

# Дипломная работа

## Исследование внедрения технологии LTE на ЖД РК

Выполнил: Тукымбеков Д.

Группа: МРТк 10-1

Руководитель: к.т.н., доцент Достиярова А.М.

# Цель: Обеспечение высокоскоростным Интернет железные дороги РК

Задачи:

- Рассмотреть возможные варианты организации сети
- Обосновать выбор соответствующего варианта
- Разработать программное обеспечение и выполнить расчет энергетического баланса радиолиний на основе спутника KazSat-2
- Расчитать основные параметры технологии LTE
- Обосновать технико-экономическую сторону работы
- Расчет искусственного заземления

# Варианты организации технологии LTE на железных дорогах РК

- Использование Wi-Fi столбцов
- Использование BTS & Repeater
- Использование выделенного спутникового канала

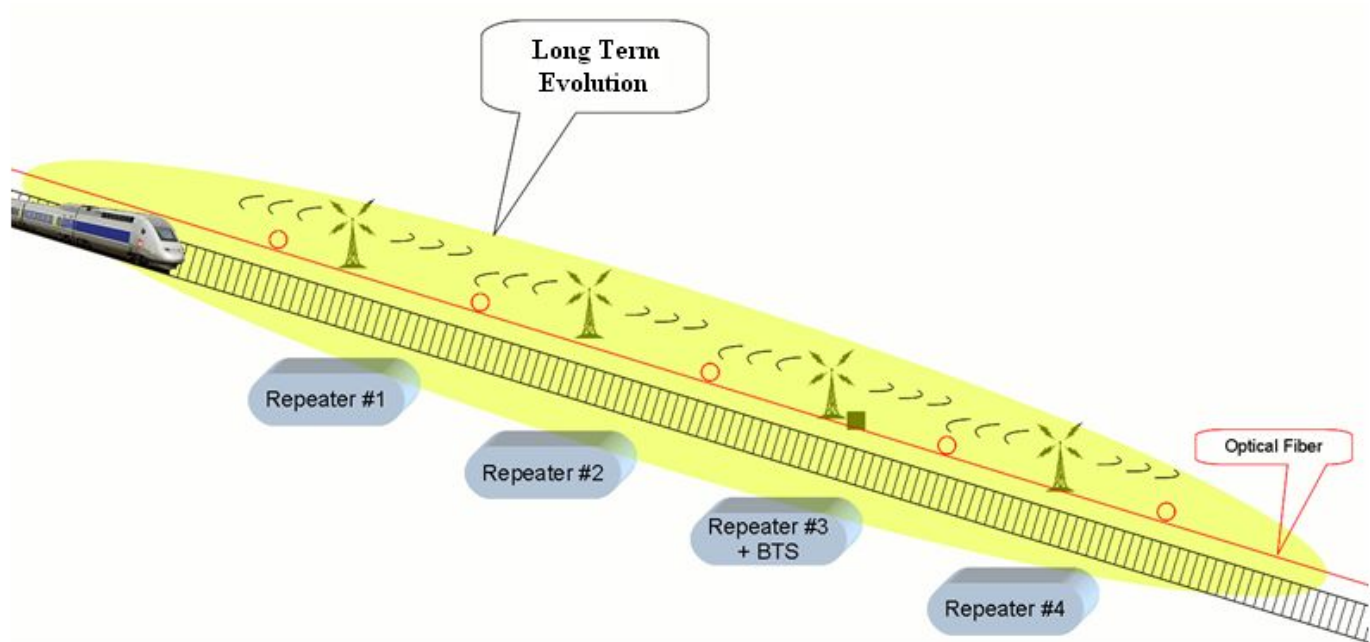
# Использование Wi-Fi столбцов



Достоинства: надежное и устойчивое функционирование сети

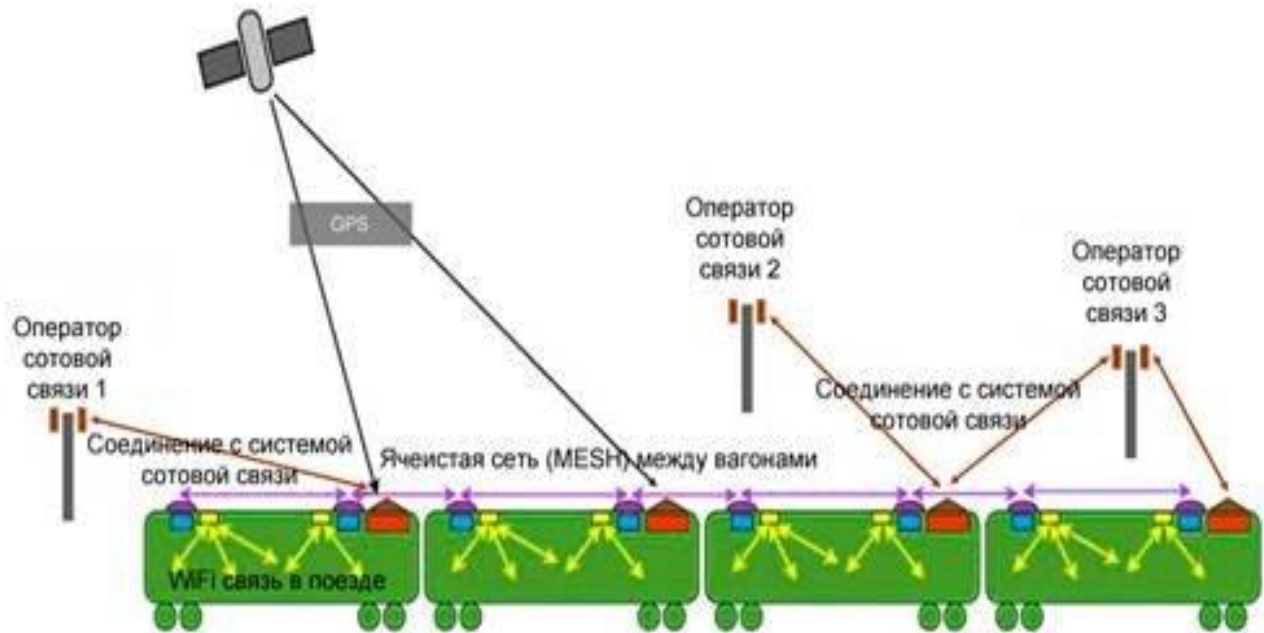
Недостатки: экономически нецелесообразно для ЖД РК

# Использование BTS & Repeater



Достоинства: надежность доступа в сеть  
Недостатки: экономически  
нецелесообразно для ЖД РК

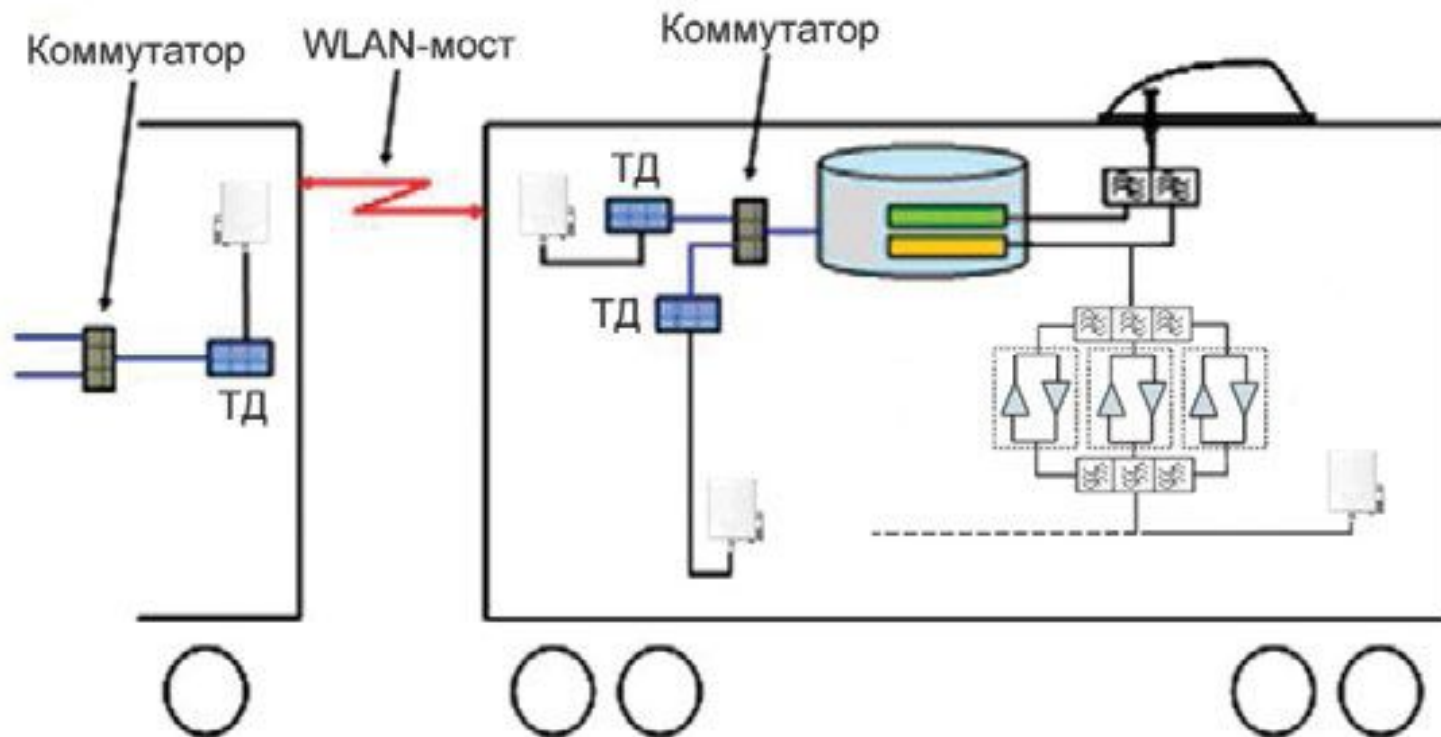
# Использование выделенного спутникового канала



