

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»**

**Выпускная квалификационная работа**  
**РАЗРАБОТКА СЕТИ СВЯЗИ 4G СТАНДАРТА LTE г.**  
**Нарьян-Мар**

**Обучающийся группы 2741 Смирнов Б.Н.**

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

**Руководитель: Проф., д.т.н., профессор Михайлов В. Ф.**

**г. Санкт-Петербург 2021**

# 1. Анализ инфраструктуры объекта проектирования

## 1. Экспликация объекта

**Нарьян-Мар** – административный центр и единственный город Немецкого автономного округа, расположенный на северо-западе России, за Северным полярным кругом.

25536 жителей на 2021 год

Климат Нарьян-Мара – субарктический, холодный, с длинной зимой и не сильно жарким летом.



В городе три района: Центральный район, Качгорт и Лесозавод.

В 2013 году домашним интернетом от «Ростелекома», пользуются порядка 5 тысяч человек  
Предприятия:

- 1) морской порт и речная пристань;
- 2) предприятия пищевой промышленности
- 3) АО «Ненецкая нефтяная компания»;
- 4) ОАО «Нарьян-Марсейсморазведка»;
- 5) ОАО «Нарьян-Марский объединённый авиаотряд»;
- 6) газопровод газопровод от Василковского месторождения.



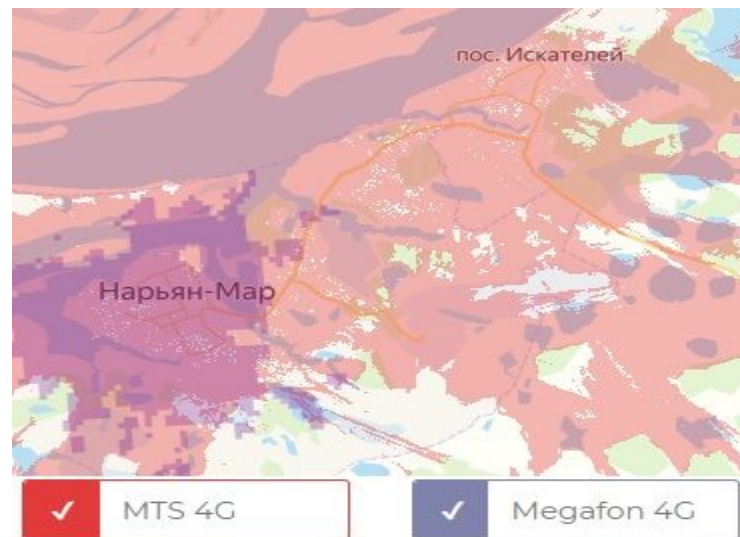
Рисунок 6.2 - Вид города со спутника

# Анализ состояния существующей сети связи г. Нарьян-Мар

В январе 2021 года в городе работают следующие операторы мобильной связи в стандарте GSM (2G)/UMTS (3G): МТС, МегаФон, Билайн, Yota, Tele2.

В стандарте LTE 4G: МТС, Мегафон, Билайн.

Из новостных данных известно, что с 2013 года «Ростелеком» в городе Нарьян-Мар эксплуатируют базовую станцию Ericsson стандарта LTE (четвертое поколение мобильной связи – 4G), которая обеспечивает покрытие в радиусе до 5 км в диапазоне 2600 МГц, и до 20 км применяя диапазоны 700-800 МГц. Оборудование рассчитано на работу при температуре от -40оС до +55оС.



Проводной и мобильный 3G Интернет, 2011 году, после строительства подводного перехода через реку Печора с ВОЛС в направлении Нарьян-Мар – Усть-Цильма (Коми), и создания волоконно-оптической магистрали 330 км, и пропускной способностью - 5 Гбит/с. Объем инвестиций составил 315,7 млн. руб.

Резервный выход в Интернет через спутник, с ресурсом канала до 4 Мбит/с.

