

Комплексы PDV, применяемые в газодинамическом отделении РФЯЦ-ВНИИТФ

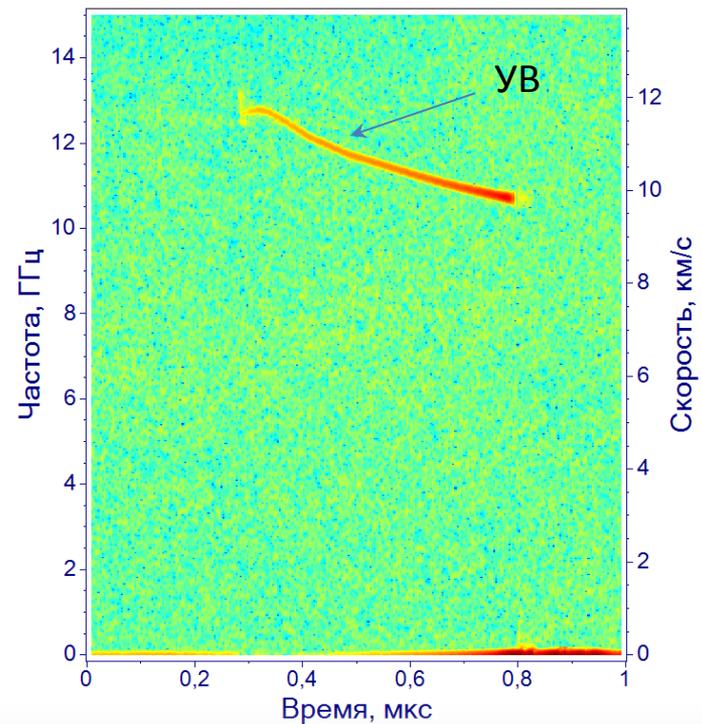
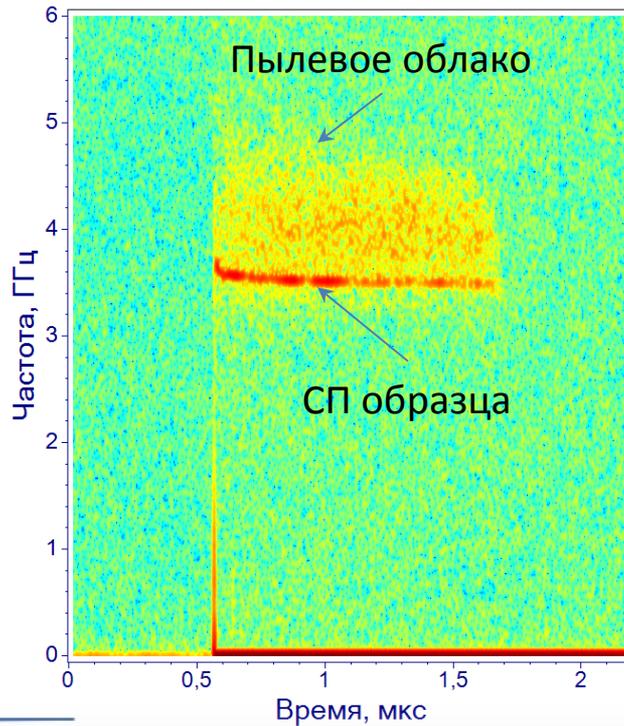
М.А. Ральников, Д.П. Кучко, А.Е. Ширококов, Р.В. Комаров

XIV Забабахинские научные чтения
Снежинск 2019

Введение

Комплексы PDV предназначены для регистрации:

