СЕМИНАР «Автоматизированные системы управления в распределительных электрических сетях России: достижения и перспективы развития с учетом международного опыта СИГРЭ»

Возможности и опыт эксплуатации современной цифровой аппаратуры ВЧ-связи по ЛЭП 35-750 кВ.

Назаров Юрий Валерьевич

Москва. 25 июня 2015 года

Основные характеристики

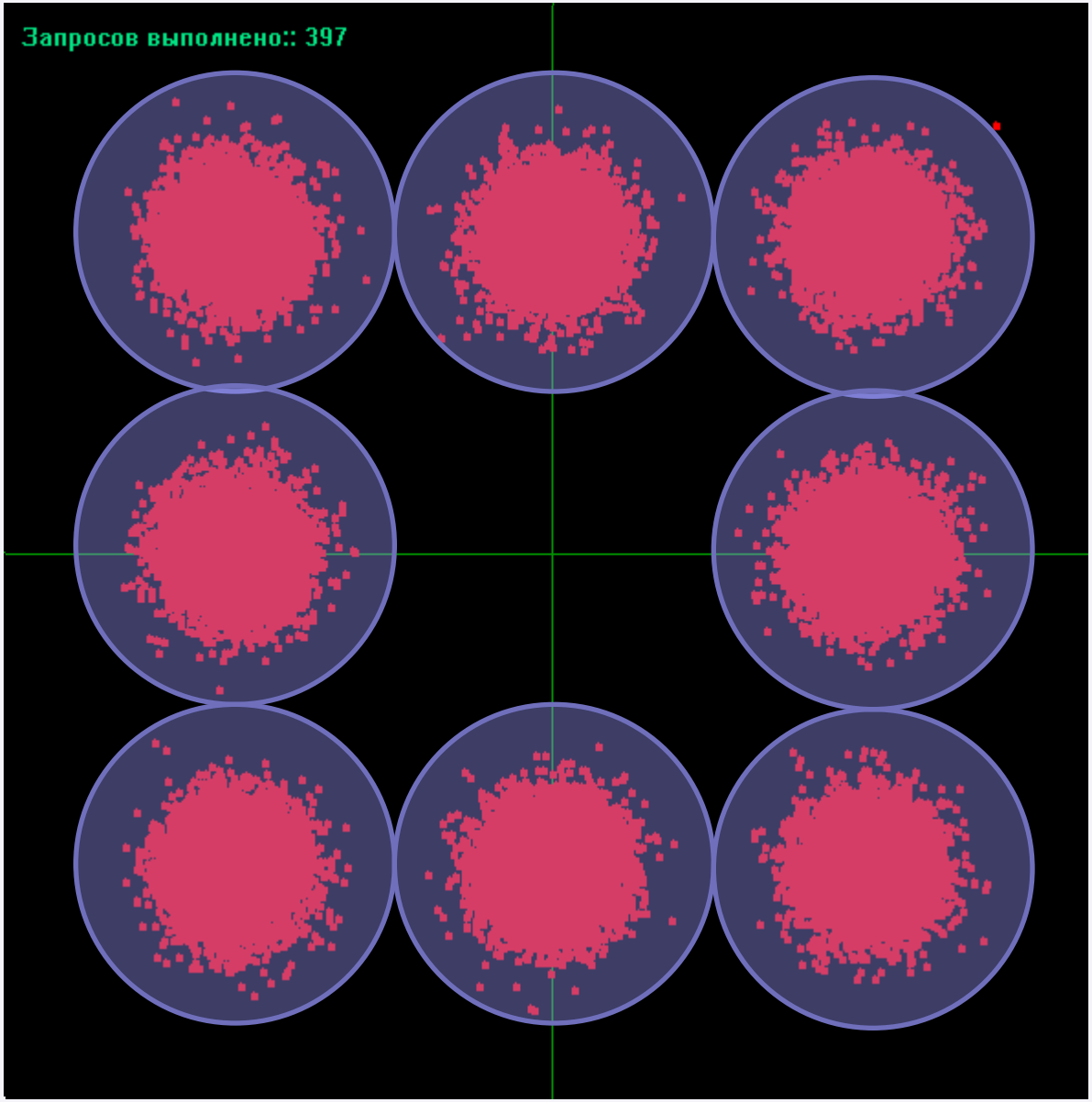
- соответствие IEC 60495 (1993), IEC 62488-1 (2012), «Типовые технические требования …» (СТО 56947007-33.060.40.177-2014);
- диапазон рабочих частот – 16 ÷ 1000 кГц;
- выходная мощность – 40 ÷ 100 Вт (46 ÷ 50 дБм);
- режим работы – аналог. (ЧРК), цифр. (ВРК);
- скорость ИЦП в ВРК:

  для полосы 4 кГц – 6,4÷28,8 кбит/с;

  для полосы 16 кГц – до 115,2 кбит/с;

- Наличие мультиплексора (ПД, телефонная связь);
- Встроенный эхокомпенсатор и эквалайзер.

