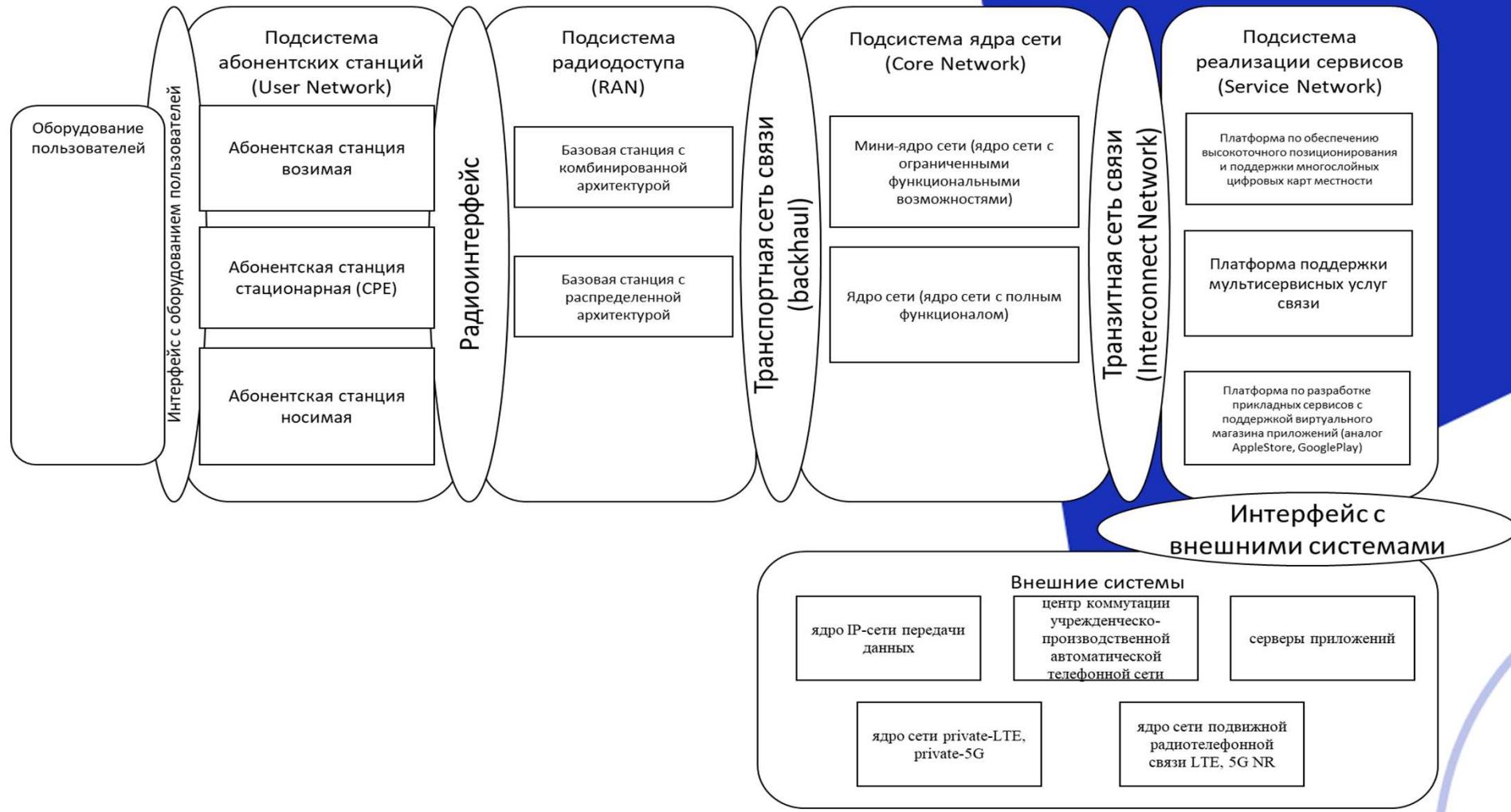


Комплекс программ по расчету и оптимизации радиоинтерфейсов **4G LTE, 5G NR**

Владимир Аксёнов,
главный конструктор,
ООО «Лаборатория инфокоммуникационных сетей» (ЛИС)



Типовая архитектура сети 4G LTE и 5G NR



«Сеть в чемодане»

4G LTE + 5G NR

- + мини-ядро 4G EPC, 5GC
- + сервер IMS (VoLTE, VoNR, SMS)
- + IP-ATC
- + MANET режим



Носимая базовая станция 4G LTE «manpack»

- + мини-ядро 4G EPC
- + сервер IMS (VoLTE, SMS)
- + IP-ATC



Примеры базовых станций 4G LTE и 5G NR

Летающая базовая станция 4G LTE

- + мини-ядро 4G EPC
- + сервер IMS (VoLTE, SMS)
- + агрегатор модемов
- + LTE-U (5 ГГц, частоты Wi-Fi)



