

**VI ежегодная конференция молодых ученых и специалистов  
«Алушта-2017»**



**Минимизация долговременных шумов  
24-битных АЦП Data Translation для  
Прецизионного Лазерного Инклинометра**

**ОИЯИ:** А.А. Плужников, Н.С. Азарян, Ю.А. Будагов, М.В. Ляблин;  
**ЦЕРН:** Ж. Кр. Гайде, Б. Ди Джироламо, Д. Мергелькуль;  
**ГГТУ:** В.Г. Верниковский, О.С. Смыковский, Ю.В. Крышнев.

Пансионат "Дубна", г. Алушта, респ. Крым, 14 июня 2017 г.

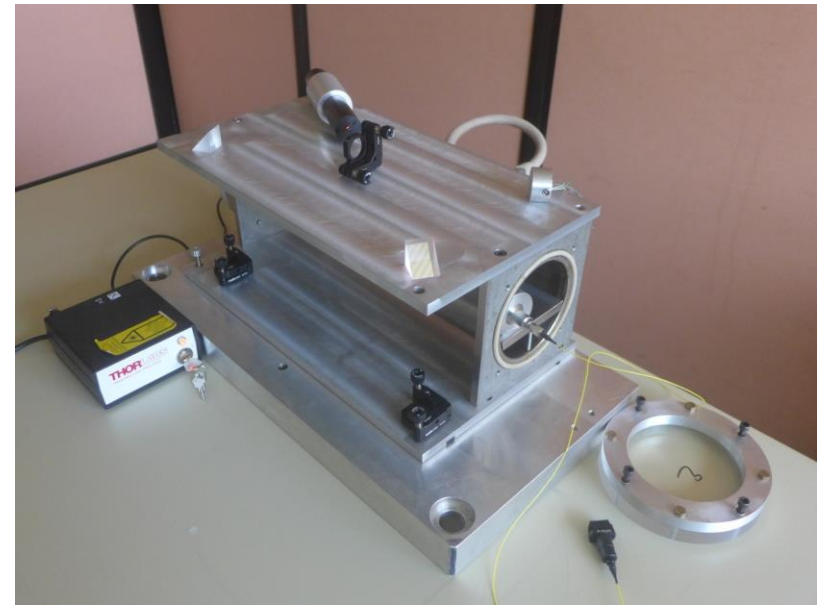
# Прецизионный Лазерный Инклинометр (ПЛИ)

**ПЛИ** – единственный в мире точный прибор этого класса; востребован для мониторингования светимости машин мультитерагерцового диапазона. Незаменим в широком классе задач, требующих высокоточной стабилизации «исследовательской платформы»

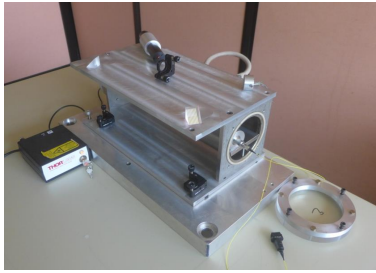
- коллайдеры,
- гравитационные антенны,
- крупномасштабные телескопы и пр.

## Достигнутые характеристики:

- рабочий диапазон:  $5 \cdot 10^{-6}$  Гц – 5 Гц;
- разрешение:  $10^{-9}$  рад/Гц<sup>1/2</sup>.

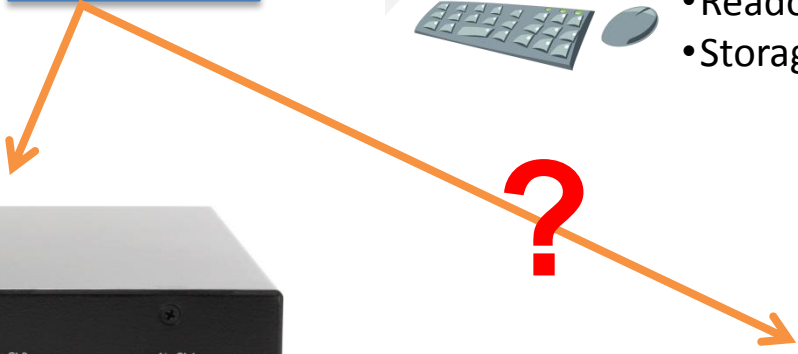


Сегодня ПЛИ ясно видит деформацию поверхности Земли под воздействием Луны и Солнца, удаленные землетрясения, колебания индустриального происхождения.