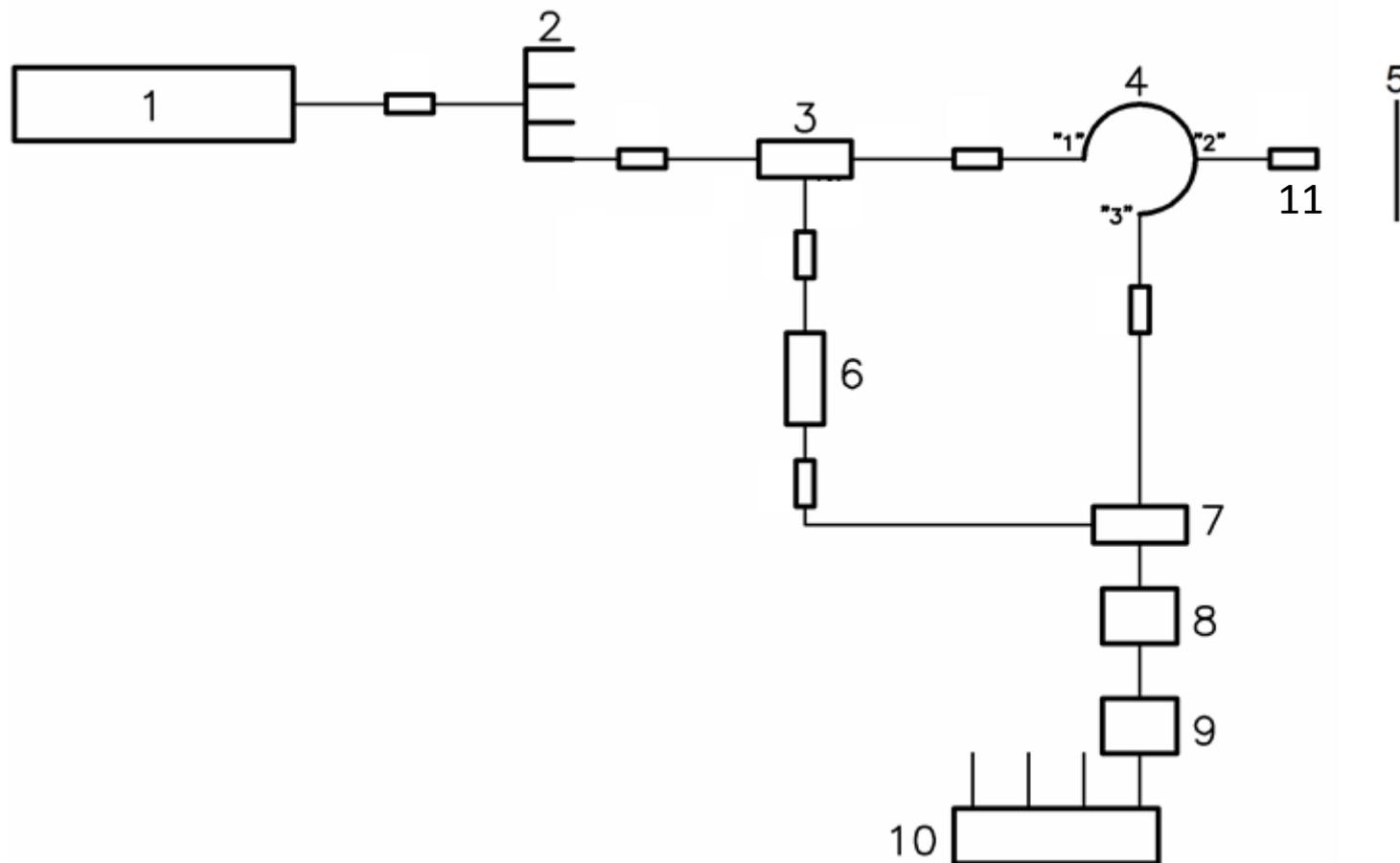
- профиля скорости исследуемого объекта;
- поля скоростей пылевых частиц;
- профиля скорости ударной волны в оптически прозрачных средах.



1. Типы применяемых комплексов

1. Комплекс , построенный по «классической» схеме PDV
2. Комплекс с частотно-временным уплотнением (ЧВУ) сигнала с задействованием одного опорного лазера
3. Комплекс с ЧВУ с применением технологии DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)
4. Комплекс с ЧВУ без использования оптоволоконных усилителей (модернизация комплекса по «классической» схеме)

2. Комплекс, построенный по «классической» схеме PDV ¹⁾

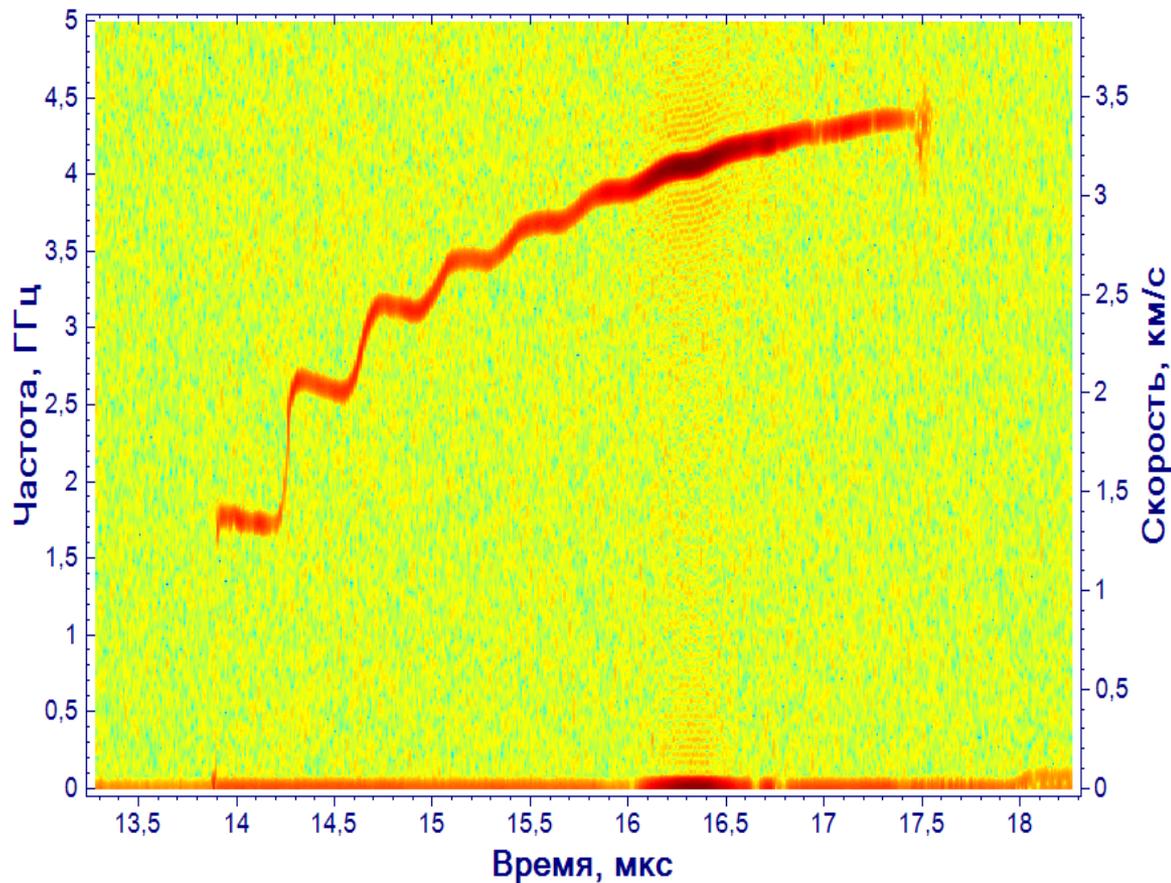


1 – лазер, 2 – разветвитель 1x4, 3 – разветвитель 1x2, 4 – циркулятор, 5 – исследуемый объект,
6 – аттенюатор, 7 – разветвитель, 8 – измеритель мощности, 9 – фотодетектор,
10 – осциллограф; 11 – оптический зонд



