



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

ГУ «Центральная аэрологическая обсерватория»

В.У. Хаттатов

**Диодный лазерный спектрометр в рамках проекта
самолета-метеолaborатории (СМЛ) нового
поколения**





Внешний вид некоторых самолетов-лабораторий зарубежных стран



WP-3D NOAA



HALO DLR



C-130Q NCAR



FALCON-20-E5 GARE



HIAPER NCAR



King Air Uni. Way.



Twin Otter NRC



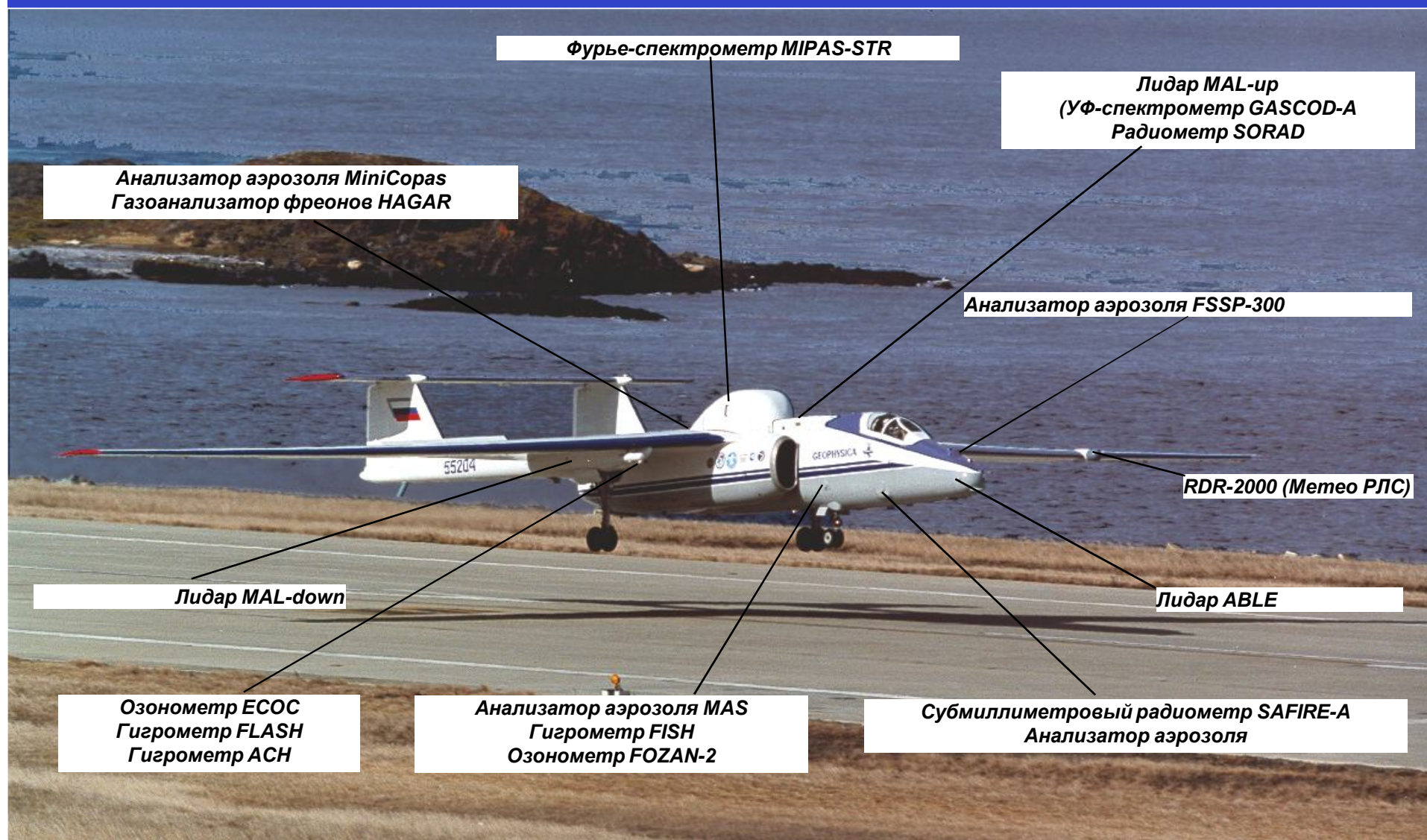
ATR-42 SAFIRE



Helipod

Высотная (до 21 км) самолетная научная лаборатория М-55 «Геофизика».

Масса научного оборудования 2100 кг.



«Экспериментальный машиностроительный завод им. В.М. Мясищева», ЦАО, ЕС,
DLR, NSF, ESA, ENEA, ISA



TROCCINOX
Tropical Convection, Cirrus and Nitrogen Oxides
Experiment, Oberfaffenhofen, Germany,
Aracatuba, Brazil
January - February 2005





Схема информационного взаимодействия СМЛ и наземных комплексов

СМЛ «Атмосфера»



Оперативные данные измерений

Первичный архив данных наблюдений

Информационно-Аналитический Центр ЦАО



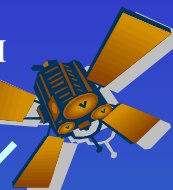
Обмен аналитическими данными
самолетных наблюдений

Единый Информационно-Аналитический Центр ЕИАЦ

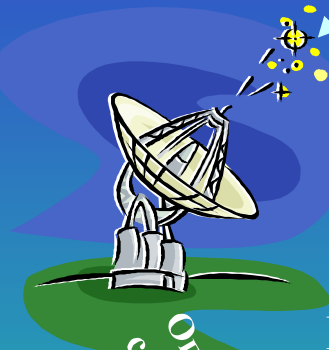


Оперативная информация

Спутник связи



Центр спутниковой связи Росгидромета



Оперативные данные самолетных наблюдений

Радиометцентр Гидрометцентра РФ



Росгидромет



Измерительный комплекс СМЛ нового поколения

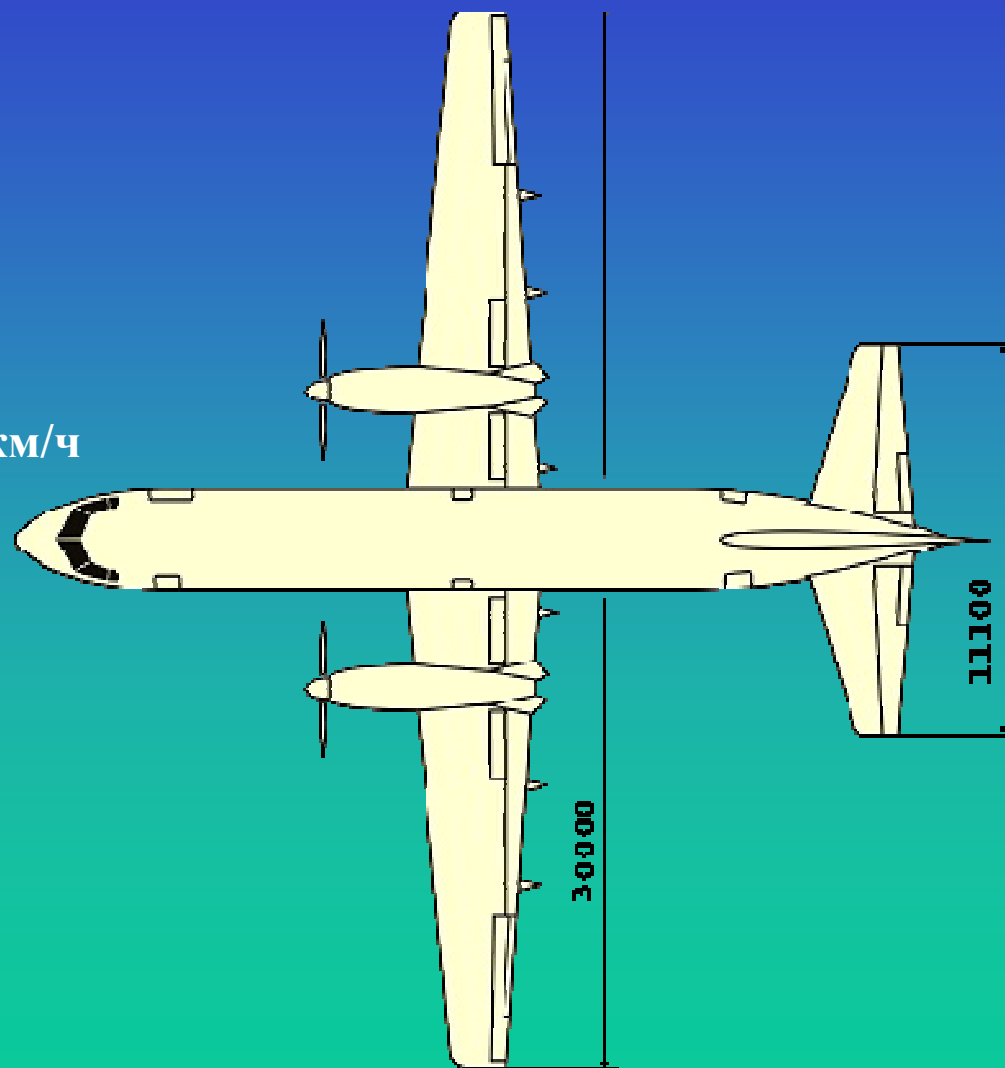
Структурная схема





Самолет Ил-114-100. Основные характеристики

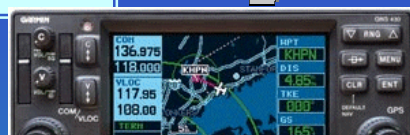
Длина фюзеляжа: 30 м
Размах крыльев : 26,9 м
Диаметр фюзеляжа: 2,9 м
Взлетная масса : 22700 кг
Расход топлива : 650 кг/ч
Практический потолок : 8000 м
Крейсерская скорость: 350 – 500 км/ч
Мах. дальность: 4800 км
Мах. грузоподъемность: 7000 кг
Взлетная дистанция: 950 м
Посадочная дистанция: 400 м