КАМ-модуляция



КАМ-8 (QAM-8)

3 бита

F_T=3200 Гц

9600 бит/с

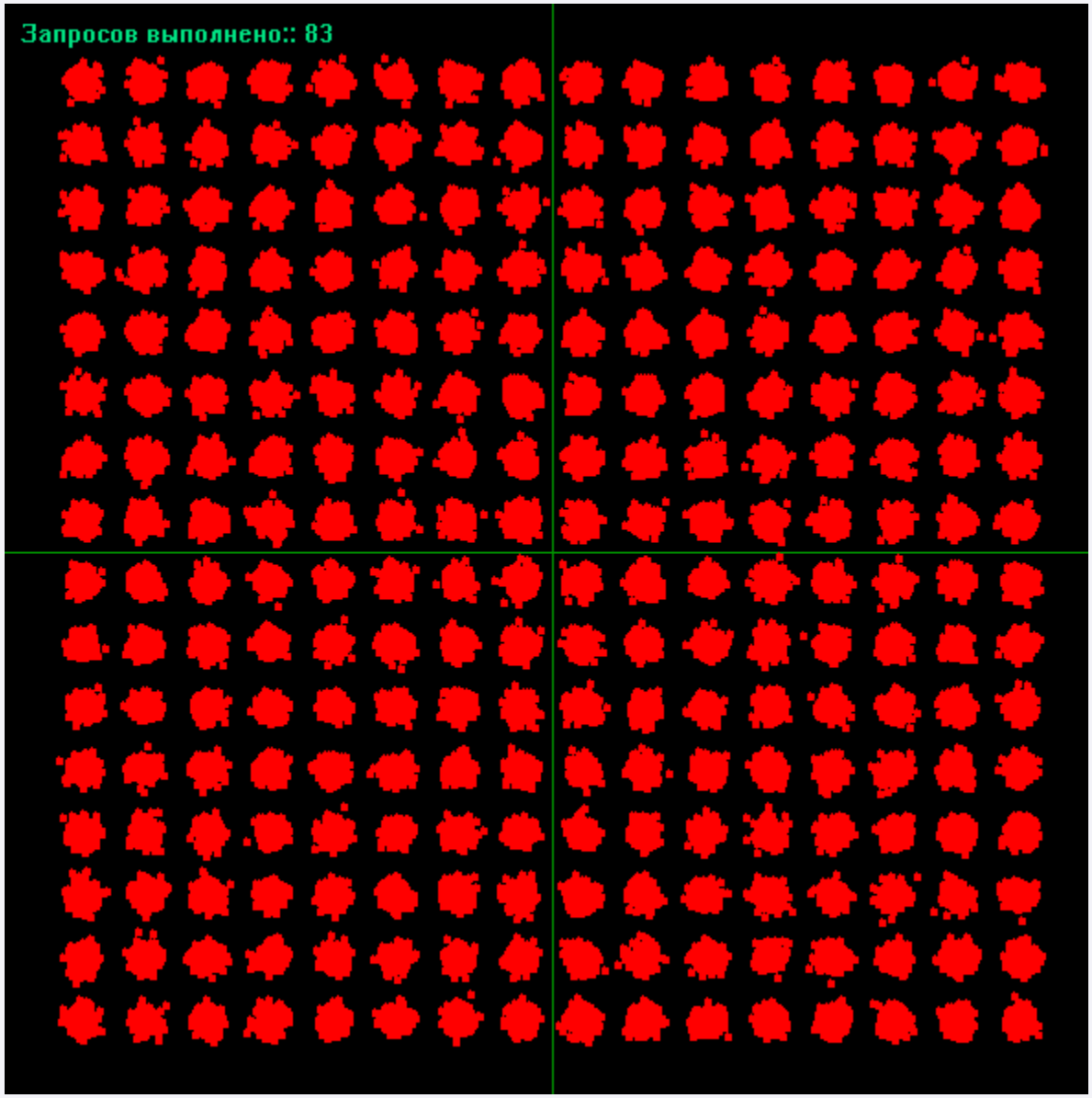
F_T=6400 Гц

19200 бит/с

F_T=12800 Гц

38400 бит/с

КАМ-модуляция



КАМ-256

8 бит

F_T=3200 Гц

25600 бит/с

F_T=6400 Гц

51200 бит/с

F_T=12800 Гц

102400 бит/с

Мультиплексор

Источники данных мультиплексора:

- телефонные каналы со сжатием (например, G.729D);
- каналы прозрачной передачи данных 100-1200 бод;
- каналы передачи данных RS-232/485 (1,2-230,4 кбит/с);
- каналы Ethernet;
- удаленный доступ.

Характеристики каналов передачи данных

Параметр	ЦВК-16	ЦВК-16М/8	ЦВК-16М/16
Базовая полоса	4 кГц	8 кГц	16 кГц
Максимальная скорость, кбит/с	25,6	51,2	102,4
Время задержки, мс	100	60	30
Прохождение ping, мс (Ethernet)	250	150	68

Каналы ПД удовлетворяют требованиям СО-ЕЭС по времени доставки телеинформации 1-2 с

- Использование каналов передачи данных
  - телемеханика (АСТУЭ);
  - АИИС КУЭ (АСКУЭ);
  - регистраторы аварийных событий;
  - ММО

Передача ТМ в протоколах МЭК-101 и МЭК-104

МЭК-101 (1,2÷9,6 кбит/с)					
Энергосистема	Количество			Ввод в эксплуатацию	Число ПС
	ТС	ТИ	ТУ		
Оренбургэнерго	250	200	40	с 2007	> 30
Вологдаэнерго	264	14	82	с 2007	14
Ленэнерго	210	616	50	с 2008	> 10

МЭК-104 (25,6÷102,4 кбит/с)					
Энергосистема	Количество			Ввод в эксплуатацию	Число ПС
	ТС	ТИ	ТУ		
Томская РК	201	324		с 2012	4
Ленэнерго	100	20	80	с 2014	2
Тулаэнерго	60	15	40	с 2014	1

Особенности среды передачи

- значительный диапазон изменения соотношения сигнал/помеха при изменении уровня принимаемого сигнала (ГИО), при осадках (ливневый дождь);
- наличие импульсных помех;
- скачкообразные изменения АЧХ и ГВП ВЧ-тракта (изменение коммутационного состояния ВЛ).

