



**Омский
государственный
университет**
им. Ф.М. Достоевского

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского»



Физический факультет
Кафедра общей и экспериментальной физики

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГИБРИДНОЙ РАДИОСЕТИ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ

Студент ОмГУ им. Ф.М. Достоевского
Акентьев Григорий Алексеевич
м.н.с. ИРФЭ ОНЦ СО РАН
Никифорова Алена Олеговна



**Омский
государственный
университет**
им. Ф.М. Достоевского

Актуальность

В теории хорошо известно, как организовывать радиосвязь с высокой пропускной способностью в большинстве населённых пунктах РФ. Однако имеются территории, для которых организация большинства видов радиосвязи затруднена из-за малого числа абонентов в сети или климатических особенностей. Одной из таких территорий, представляющей интерес для Российской Федерации как крупный сырьевой резерв, является Арктическая зона.



Цель и задачи

Цель:

Изучить возможности гибридной радиосети в условиях Арктической зоны РФ.

Задачи:

- Рассмотреть принципы работы и технические возможности различных видов организации радиосвязи;
- Произвести сравнение различных станций тропосферной и радиорелейной связи для их интеграции в радиосеть Арктической зоны РФ.
- На основе распределения радиотрасс рассмотреть различные варианты радиосети в Арктической зоне РФ.
- Оценить стоимость пропускной способности в 1 Кбит/с для гибридной радиосети в Арктической зоне РФ.



Виды организации радиосвязи в условиях Арктической зоны РФ

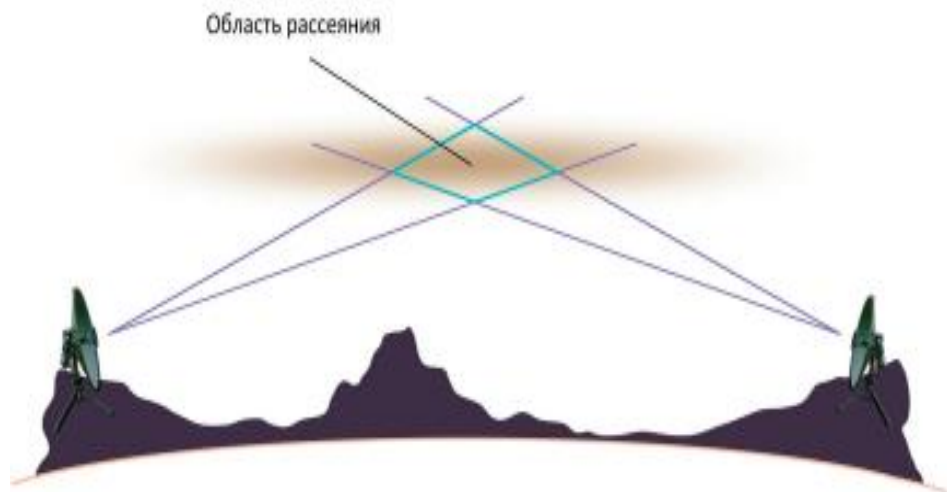


Рис.1.1. Тропосферное распространение радиоволн

Тропосферные линии связи (ТЛС) – вид радиосвязи, основанный на явлении переизлучения ЭМВ в физически неоднородной тропосфере.

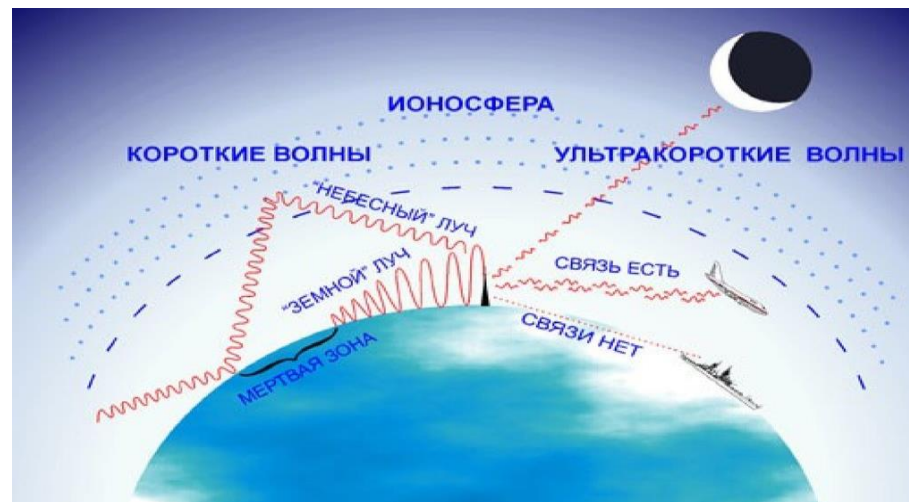


Рис.1.2. Распространение радиоволн различной длины

Коротковолновая (КВ) радиосвязь – вид наземной радиосвязи, основанный на отражении ЭМВ от ионосферы с малыми потерями.