¹⁾ O.T. Strand, D.R. Goosman, C. Martinez, T.L. Whitworth, W.W. Kuhlow. Compact system for high-speed velocimetry using heterodyne techniques. // Rev. Sci. Instrum, 77, 083108, 2006

2. Комплекс, построенный по «классической» схеме PDV



4 канала регистрации

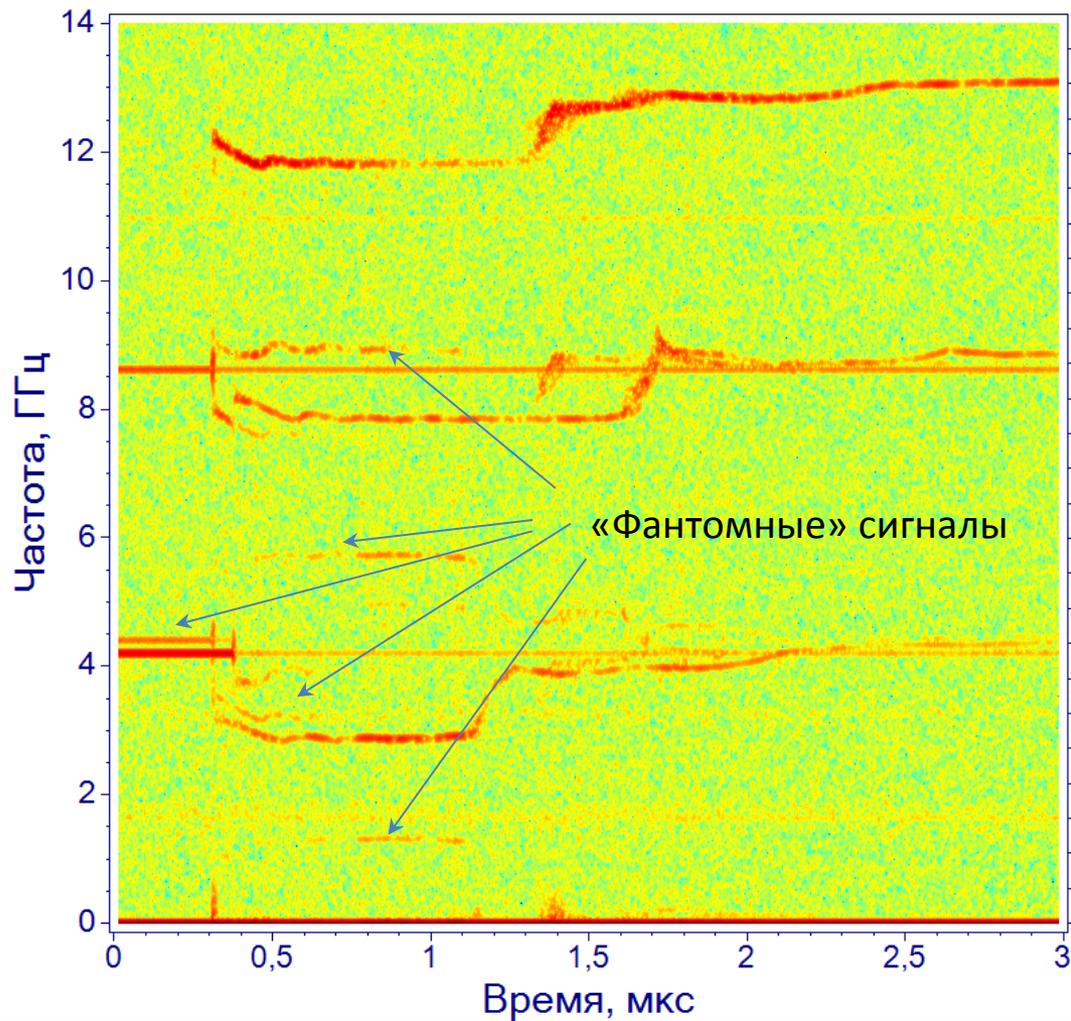
Преимущества

- Простота эксплуатации
- Надёжность

Недостатки

- Высокая стоимость 1 канала регистрации

3. Комплекс с ЧВУ и одним опорным лазером



