Обнаружение продуктов распада ВВ в движущемся автомобиле методом ДЛС

А.Г. Березин, С.Л. Малюгин, А.И. Надеждинский, Д.Ю.Наместников, Я.Я. Понуровский, И.П. Попов, Ю.П.Шаповалов, Д.Б. Ставровский, И.Е. Вязов, В.Я.Заславский

DLS LAB

Институт общей физики им.А.М. Прохорова РАН
119991 г.Москва ул.Вавилова 38.
E-mail: Nad@nsc.gpi.ru

B. Beckes, S. Kraus, S. Kadner

Canberra Albuquerque, 8401 Washington Pl NE
Albuquerque, NM 87113 USA
skraus@canberra-abq.com

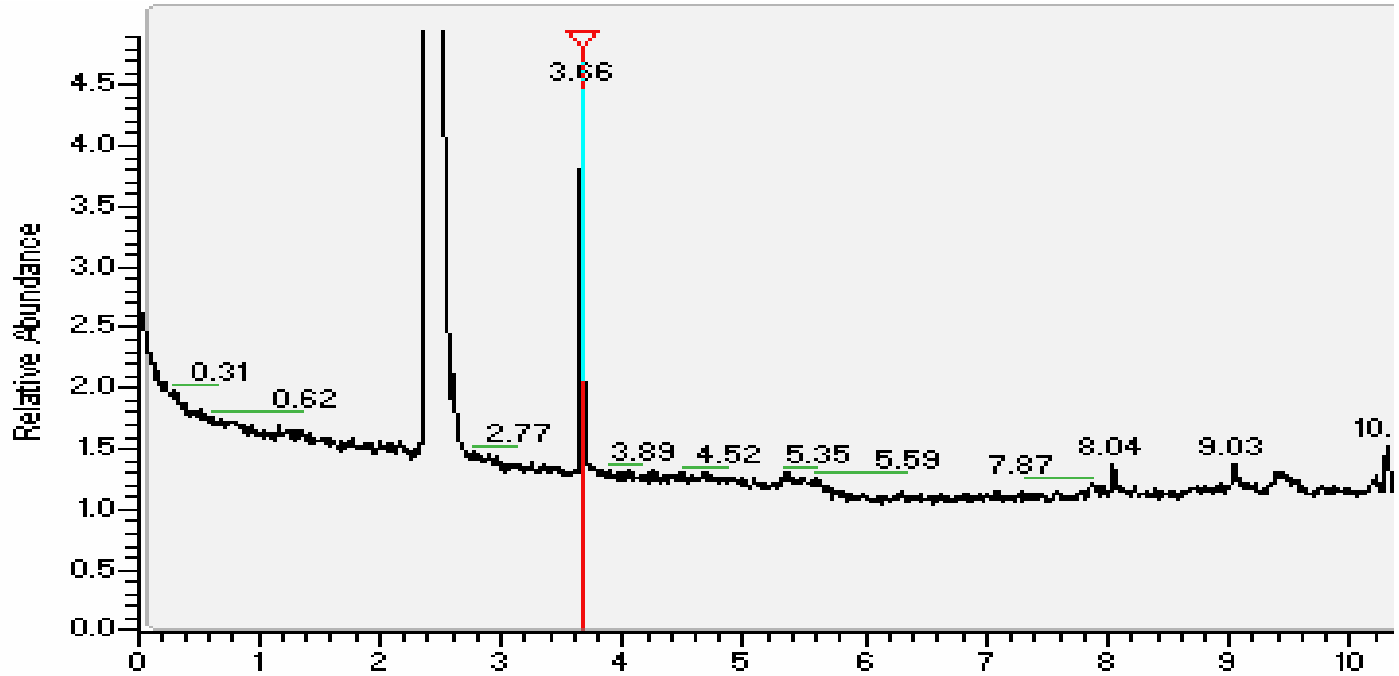
CANBERRA

Измерение продуктов распада ВВ в движущемся автомобиле.

- Работа состояла в разработке газоанализатора и исследовании возможности дистанционного детектирования продуктов распада ВВ азотосодержащей группы методами диодно-лазерной спектроскопии. В современном мире значительно возросла угроза терроризма. Актуальность разработки методов дистанционного детектирования различных видов ВВ, используемых террористами, очевидна. Очень важно иметь возможность вовремя обнаружить ВВ и обезвредить преступников. Несомненно создание мобильных приборов , способных обнаруживать и сигнализировать о наличии ВВ в салоне проезжающего автомобиля на магистрали становится злободневной задачей. Их можно было бы устанавливать как на транспортных средствах ДПС , так и на стационарных постах. С их помощью можно было бы контролировать все транспортные средства на наличие перевозимых ВВ

- С этой целью нами совместно с коллегами из Canberra ABQ (США) были проведены исследования возможности дистанционного обнаружения ВВ методами ДЛС.

Предварительные исследования



Нами и нашими коллегами из американской компании Canberra ABQ (США NM) были проведены предварительные исследования продуктов распада Ряда широко распространенных ВВ (пентрит(PENT),тротил, тол, тринитротолуол (TNT), RDX(гексоген), с использованием хроматомасспектрометров.

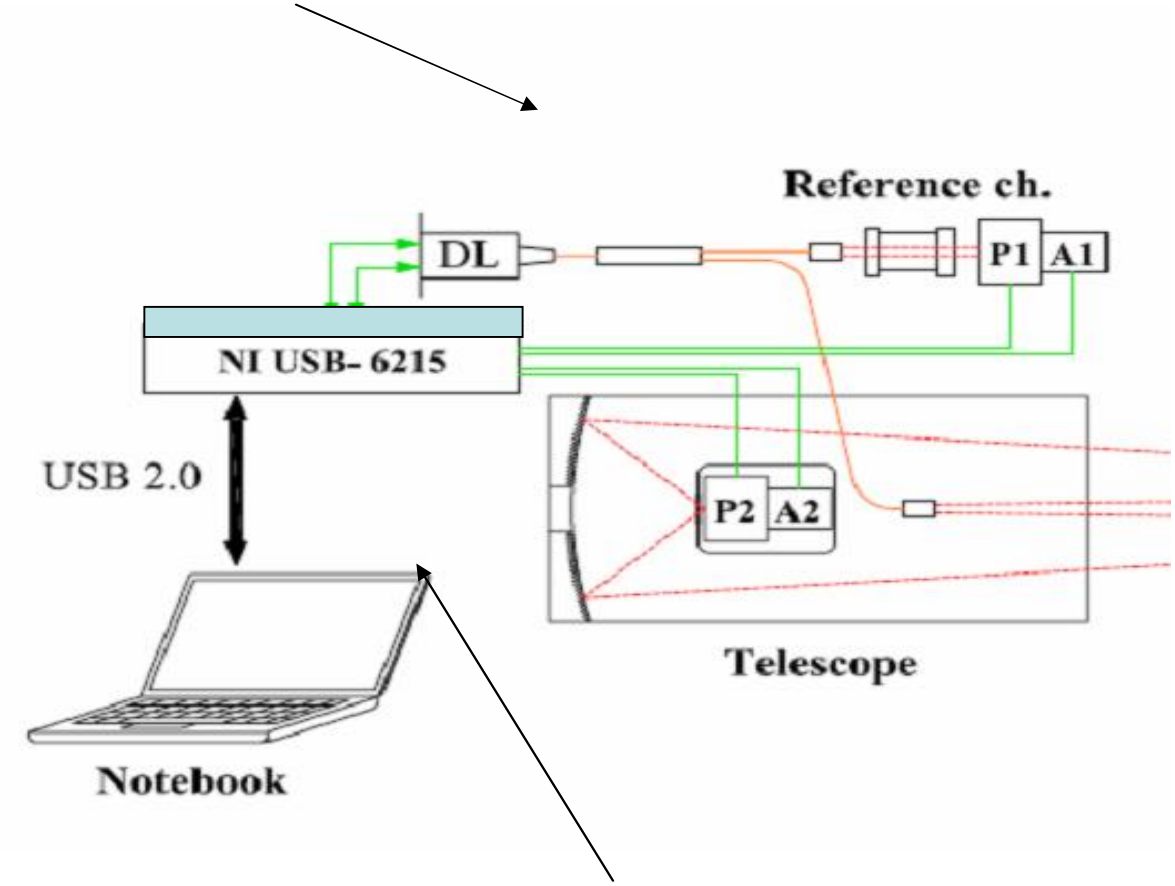
На рис. представлена хроматограмма образца №3 (Primacord на базе PETN). У всех исследованных образцов ВВ наблюдался пик на 3.7 мин обусловленный изоциановой кислотой HNCO(отмечен стрелкой). Гидролизуясь в воздухе, HNCO высвобождает аммиак