Системы тропосферной и радиорелейной связи



Рис. 2.1. Тропосферная станция (ТРС) «Р-423»



Рис. 2.2. Цифровая радиорелейная станция (ЦРРС) «МИК-РЛ8»



Рис. 2.3. Тропосферная станция (ТРС) «Гроза»



Системы тропосферной и радиорелейной связи

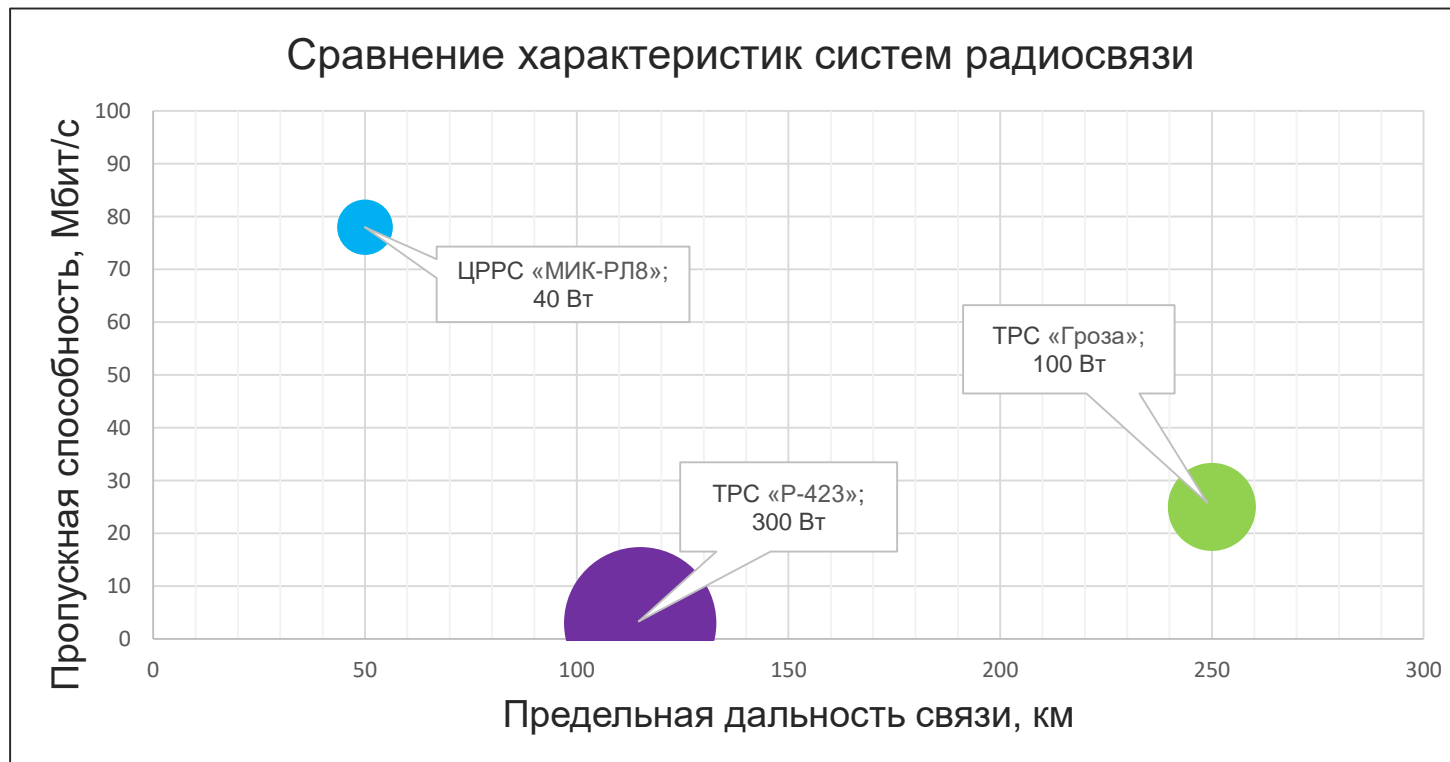


Рис. 3. Сравнение характеристик систем тропосферной и радиорелейной связи