Комплекс Сократ



АСТК 2G-5G, Wi-Fi, БШПД, Tetra/DMR

Анализ спектра

Анализ сигналов

Анализ сообщений

Генерация сигналов

Генерация сообщений

Генерация трафика

Управление функциональными

тестами

Генерация функциональных тестов

Генерация отчётов

Примеры использования комплекса программ

Летающий АСТК

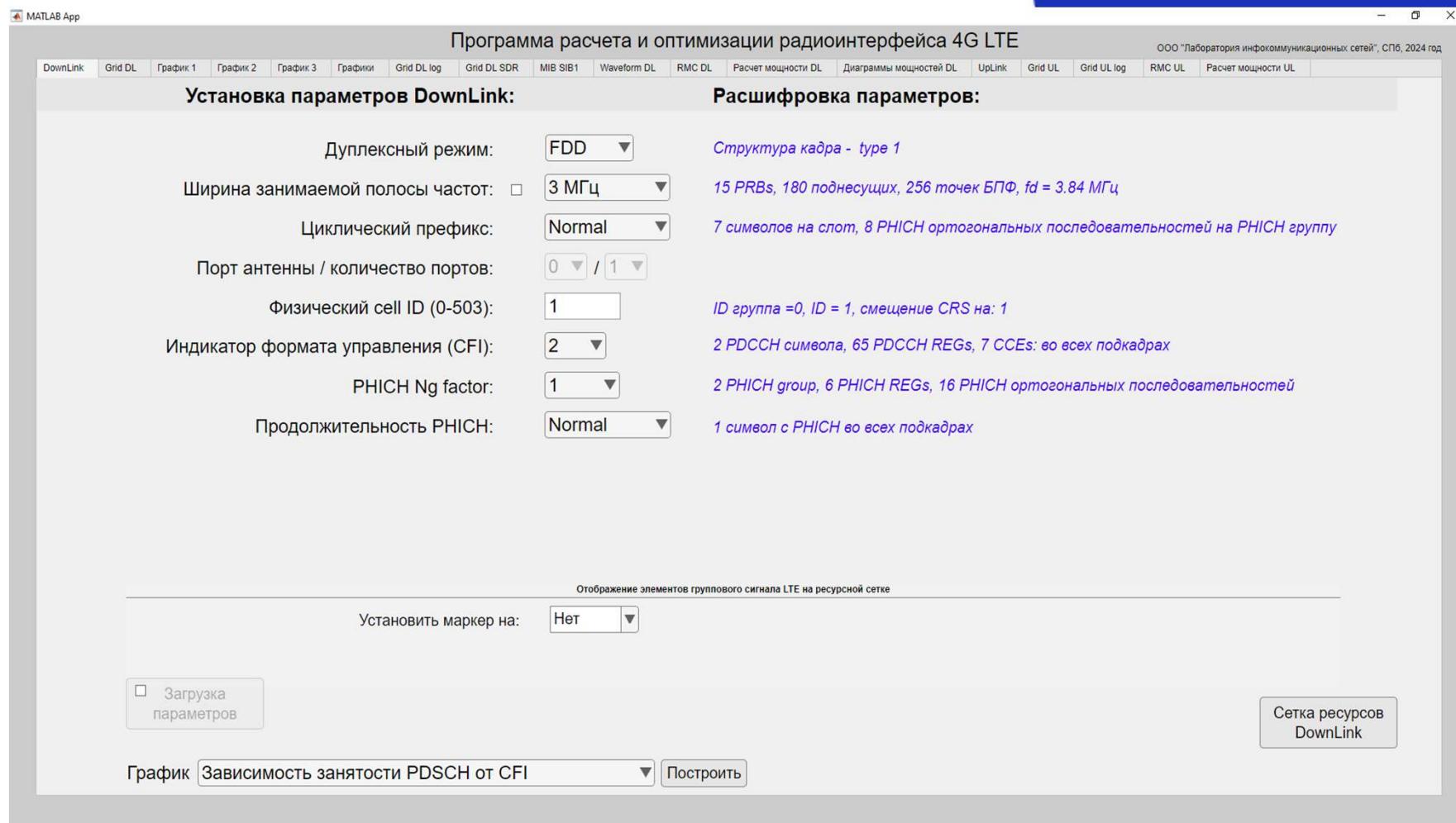


Мобильный АСТК



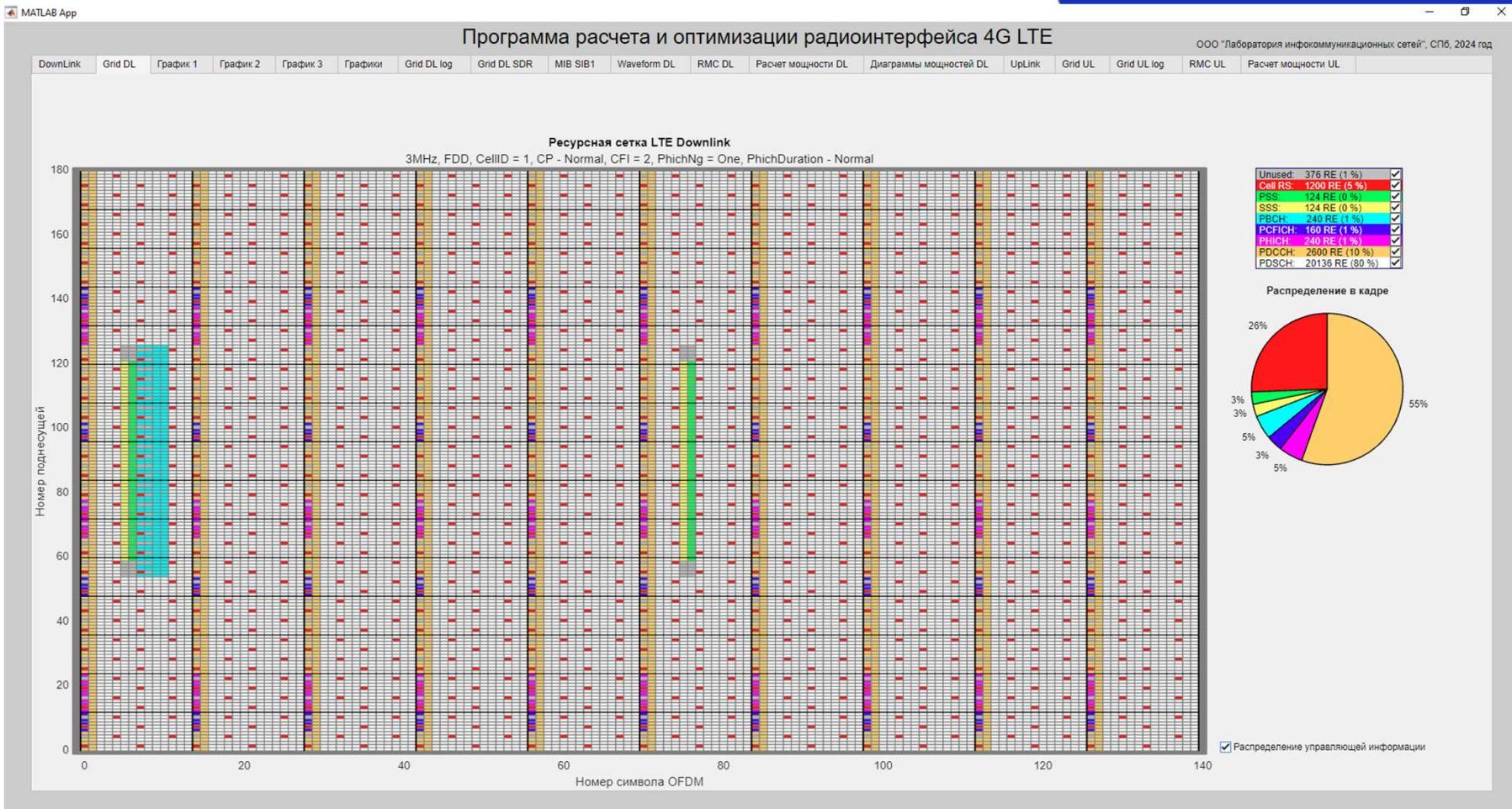
Расчет и оценка параметров радиоинтерфейса базовой станции LTE