$$HNCO+H_2O=NH_3+CO_2$$

Т.о., аммиак есть маркер наличия ВВ. В качестве подтверждения этого на полигоне SOCORRO ENERGETIC MATERIAL RESEARCH AND TEST CENTER (NM, USA) в 2007г., нашим прибором на основе многоходовой кюветы Чернина были произведены полевые испытания образцов ВВ азотосодержащей группы. Испытуемый образец массой 200 кг в оболочке был обнаружен на расстоянии 120 м с зарегистрированной концентрацией Аммиака 120 ppb.

Устройство ДЛС газоанализатора

Опто-электронный блок



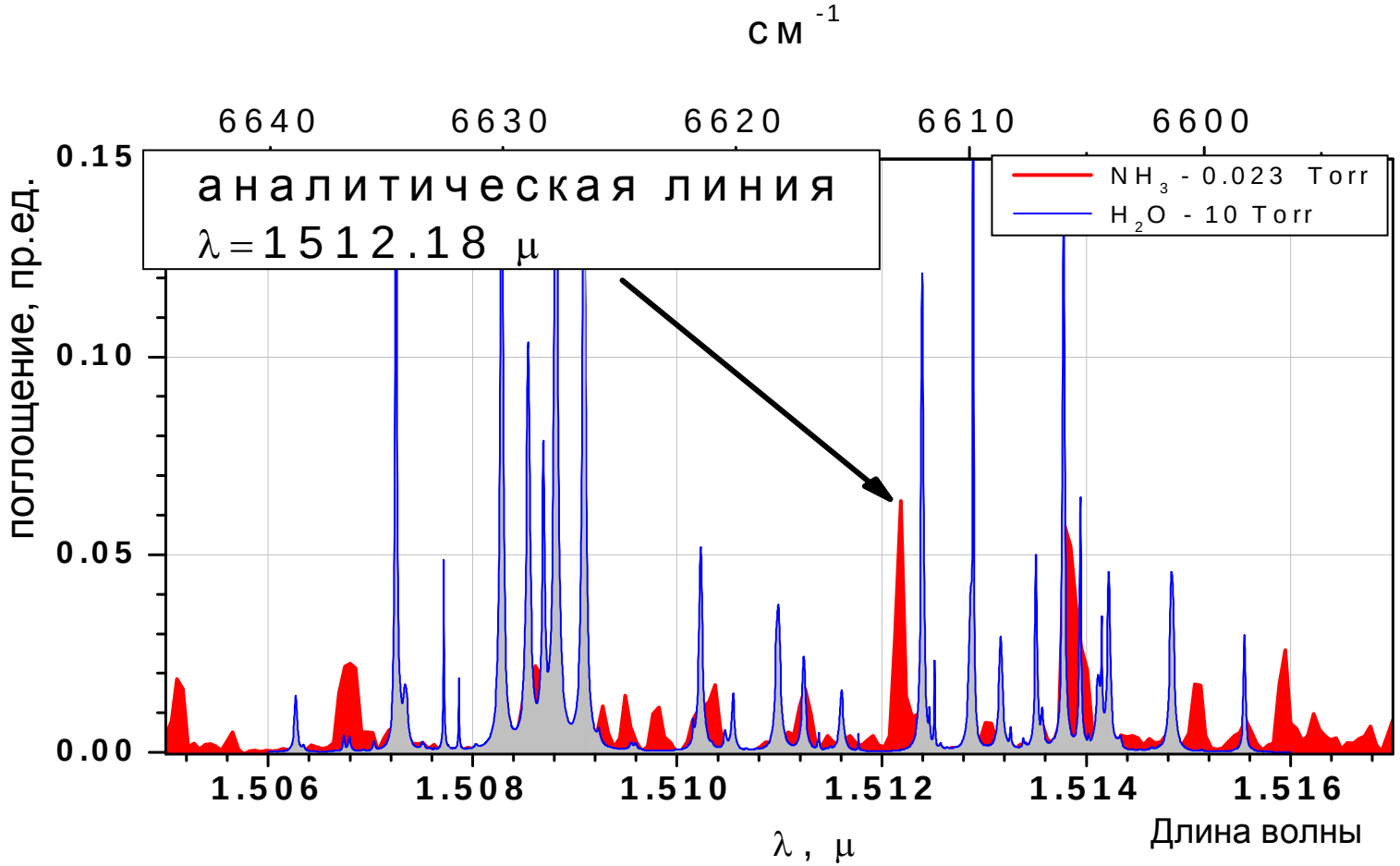
Модуль управления и сбора данных

На основании этих исследований , нами была поставлена задача разработать компактный прибор-газоанализатор , с помощью которого можно было бы определять дистанционно наличие продуктов распада ВВ азотосодержащей группы в салоне движущегося автомобиля. На рис. представлена схема газоанализатора . Он состоит из Оптоэлектронного блока и Модуль управления и сбора данных. -

Оптоэлектронный блок состоит из модуля диодного лазера ,реперного канала , оптического телескопа , разветвителя , отражателя и модуля электроники.

- **Модуль управления и сбора данных** состоит из платы ввода-вывода NI USB – 6215 и персонального компьютера.

Спектр поглощений аммиака и воды в области генерации диодного лазера.



Для подбора ДЛ нами использовалась традиционная методика включающая в с себя выбор режима работы ДЛ и обработка результатов измерений с учетом опыта работы с платами ввода вывода NI DAQ.

