

Клуб Радиоинженеров Rohde & Schwarz

# ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР ПО СПЕКТРАЛЬНОМУ АНАЛИЗУ

Александр Агуреев

Инженер по анализаторам спектра и сигналов

ООО «РОДЕ и ШВАРЦ РУС»

**ROHDE & SCHWARZ**

Make ideas real



# ПОВЕСТКА ДНЯ

- ▶ Введение и обзор литературы
- ▶ Роль и место Децибелов в анализаторах спектра
- ▶ Структурная схема анализатора спектра
- ▶ Решения R&S для учебного процесса



# **ВВЕДЕНИЕ И ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**



## КОГДА МЫ СТАЛКИВАЕМСЯ С РАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ?

Этапы:

Радиоловитель

Студент (преподаватель) технического учебного заведения

Инженер

Ученый

Поднимите  
пожалуйста руку  
кому за ранее  
доводилось работать  
с анализатором  
спектра?

# ПОЧЕМУ ИМЕННО АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА?

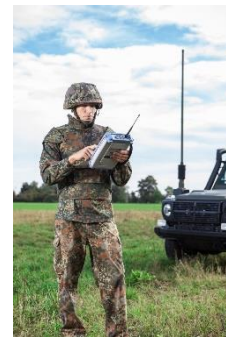
Мобильная связь



Радар



Военный и гражданский



Теле- радио- вещание



Спутниковая связь



На выезде и в лаборатории

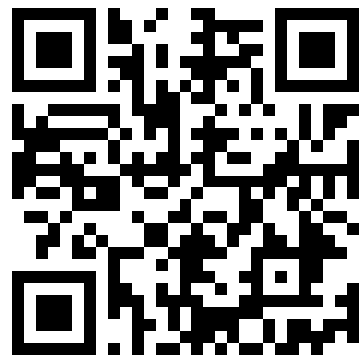




# МОЯ НАСТОЛЬНАЯ КНИГА



# КНИГА КРИСТОФА РАУШЕРА «ОСНОВЫ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА»



# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- ▶ Видео академия Роде и Шварц



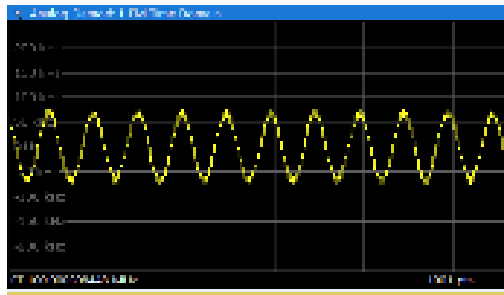
## Видео Академия



- ▶ Смотреть ролики Видео Академии
- ▶ Канал YouTube R&S RUS
- ▶ Заявка на съемку учебного видео



# ПОЧЕМУ ИМЕННО АНАЛИЗАТОРЫ СПЕКТРА?



► Временная область

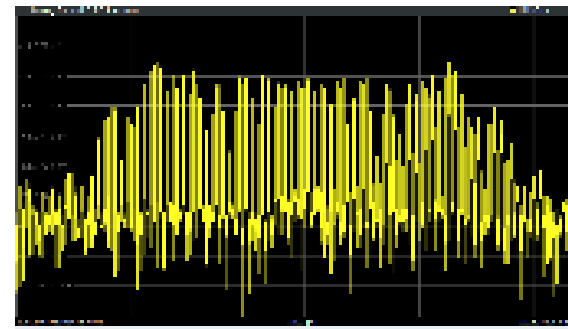
Два режима наблюдения (анализа) связаны друг с другом преобразованием Фурье (обозначаемым обычно буквой  $F$ ), поэтому каждый сигнал, изменяющийся во времени, имеет характерный частотный спектр. В этом случае имеют место следующие соотношения:

$$X_f(f) = F[x(t)] = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \cdot e^{j2\pi ft} dt \quad (2.2)$$