Достоинства: покрывает всю территорию РК

Недостатки: дороговизна

# Подсистема доступа в высокоскоростной Интернет



# Расчет параметров спутниковой линии

- расстояние  $d$  между земной станцией и спутником – ретранслятом

$$d = 42644 \sqrt{1 - 0,2954 \cos \psi} \text{ (км)}$$

где параметр  $\cos \psi = \cos \varphi_{зс} \cdot \cos \Delta \beta$ ;  $\Delta \beta = \beta_c - \beta_{зс}$  - разность долгот спутника и земной станции;  $\beta_c = 86,5E$  – долгота спутника;  $\varphi_{зс}$  – широта земной станции.

- для города Алматы (76,95E, 43,25N)  $d = 37843,7 \text{ км}$
- для города Астана (71,43E, 51,18N)  $d = 38637,8 \text{ км}$
- Основное ослабление сигнала на пути распространения от ЗС к спутнику

$$L_o = 20 (\lg f + \lg d) + 32,45 \text{ дБ}$$

где  $f$ , МГц;  $d$ , км.

для станции в Алматы:

- на линии вверх  $L_{o\uparrow} = 20(\lg 14406,25 + \lg 37843,7) + 32,45 = 207,17$   
дБ

- на линии вниз  $L_{o\downarrow} = 20(\lg 11606,25 + \lg 37843,7) + 32,45 = 205,30$  дБ

для города Астана:  $L_{o\uparrow} = 207,35$  дБ,  $L_{o\downarrow} = 205,49$  дБ



# Расчет параметров спутниковой линии

- Поглощение радиоволн в стандартной атмосфере

$$L_a = L_{нк} \cdot l_k + L_{нв} \cdot l_v,$$

где  $L_{нк}$  и  $L_{нв}$  - коэффициенты погонного поглощения (дБ/км) в кислороде и водяных парах;  $l_k$  и  $l_v$  – эквивалентная длина пути сигнала в этих средах соответственно

- для станции в Алматы  $L_{a\uparrow}=0,08$  дБ,  $L_{a\downarrow}=0,065$  дБ

- Мощность передатчиков ЗС

$$P_{прдз} = L_{o\uparrow} + L_{дон\uparrow} + k_b + \Delta F_z + a + (P_c/P_w)\Sigma - (G/T)_b - \eta_{перз} - G_{перз}$$