Структурная схема АПК-1 для измерения навигационных и термодинамических параметров атмосферы

Инерциальная навигационная система Honeywell LR V SM



Система глобальной навигации GPS и ГЛОНАСС БПСН-2

Блок связи навигационных и терм. параметров

Борт. компьютер АПК-1

Носовая штанга



Датчики
-Ст. давления
-Дин. давления
-Дифф. давления
-Температуры

Датчики
-Точки росы/инея
-Абсолютной влажности

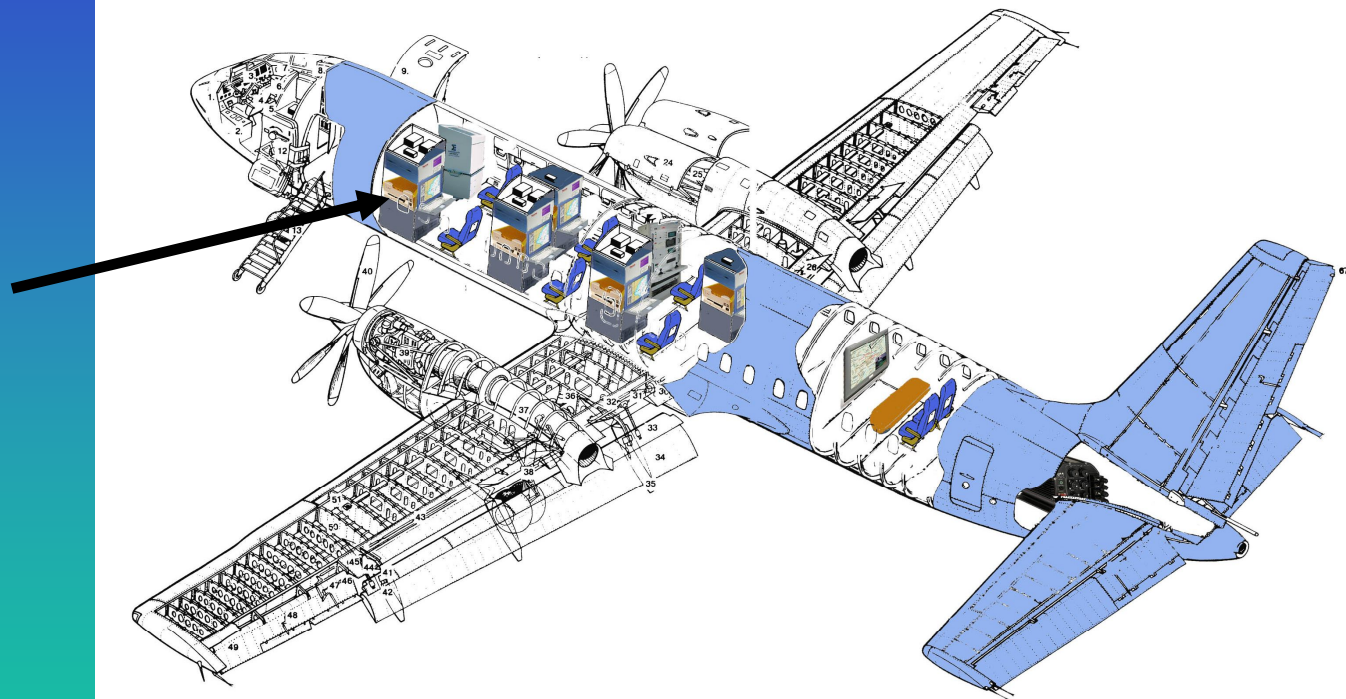
АЦП

Радиовысотомеры

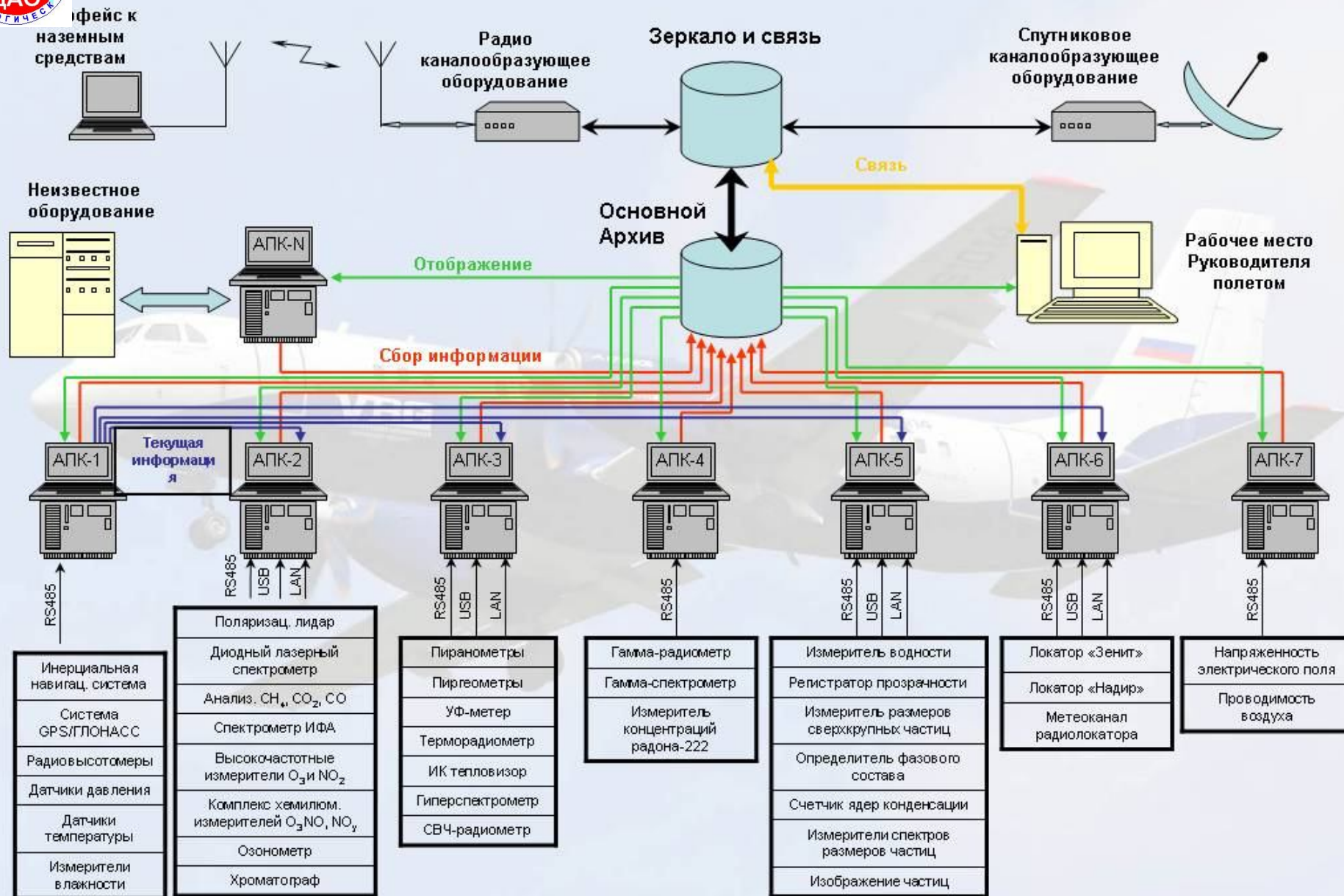
БИВК

Самолет метео -лаборатория ИЛ-114-100

Диодный
лазерный
спектрометр

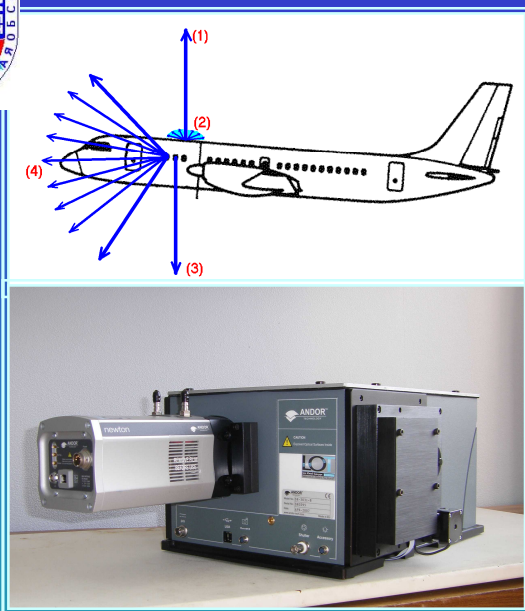


Структурная схема БИВК

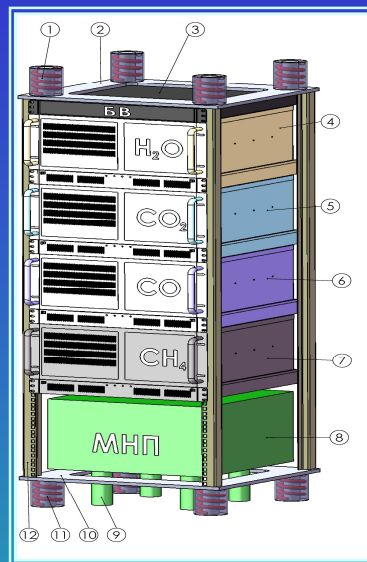