Host computer

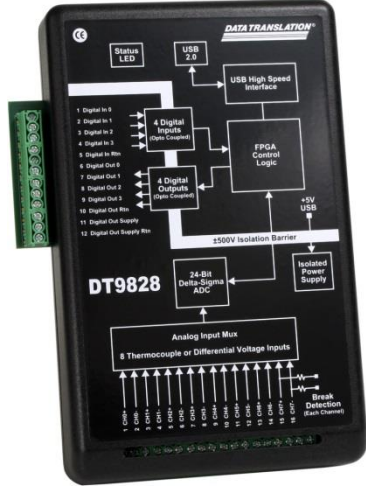
- Control
- DAQ
- Calibration
- Readout
- Storage



**DT9824**

Isolated Precision USB DAQ

- $\pm 500V$  Isolation Ch-to-Ch and to earth ground
- 4 simultaneous analog inputs
- 24-bit Delta-Sigma ADC/ch
- Input gains of 1, 8, 16, and 32 with input ranges of  $\pm 10V$
- Up to 4800 Hz/ch sampling
- 16 opto-isolated digital I/O lines

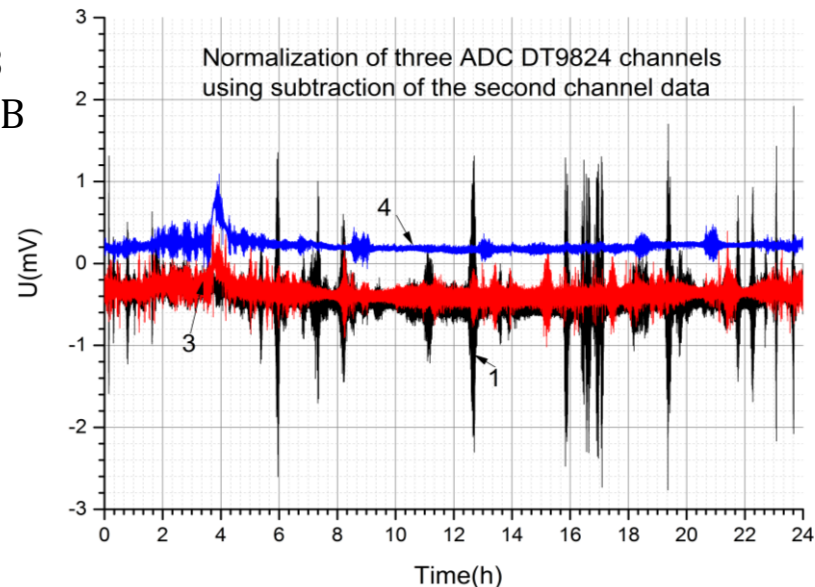
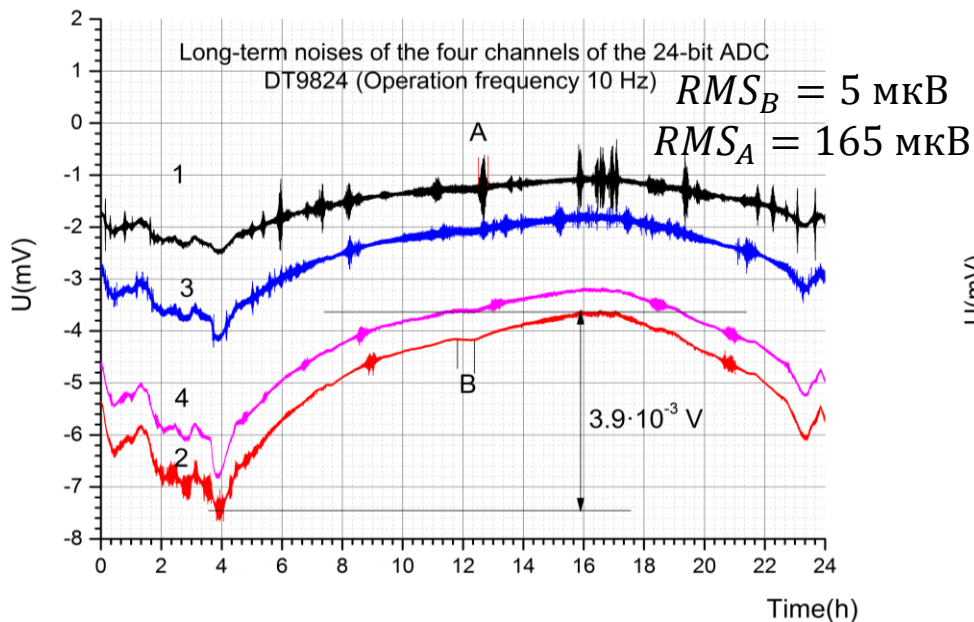