- для ЗС в Алматы  $P_{прдз}= 4,74$  дБ при диаметре антенны 1,7 м

- для ЗС в г. Астана  $P_{прдз}= 5,63$  дБ при диаметре антенны 1,8 м

# Расчет параметров спутниковой линии в программной среде Turbo Pascal

```
Тех. поддержка на форуме http
Расчет параметров спутниковой линии
Входные данные:
Значение широты станции, град = 43.25
Значение долготы станции, град = 76.95
Высота станции над уровнем моря, км = 0.677
Частота несущей на линии вниз, МГц = 11606.25
Частота несущей на линии вверх, МГц = 14406.25
-----
Выходные данные:
РАСЧЕТ РАССТОЯНИЯ ОТ ЗЕМНОЙ СТАНЦИИ ДО СПУТНИКА
расстояние до спутника d=37850.51 км
-----
РАСЧЕТ ОСЛАБЛЕНИЯ СИГНАЛА НА ПУТИ
ослабление сигнала в свободном пространстве при передаче вверх, Lo= 207.18 дБ
ослабление сигнала в свободном пространстве при передаче вниз, Lo= 205.31 дБ
-----
ПОГЛОЩЕНИЕ РАДИОВОЛН В СТАНДАРТНОЙ АТМОСФЕРЕ
угол места земной станции, E=39.19 град
эквивалентная длина пути в кислороде, lk=7.32 км
эквивалентная длина пути в среде с водяными парами, lv=2.25 км
поглощение радиоволн на линиях вверх, La1= 0.10дБ
поглощение радиоволн на линиях вниз, La2= 0.06дБ
-----
ЗАТУХАНИЕ В ДОЖДЕ НА ЛИНИИ ВВЕРХ
sin e 0.63
средняя высота нулевой изотермы, hF= 3.51 км
длина наклонной трассы, Ls= 4.49 км
погонноезатухание, yR= 1.16 дБ/км
Длина наклонной трассы, Ls= 4.49 км
коэффициент уменьшения длины трассы в дожде, r001= 0.87
затухание, превышаемое в течение 1% времени, Ld= 1.01 дБ
затухание, превышаемое в течение 0.01% времени, Ld001= 8.38 дБ
затухание, превышаемое в течение 0.02% времени, Ld002= 6.40 дБ
-----
ЗАТУХАНИЕ В ДОЖДЕ НА ЛИНИИ ВНИЗ
погонное затухание, yR= 0.69 дБ/км
затухание, превышаемое в течение 1% времени, Ld= 0.59 дБ
затухание, превышаемое в течение 0.01% времени, Ld001= 4.95 дБ
затухание, превышаемое в течение 0.02% времени, Ld002= 3.78 дБ
результатирующее дополнительное ослабление сигнала вверх, Ldop = 6.40 дБ
результатирующее дополнительное ослабление сигнала вниз, Ldop = 3.78 дБ
```

# Расчет параметров технологии LTE

- Пропускная способность

$$R = S \cdot W,$$

где  $S$  – средняя спектральная эффективность (бит/с/Гц);

$W$  – ширина канала (МГц);  $W = 10$  МГц.

$$R_{eNB} = R_{DL/UL} \cdot 3$$

- Для линии DL:  $R_{eNB.DL} = 29,3 \cdot 3 = 87,9$  Мбит/с.
- Для линии UL:  $R_{eNB.UL} = 12,54 \cdot 3 = 37,64$  Мбит/с.

- Максимальные допустимые потери

$$L_{\text{МДП}} = P_{\text{эиим.прд}} - S_{\text{ч.пр}} + G_{\text{А.пр}} - L_{\text{Ф.пр}} - M_{\text{прон}} - M_{\text{пом}} - M_{\text{затен}} + G_{\text{хо}}$$