Программа расчета и оптимизации радиоинтерфейса 4G LTE



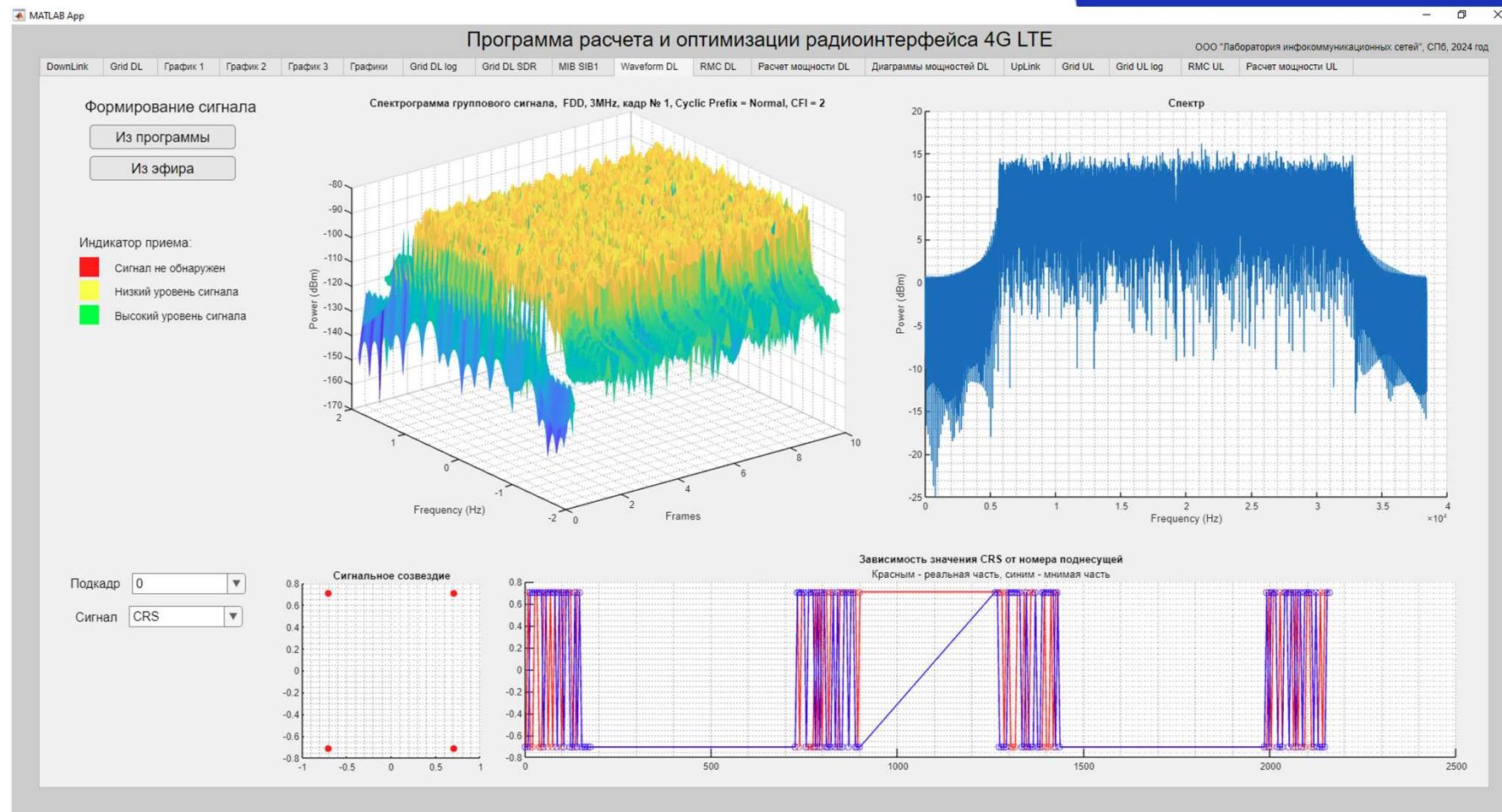
Ресурсная сетка каналов и сигналов LTE нисходящей линии связи (LTE Downlink)