**DT9828**

Low-Cost USB Thermocouple DAQ

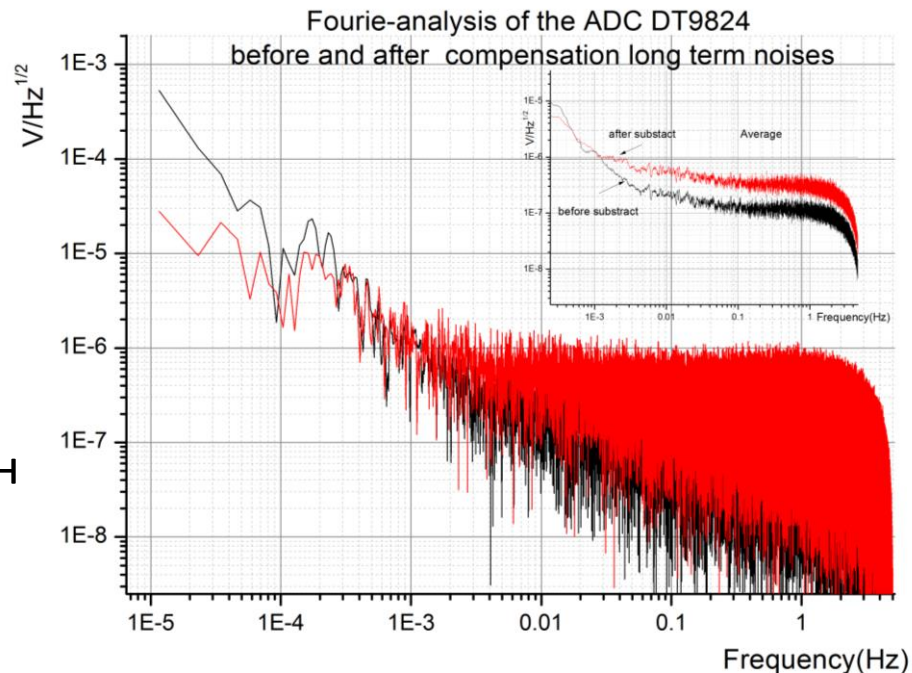
- $\pm 500V$  galvanic isolation
- 8DI analog inputs
- 24-bit resolution
- Sampling rate: 600 Hz
- Input range:  $\pm 156mV$

# Внутренние шумы DT9824



| № канала | $RMS$ (сутки)                 | $RMS$ (компенс.)              |
|----------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1        | $0.4 \cdot 10^{-3} \text{ В}$ | $1.4 \cdot 10^{-4} \text{ В}$ |
| 2        | $1.1 \cdot 10^{-3} \text{ В}$ | ---                           |
| 3        | $0.6 \cdot 10^{-3} \text{ В}$ | $8.0 \cdot 10^{-5} \text{ В}$ |
| 4        | $0.9 \cdot 10^{-3} \text{ В}$ | $7.0 \cdot 10^{-5} \text{ В}$ |

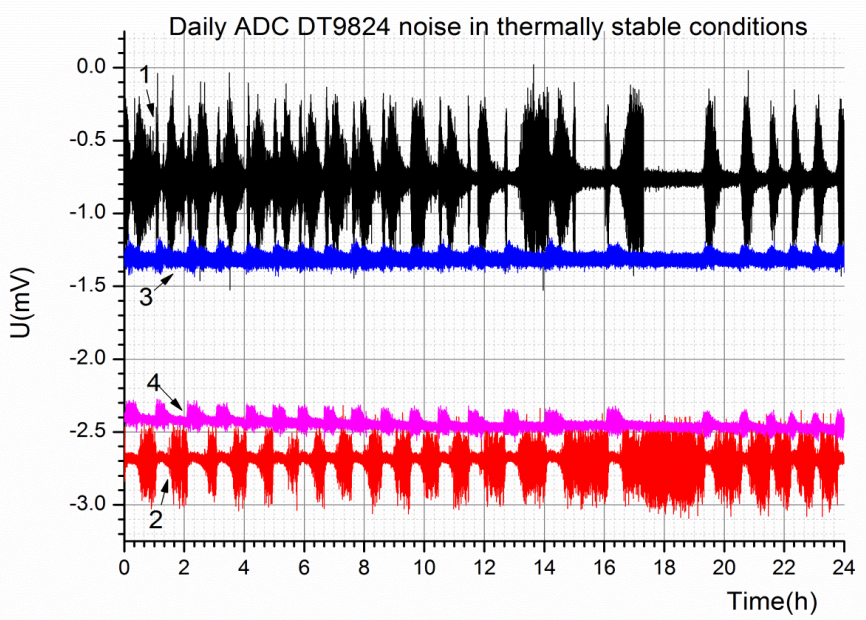
Компенсация путём нормирования на один из каналов уменьшает долговременные низкочастотные шумы DT9824 в 20 раз