24 канала регистрации,
один опорный лазер,
ОВ усилители

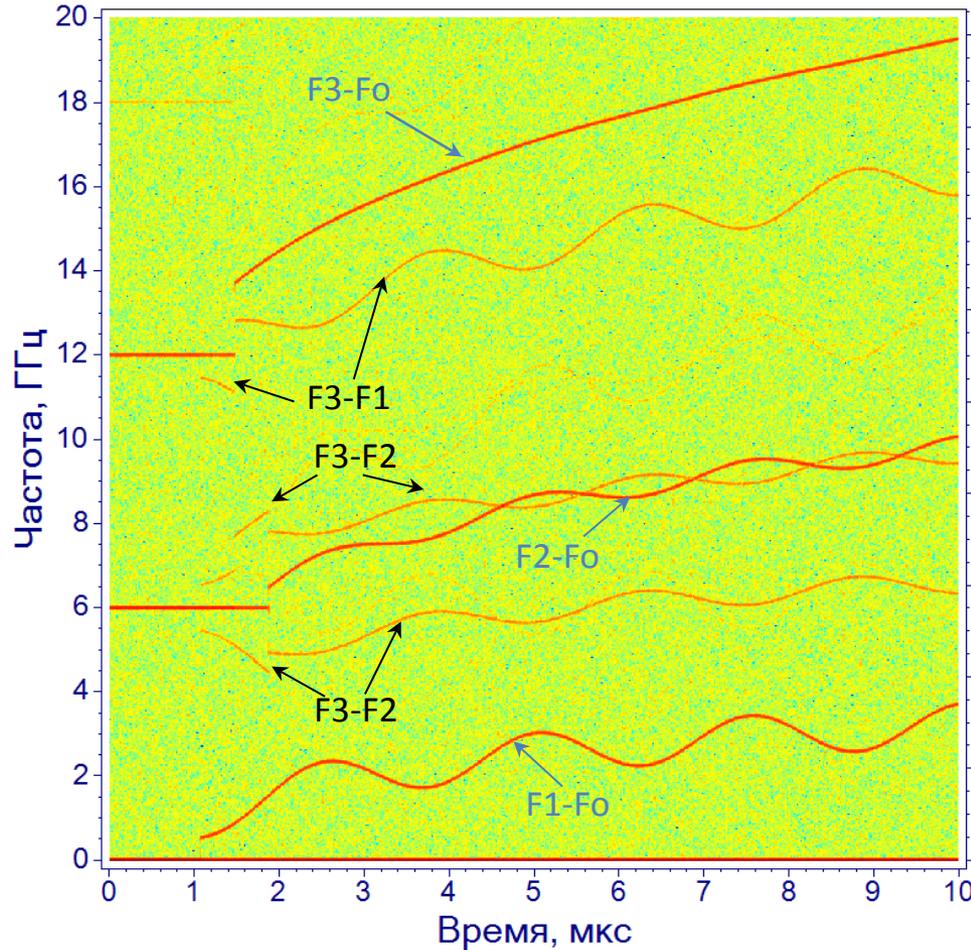
Преимущества

- Низкая стоимость 1 канала регистрации

Недостатки

- Наличие «фантомных» сигналов
- Невозможность применения зондов с высоким уровнем BR
- Высокая трудоёмкость эксплуатации

3. Комплекс с ЧВУ и одним опорным лазером



Синтезированная спектрограмма

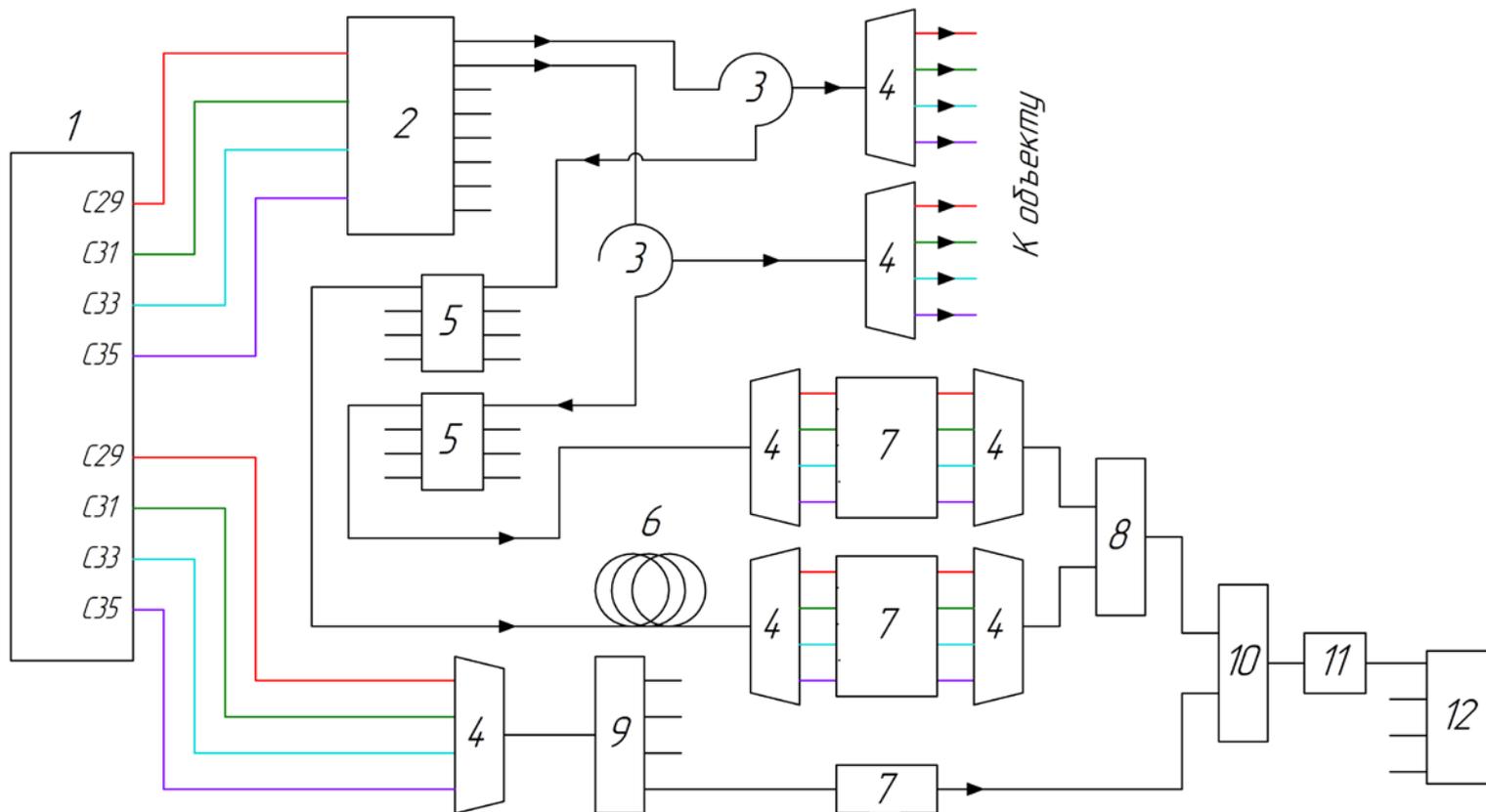
«Фантомные» сигналы:

$$F_i - F_j$$

$$F_i - F_{j0}$$

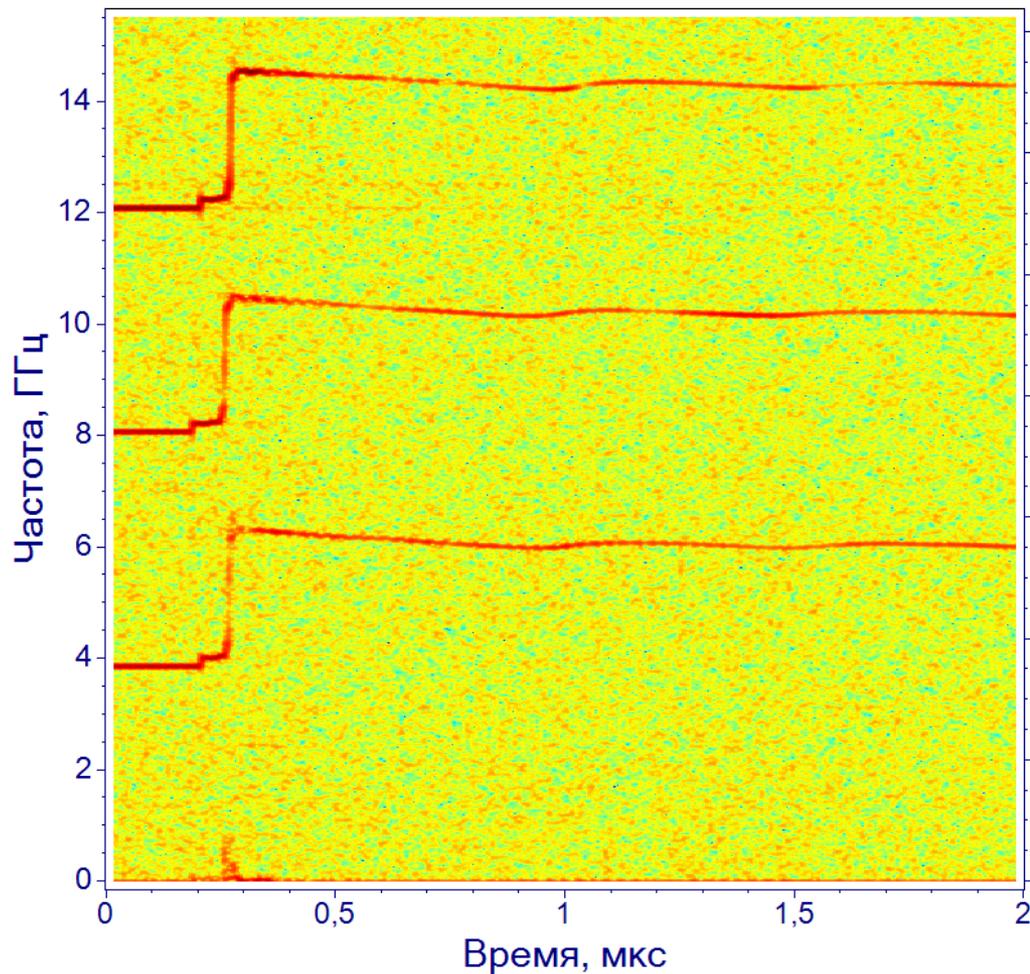
$$F_{i0} - F_{j0}$$

4. Комплекс с ЧВУ с применением технологии DWDM³⁾



1 – лазер ITU-grid, 2 – усилитель 4x8, 3 – циркулятор, 4 – мультиплексор/демультиплексор, 5 – усилитель, 6 – волоконная линия задержки, 7 – аттенюатор, 8 – переключатель, 9 – разветвитель 1x4, 10 – разветвитель 1x2, 11 – фотодетектор, 12 – осциллограф