Построение радиосети в Арктической зоне РФ

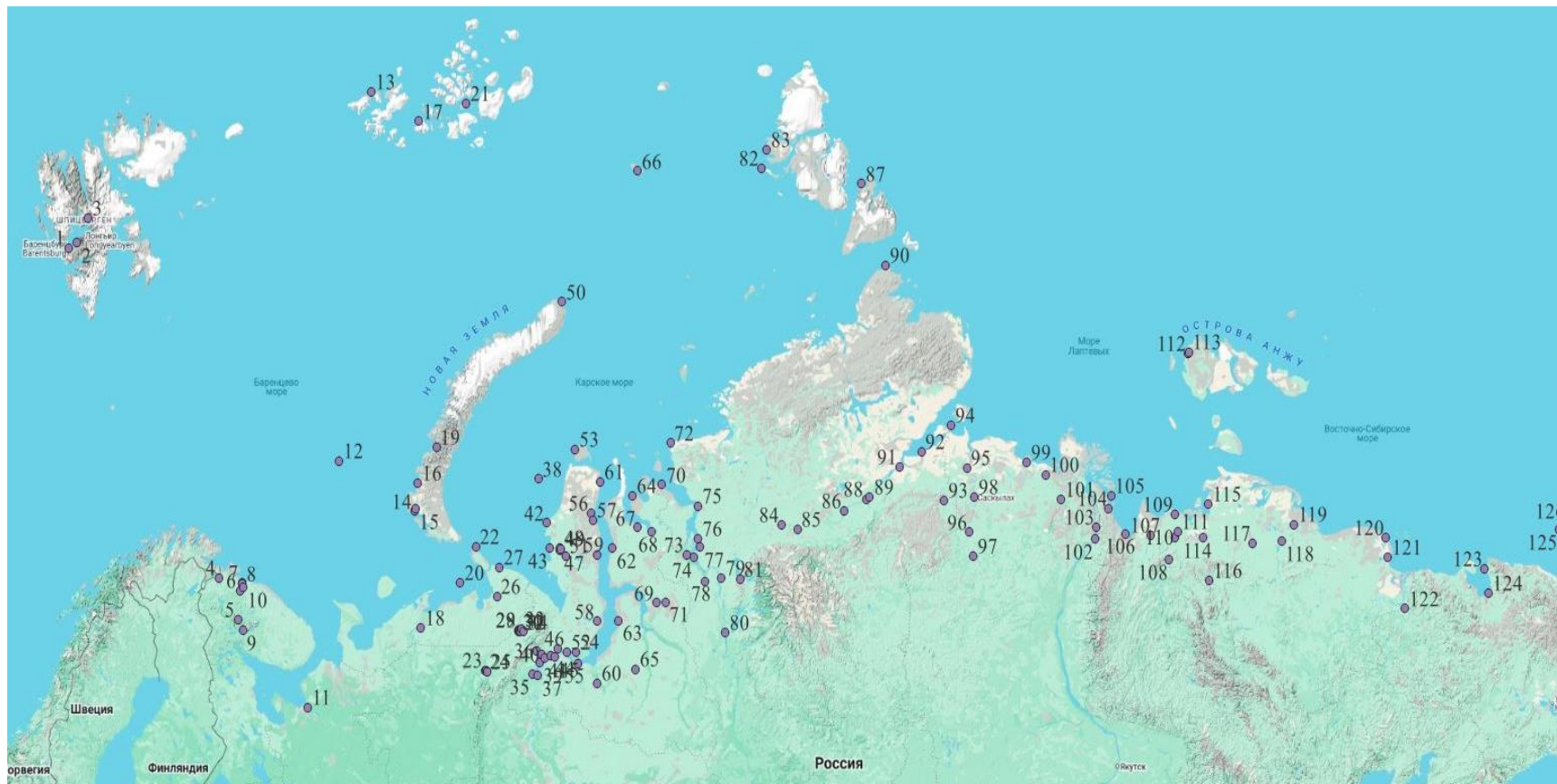


Рис. 4. Узлы связи в Арктической зоне РФ

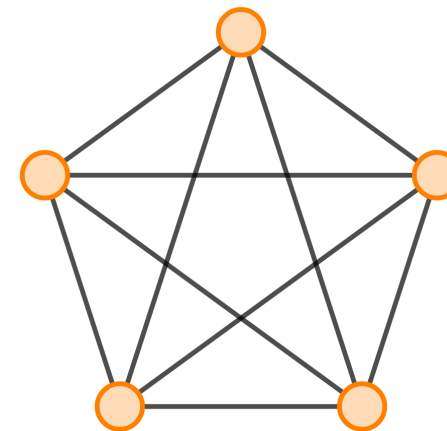


Рис. 5. Пример полного
неориентированного графа

$$E = \frac{N(N-1)}{2} \quad (1)$$



Варианты построения радиосети в Арктической зоне РФ

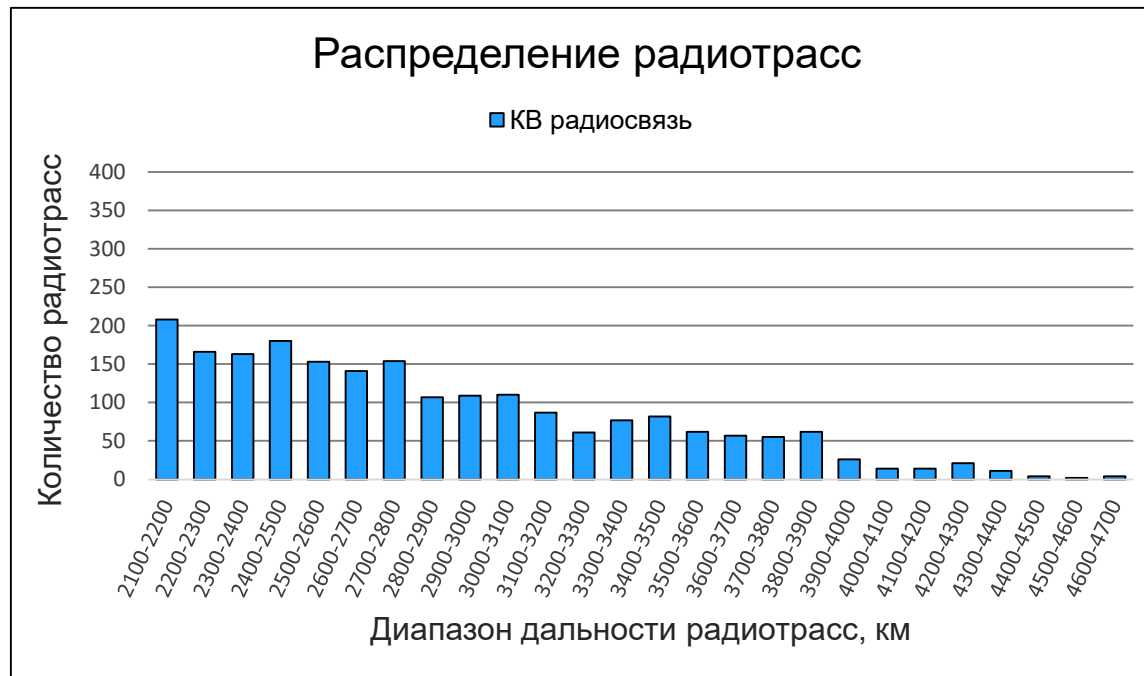
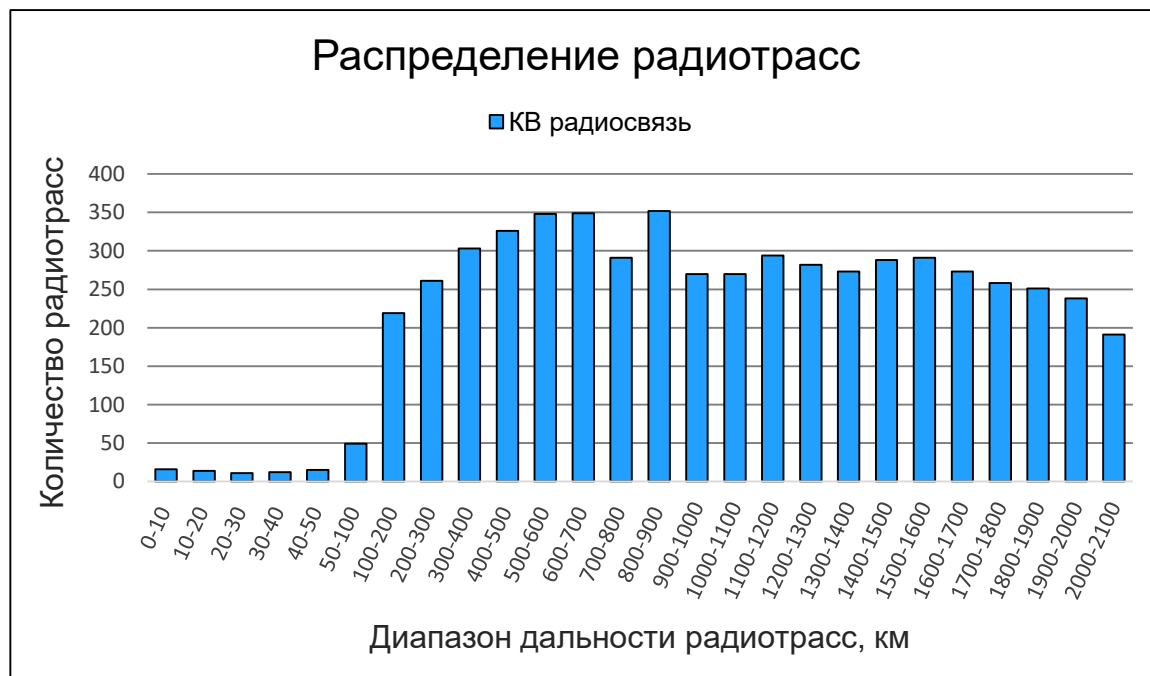


Рис. 6.1. Диаграммы распределений радиолиний по дальностям радиосвязи в Арктической зоне РФ

Вариант 1 – основной в настоящее время. Вся радиосеть в арктическом регионе обслуживают системы KV-радиосвязи. При этом пропускная способность $\bar{V}_{\text{связи}}$ в радиосети равняется скорости передачи информации для KV V_{KV} и составляет ≈ 5 Кбит/с.