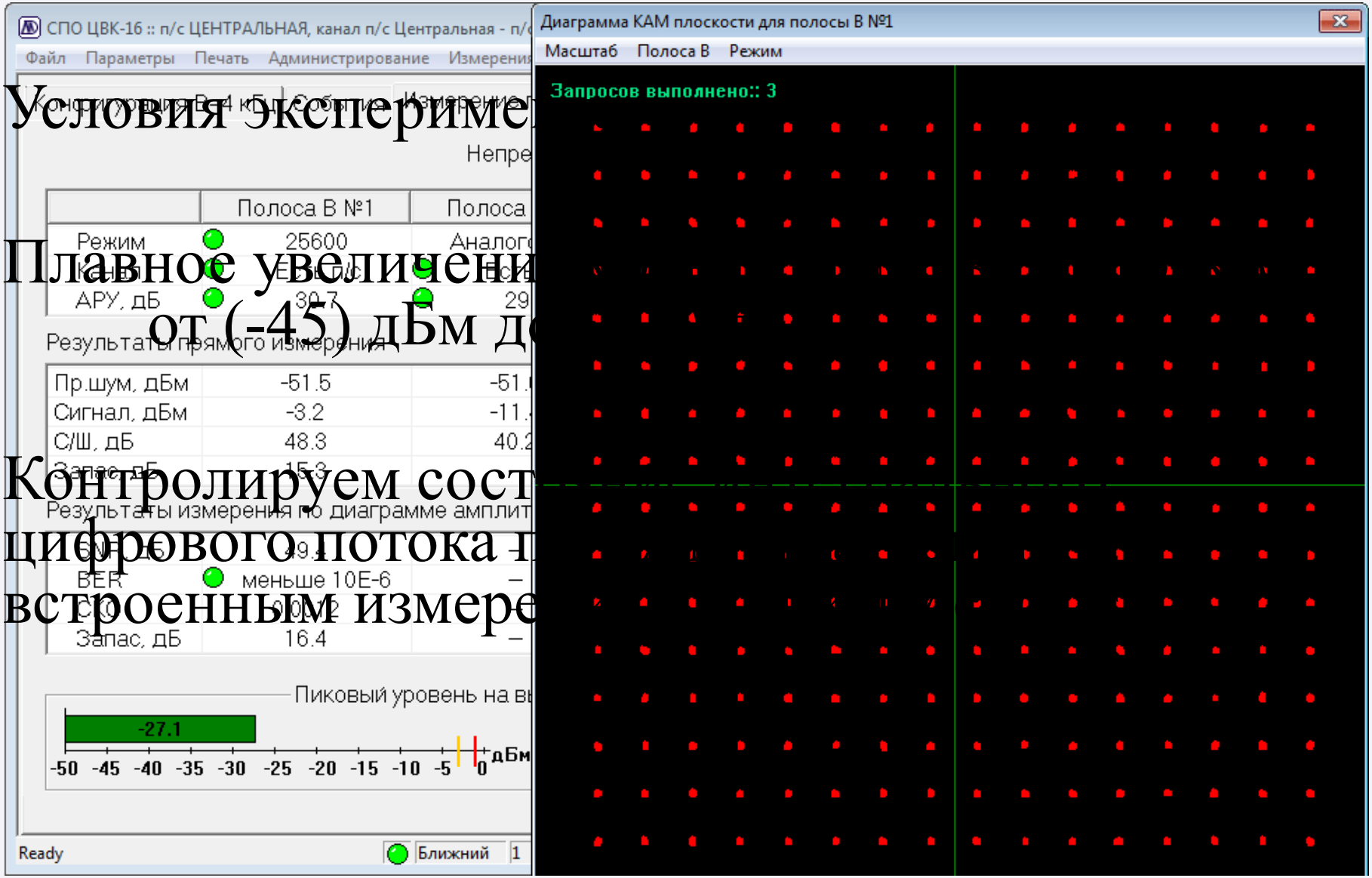
Аппаратура должна быть адаптирована к среде передачи.