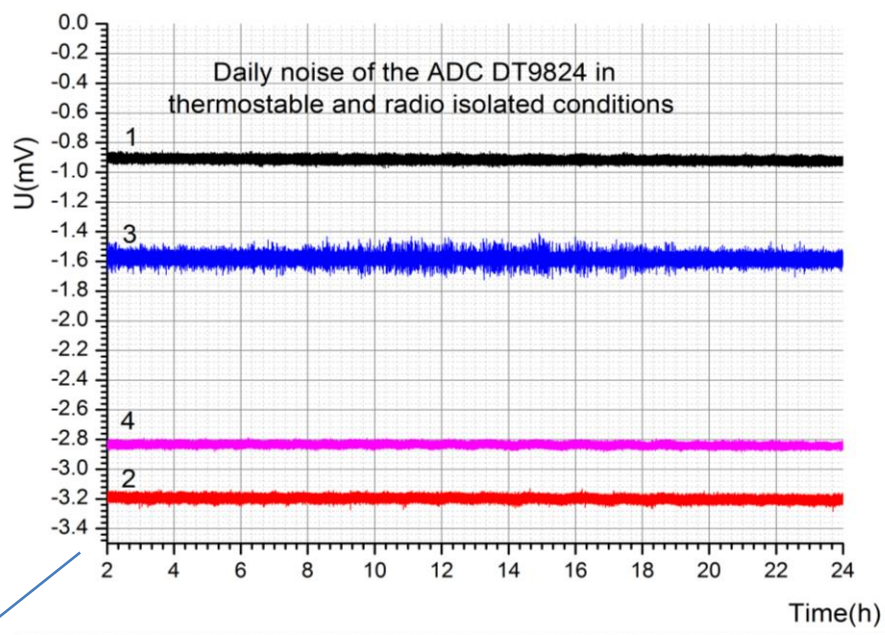


# Внутренние шумы DT9824

## Термоизоляция

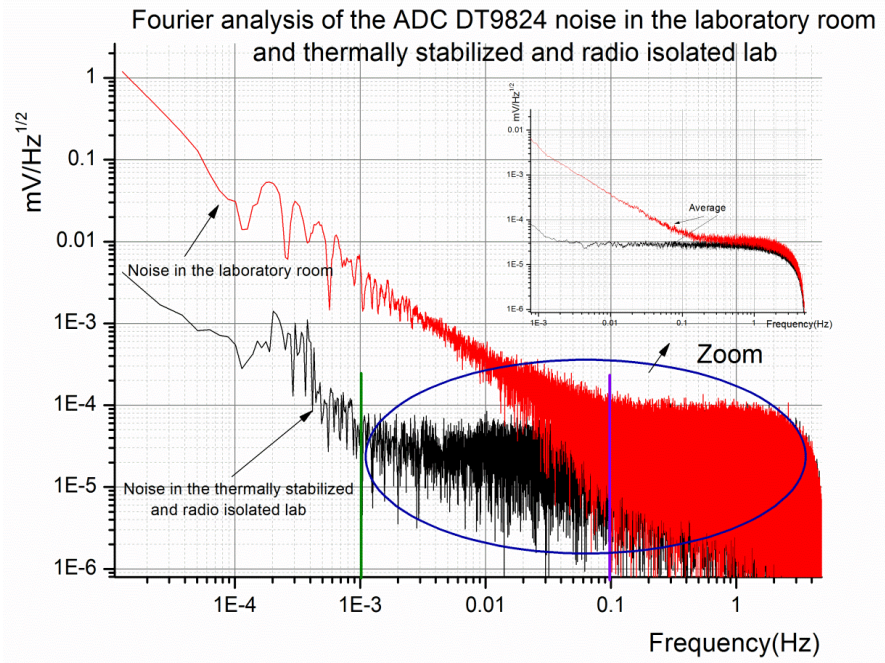


## Термоизоляция + Радиоизоляция



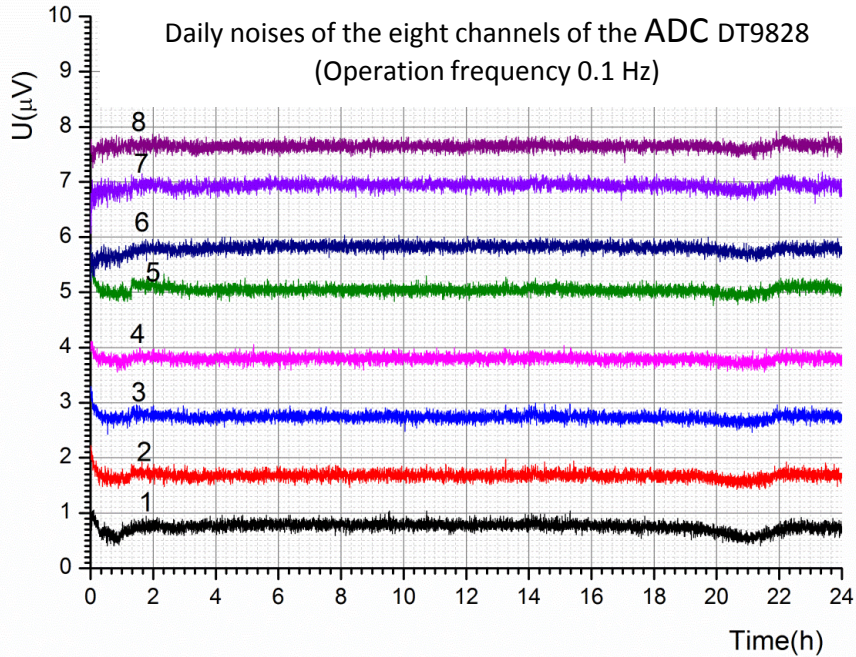
| № канала | RMS (сутки)                   |
|----------|-------------------------------|
| 1        | $1.2 \cdot 10^{-5} \text{ В}$ |
| 2        | $1.3 \cdot 10^{-5} \text{ В}$ |
| 3        | $1.9 \cdot 10^{-5} \text{ В}$ |
| 4        | $1.0 \cdot 10^{-5} \text{ В}$ |

В термо- и радиоизолированных условиях низкочастотные шумы DT9824 уменьшены в 240 раз