4. Комплекс с ЧВУ с применением технологии DWDM



32 канала регистрации,
технология DWDM,
ОВ усилители

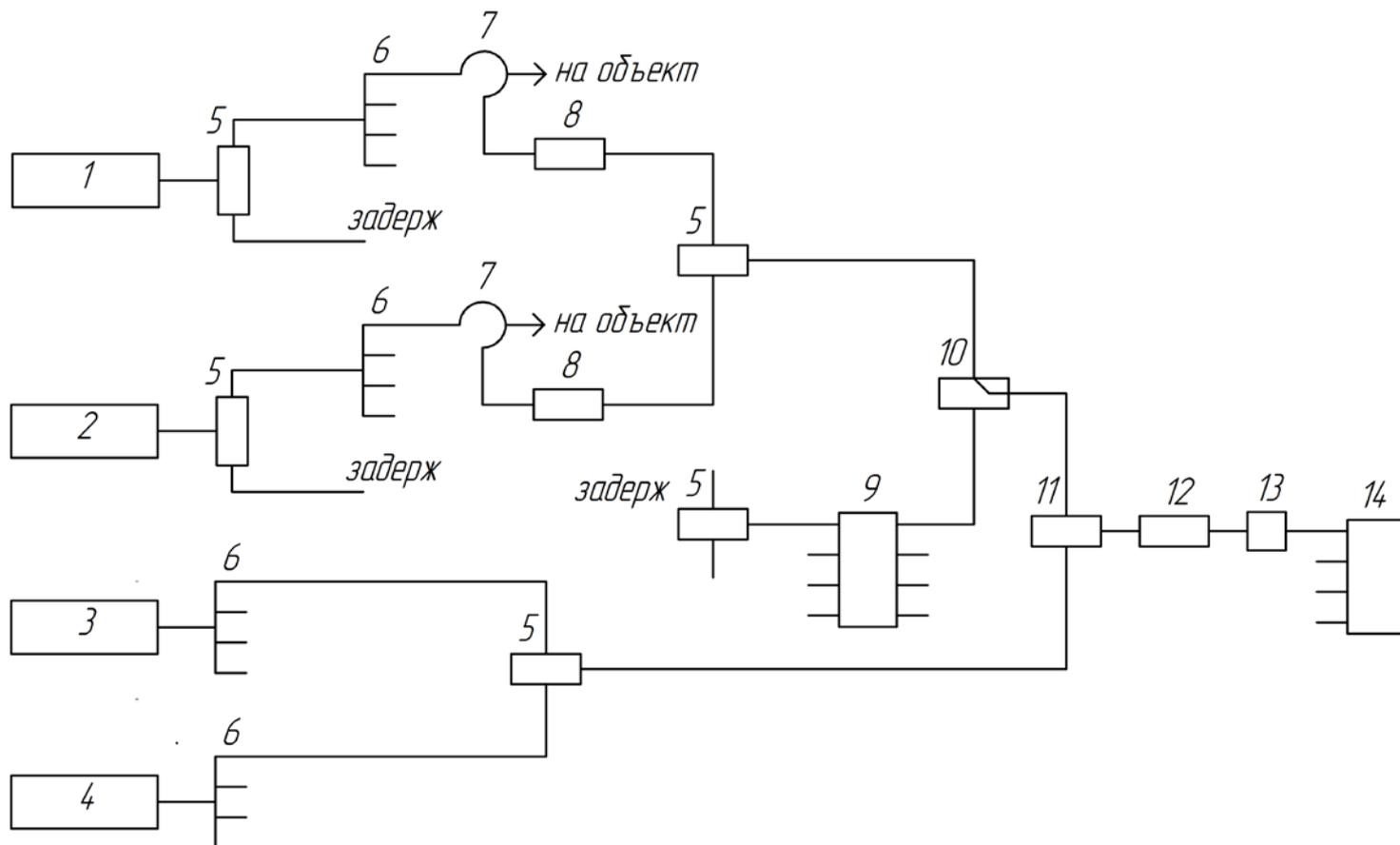
Преимущества

- Низкая стоимость 1 канала регистрации
- Отсутствие «фантомных» сигналов*

Недостатки

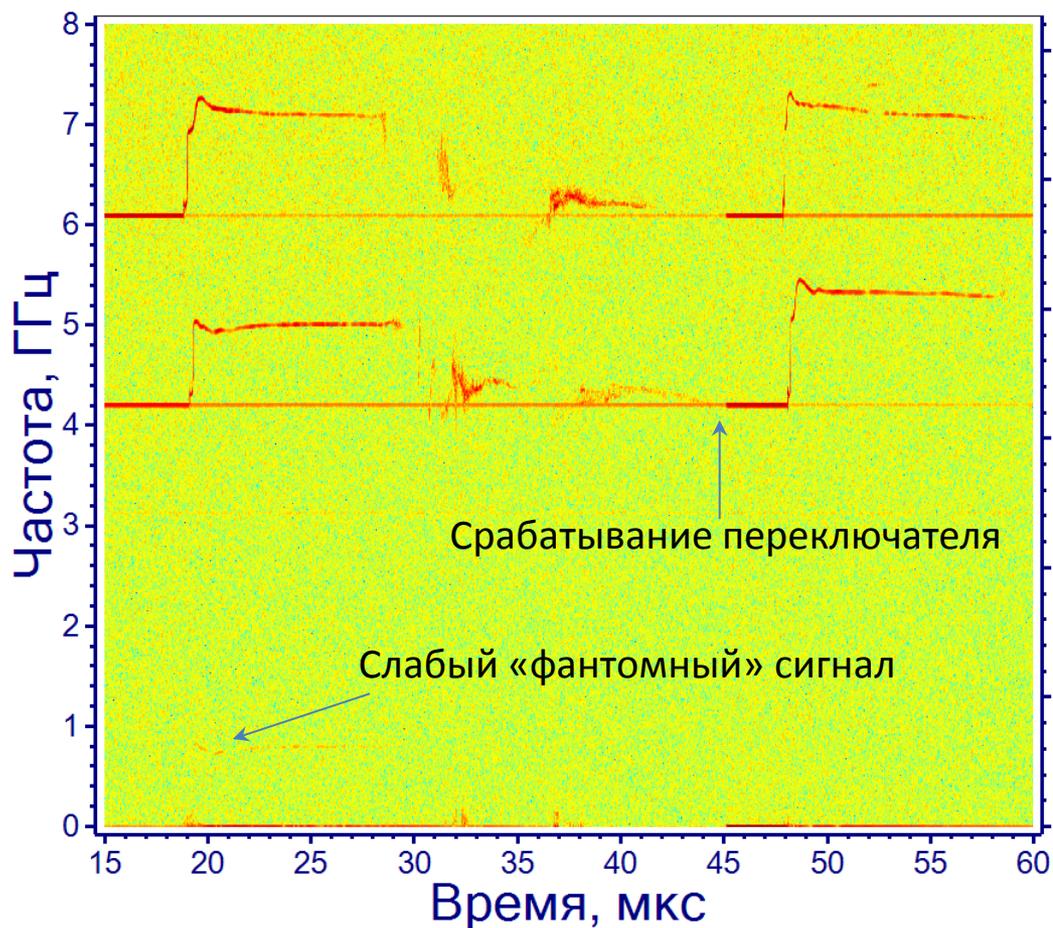
- Высокая трудоёмкость эксплуатации

5. Комплекс с ЧВУ без использования ОВ усилителей⁴⁾



1,2 – лазеры подсветки, 3,4 – опорные лазеры, 5 – разветвитель 1x2, 6 – разветвитель 1x4,
7 – циркулятор, 8 – аттенюатор, 9 – волоконная линия задержки, 10 – переключатель,
11 – разветвитель 1x2, 12 – измеритель мощности, 13 – фотодетектор, 14 – осциллограф