Работа канала при ухудшении SNR

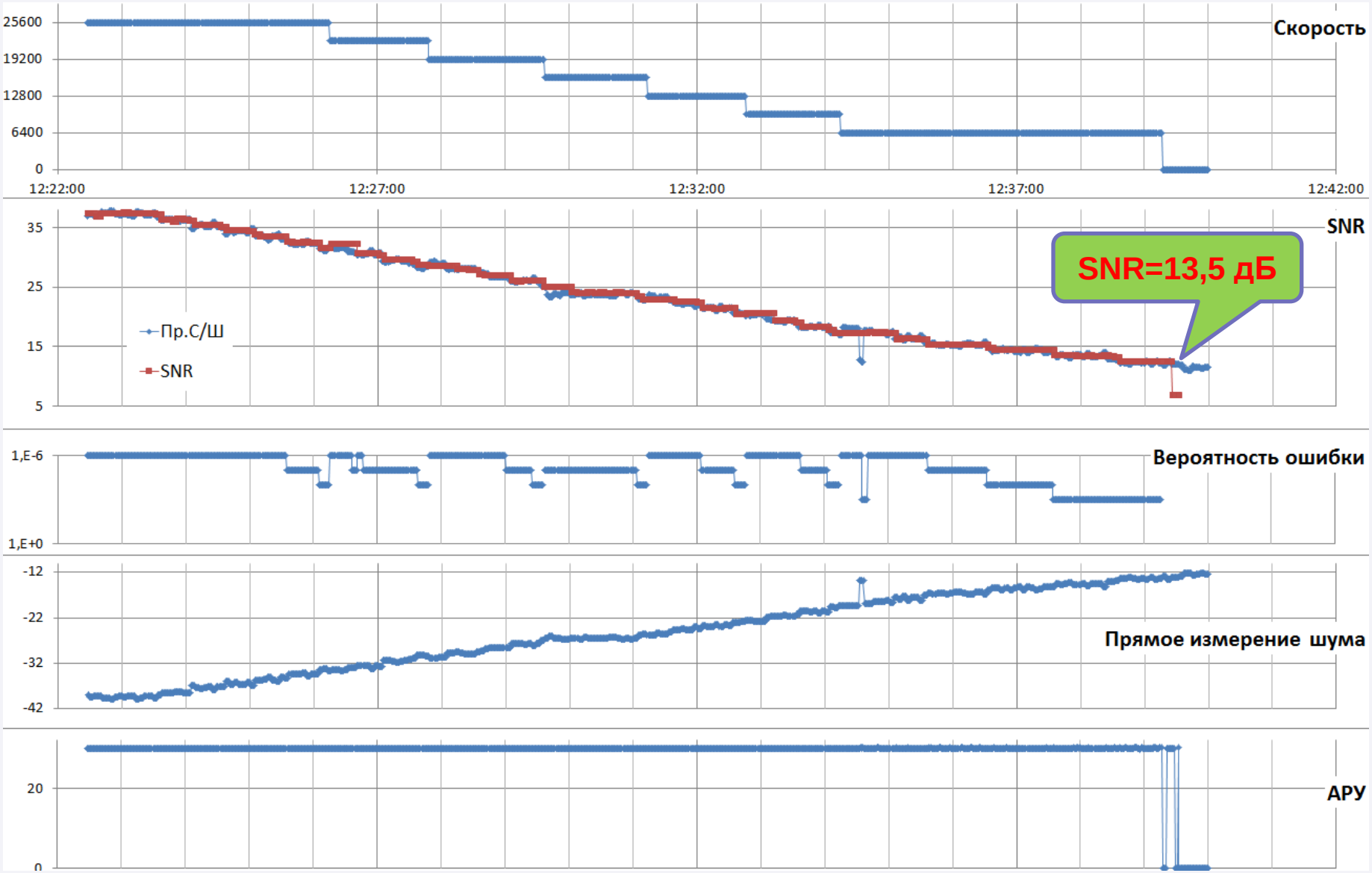
Условия эксперимен

Плавное увеличени
от (-45) дБм д

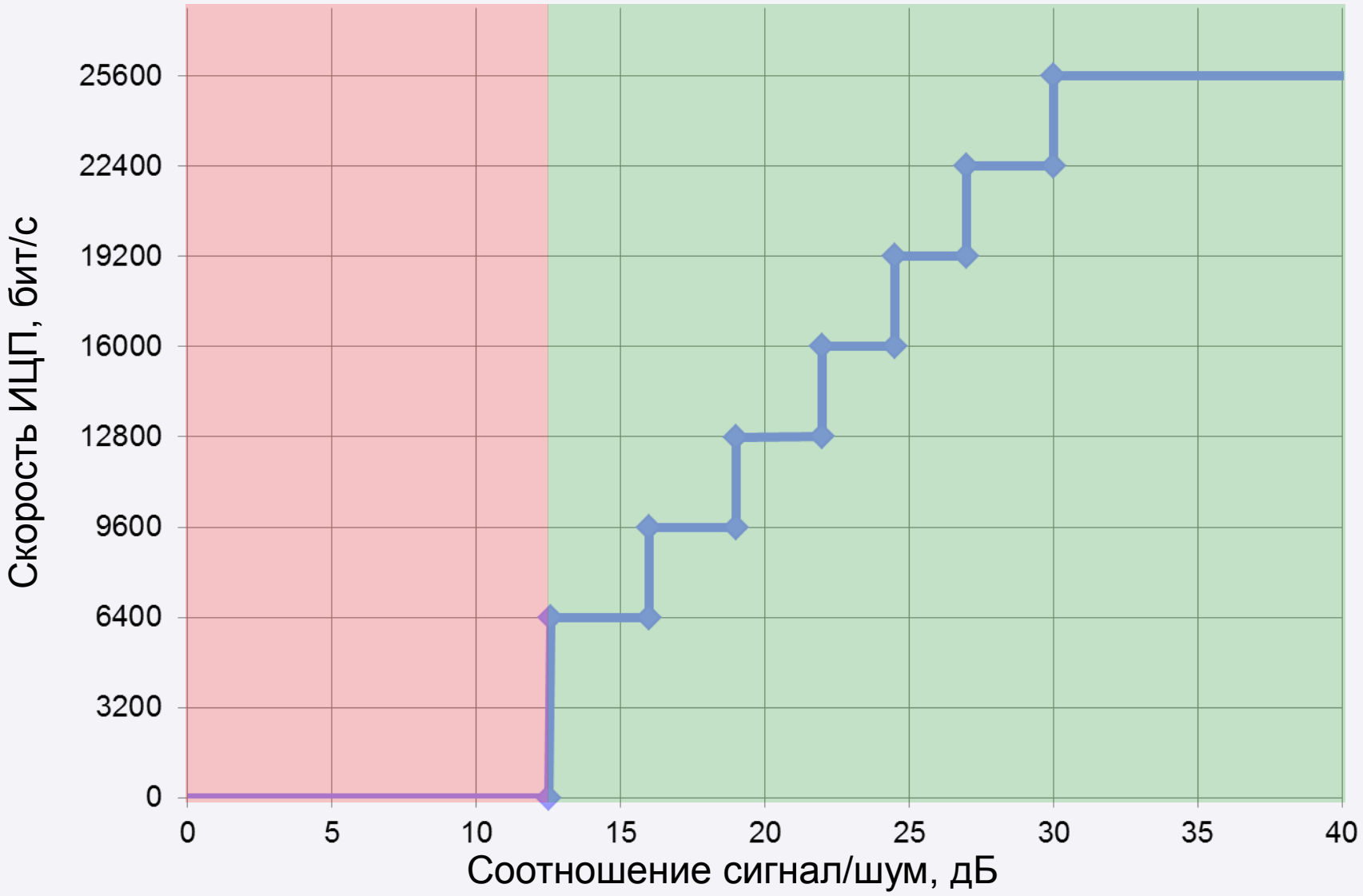
Контролируем сост
цифрового потока п
встроенным измере