Варианты построения радиосети в Арктической зоне РФ

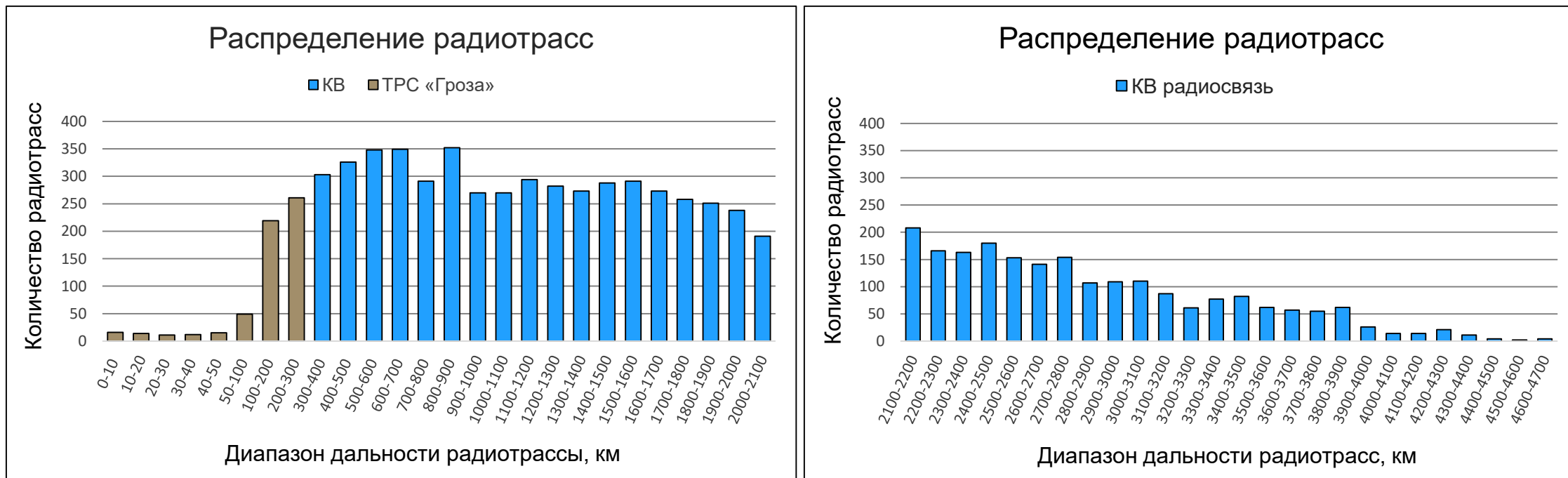


Рис. 6.2. Диаграммы распределений радиолиний по дальностям радиосвязи в Арктической зоне РФ

Вариант 2 – гибридная радиосеть. Пропускная способность канала TPC кратно выше, чем пропускная способность канала КВ радиосвязи: $V_{TPC} = 25$ Мбит/с, а $V_{КВ} = 5$ Кбит/с. Поэтому, интегрируя TPC «Гроза» в радиосеть, базирующуюся на КВ-системах, можно значительно увеличить ее пропускную способность.



Пропускная способность гибридной радиосети в Арктической зоне РФ

Расчет пропускной способности гибридной радиосети:

$$\bar{V}_{\text{связи}} = \sum_{i=0}^n \frac{E_i V_i}{E}, \quad (2)$$

где V_i – скорость передачи i -ой системы радиосвязи, E_i – количество радиотрасс i -ой системы радиосвязи, n – число систем радиосвязи в гибридной сети.

- Стоимость ТРС $P_{\text{ТРС}}$ «Гроза» – 12,6 млн. руб. (для оборудования одного узла связи необходимо по меньшей мере четыре)
- Стоимость организации полноценного приемно-передающего КВ-радиоцентра порядка 20 млн. руб.