Программа расчета и оптимизации радиоинтерфейса 4G LTE

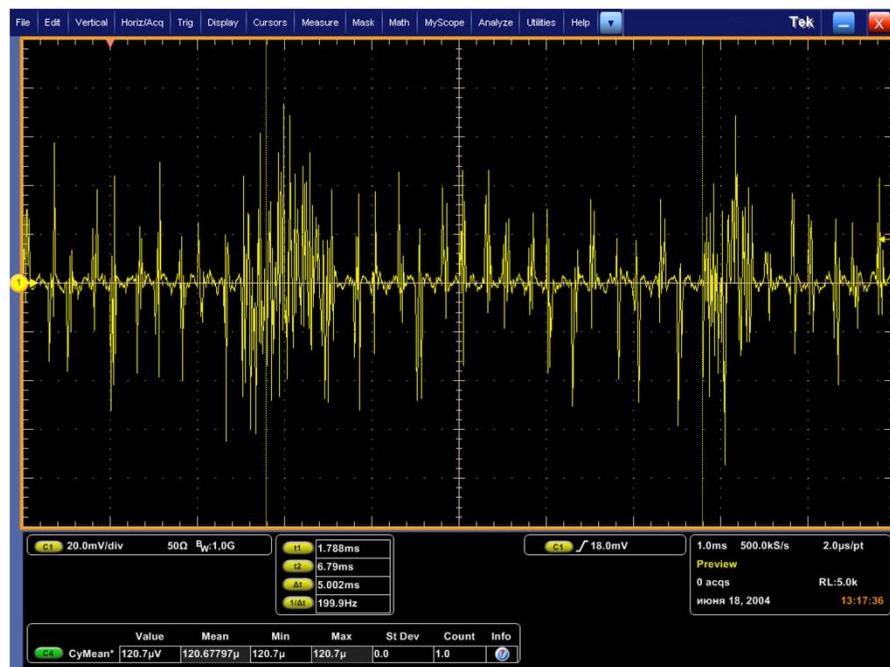


Представление спектра, спектrogramмы и сигнальных созвездий сигналов LTE

Программа расчета и оптимизации радиоинтерфейса 4G LTE

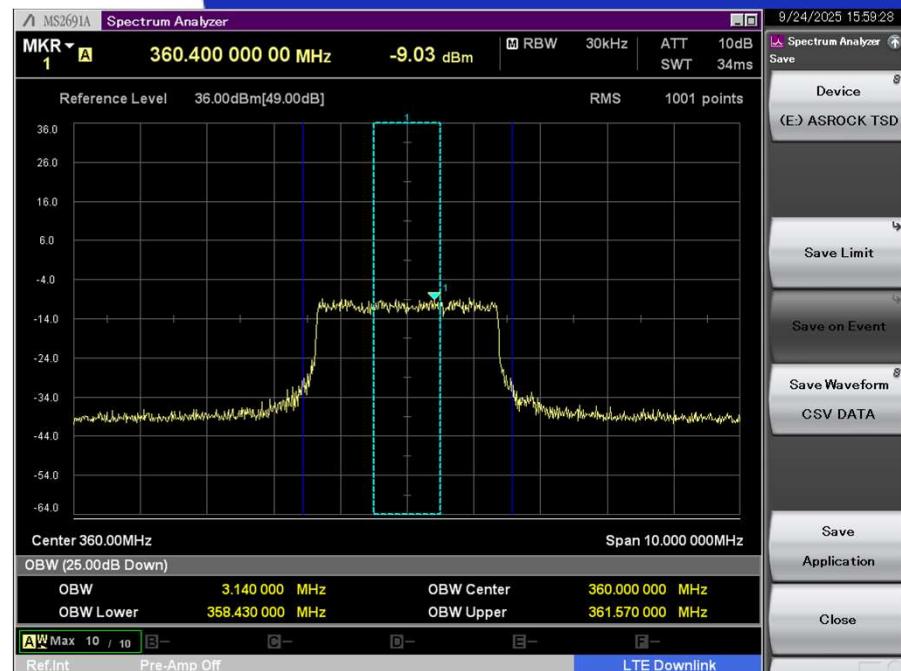


Представление LTE сигнала на осциллографе
Tektronix DPO 7104



Программа расчета и оптимизации
радиоинтерфейса 4G LTE

Представление LTE сигнала на анализаторе
сигналов Anritsu MS2691A



LTE Toolbox представляет собой специализированный набор инструментов MATLAB для моделирования, анализа и тестирования систем связи стандартов LTE и LTE-Advanced.

LTE Toolbox включает в себя функции:

- работы с ресурсной сеткой (lteResourceGrid, lteDLResourceGrid, lteResourceGridSize);
- OFDM-модуляции и демодуляции сигналов (lteOFDMInfo, lteOFDMModulate, lteOFDMDemodulate);
- генерации сигналов (ltePSS, lteCellRS, ltePDSCH, ltePUSCH, ltePRACH, lteSSS);
- индексации сигналов (ltePSSIndices, lteSSSIndices, lteCellRSIndices, ltePBCHIndices, ltePDSCHIndices, ltePCFICHIndices);
- декодирования сигналов (ltePBCHDecode, ltePDSCHDecode, ltePBCHDecode, lteCFIDeDecode, ltePHICHDecode, ltePUSCHDecode) и др.