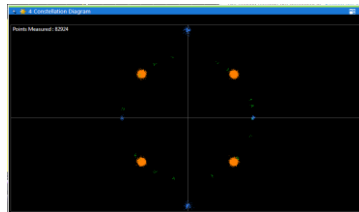
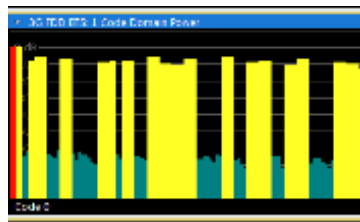
и

$$x(t) = F^{-1}\{X_f(f)\} = \int_{-\infty}^{+\infty} X_f(f) \cdot e^{j2\pi ft} df, \quad (2.3)$$


где  $F\{x(t)\}$  – преобразование Фурье от сигнала  $x(t)$ ;  $F^{-1}\{X(f)\}$  – обратное преобразование Фурье от  $X(f)$ ;  $x(f)$  сигнал во временной области,  $X_f(f)$  – комплексный сигнал в частотной области.



► Частотная область



► Кодовая область и область модуляции



# **РОЛЬ И МЕСТО ДЕЦИБЕЛОВ В АНАЛИЗАТОРАХ СПЕКТРА**

# ДЛЯ ЧЕГО В РАСЧЕТАХ ИСПОЛЬЗУЮТ ДЕЦИБЕЛЫ?

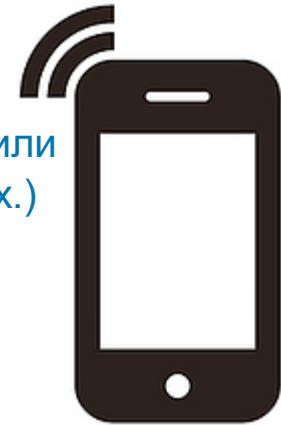
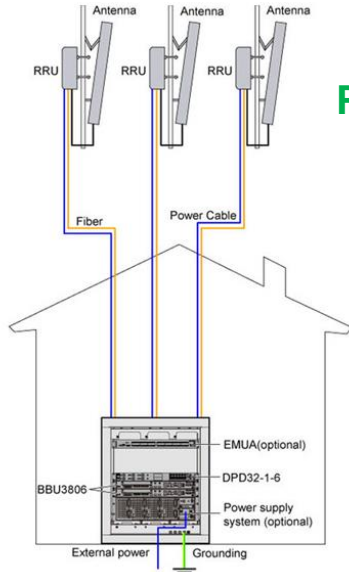
$$P_{\text{вых.}} - P_{\text{вх.}} = 49 \text{ дБмВт} - (-57 \text{ дБмВт}) = 106 \text{ дБ}$$

$$P_{\text{вых.}} = 49 \text{ дБмВт}$$

$$P_{\text{вх.}} = -57 \text{ дБмВт}$$

$$P_{\text{вых.}} = 80 \text{ Вт}$$

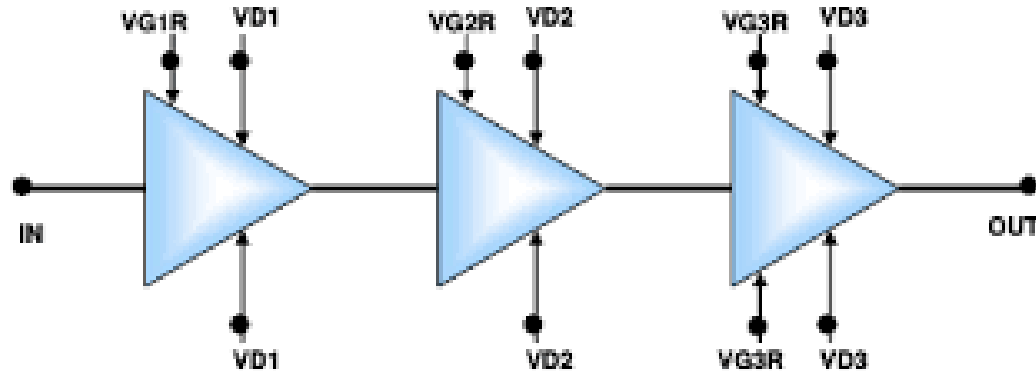
$$P_{\text{вх.}} = 0,000000002 \text{ Вт (или } 0.0000000025 \% \text{ от } P_{\text{вых.}})$$