Диодный лазер

- Нами использовался РОС диодный лазер с волоконным выводом излучения фирмы NEL, генерирующий в диапозоне длин волн 1,51 мкм , выходной мощностью- 25 мW.В таблице преведены характеристики ДЛ
- :

[DFB-LD Module Test Data]

NTT Electronics Corporation

Product Type	NLK1S5GAAA
Module No.	537793

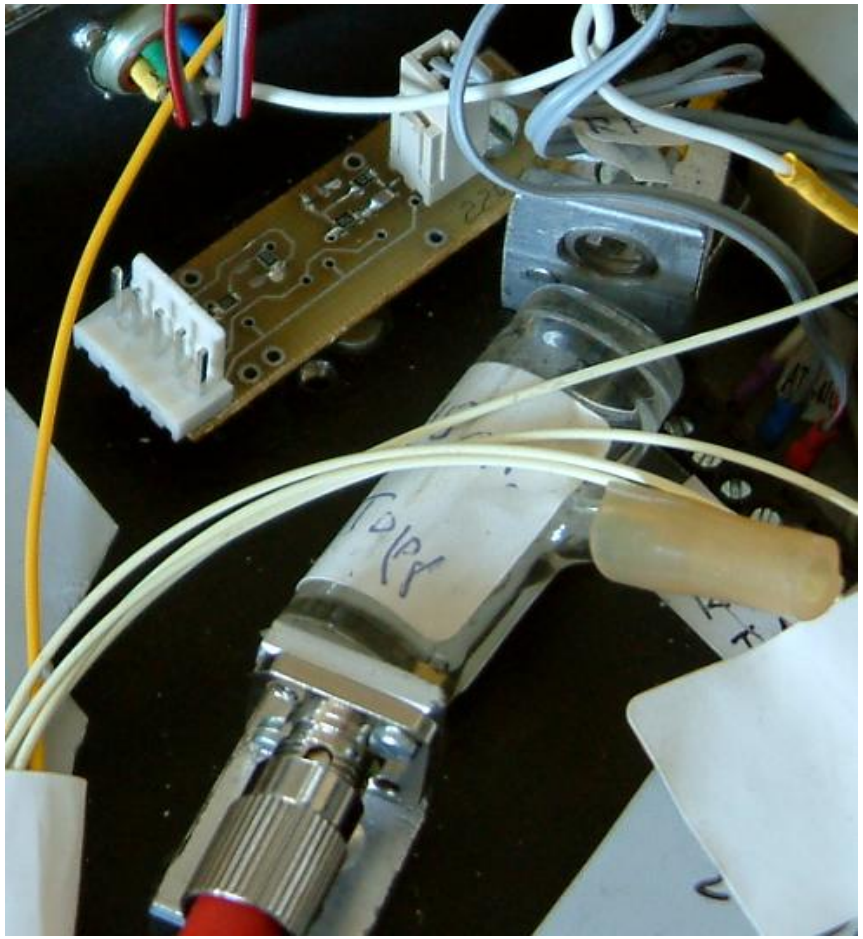
ELECTRICAL/OPTICAL CHARACTERISTICS $T_{CASE}=T_{LASER}=25°C$

No.	Parameter	Symbol	Condition	Specifications Min	Typ	Max	Test Results	Units
1	Forward voltage	V_F	I_F=30mA		1.2	1.6	1.01	V
2	Threshold current	$I_{(1Hi)}$	CW		10	20	7.2	mA
3	Fiber output power	Φe	CW,I_F=130mA	20			25.8	mW
4	Peak wavelength	λp	CW,Φe=20mW	1511.19	1512.19	1513.19	1513.00	nm
5	Side mode suppression ratio	SMS	CW,Φe=20mW	35			52	dB
6	Monitoring Current(PD)	$I_{R(E)}$	CW,Φe=20mW	0.1			0.721	mA
7	Tracking error	E_R	$I_{R(E)}$=constant	-0.5		0.5	0.24	dB
8								
9								

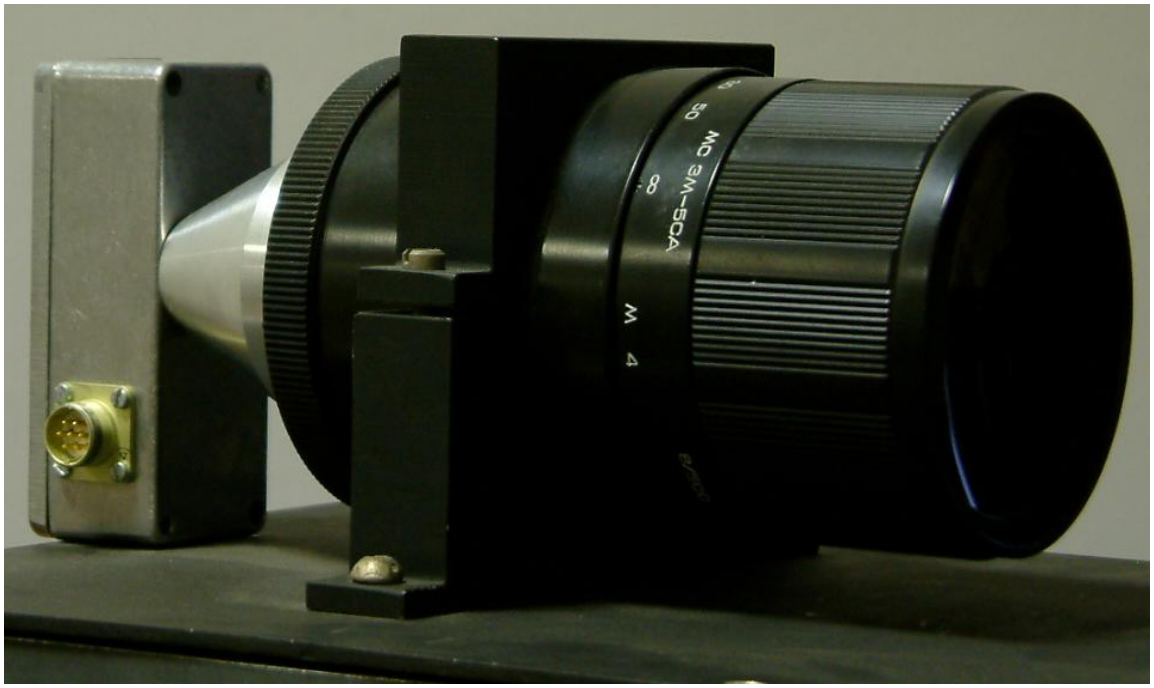
Реперный канал

- **1. Реперная кювета**
- была применена запаянная кювета из стекла длиной 30 мм, содержащая NH3 при давлении 40Торр и разбавленная сухим азотом до атмосферы 760 Торр. Аммиак- класс чистоты-99,999%.
- **2. Разветвитель**
- Применен разветвитель волоконно-оптический одномодовый деления 1/2 на длинну волны - 1.50мкм

- **3. Фотоприёмник**
- Применён фотоприёмник на основе Ge размер
- приемной площадки 2 мм.
- **4. Предусилитель**
- Использовался предусилитель
- с сопротивлением обратной
- связи 10 Ком и полосой пропускания
- 60 кГц.