LTE Toolbox

```
%lteOFDMInfo OFDM modulation related information
%   INFO = lteOFDMInfo(ENB) provides information related to the
%   OFDM modulation performed by
%   <a href="matlab: doc('lteOFDMModulate')">lteOFDMModulate</a> given cell-wide
%   settings structure ENB which must include the following fields:
%   NDLRB    - Number of downlink resource blocks
%   CyclicPrefix - Optional. Cyclic prefix length
%                  ('Normal'(default),'Extended')
%   Windowing - Optional. The number of time-domain samples over which
%               windowing and overlapping of OFDM symbols is applied.
%               (default depends on parameters above, for details, see
%               <a href="matlab: doc('lteOFDMModulate')">lteOFDMModulate</a>)

function info = lteOFDMInfo(enb,varargin)
narginchk(1,2);

info = mwltelibrary('lteOFDMInfo',enb);

if (nargin==2)

    % Validate NFFT input
    nfft = varargin{1};
    if (~isnumeric(nfft) && isempty(nfft))
        % If Nfft=[], return with default info calculated above
        return;
    end
    if (~isnumeric(nfft) || ~isscalar(nfft) || ~isfinite(nfft) || nfft<=0)
```

Расчет и оценка параметров радиоинтерфейса базовой станции 5G NR

Программа расчета и оптимизации радиоинтерфейса 5G NR

MATLAB App

Программа расчета и оптимизации радиоинтерфейса 5G NR

ООО "Лаборатория инфокоммуникационных сетей", СПб, 2024 год

Выбор объекта конфигурации для построения ресурсной сетки **Блок SS/PBCH**

Параметры базовой станции gNB

Частотный диапазон FR1	Нумерология 1
Рабочий диапазон n50	Число слотов в кадре 20
Расстояние между поднесущими 30 кГц	Число слотов в подкадре 2
Пропускная способность 10 МГц	Длина слота 0,5 мс
Физический Cell ID 0	Длина OFDM символа 33,4 мкс
Циклический префикс Нормальный	Длина OFDM символа вместе с циклическим префиксом 35,7 мкс
Число ресурсных блоков 24	Длина циклического префикса 2,3 мкс
Дуплексный режим TDD	
Период конфигурации слота 5 мс	
Число слотов Downlink 7	
Число символов Downlink 6	
Число слотов Uplink 2	
Число символов Uplink 4	

Параметры блока SS/PBCH

Расстояние между поднесущими в блоке SS/PBCH 30 кГц	Смещение блока SS/PBCH 0
--	---------------------------------

Параметры CSI-RS

Тип конфигурации ресурсов CSI-RS nzp
Периодичность слотов CSI-RS Отсутствует во всех слотах
Номер строки ресурса CSI-RS 1
Плотность частот ресурса CSI-RS 3
Местоположение во временной области 0
Местоположение в частотной области 0
Число выделенных ресурсных блоков 24

Параметры PDSCH

Тип сопоставления A
Начальный символ 0
Число символов 14
Начальный ресурсный блок 0
Конечный ресурсный блок 23
Чередование VRB-PRB Отключить
Размер пакета VRB 2
Тип конфигурации опорных сигналов DM-RS 1
Положение первого символа OFDM DM-RS 2
Число дополнительных позиций DM-RS 0
Конфигурация PT-RS Отключить
Плотность времени PT-RS 1
Плотность частоты PT-RS 2