АПК-2 для контроля газового и аэрозольного состава атмосферы



Спектрометр Shamrock SR303i



ИК ДЛС-спектрометр
 H_2O , CO_2 , CH_4 , CO



Самолетный прибор для измерения
высокочастотных пульсаций озона



Анализатор NO
CLD 780 TR

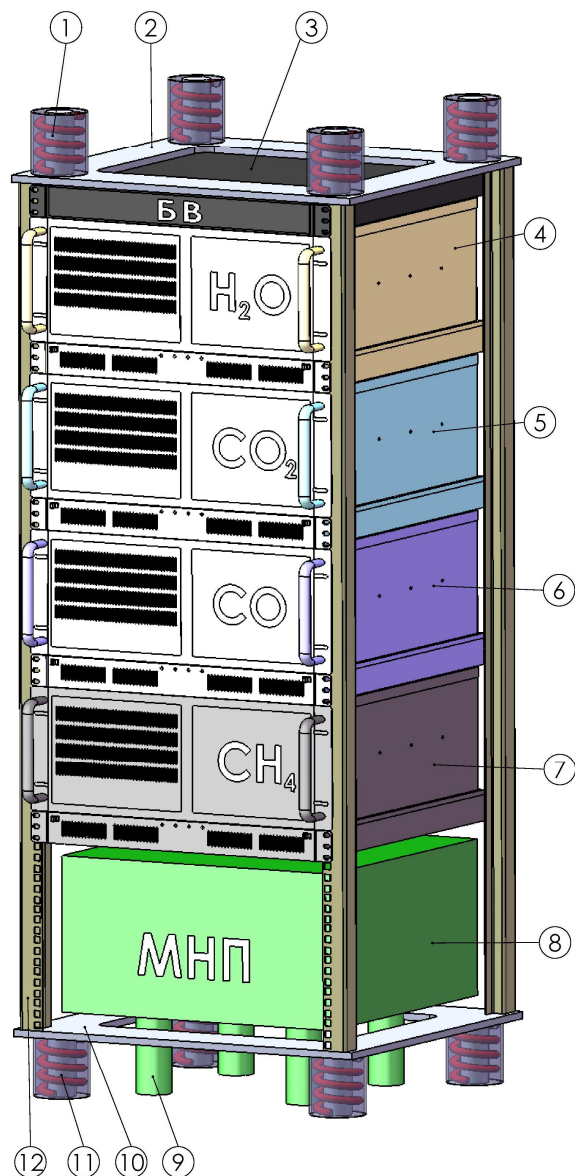


Фотолитический NO_2
конвертер PLC 762 ST



Самолетный прибор для измерения
высокочастотных пульсаций NO_2

ИК ДЛС спектрометр



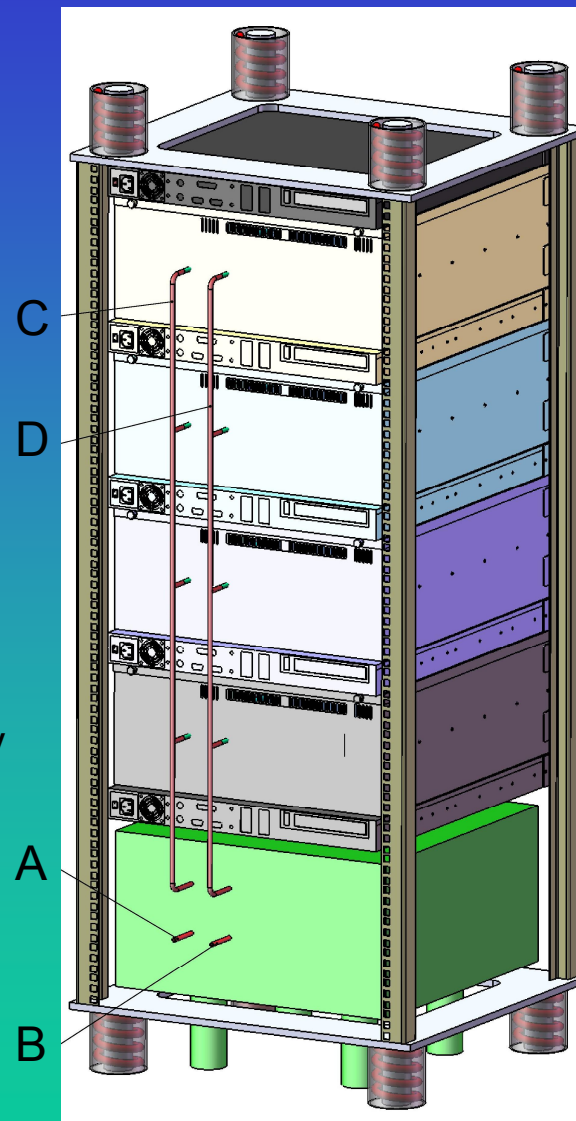
Вид стойки спереди

Спектрометр состоит из нескольких модулей.

4 идентичных модуля для измерения концентраций H_2O , CO_2 , CO , CH_4 .

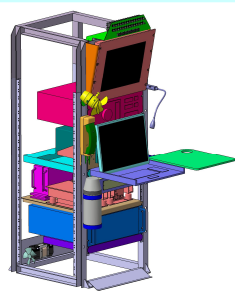
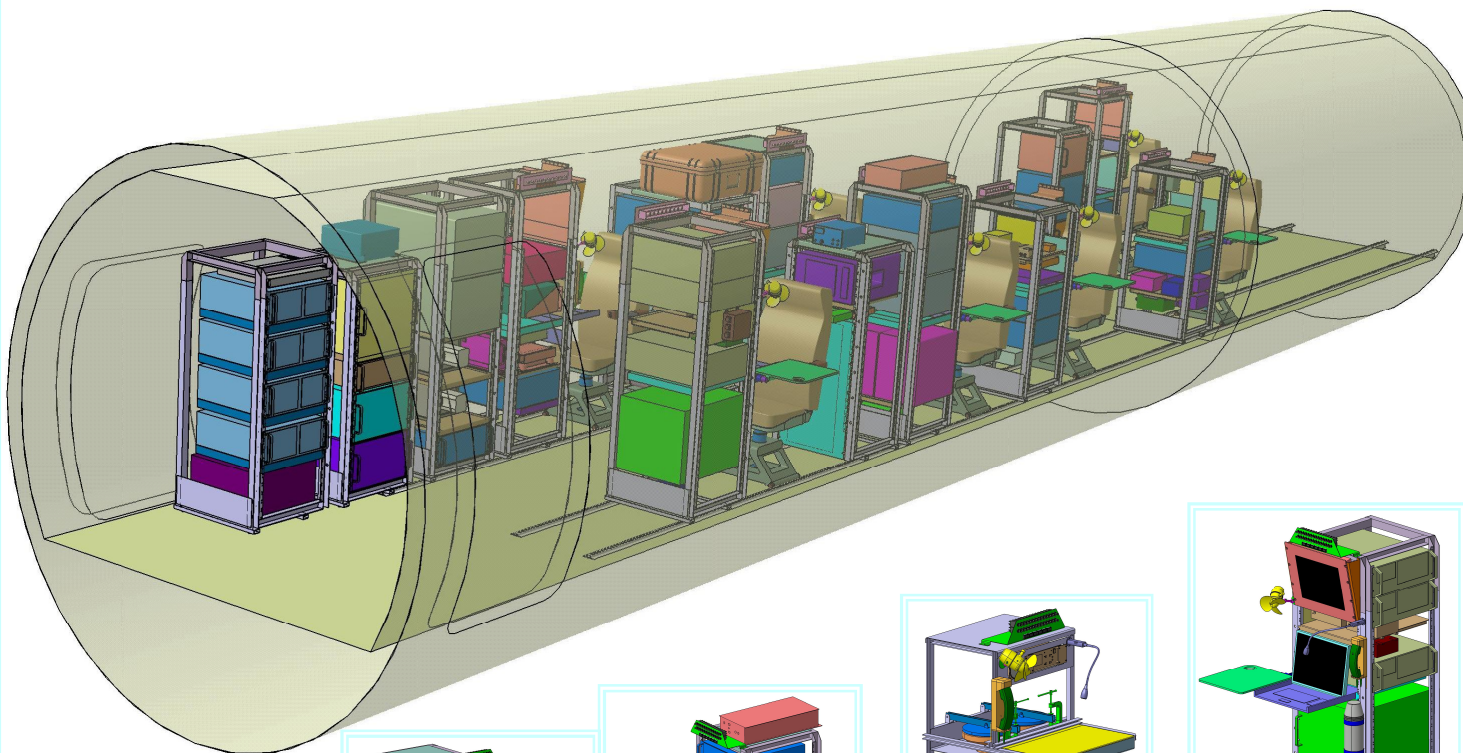
Модули установлены на виброизоляторах.