# ДЛЯ ЧЕГО В РАСЧЕТАХ ИСПОЛЬЗУЮТ ДЕЦИБЕЛЫ?

$$G1 = 10,8 \text{ дБ} \quad G2 = 12 \text{ дБ} \quad G3 = 3 \text{ дБ}$$

$$\Sigma G = 10,8 \text{ дБ} + 12 \text{ дБ} + 2 \text{ дБ} = 24,8 \text{ дБ}$$



$$G1 = 12$$

$$G2 = 16$$

$$G3 = 2$$

$$\Sigma G = 12 * 16 * 2 = 384$$

# БОЛЕЕ ПОДРОБНУЮ ИНФОРМАЦИЮ О ДБ

► Руководства по применению / Application notes →



\* Чтобы скачать англоязычную версию документа, просто наберите в поисковой строке браузера 1MA98



# **СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АНАЛИЗАТОРА СПЕКТРА**



# ТИПЫ АНАЛИЗАТОРОВ СПЕКТРА

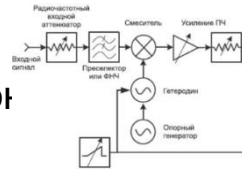
С точки зрения различия возможных структурных схем анализаторов спектра, диапазоны входных частот могут быть подразделены на следующие:

- **AF (звуковой) диапазон** до примерно 1 МГц;
- **RF (радио) диапазон** до примерно 3 ГГц;
- **Микроволновый диапазон** до примерно 40 ГГц;
- **Миллиметровый диапазон** выше 40 ГГц.

# ТИПЫ АНАЛИЗАТОРОВ СПЕКТРА

С точки зрения различия анализаторов спектра, диапазоны подразделены на следующие:

## ➤ Супергетеродинный



структурных схем частот могут быть

## ➤ АФ (аудио) диапазон

до 1 МГц;

## ➤ RF (радио) диапазон

до 3 ГГц;

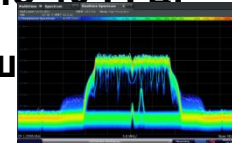
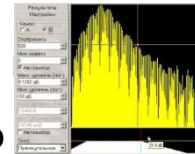
## ➤ Микроволновый диапазон

до примерно 40 ГГц;

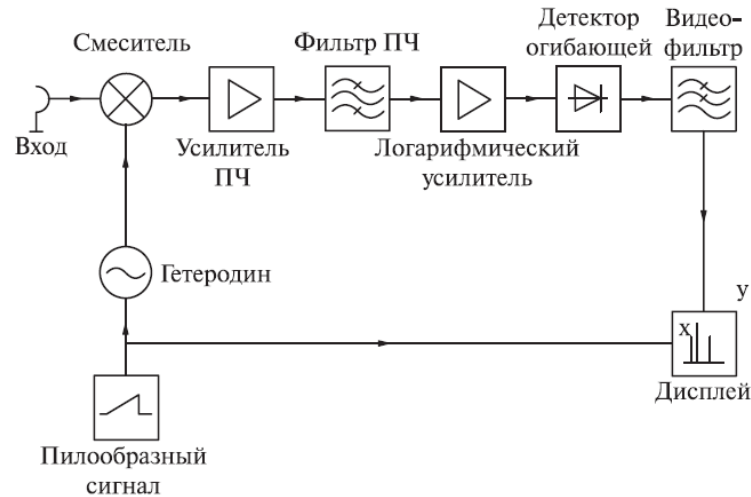
## ➤ Анализатор спектра реального времени