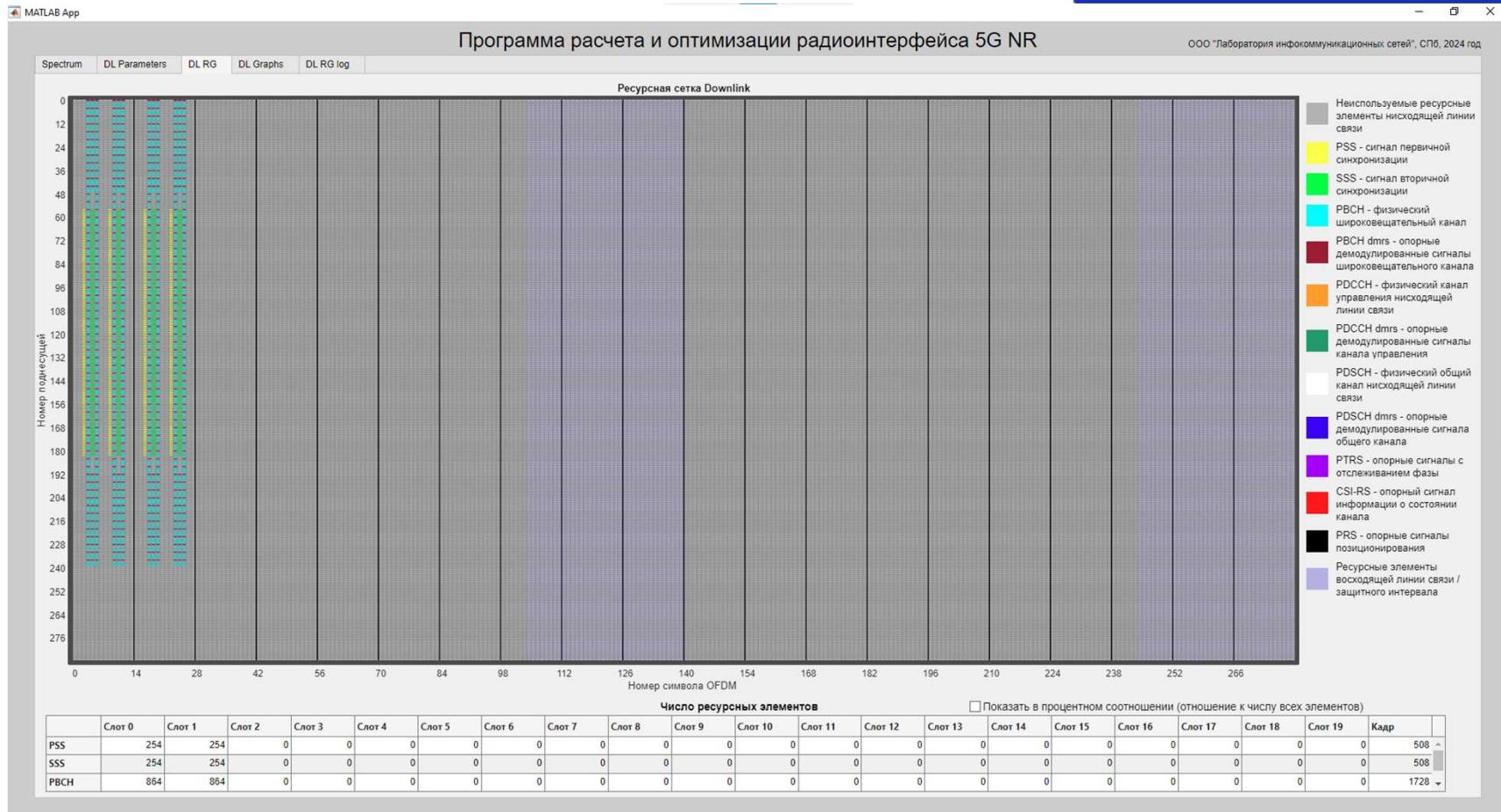
Параметры PDCCH

Число ресурсных блоков в BWP 24
Уровень агрегации 8
Длительность CORESET в символах OFDM 2
Выбор сопоставления CCE-REG С чередованием
Размер пакетов REG 6
Размер перемежителя 2

Построение ресурсной сетки

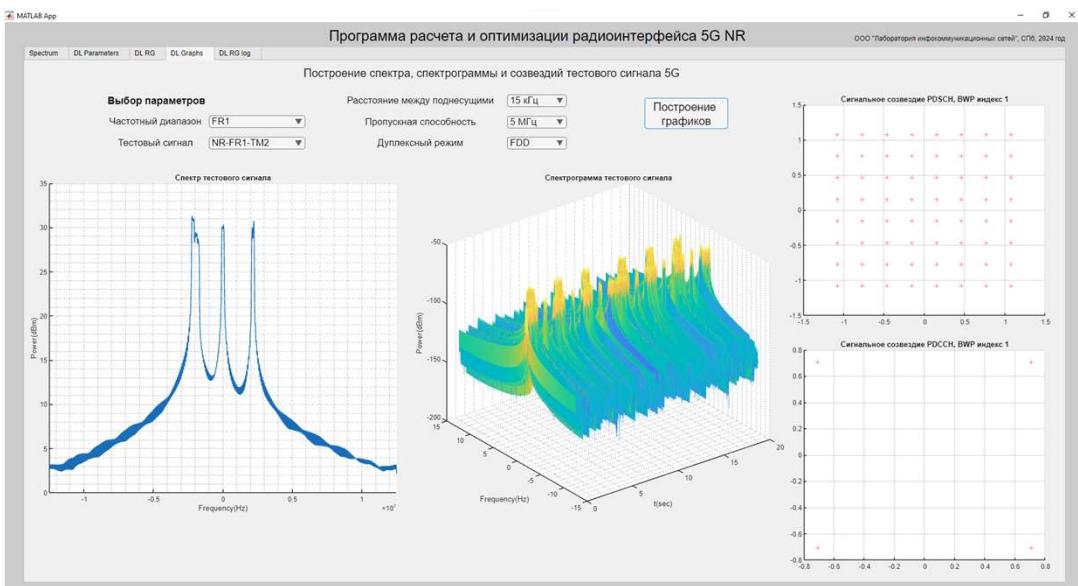
Ресурсная сетка каналов и сигналов 5G NR нисходящей линии связи (NR Downlink)

Программа расчета и оптимизации радиоинтерфейса 4G NR



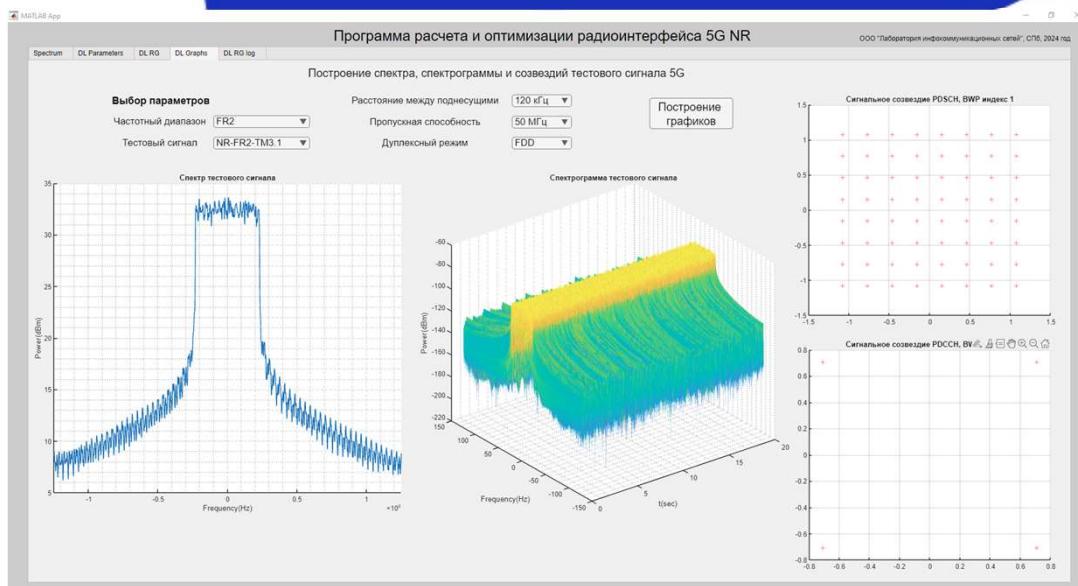
Представление спектра, спектrogramмы и сигнальных созвездий сигналов 5G NR