В отдельном модуле размещены насосы, обеспечивающие прокачку заборного воздуха в оптические многоходовые кюветы.

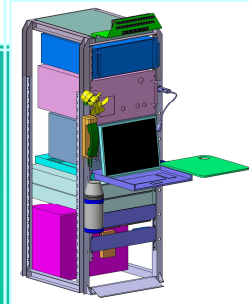


Вид стойки сзади

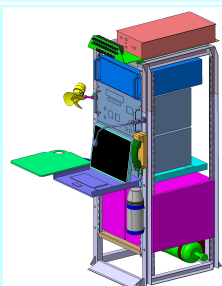
Схема размещения научной аппаратуры и компоновки рабочих мест для 8 операторов внутри салона СМЛ Ил-114-100 «Атмосфера»



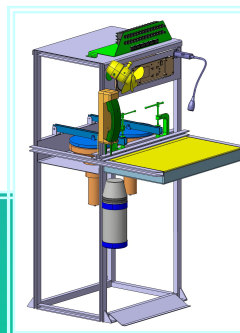
АПК-1



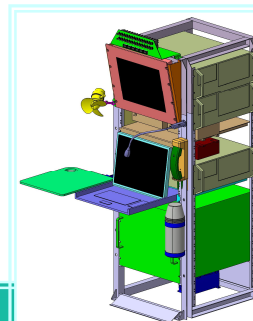
АПК-2.5



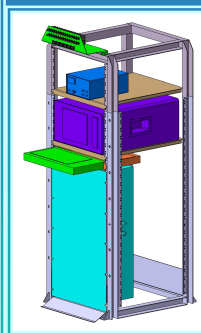
АПК-2.7



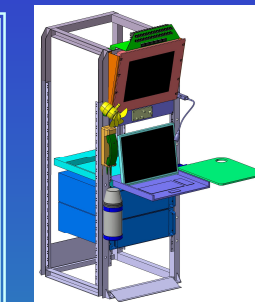
АПК-4.1



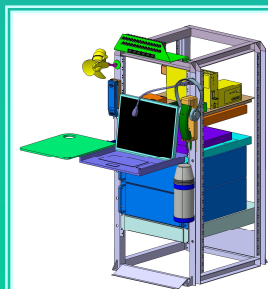
АПК-5.1



АПК-5.2

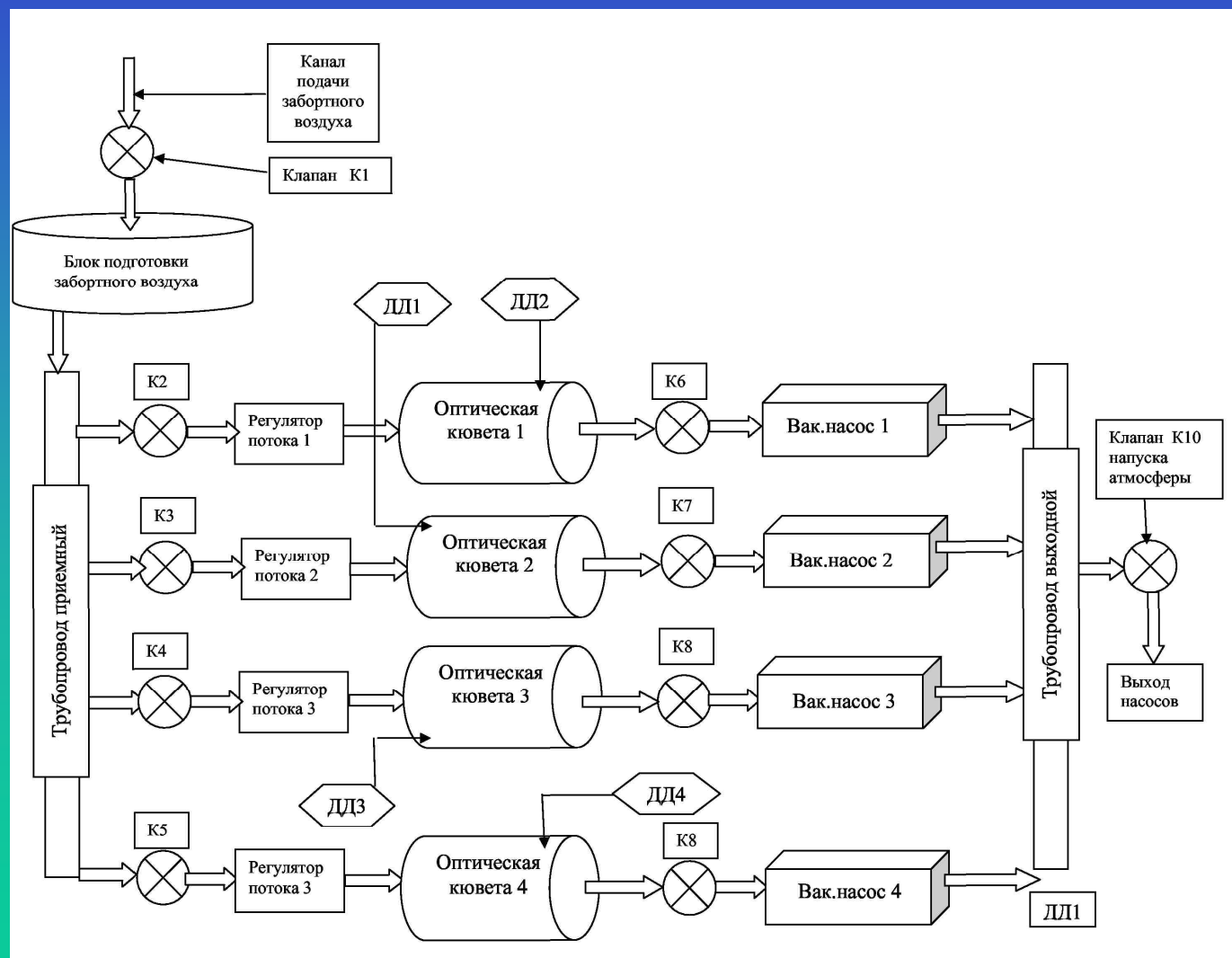


АПК-6

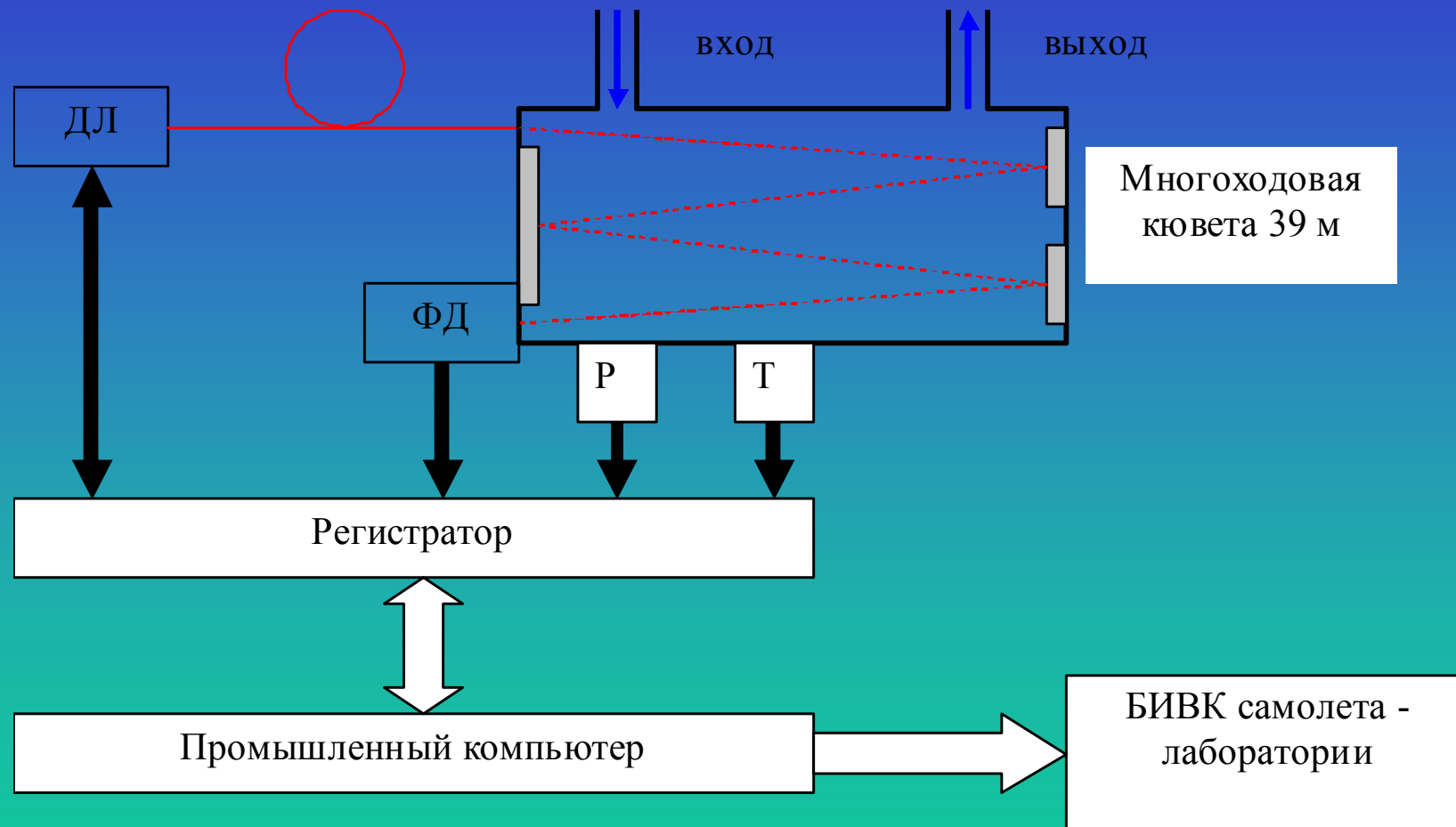


БИВК

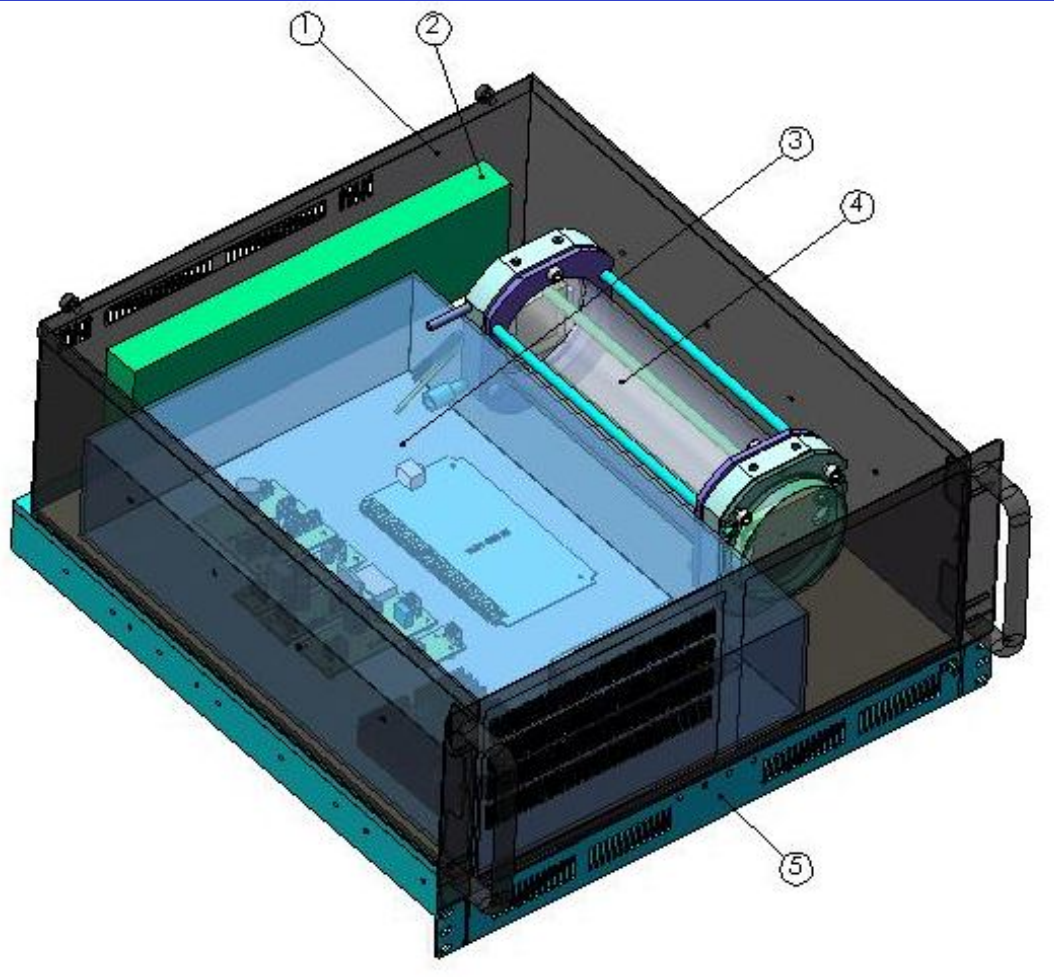
Схема газоанализа заборного воздуха с помощью ИК ДЛС спектрометра