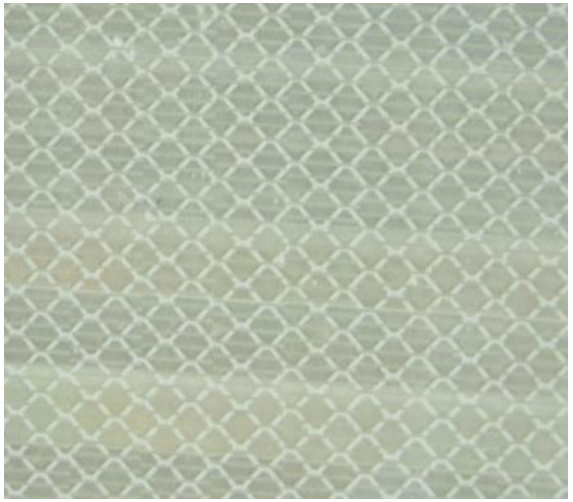


Телескопическая система



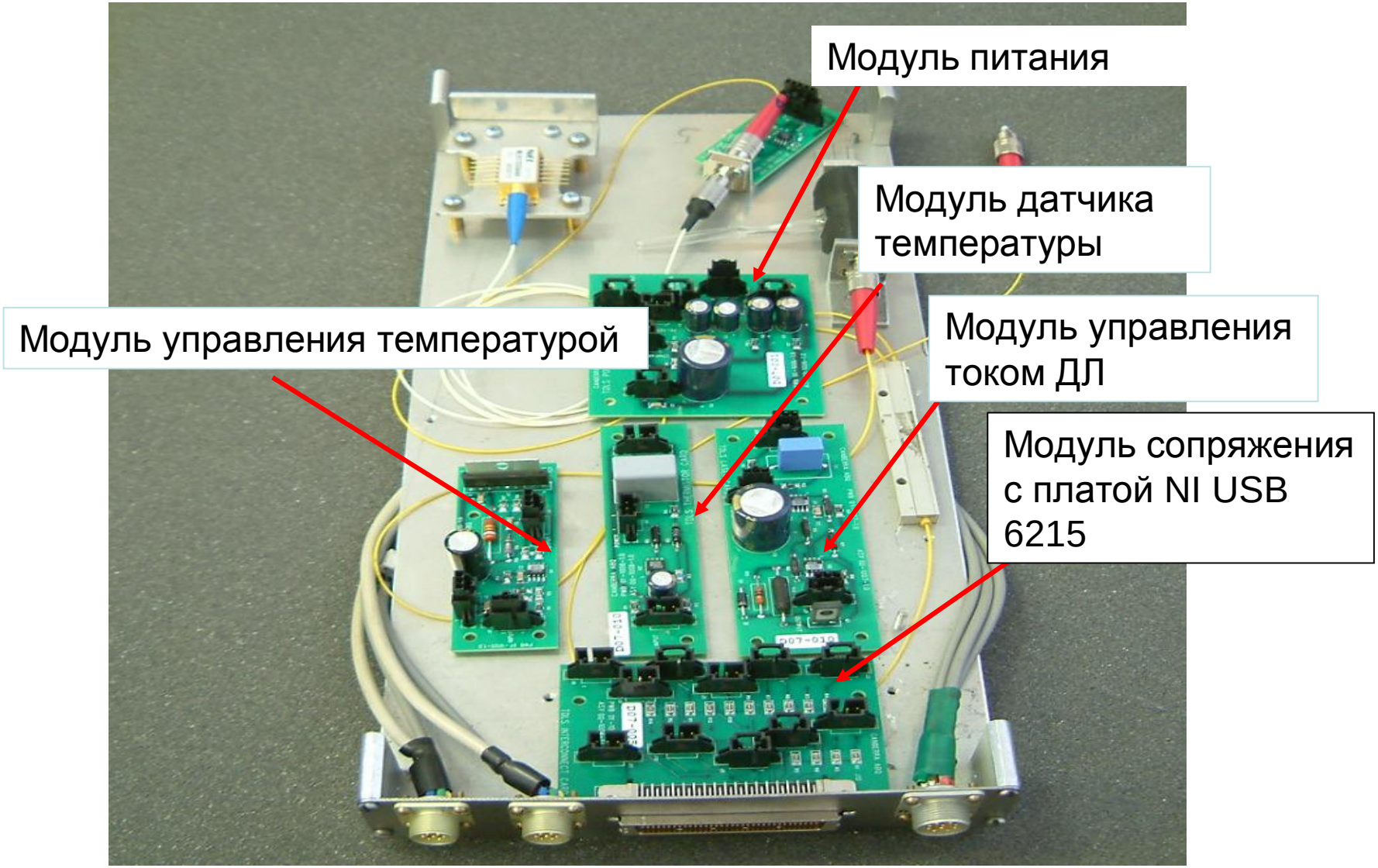
Телескопическая система пред - назначена для приёма сигнала от отражателя и включает :
Объектив (D=80мм, F= 500мм.)
InGa Фотодиод (размер приемной площадки 2 мм),

Предусилитель полоса пропускания *f*=24 кГц, $R_{обр.}$ =100 кОм



световозвращающая плёнка типа DG^3.
Коэффициент световозвращения 570 кд*$лк^{-1}$ *$м^{-2}$