Вид спектра, спектrogramмы и сигнальных созвездий для тестового сигнала NR-FR1-TM2 при расстоянии между поднесущими 15 кГц, ширине канала 5 МГц и дуплексном режиме FDD

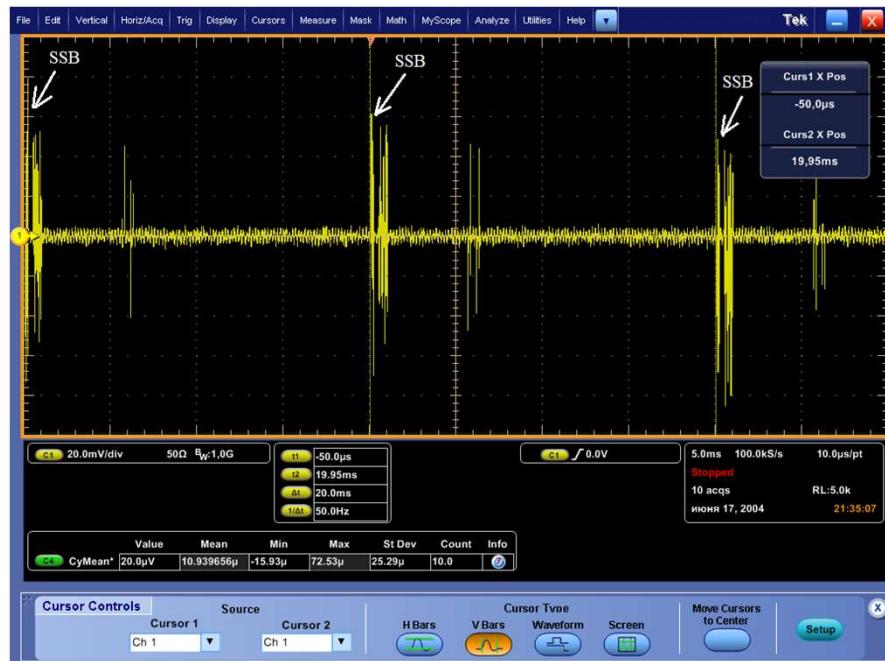


Программа расчета и оптимизации радиоинтерфейса 5G NR

Вид спектра, спектrogramмы и сигнальных созвездий для тестового сигнала NR-FR2-TM3.1 при расстоянии между поднесущими 120 кГц, ширине канала 50 МГц и дуплексном режиме FDD

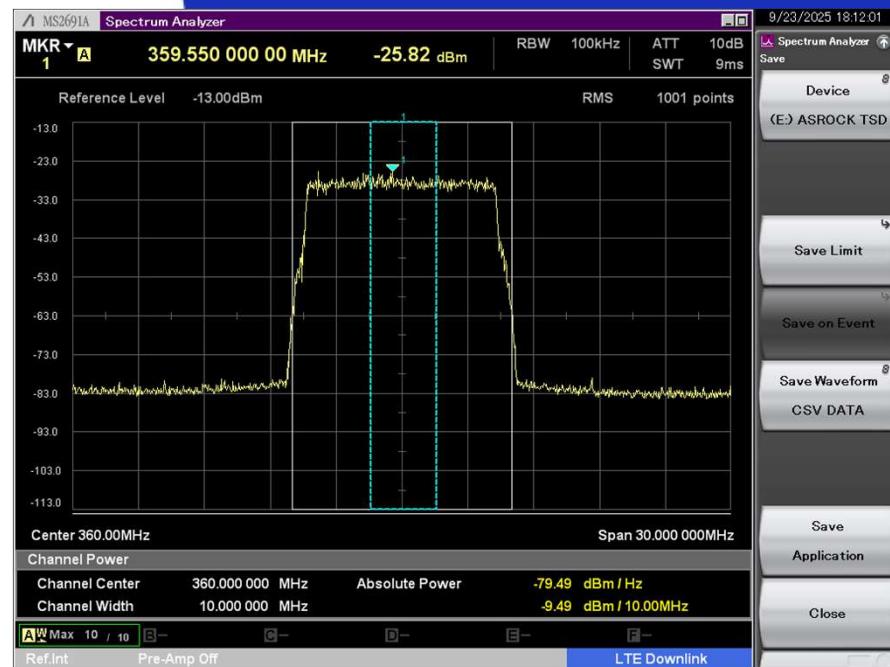


Представление 5G NR сигнала на осциллографе Tektronix DPO 7104



Программа расчета и оптимизации радиоинтерфейса 5G NR

Представление 5G NR сигнала на анализаторе сигналов Anritsu MS2691A



5G Toolbox представляет собой специализированный набор инструментов MATLAB для моделирования, анализа и тестирования систем связи стандартов 5G и 5G-Advanced в соответствии со спецификациями 3GPP New Radio (NR).

5G Toolbox включает в себя функции:

- настройки конфигурации (nrCORESETConfig, nrCarrierConfig, nrResourceGrid, nrPDSCHConfig, nrSearchSpaceConfig, nrCSIRSConfig);
- генерации сигналов (nrWaveformGenerator, nrCSIRS, nrPBCHDMRS, nrPSS, nrSSS);
- OFDM-модуляции и демодуляции сигналов (nrOFDMModulate, nrOFDMDemodulate, nrOFDMInfo);
- индексации сигналов (nrPBCHIndices, nrPDSCHIndices, nrCSIRSIndices);
- декодирования сигналов (nrPBCHDecode, nrPDCCHDecode, nrPDSCHDecode) и др.