Блок схема отдельного модуля ИК ДЛС спектрометра



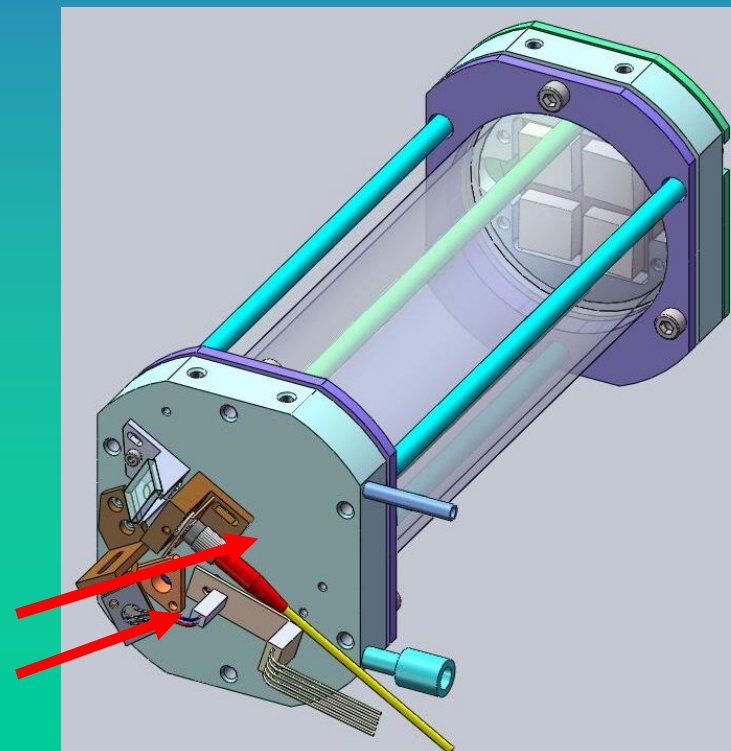
Общий вид конструкции модуля



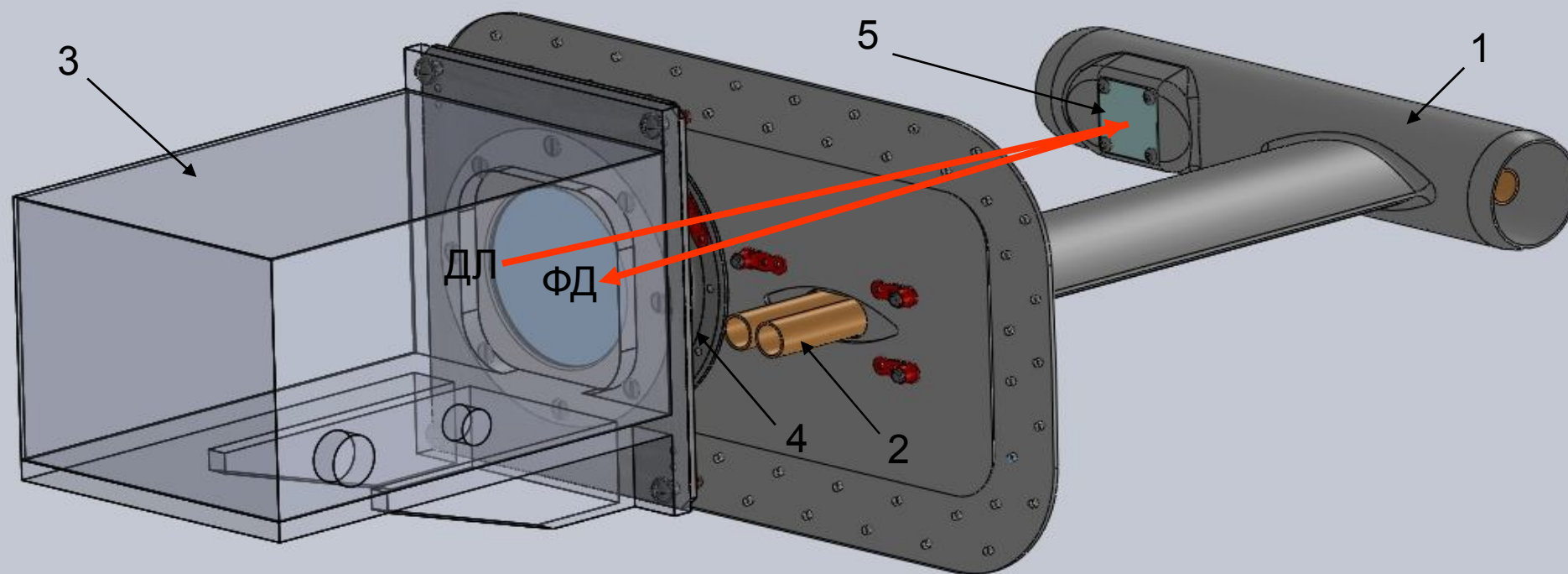
Модуль ДЛС спектрометра:

1. Стойка (4U)
2. Электрические и газовые соединения.
3. Регистратор и диодный лазер.
4. Многоходовая кювета
5. Промышленный компьютер (1U).

Оптический волновод входного
лазерного излучения и
фотодетектор



Дополнительная приставка ИК ДЛС спектрометра



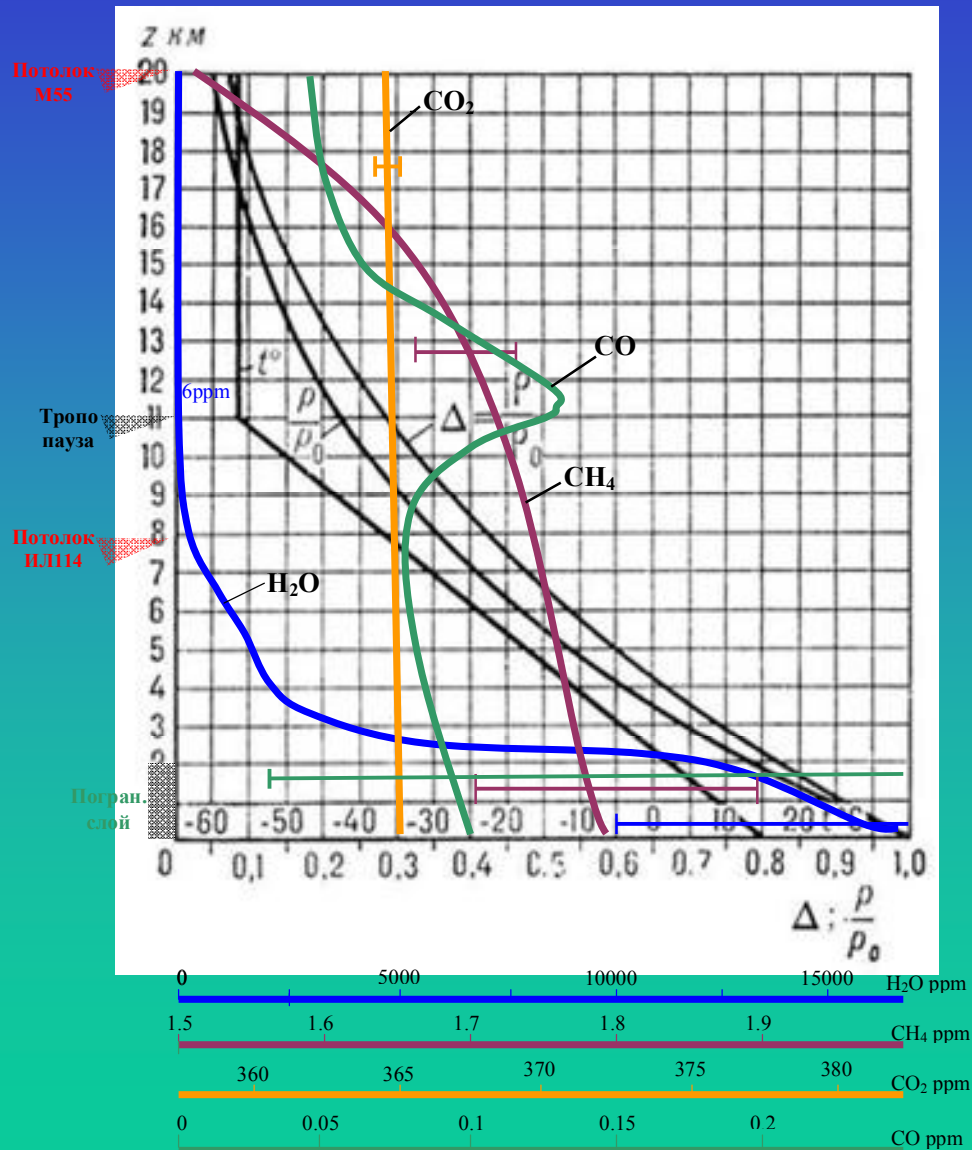
Конструкция дополнительной приставки H_2O модуля, предназначенной для исследования турбулентности атмосферы.

1 – Воздухозаборник

2 – Газовая магистраль с модулем пробоподготовки (температура за бортом может изменяться от +30 до -60 °C).

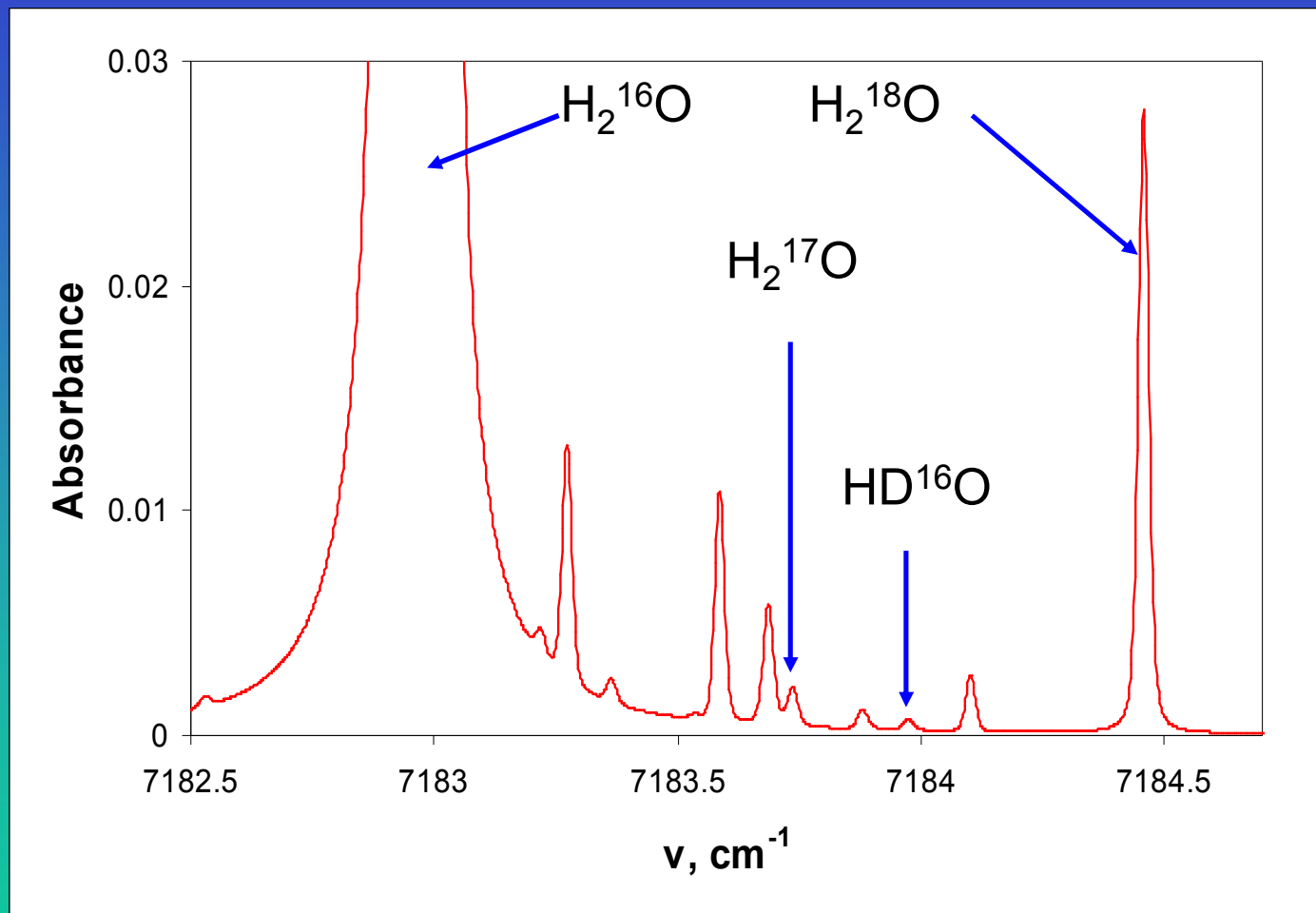
3 – Дополнительная приставка. Излучение ДЛ через иллюминатор (4) направляется на отражатель (5) и регистрируется ФД.