## Схема организации связи сотового оператора



Рисунок 7.2 – Схема организации связи сотового оператора на территории города

# Выбор оборудования и типа линий связи проекта



Рисунок 9.1 – пример радиопокрытия одной зоны БС

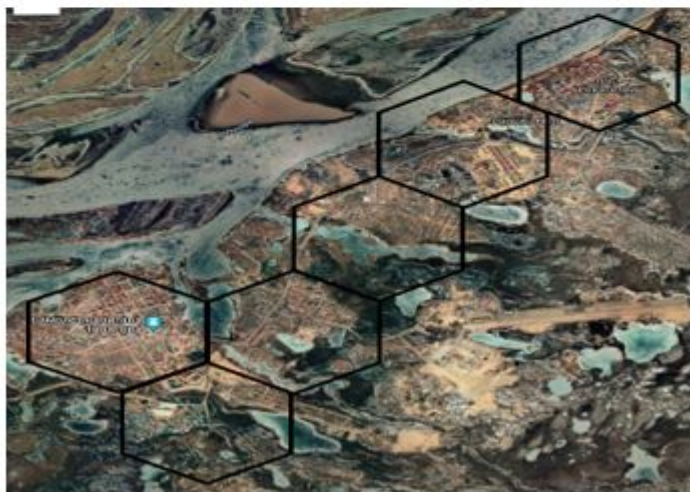


Рисунок 9.2 – Зона радиопокрытия сети LTE в г. Нарьян-Мар

Минимальное количество макро базовых станций eNB, необходимых для обеспечения устойчивым радиосигналом районов на территории планирования составляет 6 штук, согласно проведённым расчетам. Таким образом, все eNB имеют следующие характеристики:

- а. мощность каждого передатчика – 40 Вт;
- б. высота подвеса антенны – 32 метра;
- в. число приемопередатчиков TRX – 3 (по одному на каждый сектор); системная полоса для одного сектора – 20 МГц (10 МГц для линии «вверх» и 10 МГц для линии «вниз»);
- г. линия «вниз» поддерживает технологию MIMO4×2;

# Таблица 11.1 – Расчет капитальных вложений на первом этапе

Наименование и техническая характеристика оборудования, типы выполняемых работ	Количество	Цена единицы с НДС 20%,руб.	Стоимость итого, руб.
<b>Сетевое оборудование</b>			
Базовая станция Alcatel-Lucent 9926 eNodeB - RRU производитель «Alcatel-Lucent»;(в комплекте)			
Антенна приемно-передающая (в комплекте).	6	540000	3 240 000,00
Базовая станция Alcatel-Lucent 9764 CompactMetro	6	120000	720 000,00
Комплект электроснабжения БС	6	63000	378 000,00
Вспомогательные компоненты для монтажа	12	24000	288 000,00
Evolved Packet Core (EPC) Alcatel-Lucent 9471 Wireless Manager Mobility	1	558000	558 000,00
7750 Service Router - Mobile Gateway	1	79200	79 200,00
Media Gateway	1	204000	204 000,00
Программное обеспечение MME	1	780000	780 000,00
Кабель оптический ОКСТМ-10-01-0,22-4Е(1.5),км	429	24000	10 296 000,00
Монтаж оптического кабеля, км	330	600000	198 000 000,00
<b>Итого</b>			<b>214 543 200,00</b>
Тара и упаковка 0,5%			1 072 716,00
Транспортные расходы 4%			8 581 728,00
Заготовительно-складские расходы 1%			2 145 432,00
Установка и настройка 30%			64 362 960,00
<b>Сумма</b>			<b>76 162 836,00</b>
<b>Дополнительное оборудование</b>			
Установочно-монтажные комплекты	6	180000	1080000
Антенно фидерные тракты, сигнализация и РРП	6	27000	162000
Контейнер цельнометаллический для размещения оборудования eNB, производитель ООО «ПМК»	6	45000	270000

ИБП Liebert«GXT2-1500 RT230»	6	18000	108000
Блок грозозащиты	6	1800	10800
Сплит-система «Hitachi Lux RAS/RAC-0,8 LH1/LH2»	6	90072	540432
Коннектор «Timit W4CT 1104D 1500W»	6	3000	18000
<b>Итого</b>			<b>2189232</b>
Тара и упаковка 0,5%			10946
Транспортные расходы 4%			87569
Заготовительно-складские расходы 1%			21892
СМР 30%			656770
<b>Итого</b>			<b>777177</b>
<b>ИТОГО по смете</b>			<b>21 750 960 9</b>
Неучтенное оборудование 10%			21750961
Разовая плата за спектр для РЭС (60 МГц)		1008000	1008000
<b>ВСЕГО</b>			<b>240 268 570</b>

## Расчет годовых эксплуатационных расходов

В таблице 11.2 приведен примерный состав обслуживающего персонала.