## ➤ Миллиметровый диапазон

выш



# АНАЛИЗАТОРЫ , РАБОТАЮЩИЕ ПО СУПЕРГЕТЕРОДИННОМУ ПРИНЦИПУ



Частота

500ГГц

85ГГц

50ГГц

44ГГц

31ГГц

5кГц

10ГГц  
2ГГц

**Программное обеспечение  
для анализа сигналов**



R&S VSE

Расширение  
частотного  
диапазона до  
500ГГц и более



R&S FS-Zxxx

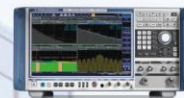
**Приборы высшего класса**

от 2ГГц  
до 85ГГц



R&S FSW

от 20ГГц  
до 50ГГц



R&S FSWP  
Анализатор  
фазовых шумов

R&S FSW

R&S RT02064



Полоса анализа до 5000 МГц

**Приборы специального  
применения**

от 20ГГц  
до 50ГГц



R&S FSMR  
Измерительный  
пробник для  
калибровки  
источников  
сигнала

от 10ГГц  
до 40ГГц



R&S FSVR  
Анализатор  
спектра в  
реальном  
масштабе  
времени

от 10ГГц  
до 44ГГц



R&S FSVA3000  
R&S FSV3000

от 10ГГц  
до 40ГГц



R&S FPS

**Приборы среднего класса**

**Портативные приборы и приборы  
общего применения**

от 5кГц  
до 31ГГц



R&S FPH

от 9кГц  
до 20ГГц



R&S FSH

от 5кГц  
до 3ГГц



R&S FPC

от 9кГц  
до 6ГГц



R&S FSL

от 5кГц  
до 7.5ГГц



R&S FPL1000

от 9кГц  
до 18ГГц



R&S FSC

Класс прибора

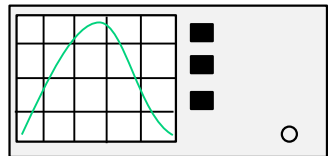


# **РЕШЕНИЯ RONDE&SCHWARZ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**

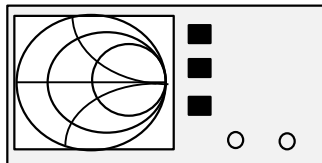
# ПЕРВОЕ РЕШЕНИЕ ROHDE&SCHWARZ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

В помощь для понимая базовых аспектов РЧ и ВЧ

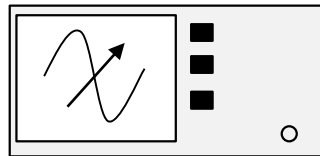
- ▶ Учебное решение, которое охватывает измерения РЧ компонентов и приемопередатчиков, а также приложения для отладки электромагнитных помех
- ▶ Демонстрация сути радиочастотных измерений
- ▶ Диапазон измерений до 3 ГГц



Анализатор спектра



Анализатор цепей



Генератор сигналов

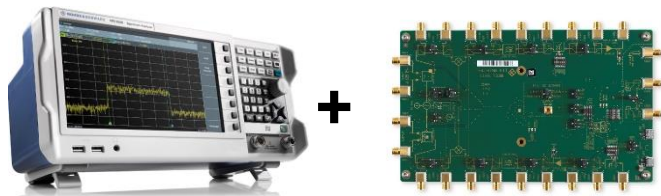




# СУТЬ РЕШЕНИЯ ROHDE&SCHWARZ

## Измерительный стенд

- FPC1500 – бюджетный анализатор спектра с промышленными стандартами, который поставляется в комплектации с генератором сигналов и векторным анализатором цепей
- FPC-Z10 – универсальная плата, представляющая собой схемы: приемопередатчика, преобразователя постоянного тока (для случаев устранения неполадок, связанных с электромагнитными помехами). Также в составе есть калибровочный набор для анализатора цепей.