5. Комплекс с ЧВУ без использования ОВ усилителей



16 каналов регистрации,
отсутствие ОВ усилителей

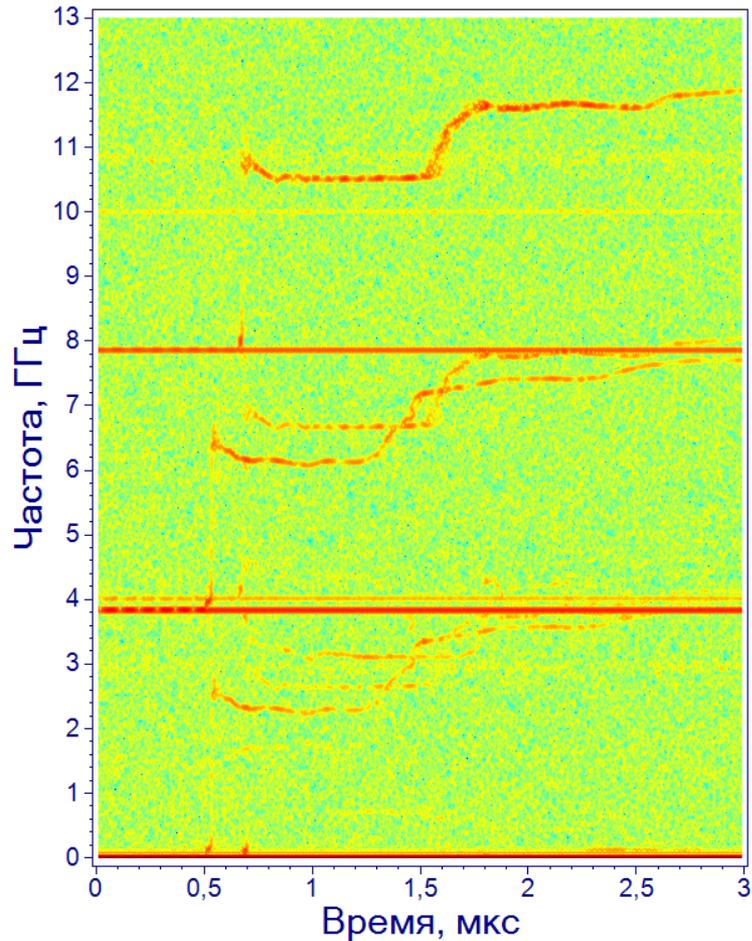
Преимущества

- Умеренная стоимость 1 канала регистрации
- Отсутствие «фантомных» сигналов*

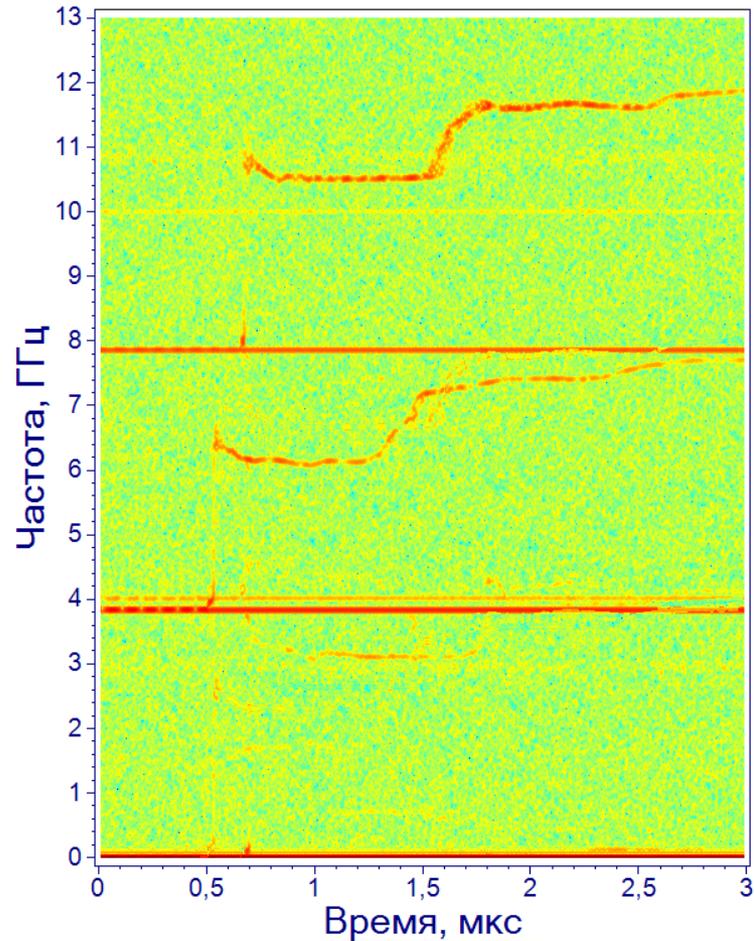
Недостатки

- Средняя трудоёмкость эксплуатации

6. Обработка экспериментальных сигналов с ЧВУ



Исходная спектрограмма



Фильтрация «фантомных» сигналов

7. Применение комплексов

Регистрация профиля скорости (СП, УВ):

Комплекс №1 – уверенная

Комплекс №2 – удовлетворительная (наличие «фантомов»)

Комплекс №3 – уверенная

Комплекс №4 – уверенная