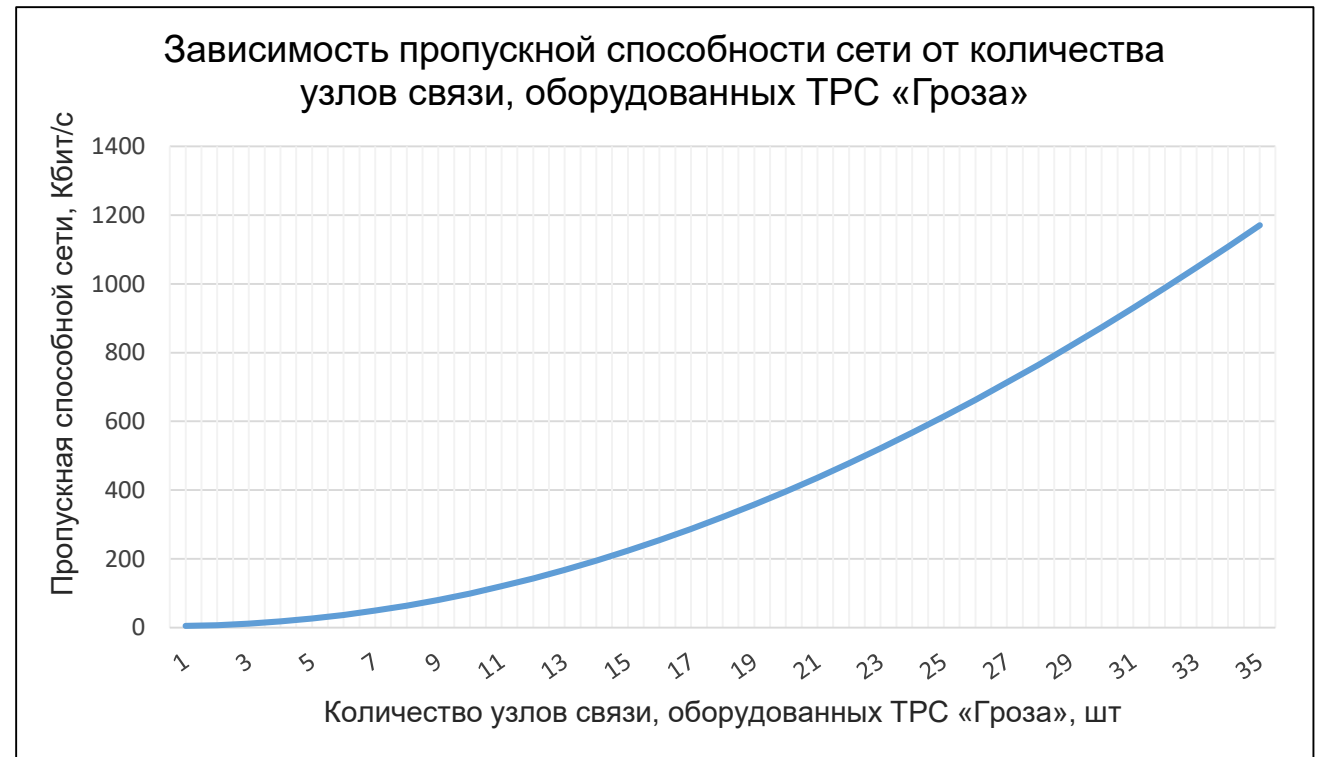


Рис. 7. Зависимость пропускной способности сети от количества узлов связи, оборудованных ТРС «Гроза»



Расчет стоимости гибридной радиосети

Таблица 1 – Расчет стоимости гибридной радиосети с ТРС «Гроза»

Стоимость пропускной способности в 1 Кбит/с:

$$P_{\text{Кбит/с}} = \frac{\bar{P}_{\Sigma}}{\bar{V}_{\text{связи}}}, \quad (3)$$

где \bar{P}_{Σ} – отношение стоимости всей радиосети к общему числу ее радиотрасс $\bar{P}_{\Sigma} = \frac{P_{\Sigma}}{E}$, $\bar{V}_{\text{связи}}$ – пропускная способность радиосети.

Общая стоимость гибридной радиосети:

$$P_{\Sigma} = \sum_{i=1}^k P(N_i)_k, \quad (4)$$

где $P(N_i)$ – стоимость N_i узлов связи, N_i – количество узлов связи, оборудованных i -ой системой радиосвязи, k – число систем радиосвязи в гибридной сети.