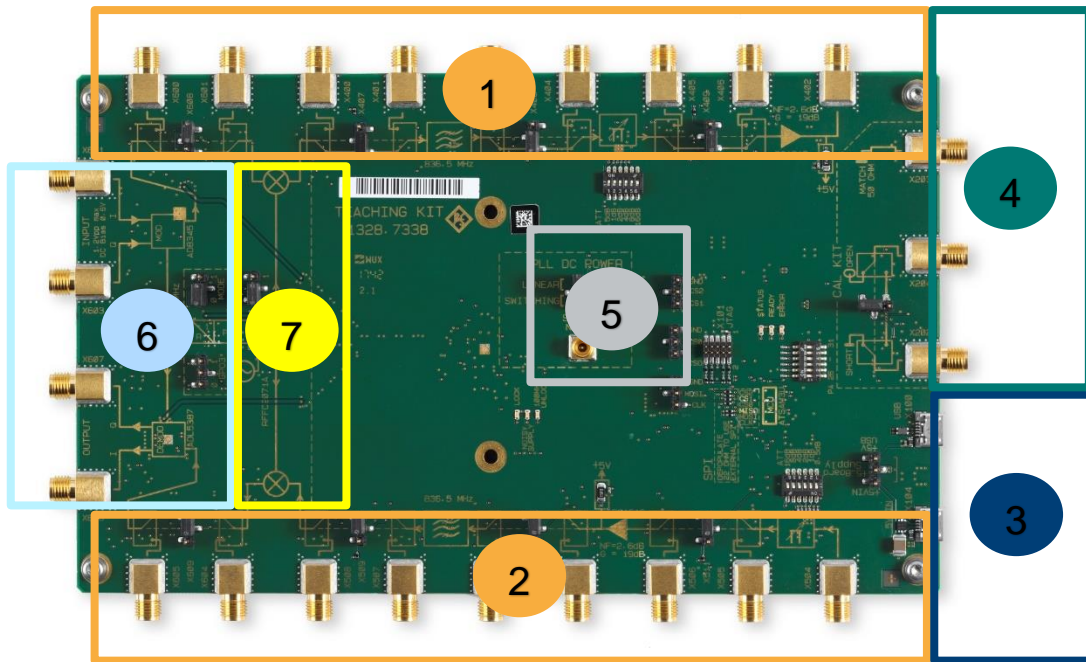
## Лабораторные работы\*

- Лабораторные работы – учебные упражнения с пошаговыми инструкциями для работы с РЧ-трактом и FPC1500. Включает вопросы и ответы для преподавания в учебных заведениях.
- Позвольте студенту понять работу отдельных компонентов РЧ, приемопередатчиков, основы отладки электромагнитных помех и т. д., Выполняя измерения / характеристики на них.
- Оснастить студента практическими навыками работы с промышленными стандартными приборами