Высотные профили концентраций H_2O , CO_2 , CH_4 , CO



Молекула	Изменения концентрации от поверхности Земли до 25 км, ppm
H_2O	3-15000
CO_2	363-365
CH_4	1.6-1.8
CO	0.05-0.12

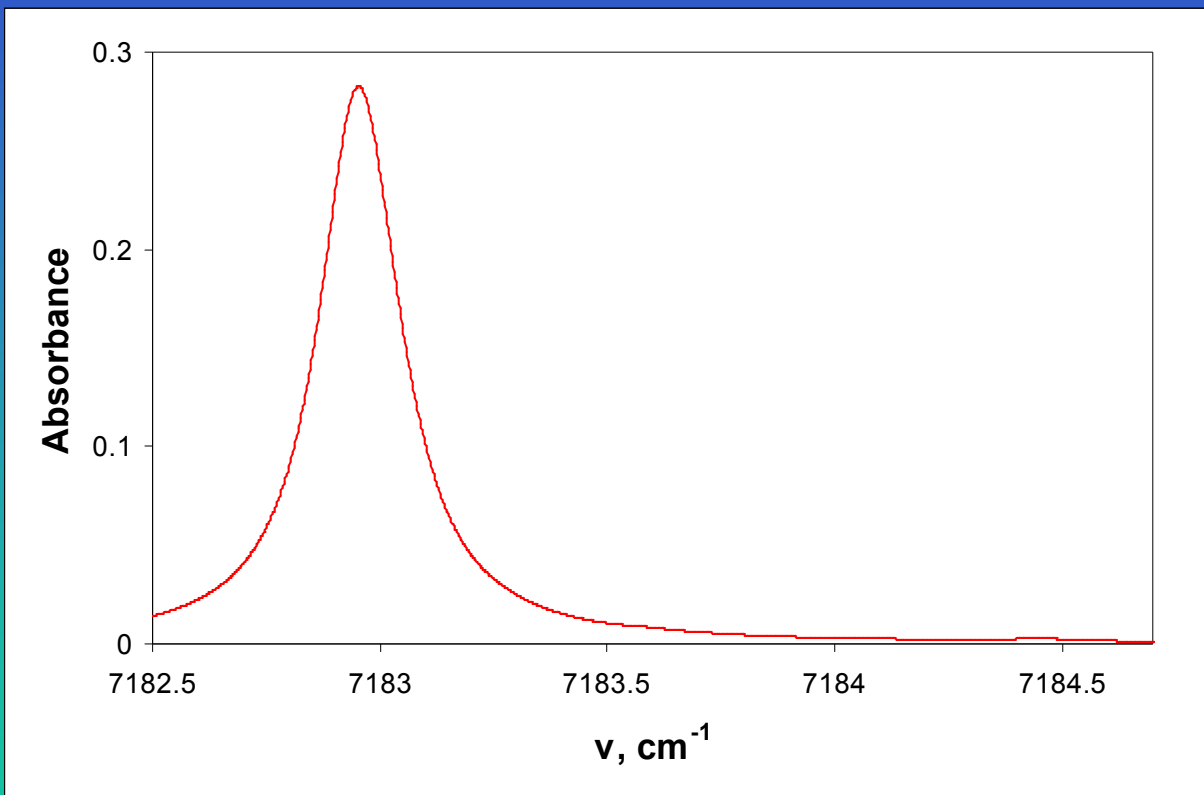
Спектральный канал H_2O



Спектр поглощения для измерения водяного пара (сильная линия для H_2^{16}O), а также изотопных составляющих (кислорода и водорода): $P_0 = 30$ Torr, $L = 39$ m.

Канал для измерения турбулентности атмосферы

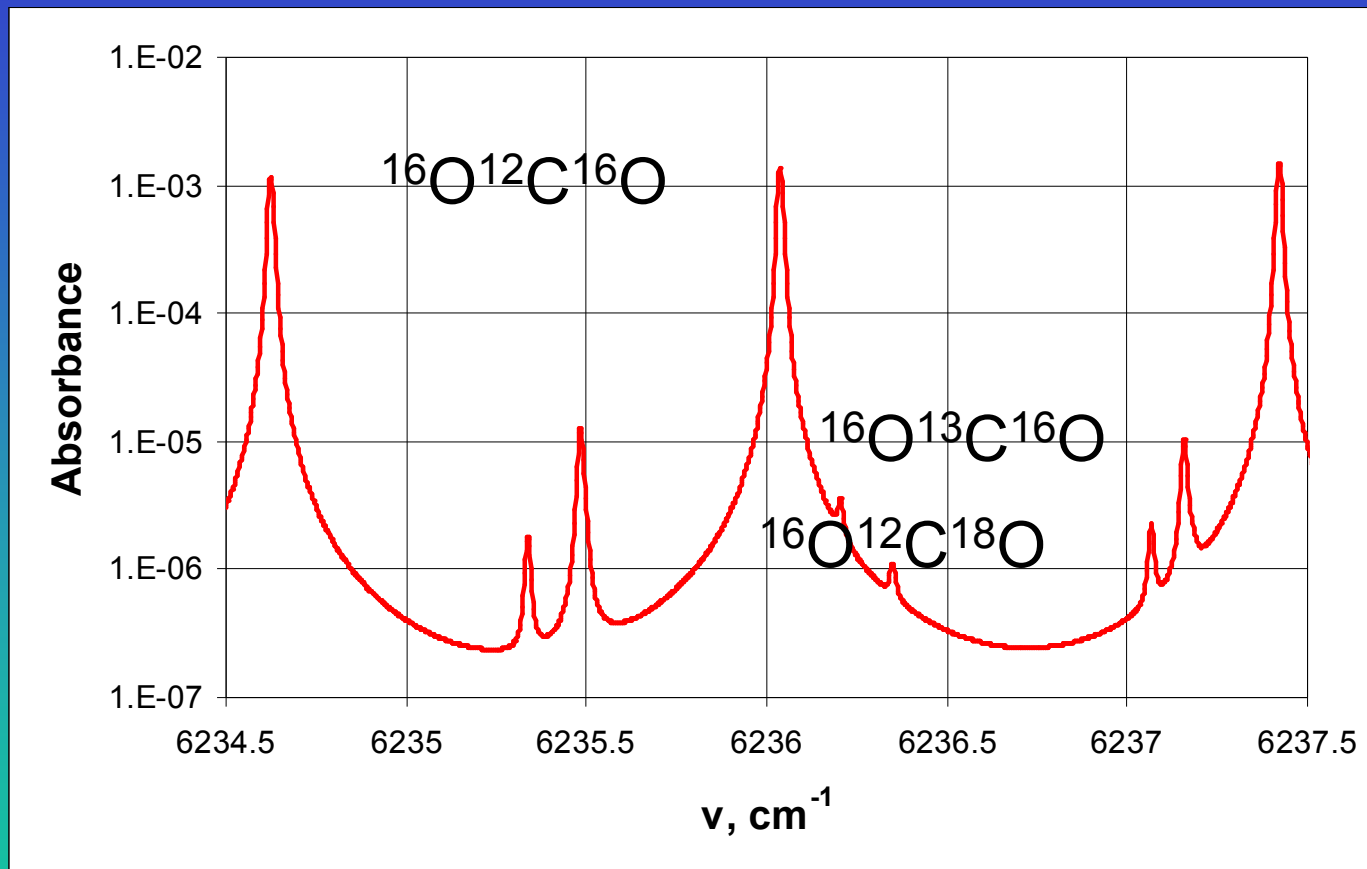
Излучение диодного лазера направляется через оптический иллюминатор самолета на внешний отражатель и регистрируется фотодетектором.



Расстояние между
иллюминатором и
отражателем 40 см.