5G Toolbox

```
function [ind,info] = nrPDSCHIndices(carrier,pdsch,varargin)
%nrPDSCHIndices Physical downlink shared channel resource element indices
% [IND,INFO] = nrPDSCHIndices(CARRIER,PDSCH) returns the matrix IND
% containing 1-based physical downlink shared channel resource element
% (RE) indices within the carrier resource grid, in linear form. The
% matrix IND is obtained from TS 38.211 Sections 7.3.1.5 and 7.3.1.6, for
% the given carrier configuration CARRIER and downlink shared channel
% configuration PDSCH. The number of columns in IND is equal to the
% number of antenna ports configured. This syntax also provides the
% structural information INFO about the bit capacity, symbol capacity,
% the DM-RS OFDM symbol locations, and PT-RS OFDM symbol locations
% associated with the physical downlink shared channel.
%
% CARRIER is a carrier configuration object as described in
% <a href="matlab:help('nrCarrierConfig')">nrCarrierConfig</a> with the
% following properties:
%
% SubcarrierSpacing - Subcarrier spacing in kHz
% (15 (default), 30, 60, 120, 240)
% CyclicPrefix - Cyclic prefix ('normal' (default), 'extended')
% NSizeGrid - Number of resource blocks in carrier resource
narginchk(2,8);

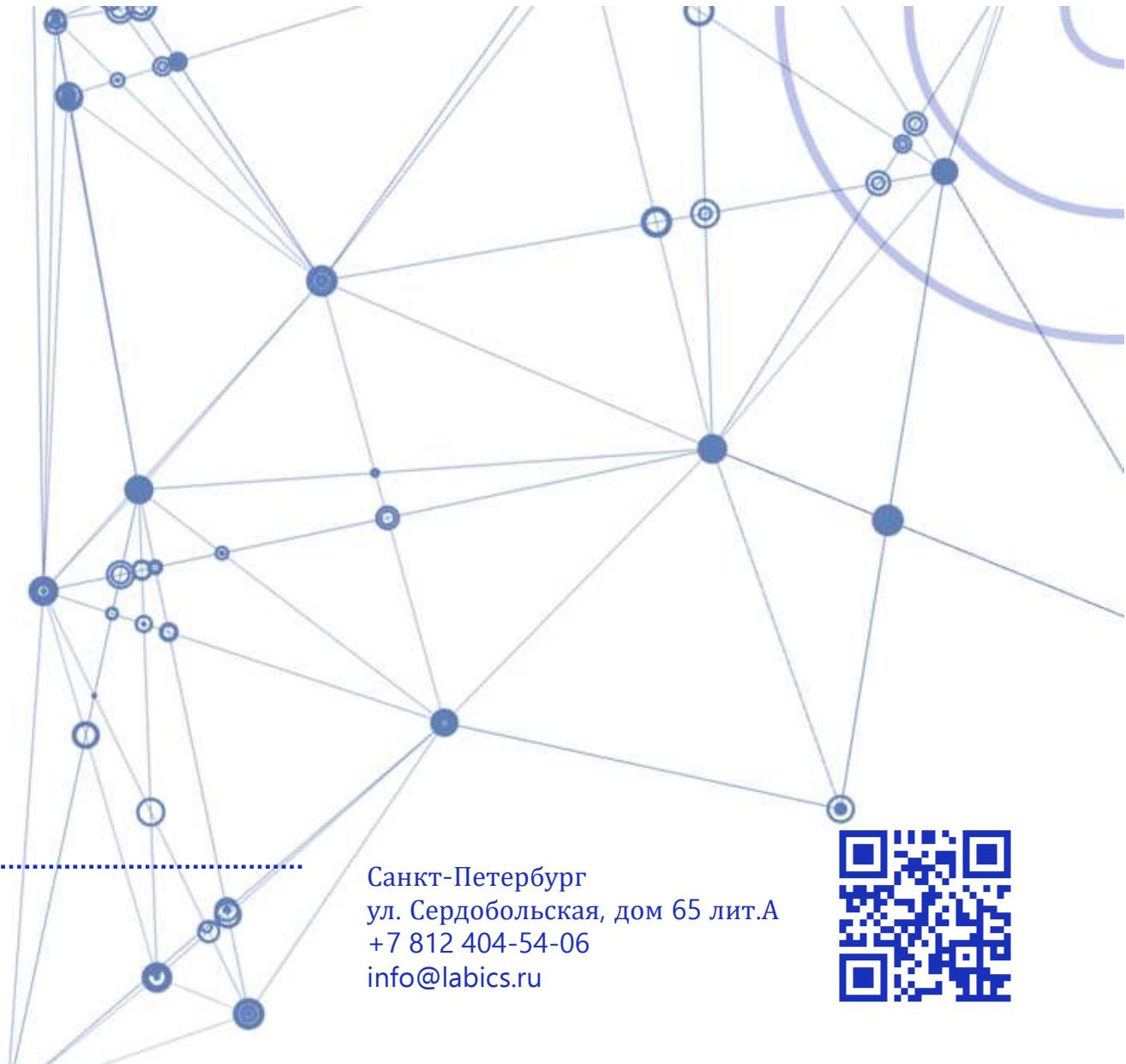
% PV pair check
coder.extrinsic('nr5g.internal.parseOptions')

% Validate inputs
[nSizeGrid,nStartGrid,nSizeBWP,nStartBWP,symbperslot] = ...
nr5g.internal.pdsch.validateInputs(carrier,pdsch);
```



ЛАБОРАТОРИЯ
инфокоммуникационных сетей

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ**



Санкт-Петербург
ул. Сердобольская, дом 65 лит.А
+7 812 404-54-06
info@labics.ru