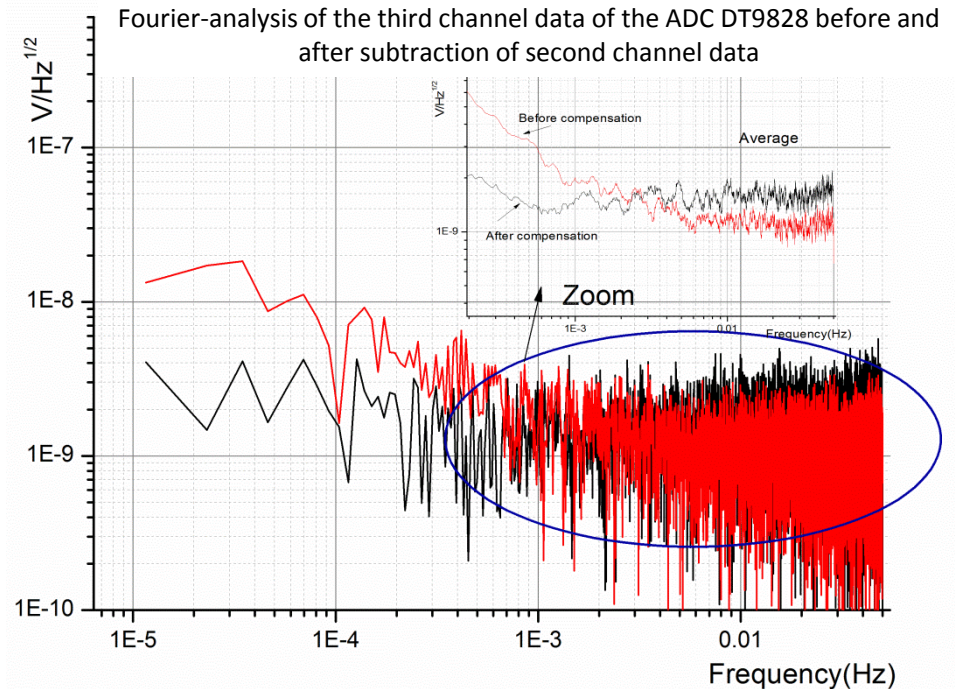
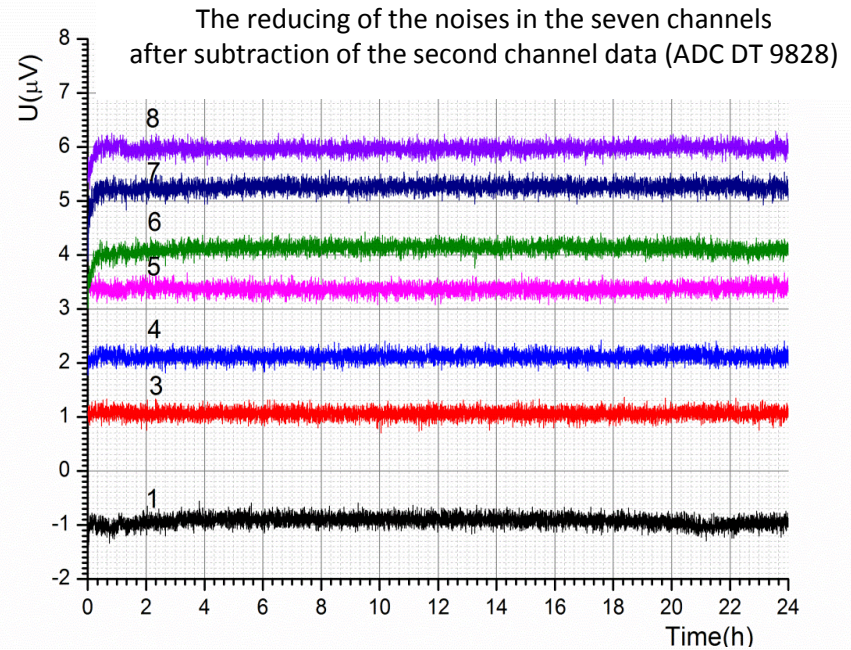




# Внутренние шумы DT9828

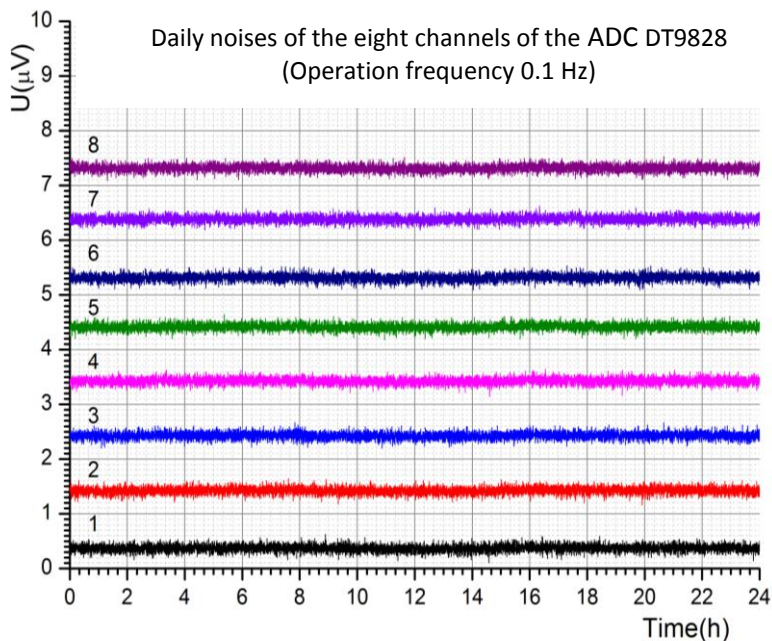


Компенсация нормировкой на один из каналов уменьшает низкочастотные шумы DT9828 в 4 раза