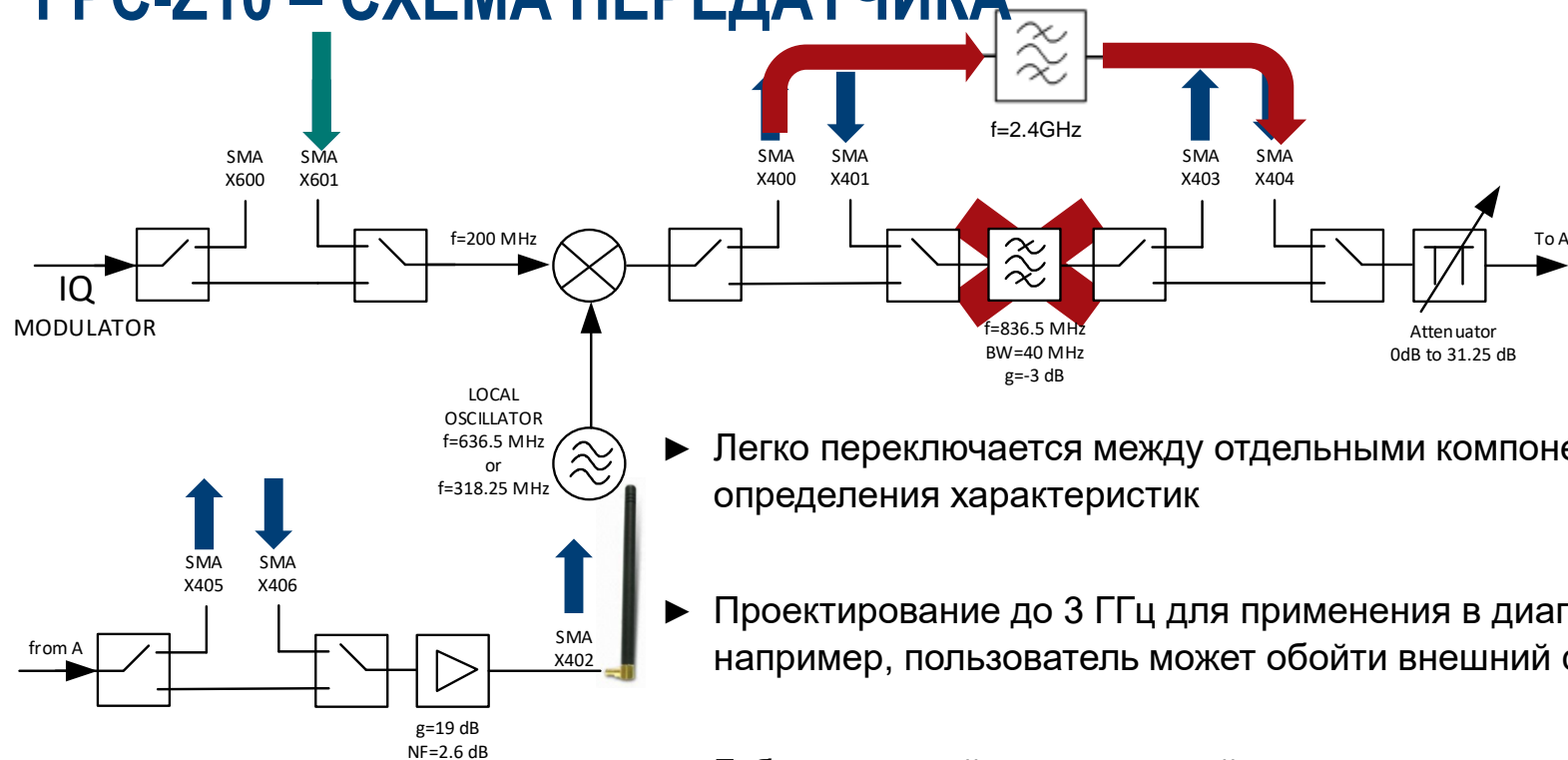
# FRS-Z10 - ОБЗОР ПЛАТЫ

УНИВЕРСАЛЬНАЯ РАДИОЧАСТОТНАЯ ПЛАТА С CAL-KIT, DC-DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ И IQ-МОДУЛЯТОРОМ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ.



- 1 Умножитель
- 2 Делитель
- 3 Питание
- 4 Calibration Kit
- 5 DC/DC преобраз.
- 6 IQ Modulator / Demodulator
- 7 Опорный генератор

# FPC-Z10 – СХЕМА ПЕРЕДАТЧИКА



- ▶ Легко переключается между отдельными компонентами для определения характеристик
- ▶ Проектирование до 3 ГГц для применения в диапазоне ISM, например, пользователь может обойти внешний фильтр 2,4 ГГц
- ▶ Гибкая настройка с проверкой передачи по воздуху по средствам внешней антенны

# R&S®INSTRUMENTVIEW: УДАЛЕННЫЙ ДОСТУП В ПОМОЩЬ НА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ

## ➤ Удобство

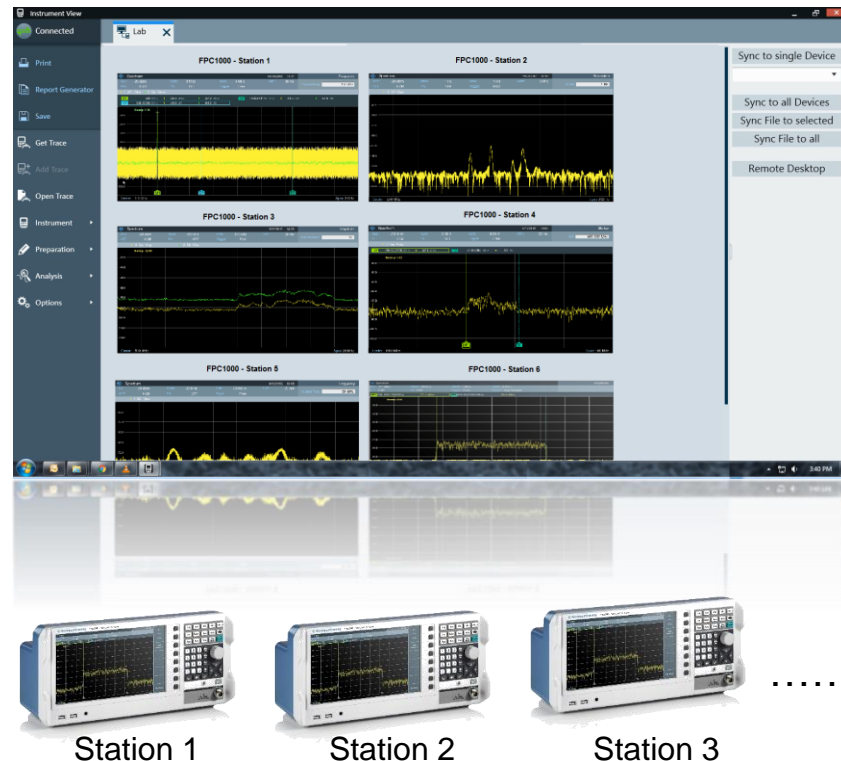
контролировать деятельность студентов в учебной лабораторной среде.