Электронный модуль

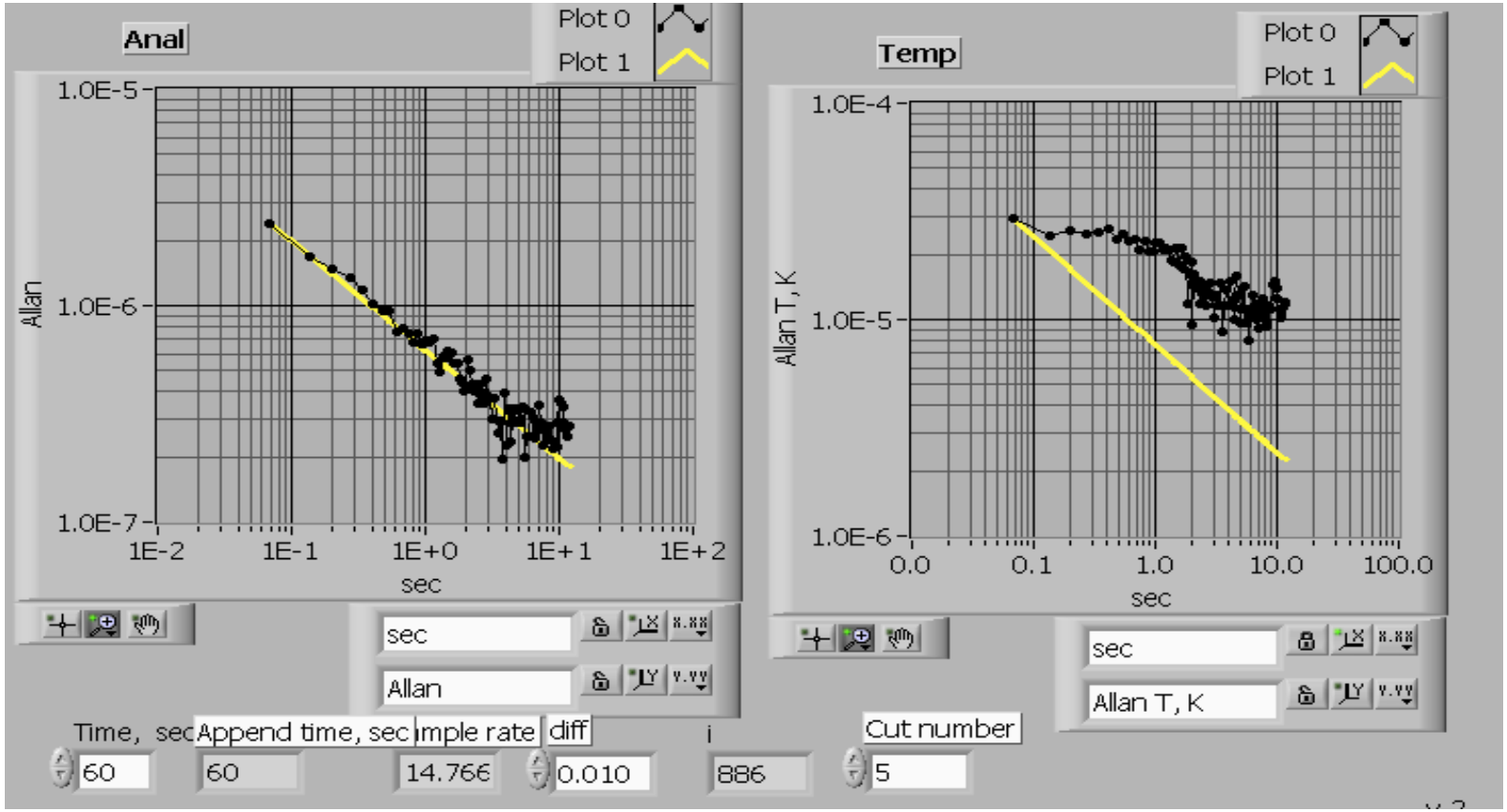


Разработанные нами электронные модули и блоки управления ДЛ были изготовлены в компании Canberra ABQ (США NM) мелкосерийным тиражом.

Общий вид газоанализатора

Оптический модуль для вывода излучения

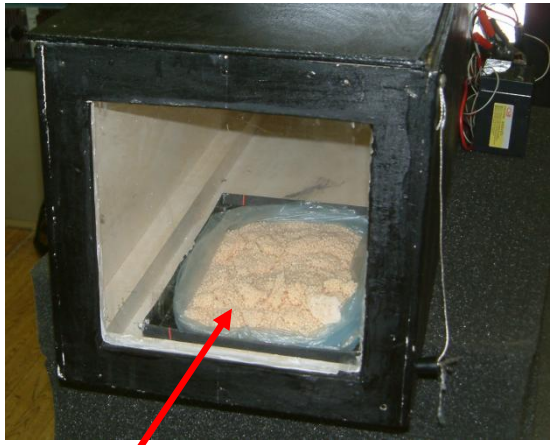
График Алана по шумам и температуре



Перед проведением лабораторных испытаний , были проведены исследования шумов оптоэлектронного тракта газоанализатора. График Алана показывает , что при времени усреднения 1сек. нестабильность температуры в нашей системе была менее величины $2*10^{-5}$ град. К , а минимальная величина детектируемого поглощения при этом времени составила величину $7*10^{-7}$

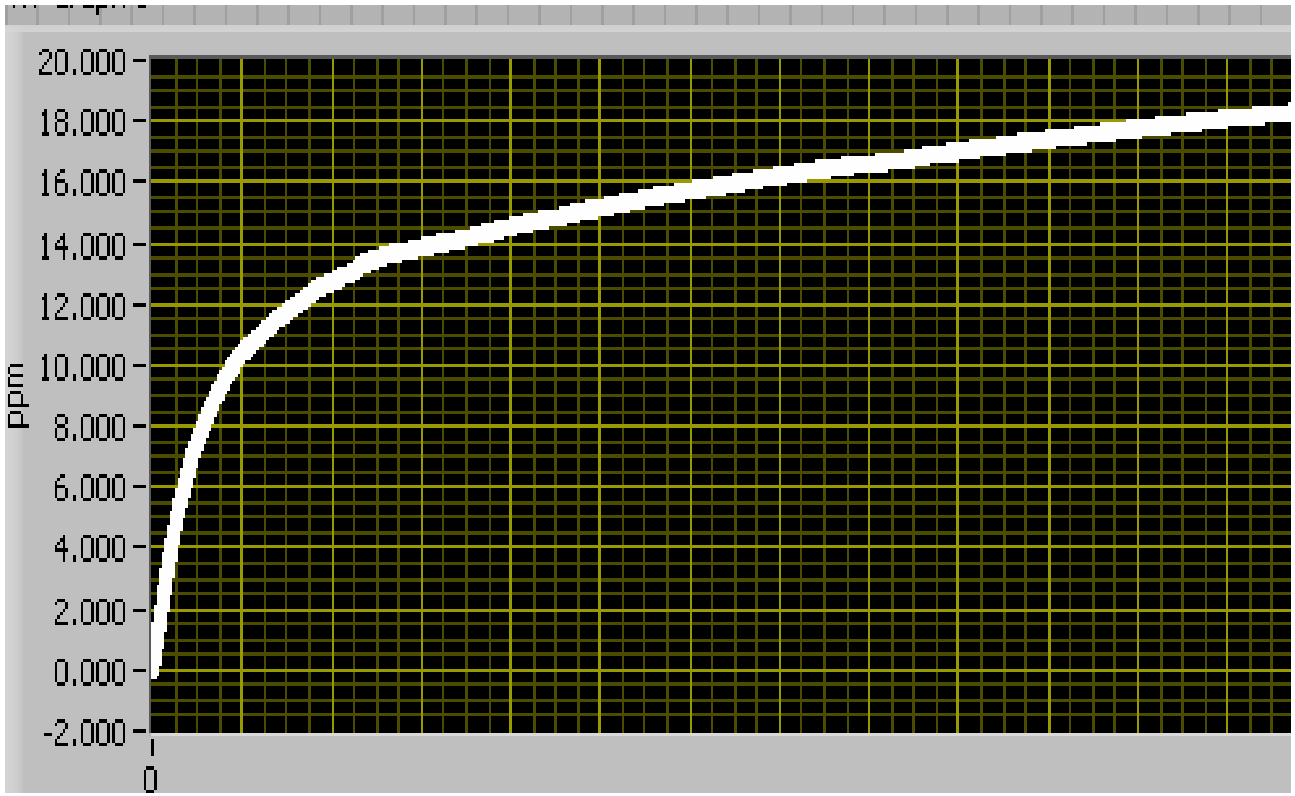
Лабораторные испытания

Автомобиль был имитирован боксом со стеклянными окнами.