# Внутренние шумы DT9828

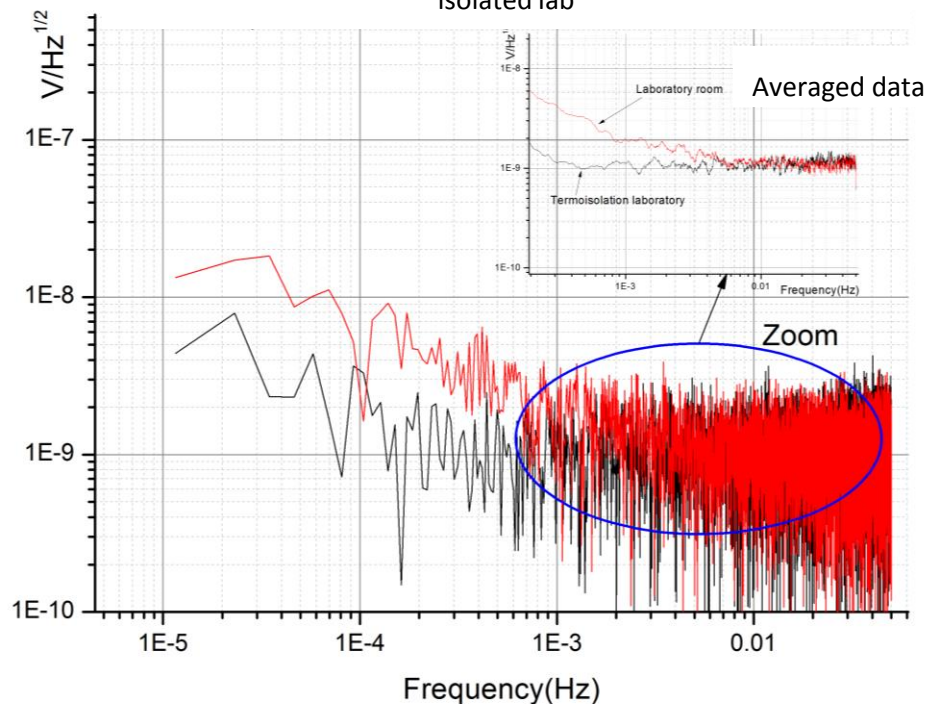
## Термоизоляция + Радиоизоляция



| № канала | RMS (сутки)           |
|----------|-----------------------|
| 1-8      | $6.1 \cdot 10^{-8}$ В |