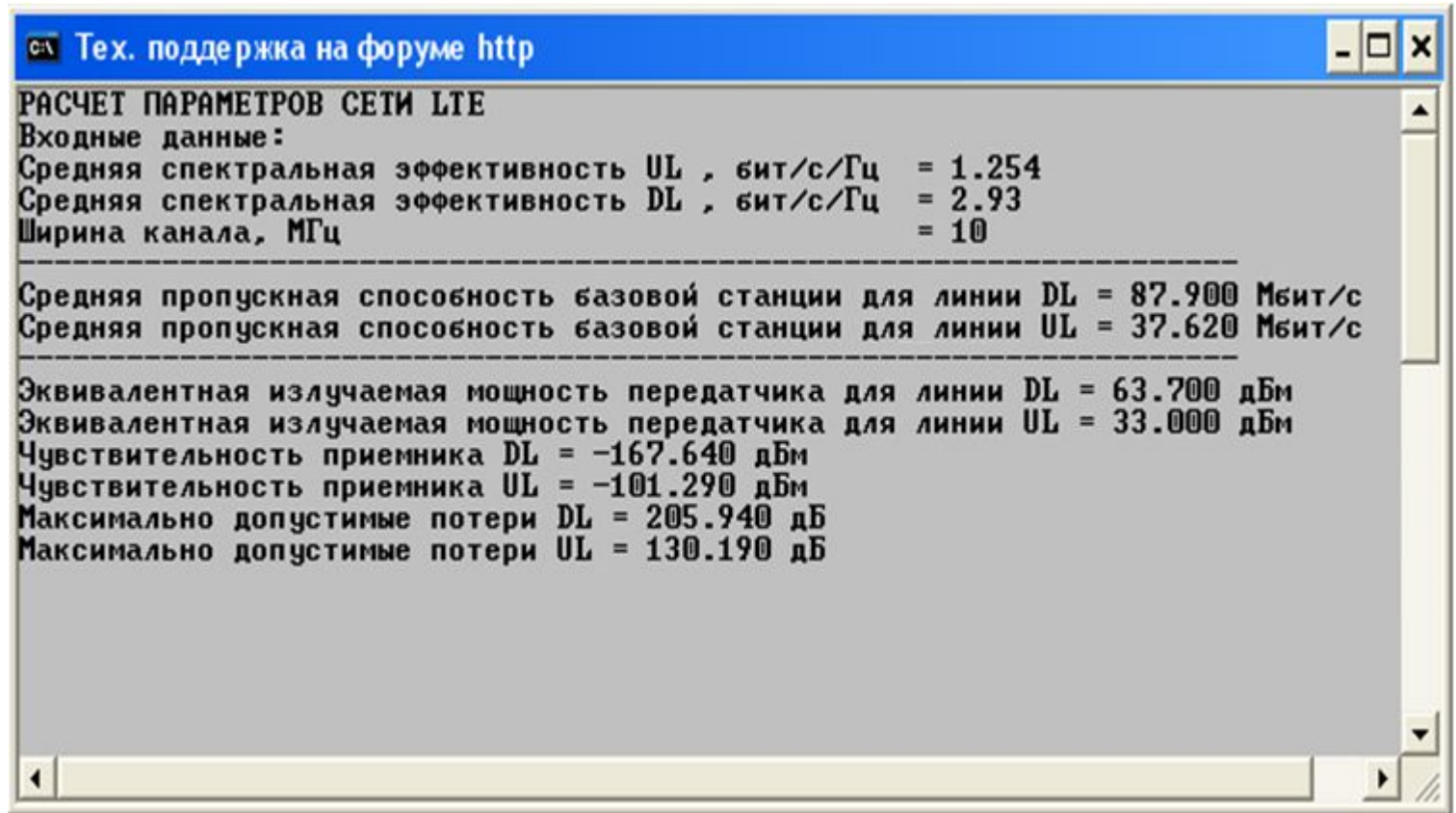
Для линии DL:

$$- L_{\text{МДП}} = 63,7 - (-167,64) - 12 - 6,4 - 8,7 - 1,7 = 205,94 \text{ (дБ)}$$

Для линии UL:

$$- L_{\text{МДП}} = 33 - (-101,29) + 18 - 0,4 - 12 - 6,4 - 8,7 + 1,7 = 126,5 \text{ (дБ)}.$$