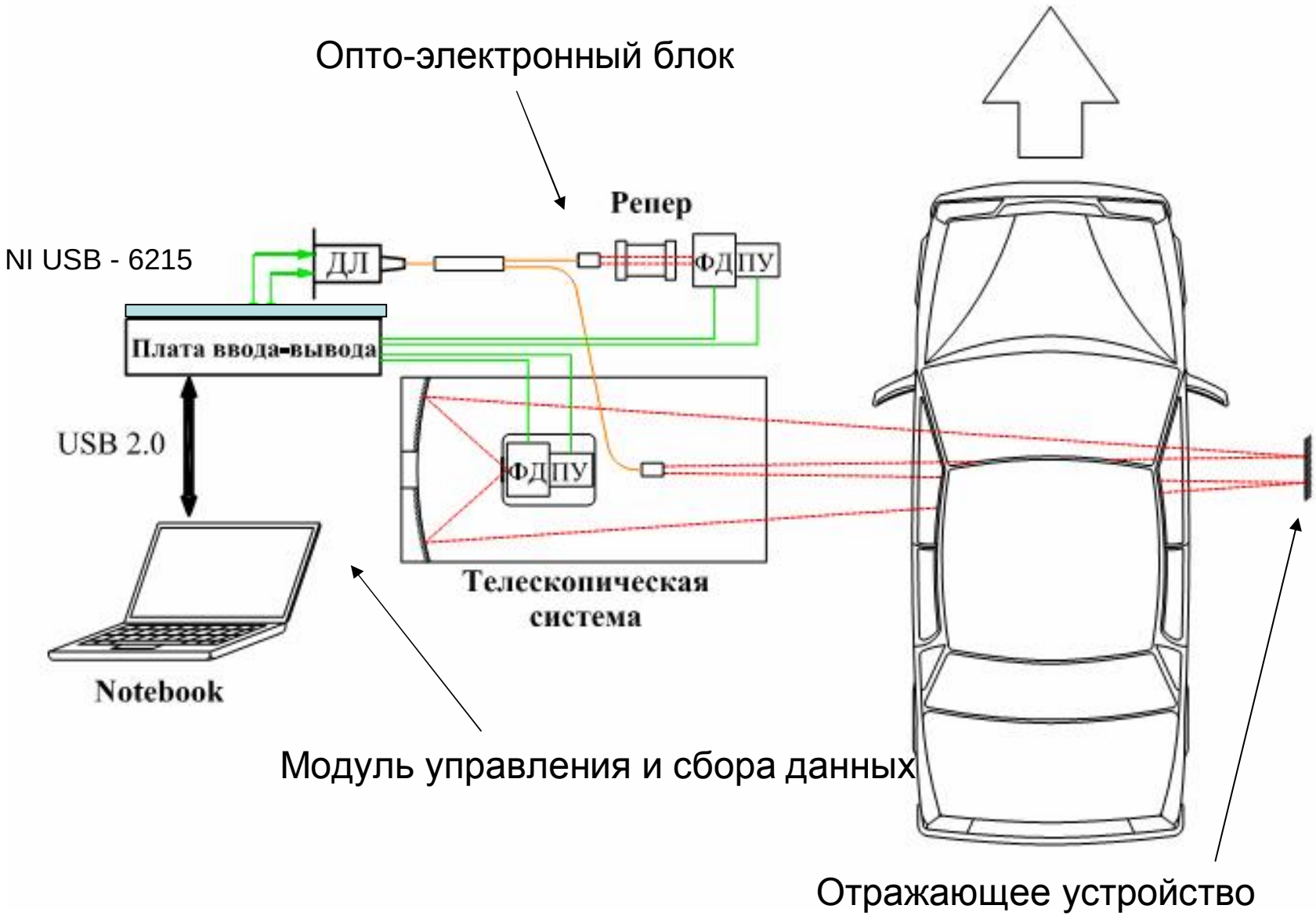
В качестве имитатора ВВ был использован нитрат аммония.

Рис. показывает результат бесконтактной регистрации (в боксе) образца взрывчатых веществ (130 g). Данный образец эквивалентен измерению 20-килограммовых взрывчатых веществ в движущемся транспортном средстве. Этот уровень обнаружения в лабораторных условиях снижен приблизительно до 100 г.



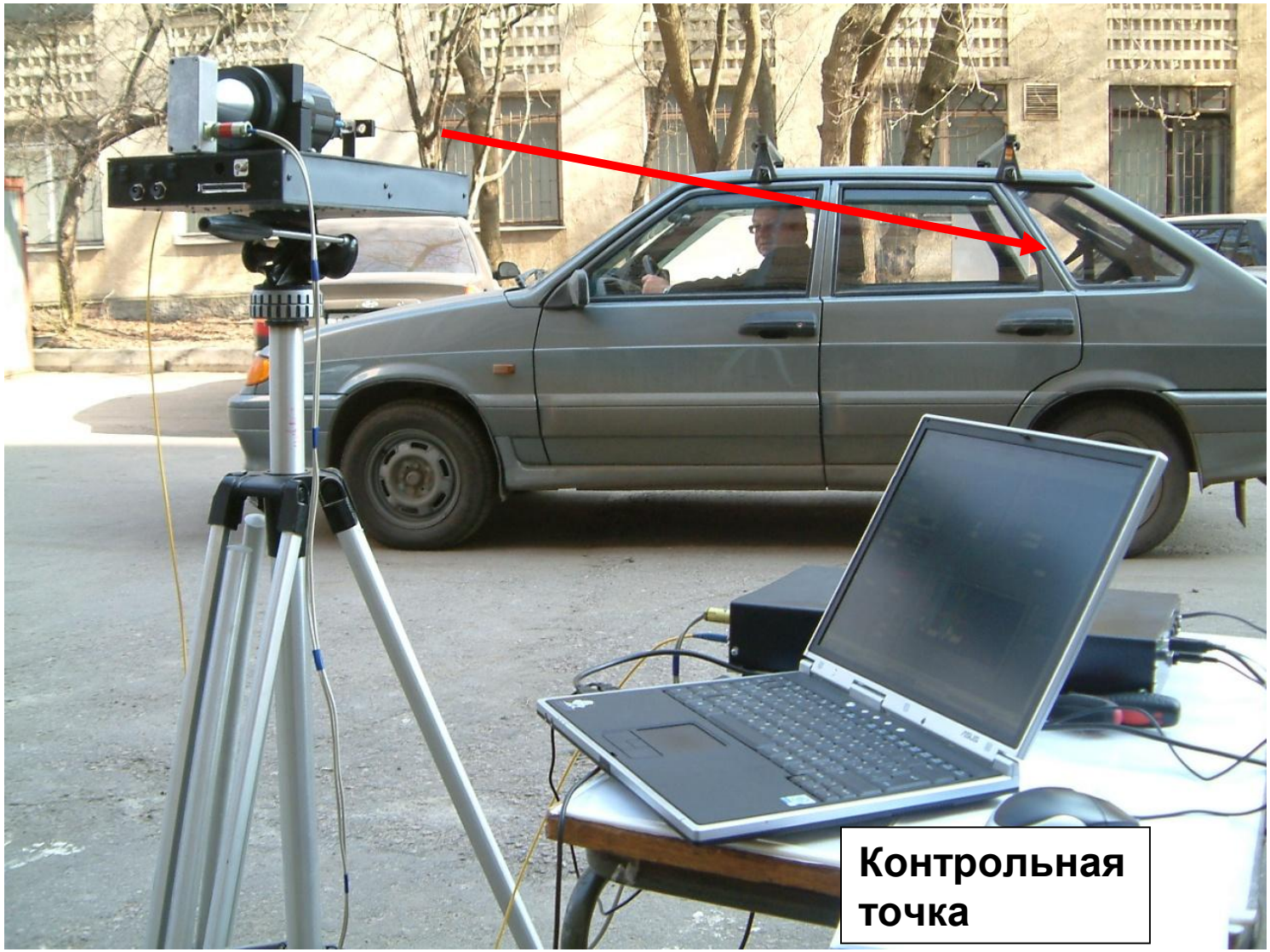
Детектирование образца ВВ (130 g) в боксе в лабораторных условиях.