Количество узлов связи, оборудованных ТРС «Гроза», шт	P_{Σ} , млрд. руб.	Стоимость одной трассы, тыс. руб.	$\bar{V}_{\text{связи}}$, Кбит/с	$\frac{P_{\text{Кбит/с}}}{\text{тыс. руб.}}$ Кбит/с
1	2,60	329	5	65,9
2	2,67	339	7,1	47,7
3	2,75	348	11,3	30,8
4	2,82	358	17,6	20,3
5	2,90	367	26,0	14,1
6	2,97	376	36,5	10,3
7	3,05	386	49,1	7,9
8	3,12	395	63,8	6,2
9	3,20	404	80,5	5,0
10	3,28	413	99,3	4,2
11	3,35	422	120,1	3,5
12	3,43	431	142,9	3,0
13	3,50	440	167,7	2,6
4	3,58	449	194,6	2,3
15	3,65	457	223,3	2,0
16	3,73	466	254,1	1,8
17	3,80	474	286,7	1,7
18	3,88	483	321,3	1,5
19	3,97	491	257,7	1,4
20	4,03	500	395,9	1,3



Стоимость пропускной способности в Арктической зоне РФ

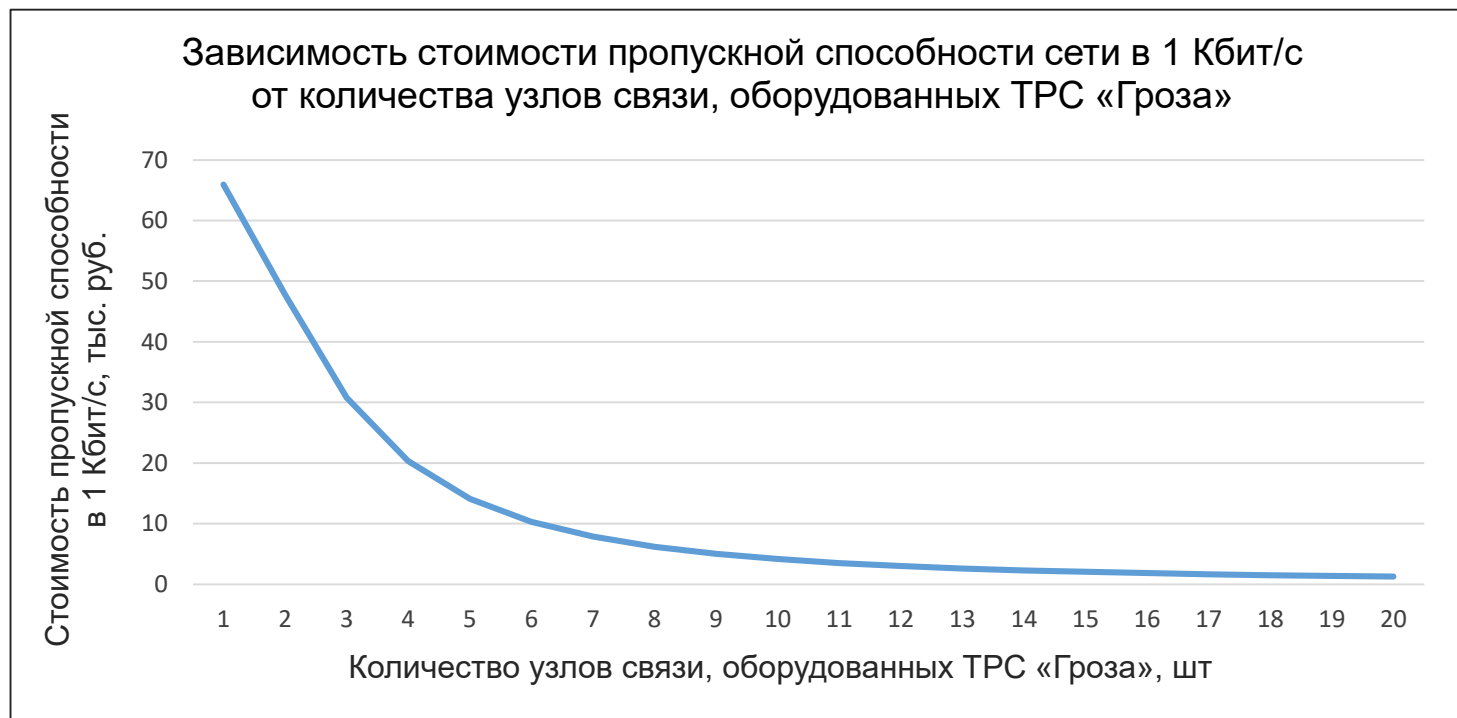


Рис. 8. Зависимость стоимости пропускной способности сети в 1 Кбит/с от количества узлов связи, оборудованных ТРС «Гроза»



Заключение

В исследовании рассмотрены принципы работы и технические возможности различных видов организации радиосвязи. Произведено сравнение различных станций тропосферной и радиорелейной связи для их интеграции в радиосеть Арктической зоны РФ. На основе распределения радиотрасс рассмотрены различные варианты радиосети в Арктической зоне РФ. Оценена стоимость пропускной способности в 1 Кбит/с для гибридной радиосети в Арктической зоне РФ.



