работе было исследована модель радиосети КВ диапазона. Были описаны используемые подходы к построению КВ-радиолиний с учетом имеющихся особенностей распространения радиоволн. Изучили программное обеспечение для прогноза параметров радиосети. Получили результаты вычисления оптимальных маршрутов для Арктического региона России. Была определена скорость изменения оптимальных путей в течение суток.

Список используемой литературы:

- 1) Ратклифф Дж. Введение в физику ионосферы и магнитосферы/Дж. Ратклифф; пер. с англ. А.В. Михайлова - Москва: Мир, 1975.-295 с.
- 2) Ришбет Г., Гарриот О.К. Введение в физику ионосферы/ Г. Ришбет, О.К. Гарриот; пер. с англ. И.В. Госачинского и Л.А. Камионко – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1975. – 305 с.
- 3) Харгривс Дж. К. Верхняя атмосфера и солнечно-земные связи/Дж.К. Харгривс; пер. с англ. А.Д. Данилова – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1982. – 353 с.
- 4) Дэвис К. Радиоволны в ионосфере/ К. Дэвис; пер. с англ. И.В. Ковалевского и А.П. Кропоткина – Москва: Мир,1973, - 504
- 5) Брюнелли Б.Е, Намгладзе А.А. Физика ионосферы – Москва: Наука, 1988. - 528 с.
- 6) Мизун Ю.Г. Ионосфера Земли – Москва: Наука,1985. -164 с.
- 7) Левитин, В. Ананий Алгоритм: введение в разработку и анализ/Левитин, Ананий В.; пер. с англ. – Москва: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 386-392 с.
- 8) Яковлев О.И., Якубов В.П., Урядов В.П., Павельев А.Г. Распространение радиоволн -Москва: ЛЕНАНД,2009. – 279-361 с.
- 9) Альперт Я.Л Распространение электромагнитных волн и ионосфера – Москва: Наука,1972. – 564
- 10) Альперт Я.Л., Гинзбург В.Л., Фейнберг Е.Л. Распространение радиоволн – Москва: Гос. изд-во технико-теоретической литературы,1953. - 278-680 с.
- 11) ICEPACK_USER`S_MANUAL\\[icepac_user_manual.PDF \(greg-hand.com\)](http://icepac_user_manual.PDF(greg-hand.com))
- 12) Романов, Ю. В. К вопросу о влиянии спектральной эффективности сигналов КВ модемов на их энергетическую эффективность / Ю. В. Романов // Радиолокация, навигация, связь: XXII международная научно-техническая конференция, Воронеж, 19–21 апреля 2016 года. Том 2. – Воронеж: НПФ «САКВОЕЕ», 2016. – С. 611-619.

Спасибо за внимание!