Блок-схема проведения полевых измерений

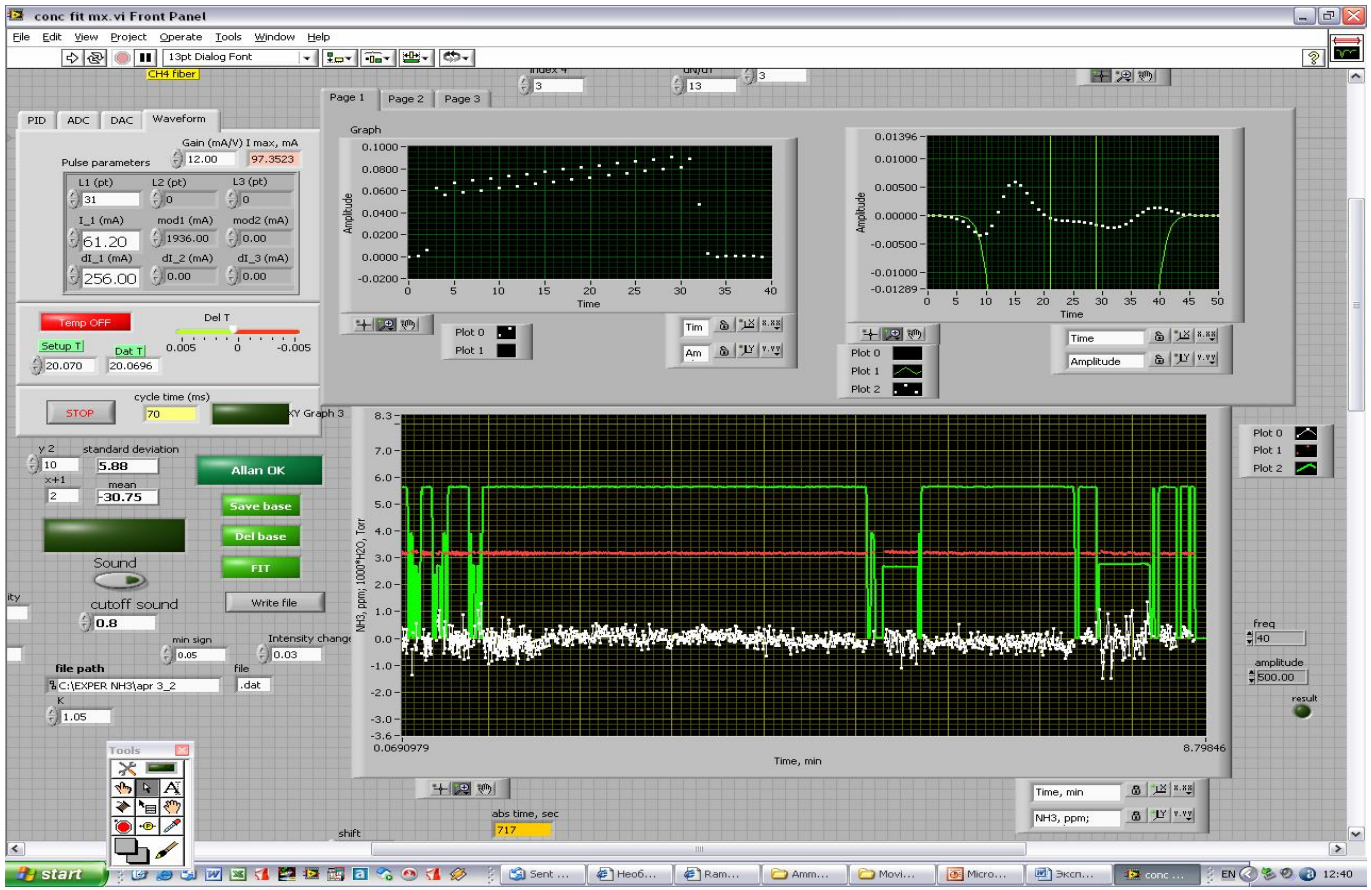


Полевые измерения NH_3 в движущемся транспортном средстве

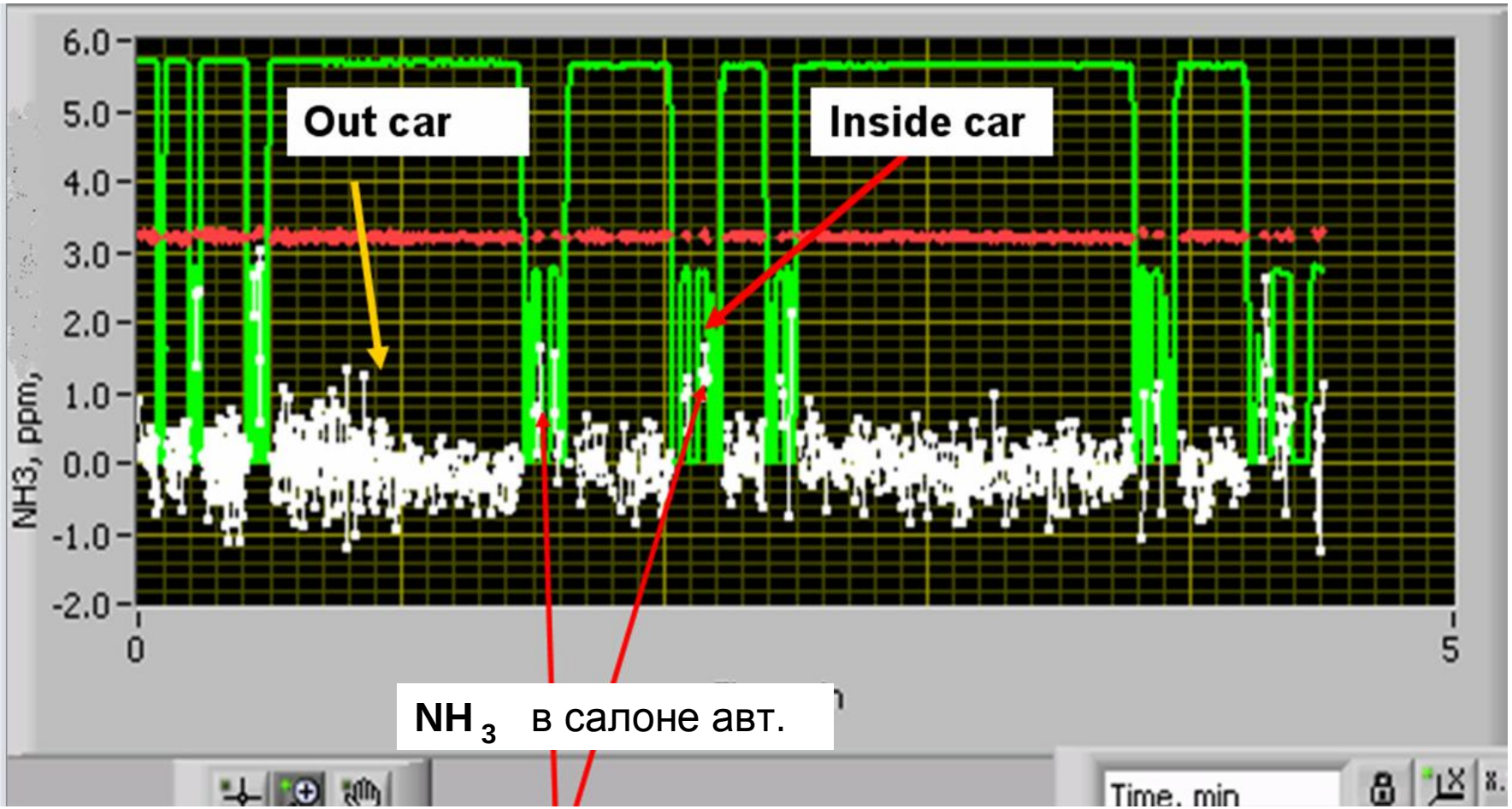
Взаимное расположение ДЛГ и автомобиля



Рабочая панель программы управления (“LabView 8.2”)

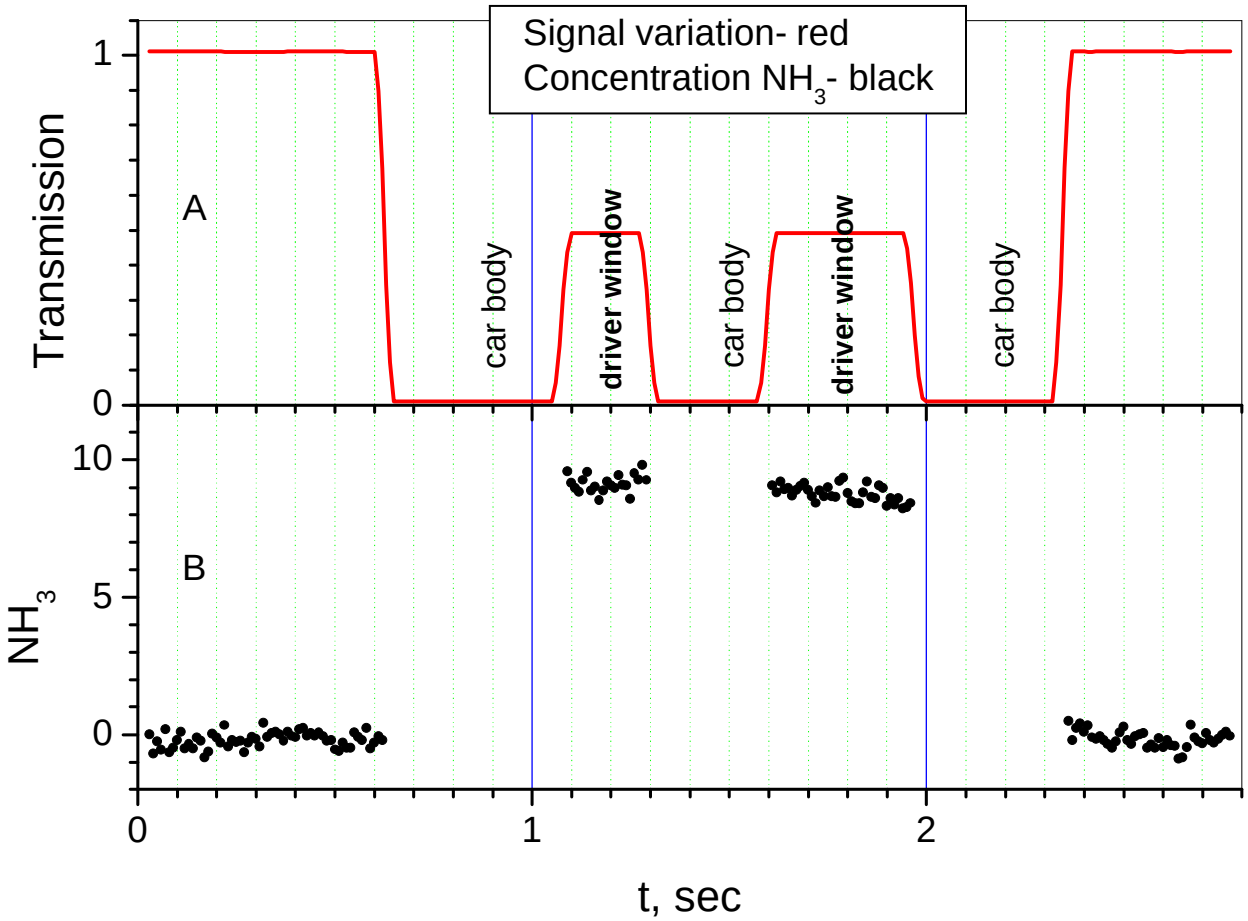


На слайде представлена рабочая панель праграммы управления и сбора данных газоанализатора при выполнении полевых измерений.. В первом окне показывается сигнал диодного лазера , во втором – результаты обработки сигналов аналитического и реперного каналов. Фильтрация и дальнейшая обработка сигнала производилась с помощью корелляционных методик. В левой части – окно управления газоанализатором.



На основном окне представлены измерения в реальном масштабе времени:
Зелёный – сигнал пропускания ,
Красный – сигнал фоновой засветки ,
Белый – массив концентрации аммиака.

Результаты испытаний.



Из представленных результатов видно , что вне автомобиля концентрация амиака равна 0. Видны стойки автомобиля и концентрация аммиака в салоне автомобиля составила 1,2 – 1,5 ppm , что соответствует закладке в автомобиль ВВ азотосодержащей группы 10 кг. Опытным путём получена максимальная скорость , при которой обнаружимы пары аммиака данной концентрации – 10км/ч., на расстоянии 8 м.

Выводы

- Разработан газоанализатор и исследованы возможности дистанционного детектирования продуктов распада ВВ азотосодержащей группы методами диодно-лазерной спектроскопии.
- создана методика дистанционного детектирования продуктов распада ВВ .
- Исследованы различного вида шумы оптоэлектронного тракта. При времени усреднения 1сек. нестабильность температуры в нашей системе была менее величины $2*10^{-5}$ К , а минимальная величина детектируемого поглощения при этом времени составила величину- $7*10^{-7}$
- Минимальная обнаружимая величина концентрации составила 0,3 ppm при времени регистрации 100 мсек. и скорости движущегося автомобиля 10 км/ч. Определены причины ограничения чувствительности , связанные с поглощением и рассеиванием излучения на окнах , а так же величиной скорости автомобиля .