## ➤ Скорость

все инструменты доступны через центральную панель

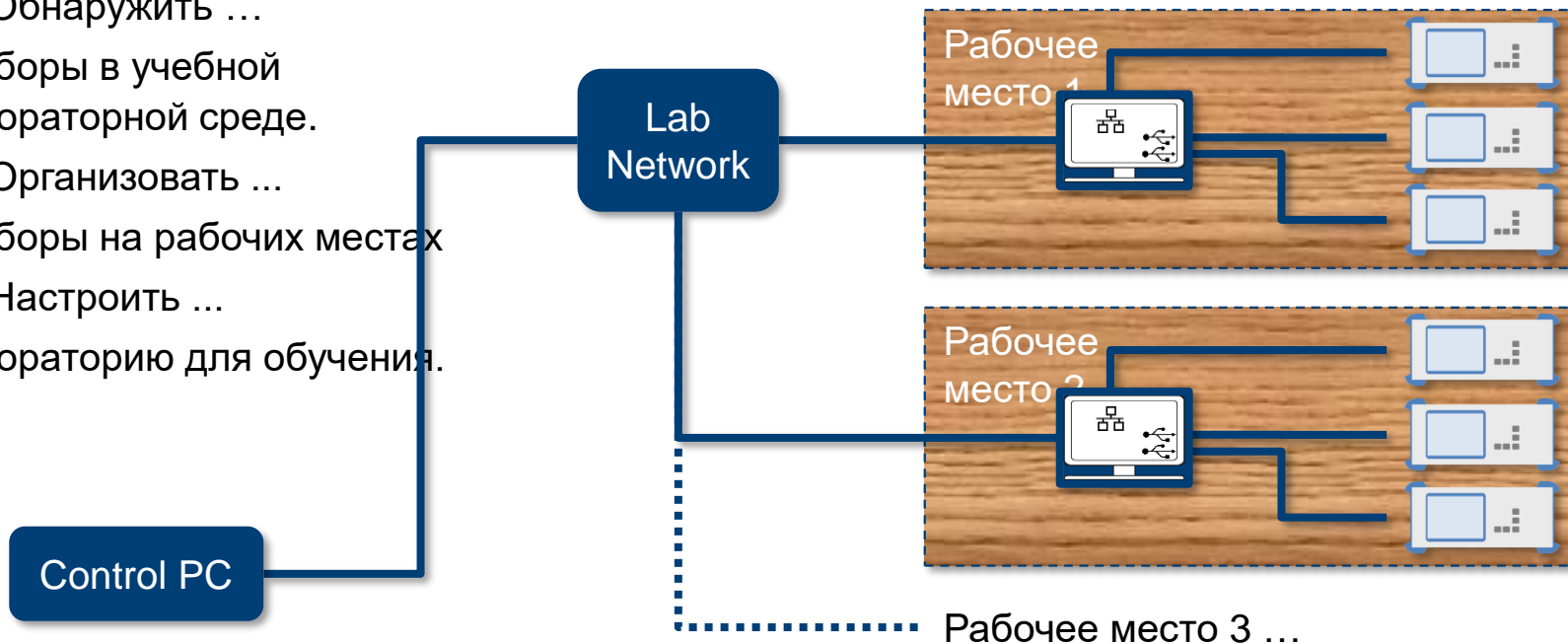
## ➤ Бесплатно

R&S®InstrumentView  
поставляется бесплатно



# ОПЦИОНАЛЬНО ДЛЯ УДАЛЕННОГО ОБУЧЕНИЯ: R&S® CAMPUSDASHBOARD

- Обнаружить ...  
приборы в учебной  
лабораторной среде.
- Организовать ...  
приборы на рабочих местах
- Настроить ...  
лабораторию для обучения.



**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**