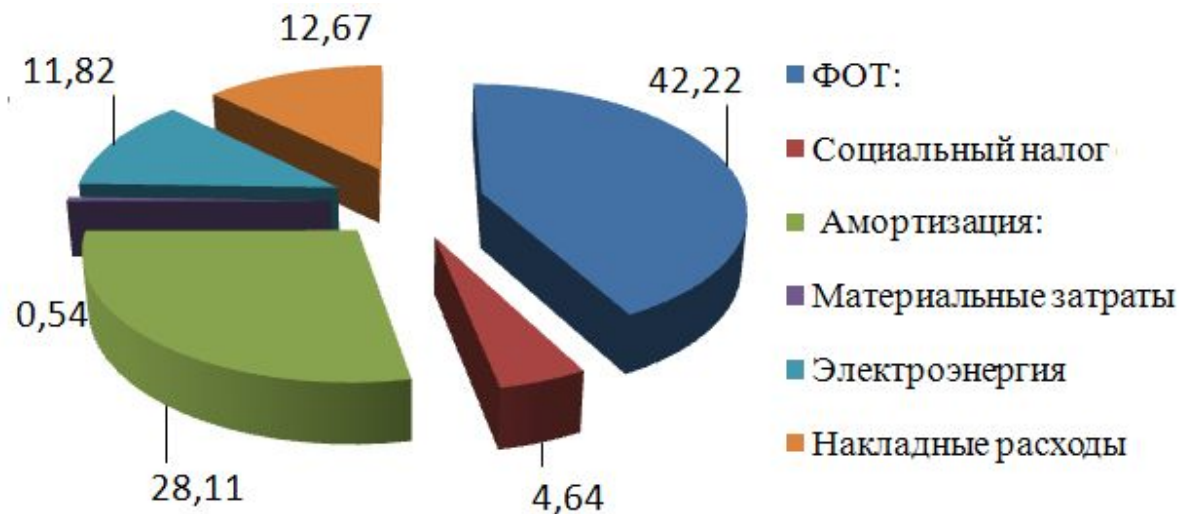
# Расчет основных параметров LTE в программной среде Turbo Pascal



```
Тех. поддержка на форуме http
РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ LTE
Входные данные:
Средняя спектральная эффективность UL , бит/с/Гц = 1.254
Средняя спектральная эффективность DL , бит/с/Гц = 2.93
Ширина канала, МГц = 10
-----
Средняя пропускная способность базовой станции для линии DL = 87.900 Мбит/с
Средняя пропускная способность базовой станции для линии UL = 37.620 Мбит/с
-----
Эквивалентная излучаемая мощность передатчика для линии DL = 63.700 дБм
Эквивалентная излучаемая мощность передатчика для линии UL = 33.000 дБм
Чувствительность приемника DL = -167.640 дБм
Чувствительность приемника UL = -101.290 дБм
Максимально допустимые потери DL = 205.940 дБ
Максимально допустимые потери UL = 130.190 дБ
```

## Расчет эксплуатационных расходов и доходов

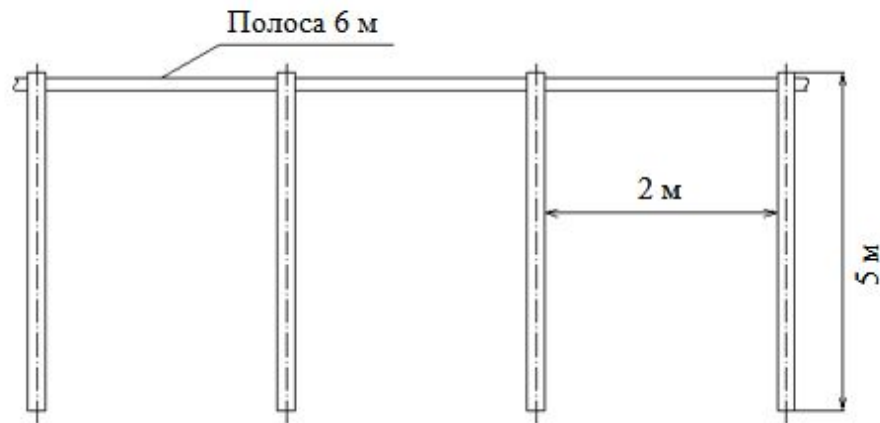
- эксплуатационные расходы: 16471336 тг



- Доходы от основной деятельности: 43800000 тг
- Чистый доход: 27328664 тг

# Расчет искусственного заземления

- Полное сопротивление заземлителей  $R = 4,5 \text{ Ом}$ , меньше допускаемого сопротивления, равного  $10,4 \text{ Ом}$ .  
Число заземлителей  $n = 3$ .





# Заключение

- Из несколько вариантов организации сети на ЖД был выбран вариант с использованием спутниковых систем связи. В качестве спутника был выбран KazSat-2, который покрывает всю территорию РК.
- Было разработано программное обеспечение и рассчитан энергетический баланс спутниковых линий; (для г. Алматы радиус диаметра антенны равен 1.7 м, мощность передатчика 4.74дБ )
- Рассчитаны основные параметры технологии LTE: средняя пропускная способность на линии вниз равна 87,9 Мбит/с, допустимые потери для линий DL равна 205,94 дБ, для линий UL равна 130,19.
- Выполнен экономический расчет. Чистый доход равен 27328664 тг.
- По безопасности жизнедеятельности найдено число заземлителей,  $n=3$ .



**Спасибо за  
ваше внимание**