Работа канала при ухудшении SNR



Адаптация

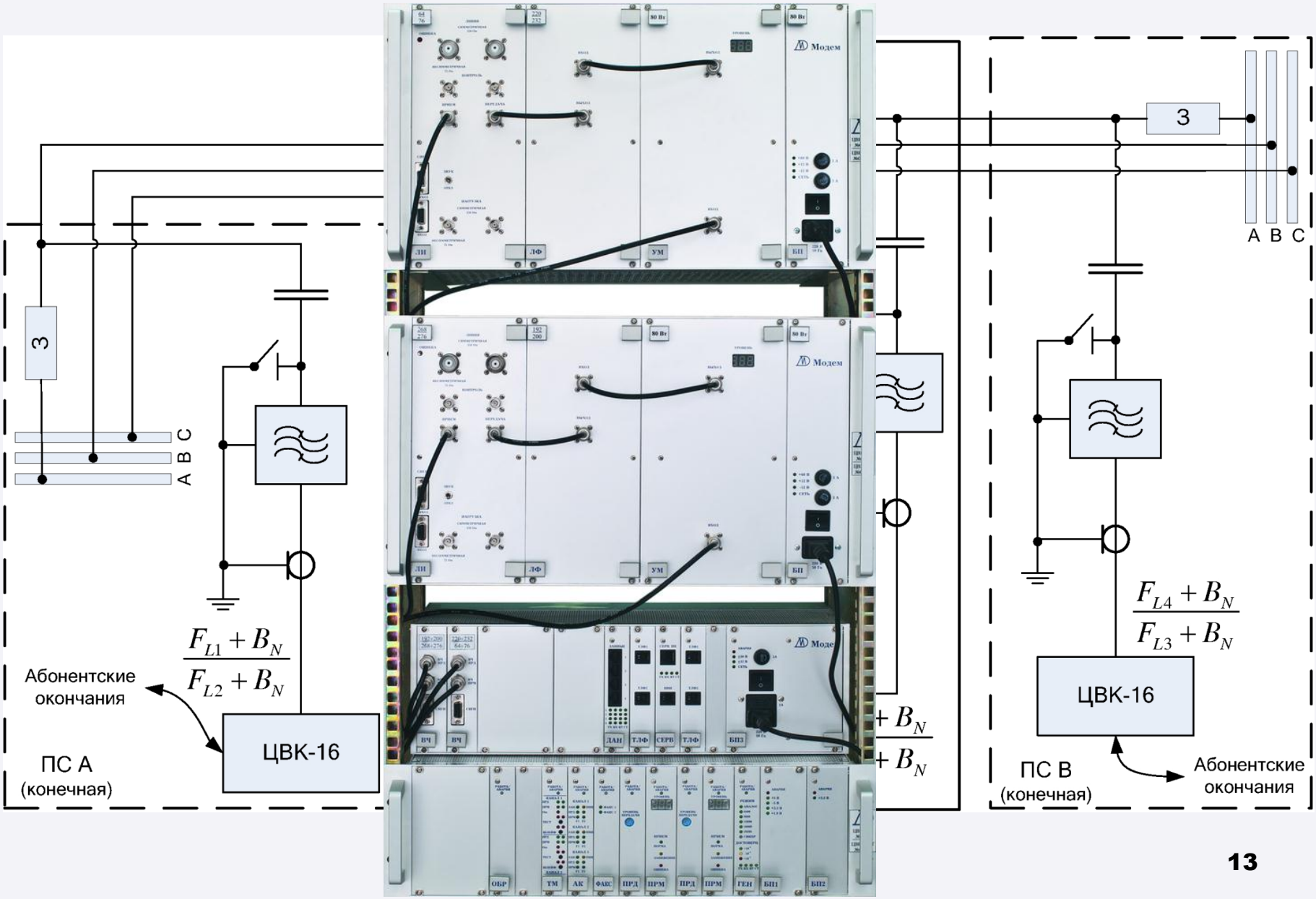

Скорость ИЦП, бит/с
25600
22400
19200
16000
12800
9600
6400
3200
0
0
5
10
15
20
25
30
35
40
Соотношение сигнал/шум, дБ

Переприем цифровых ВЧ-каналов

Проблема цифровых ВЧ-каналов с переприемом:

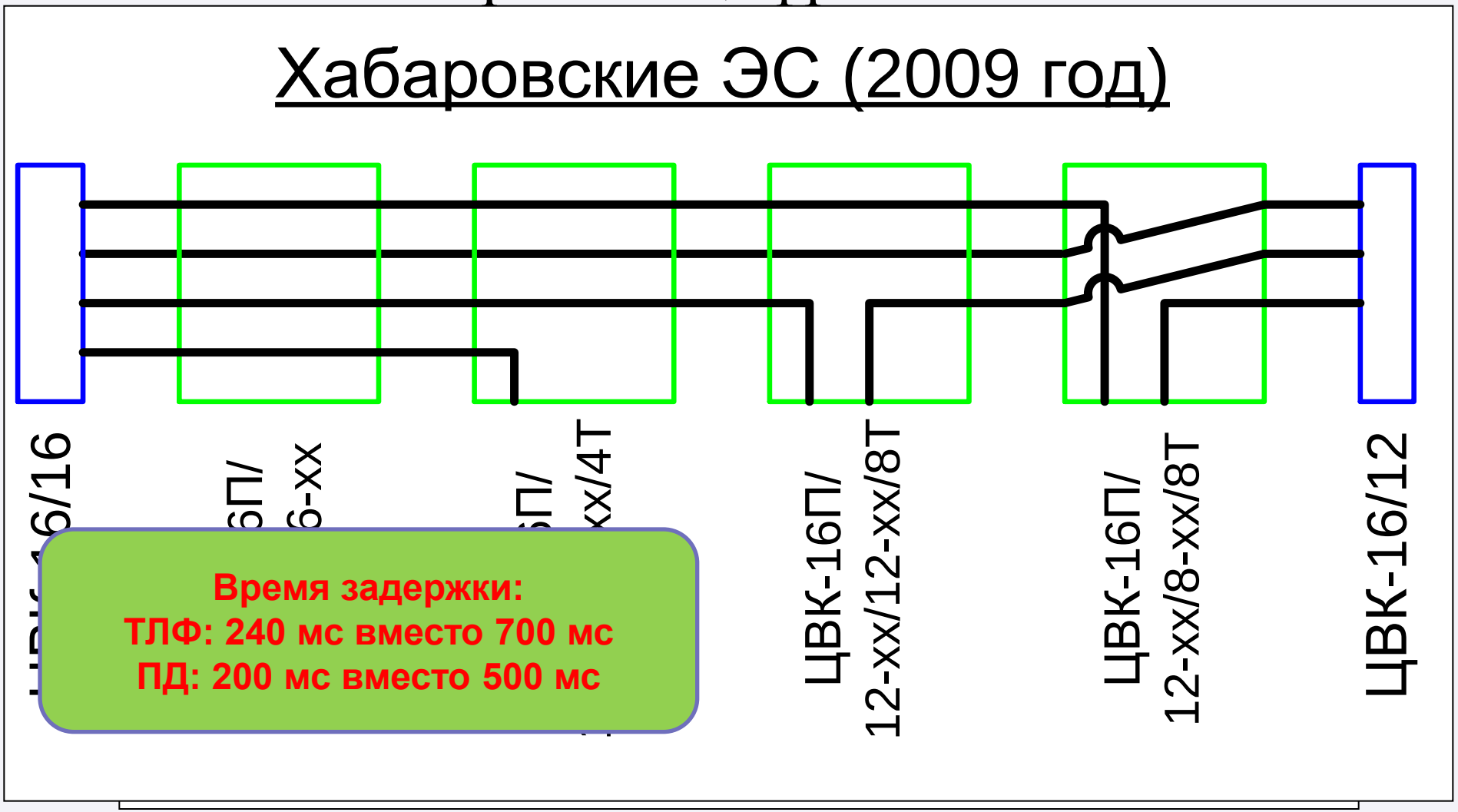
- увеличение времени задержки;
- ухудшение качества речи, потеря разборчивости;
- увеличение стоимости;
- наличие НЧ-переприемов (согласование уровней сигналов).

Активный переприем



Реализованные варианты схем

Возможно построение цифровых «ВЧ-сетей».



Сравнение вариантов переприема

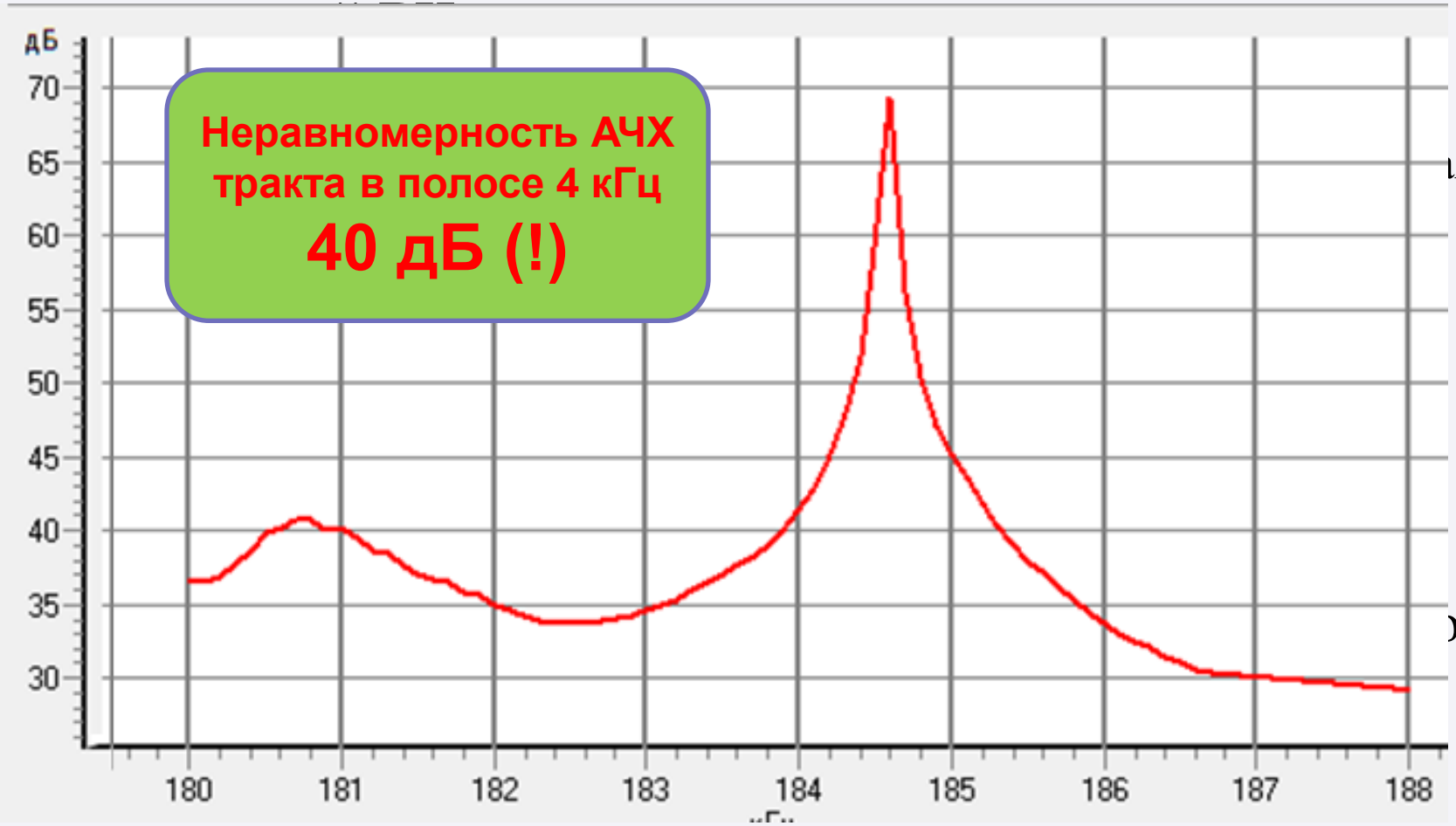
Характеристика	Тип переприема	
	по НЧ-окончаниям	переприем ЦВК-16П
макс. число переприемов	один	до четырех
перекрываемое затухание	максимальное, нет суммирования помех разных линейных трактов	ниже, чем для 1ого варианта, из-за суммирования помех разных транзитных участков тракта
время задержки	увеличение в два раза (для ТЛФ +140 мс)	дополнительная задержка на каждый переприем – 25 мс
качество речевого канала	снижение качества речи из-за работы 2х последовательно включенных вокодеров	нет ухудшения качества речи