* в комплексах с ЧВУ необходимо уменьшать кратность частотного уплотнения при регистрации высоких скоростях

Регистрация пылевых частиц:

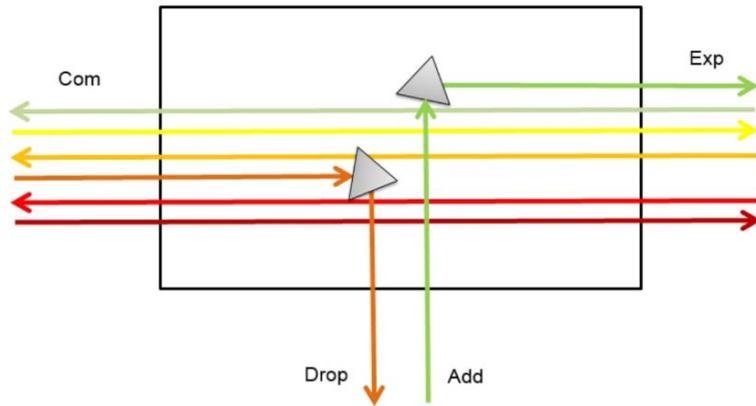
Комплекс №1 – уверенная

Комплекс №2 – неудовлетворительная (наличие «фантомов»)

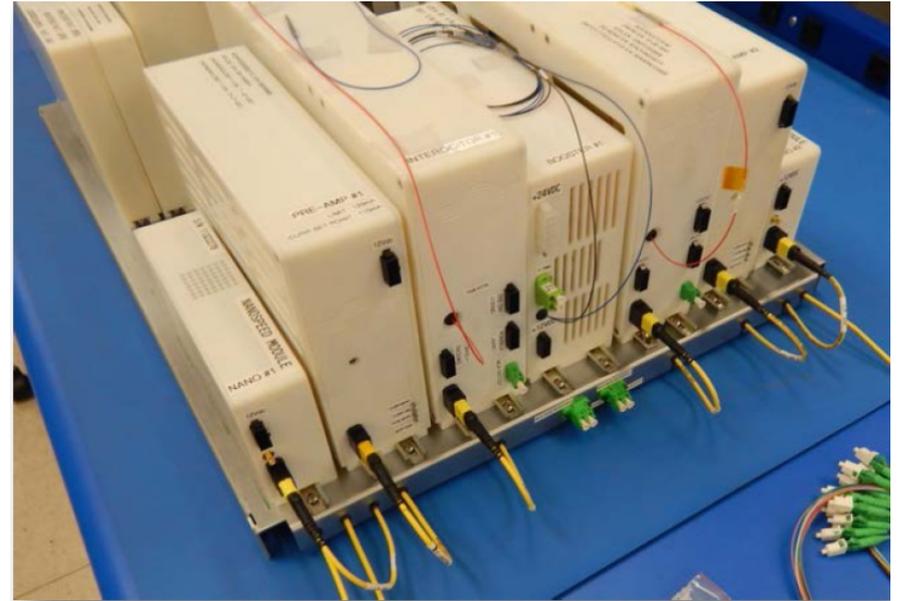
Комплекс №3 – уверенная

Комплекс №4 – уверенная

8. Некоторые пути совершенствования



Применение модулей OADM и несимметричных разветвителей



Компактирование комплексов за счёт применения 3D-печати и многоканальных линий с коннекторами MPO⁵⁾

⁵⁾ E. Daykin, M. Pena, C. Jung and oth. Building Block Approach to Systems. Santa Fe, PDV Workshop, 2018

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!