Наименование должностей	Оклад, руб.	Количество, чел.	Сумма з/п, руб
Инженер по обслуживанию и мониторингу сети	20000	1	20000
Электромеханик	16000	2	32000
Монтажник высотник	16000	2	32000
Итого (ФЗП)			84000

**Таблица 11.3 – Годовые эксплуатационные расходы**

Виды расходов	Сумма расходов, руб
Фонд оплаты труда годовой ( <u>ФОТг</u> )	2 044 224
Страховые взносы в государственные внебюджетные фонды ( <u>СВ</u> )	613 267
Амортизационные отчисления ( <u>А</u> )	11 924 170
Материальные затраты ( <u>Мз</u> )	240 269
Аренда мест подвеса БС ( <u>Зобм.ар</u> )	150 000
Прочие расходы ( <u>Зпр</u> )	1 062 996
Аренда частоты	792 000
ВСЕГО	16 826 926

Таким образом, общие эксплуатационные расходы равны  $16\,826\,926 \approx 16,8$  млн. руб.

## Расчет тарифных доходов

Таблица 11.1 – Предполагаемые тарифные планы и их стоимость

Тарифный план Скорость подключения	Стоимость тарифа, руб./мес.	Порог	Доля абонентов от <u>Наб.инт.</u> , %	Примерное число подключившихся пользователей
T1 до 500 кбит/с	600		15	440
T2 до 1 Мбит/с	900		20	585
T3 до 2 Мбит/с	1000		20	585
T4 до 4 Мбит/с	1400	50Гб	30	878
T5 до 6 Мбит/с	1700	70Гб	15	439

Суммарный тарифный доход от предоставления услуги доступа в сеть  $D1$

Доход от продажи USB-LTE модемов  $D2$

Общий тарифный доход от услуг связи сети LTE :  $D_{общ} = D1 + D2$  (11.13)

$D_{общ} = 40\,204\,800 + 2\,018\,250 = 42\,223\,050$  (руб.).



# Оценка показателей экономической эффективности проекта

Таблица 11.2 – Оценка экономических показателей проекта с учетом

⊕ дисконта

Год	P	PV	I	IC	NPV
0	0	0	240 268 570	240 268 570	-240 268 570
1	42 223 050	42 223 050	16 826 926	257 095 496	-214 872 446
2	33 778 440	76 001 490	16 826 926	273 922 422	-197 920 932
3	33 778 440	109 779 930	16 826 926	290 749 348	-180 969 418
4	33 778 440	143 558 370	16 826 926	307 576 274	-164 017 904
5	33 778 440	177 336 810	16 826 926	324 403 199	-147 066 389
6	33 778 440	211 115 250	16 826 926	341 230 125	-130 114 875
7	33 778 440	244 893 690	16 826 926	358 057 051	-113 163 361
8	33 778 440	278 672 130	16 826 926	374 883 977	-96 211 847
9	33 778 440	312 450 570	16 826 926	391 710 903	-79 260 333
10	33 778 440	346 229 010	16 826 926	408 537 829	-62 308 819
11	33 778 440	380 007 450	16 826 926	425 364 755	-45 357 305
12	33 778 440	413 785 890	16 826 926	442 191 681	-28 405 791
13	33 778 440	447 564 330	16 826 926	459 018 607	-11 454 277
14	33 778 440	481 342 770	16 826 926	475 845 533	5 497 237
15	33 778 440	515 121 210	16 826 926	492 672 458	22 448 752



⊕ Таблица 11.3-Технико-экономические показатели проекта

Показатели	Значение
1. Количество планируемых абонентов	6000 (2925 на начало)
2. Пропускная способность сети, Гбит/с	12,104
3.Количество базовых станций стандарта LTE, шт.	6
4. Капитальные вложения общие, руб.	240 268 570
6. Годовые эксплуатационные расходы руб.	16 826 926
10. Срок окупаемости капитальных затрат, лет	14 лет
11. Индекс рентабельности, %	1,01
12. Численность персонала, человек	5
13. Внутренняя норма доходности IRR, %	20,4

**Выпускная квалификационная работа**  
**РАЗРАБОТКА СЕТИ СВЯЗИ 4G СТАНДАРТА LTE**  
**г. Нарьян-Мар**

**Обучающийся группы 2741 Смирнов Б.Н.**

11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи

**Руководитель: Проф., д.т.н., профессор Михайлов В. Ф.**

**г. Санкт-Петербург 2021**

**Благодарю за внимание**