Опыт работы

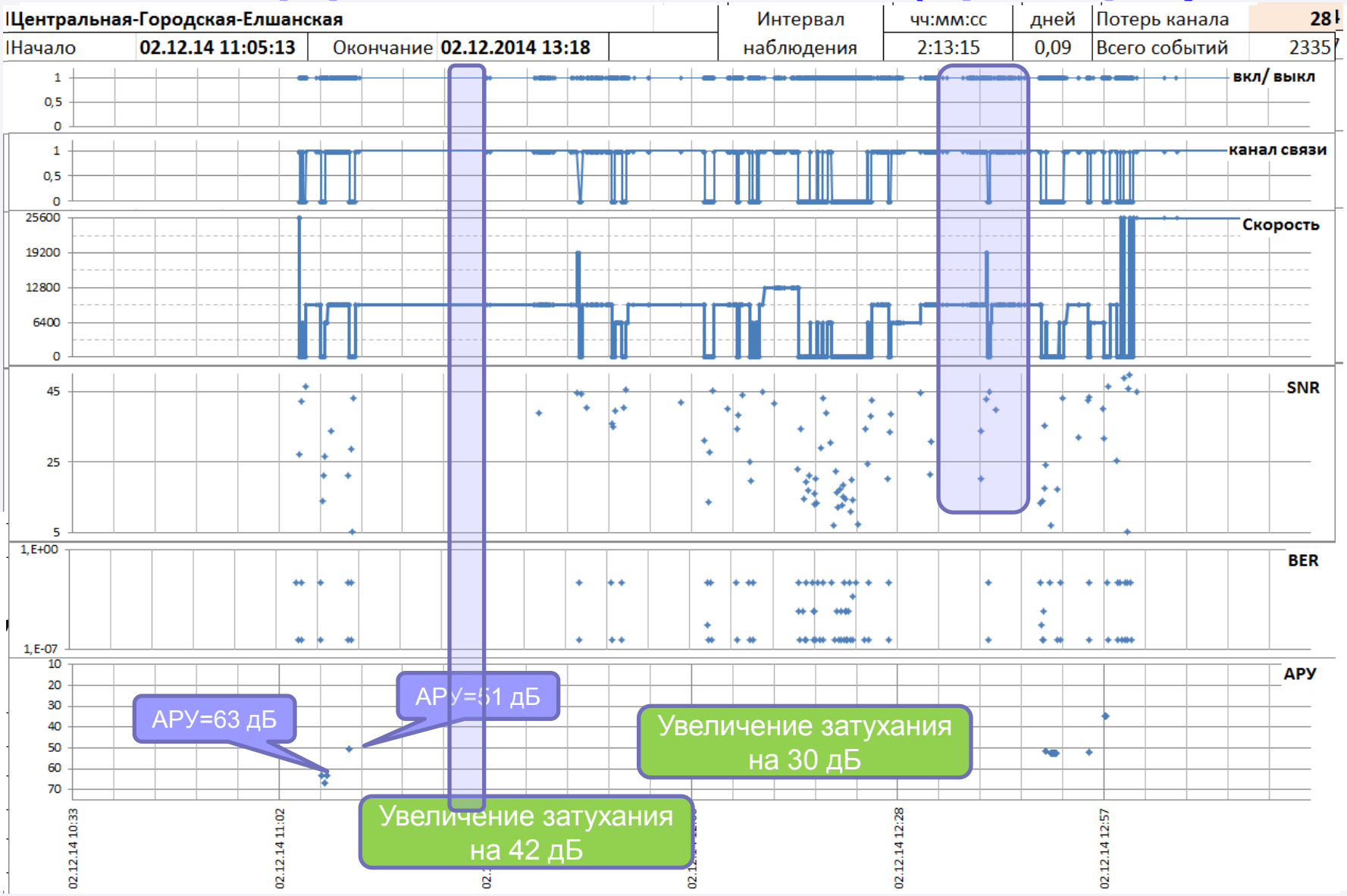
139 п/к
Восточные ЭС (с 2006 года)
47 п/к, 70 каналов по 4 кГц
7 в аналоговом режиме
Белорецк
Бугуруслан
Салават
Магнитогорск
Мелеуз
Кумертау
Оренбургская область
Оренбург
Уральск
озеро Шалкар
А-30
Р-336