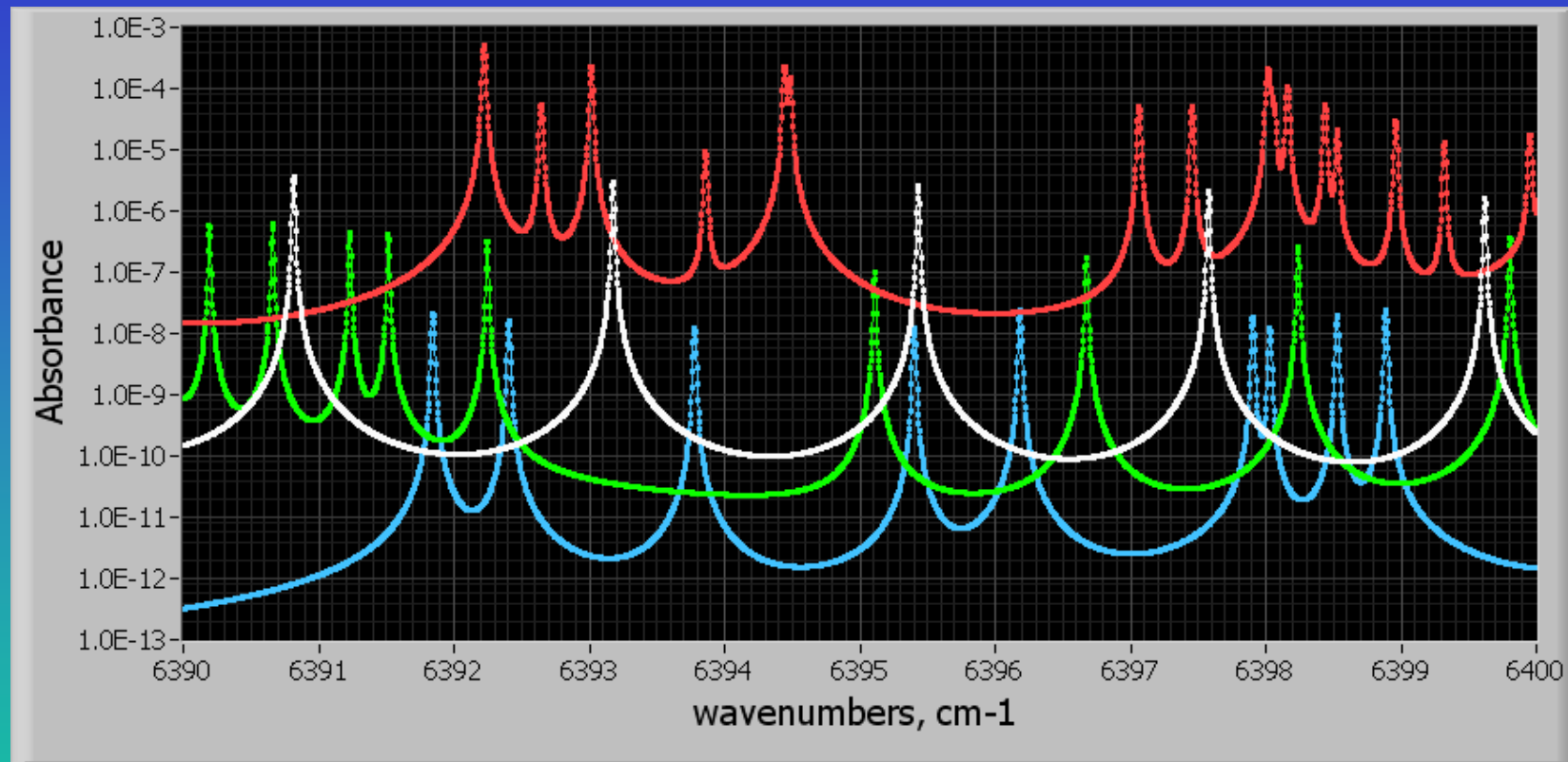
**Время одиночного измерения 30 мсек, при скорости самолета - 500 km/h
пространственное разрешение 4 м.**

Спектральный канал CO₂



Спектр поглощения для измерения CO₂ (сильная линия ¹²C¹⁶O₂), а также изотопных составляющих углерода и кислорода. P₀ = 40 Torr, L = 39 m, концентрация CO₂ = 300 ppm.

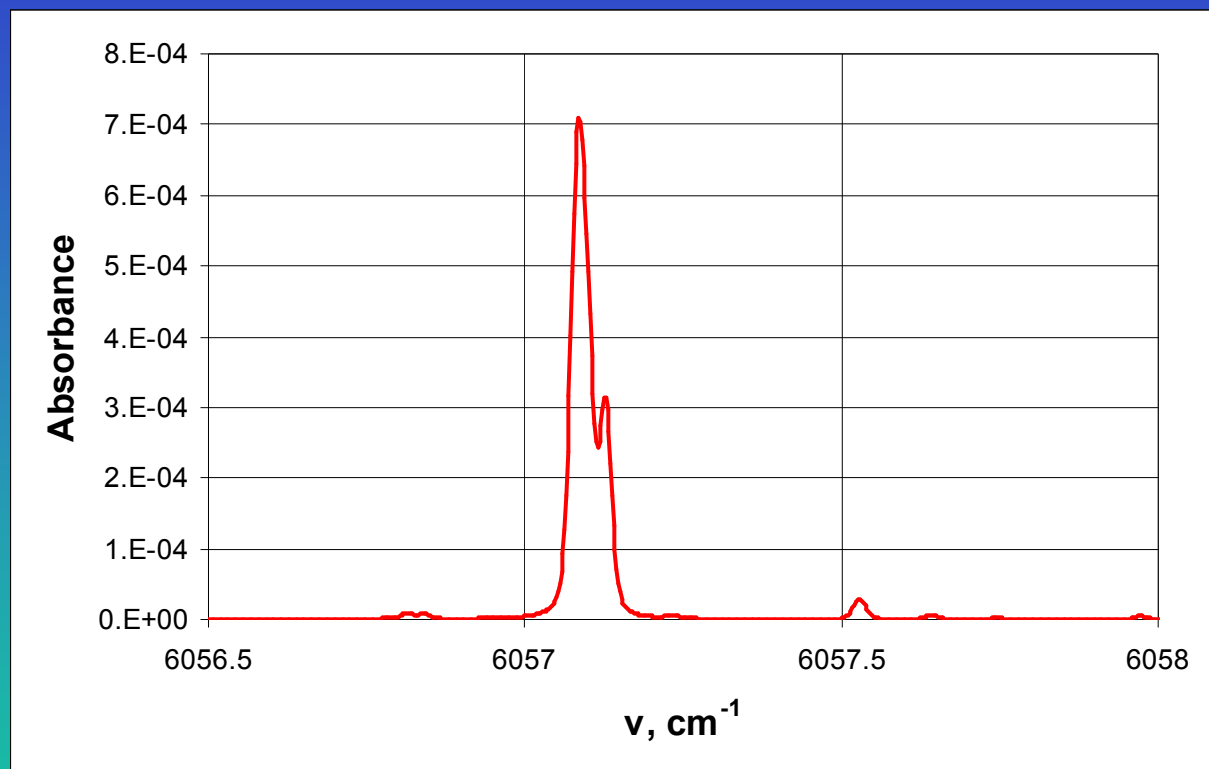
Спектральный канал CO



Спектр поглощения для измерения CO (белый), H₂O (красный), C₂O (зеленый), CH₄ (синий)

Параметры: $P_0 = 40$ Torr, $L = 39$ m, CO – 1 ppm, H₂O – 1 %, CO₂ – 300 ppm, CH₄ – 1.6 ppm.

Спектральный канал CH_4



Спектр поглощения для измерения CH_4 . Сильная линия метана свободна от интерференции поглощения водяным паром в атмосфере. Параметры: $P_0 = 40 \text{ Torr}$, $L = 39 \text{ m}$, концентрация CH_4 в атмосфере = 1.6 ppm.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Разработана концепция создания самолета-метеолaborатории (СМЛ) нового поколения. Определены цели и задачи СМЛ нового поколения.
- Разработана структура измерительного комплекса СМЛ и схема информационного взаимодействия СМЛ с наземными комплексами.
- Определен состав аппаратуры и проведена разработка структуры аппаратно-программных комплексов и бортового измерительно-вычислительного комплекса в составе СМЛ.
- Самолетные измерения концентраций H_2O , CH_4 в атмосфере можно реализовать до высот 21 км с помощью ИК ДЛС спектрометра. Измерения изотопического состава H_2O , CO , CO_2 можно проводить на высотах полета тропосферного самолета до 8 км при оптической длине 40m.
- Разработана конструкторская документация на самолетные приборы, в том числе на изготовление самолетного ИК Диодного Лазерного Спектрометра
- В результате проектно-изыскательских работ по постройке СМЛ нового поколения, проводимых ОАО КБ «Ильюшин»:
- Разработана конструкторская документация на два СМЛ Ил-114-100 «Атмосфера», включая компоновочная схемы внутреннего размещения приборов и оборудования.