Список литературы

1. Фаузер В.В., Смирнов А.В. Мировая Арктика: природные ресурсы, расселение населения, экономика / Арктика: экология и экономика. 2018. №3 (31). С. 6-22.
2. Кулешов И.А., Солозобов С.А., Шевченко В.В. Проблемы радиосвязи в Арктике / Техника средств связи. №3 (143). 2018. С.21-30.
3. Долуханов М.П. Распространение радиоволн / учебник для вузов. – М.: Связь, 1972. 336 с.
4. Плотников Н.Н. Сравнительный анализ отечественных и зарубежных моделей станций тропосферной связи. Перспективы развития / Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. Выпуск 10 // СПОИСУ. СПб., 2021. 406 с.
5. Изюмов Н.М. Радиорелейная связь / Куликовский А.А., Ларионов Г.Е., Берг А.И. и др. // Массовая радиобиблиотека, 1954. 104 с.
6. Кусаинов Б.А., Русских М.В. Проектирование ЦРРЛ на участке «Омск-Кормиловка» / Нанотехнологии. Информация. Радиотехника (НИР-23). 2023. С.389-393.
7. Берж К. Теория графов и ее приложения. М.: ИЛ, 1962. 320с.
8. Лучин Д. В., Гавлиевский С. Л., Маслов Е. Н. Масштабируемая телематическая система для арктических регионов РФ с использованием КВ-радиосвязи / Электросвязь. 2019. №. 9. С. 22-31.



**Омский
государственный
университет**
им. Ф.М. Достоевского

Спасибо за внимание!



**Омский
государственный
университет**
им. Ф.М. Достоевского

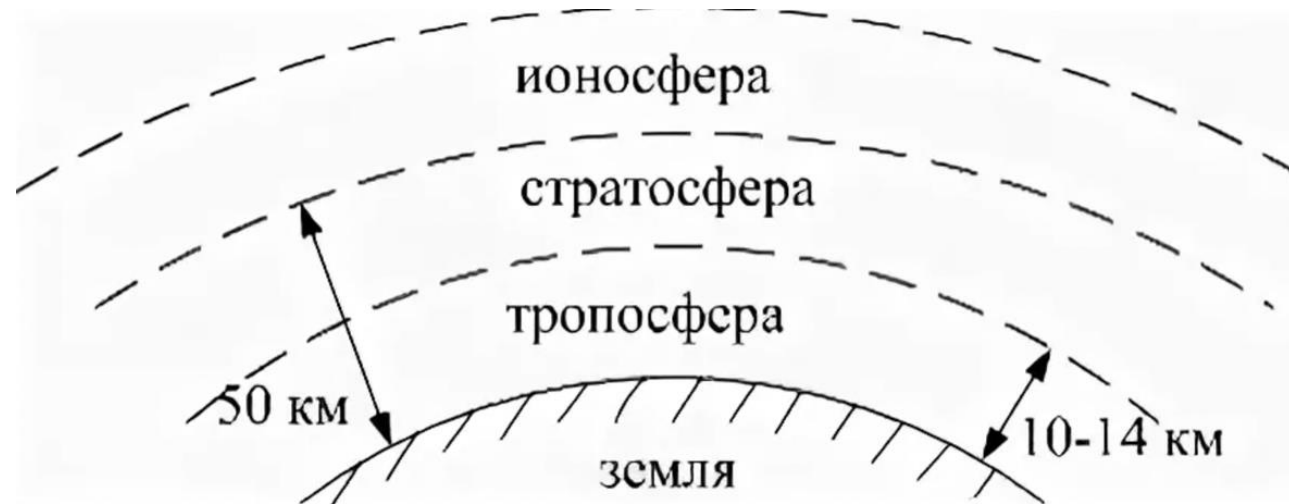
Спасибо за внимание!



Приложение 1

Таблица 2 – Длины волн и частоты для различных диапазонов радиосвязи

Диапазоны радиоволн			
Название диапазона	Род волн	Диапазон	
		длин	частот, Гц
Сверхдлинные (СВД)	мираметровые	100 – 10 км	3 – 30 кГц
Длинные (ДВ)	километровые	10 – 1 км	30 – 300 кГц
Средние (СВ)	гектометровые	1 – 0,1 км	0,3 – 3 МГц
Короткие (КВ)	декаметровые	100 – 10 м	3 – 30 МГц
Ультракороткие (УКВ)	метровые	10 – 1 м	30 – 300 МГц
	дециметровые	10 – 1 дм	0,3 – 3 ГГц
	сантиметровые	10 – 1 см	3 – 30 ГГц
	миллиметровые	10 – 1 мм	30 – 300 ГГц



п.1. – Строение ближнего слоя атмосферы