Причины неработоспособности ВЧ-каналов

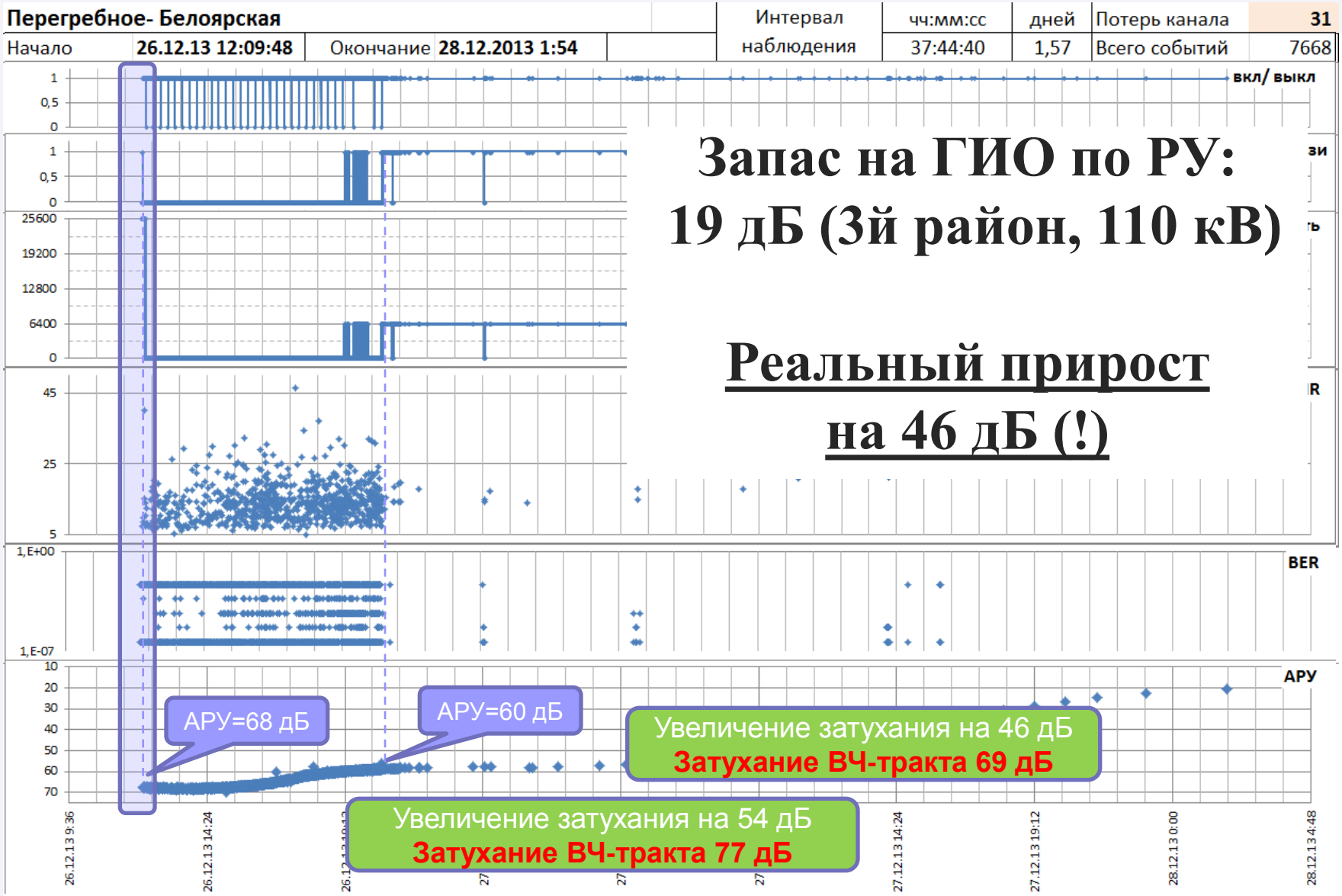
- ❑
- •
- •
- •
- •
- ❑
- •
- •



Коэффициент готовности (пример 1)



Коэффициент готовности (пример 2)



События за 3 месяца

Результаты эксплуатации

По результатам эксплуатации цифровых каналов ВЧ-связи:

- возможно построение надежных цифровых каналов ВЧ-связи (требования СО-ЕЭС не ниже 0,98);
- требуется пересмотр требований к запасу на гололед (ГИО);
- использование переносных заградителей при работе на линии.

Достоинства цифровых ВЧ-каналов

- возможность передачи данных с относительно высокой скоростью (9,6; 64 кбит/с);
- быстрое восстановление канала связи при обрывах ЛЭП;
- быстрое строительство канала связи;
- отсутствие шумов ВЧ-тракта в телефонном канале

Использование цифровых ВЧ-каналов

- каналы связи в распределительных сетях 35-110 кВ;
- резервные каналы;
- при невозможности подвески ВОЛС на старых опорах;
- при оптимизации стоимости построения технологической сети связи.

Спасибо за внимание