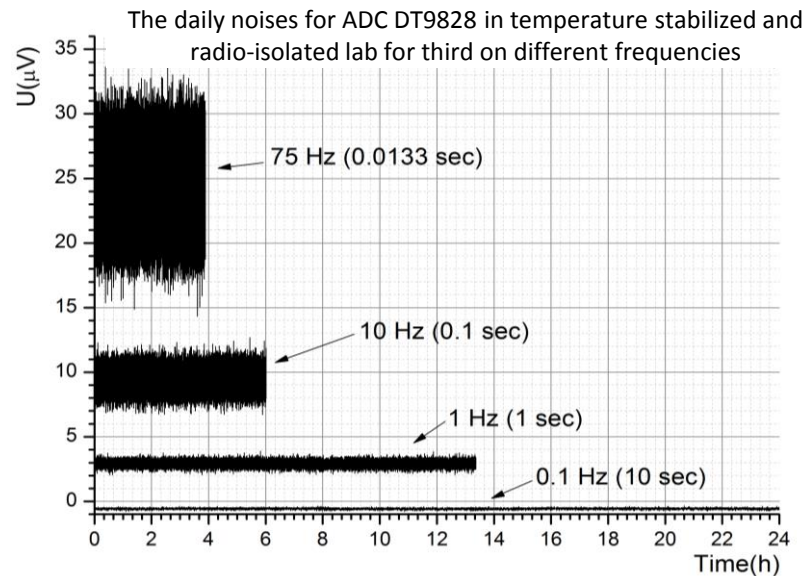
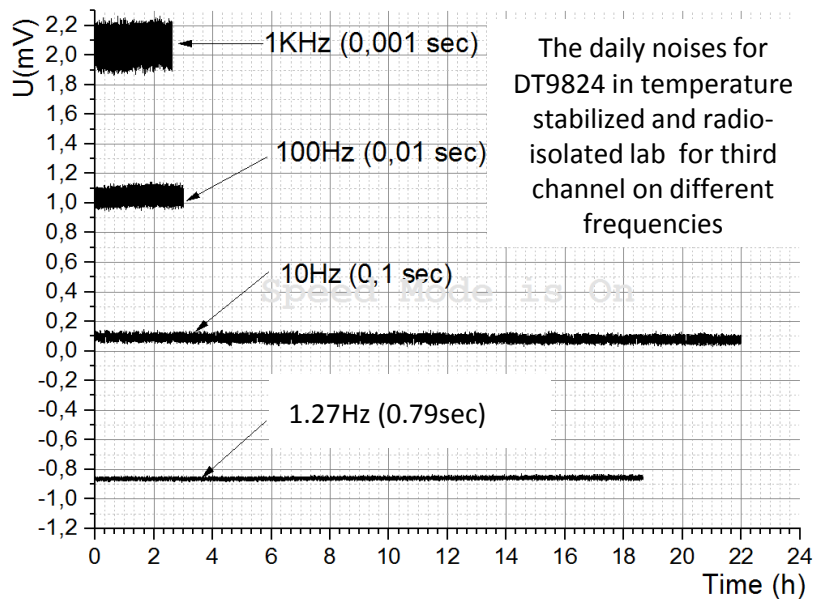
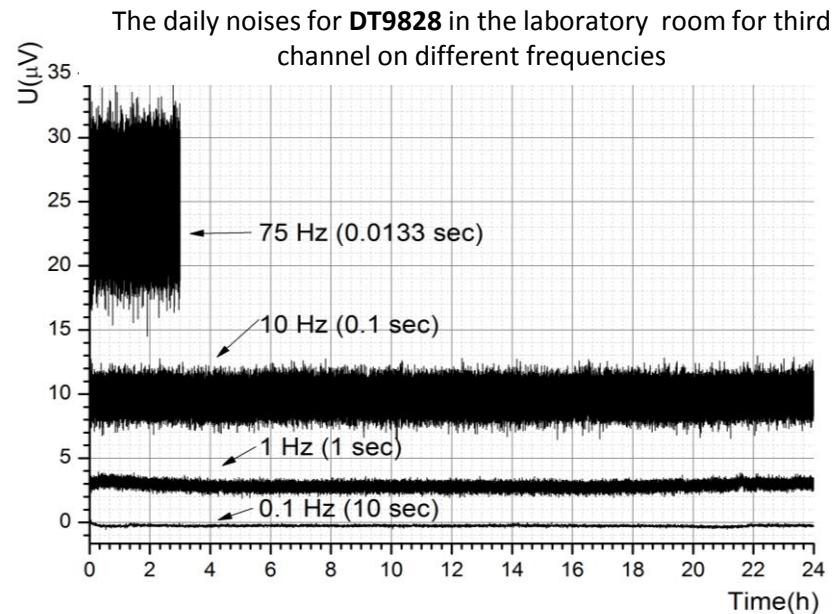
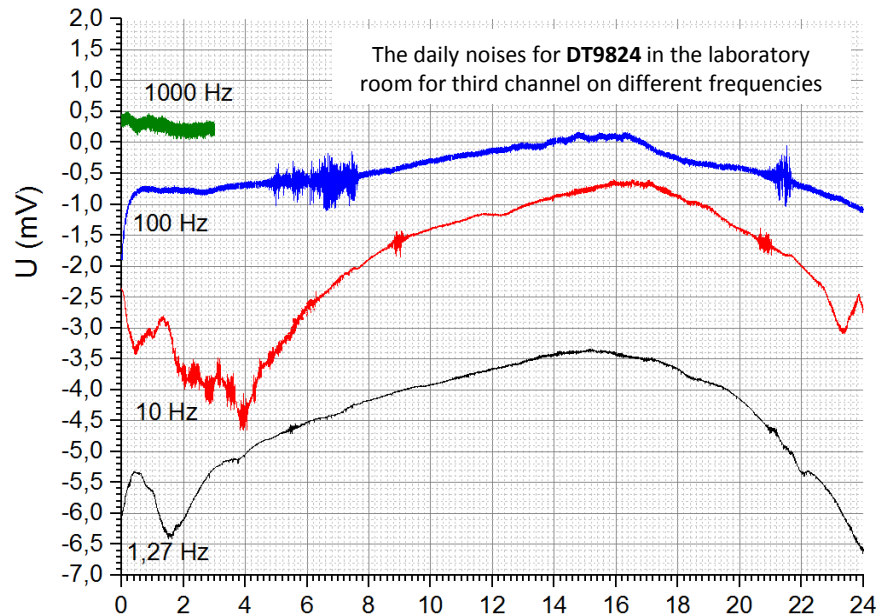
В температурно-стабильной и радиоизолированной лаборатории низкочастотные шумы DT9828 уменьшены в 6 раз

Fourier-analysis of the third channel data of the ADC DT9828 in the laboratory room and in the temperature stabilized and radio isolated lab

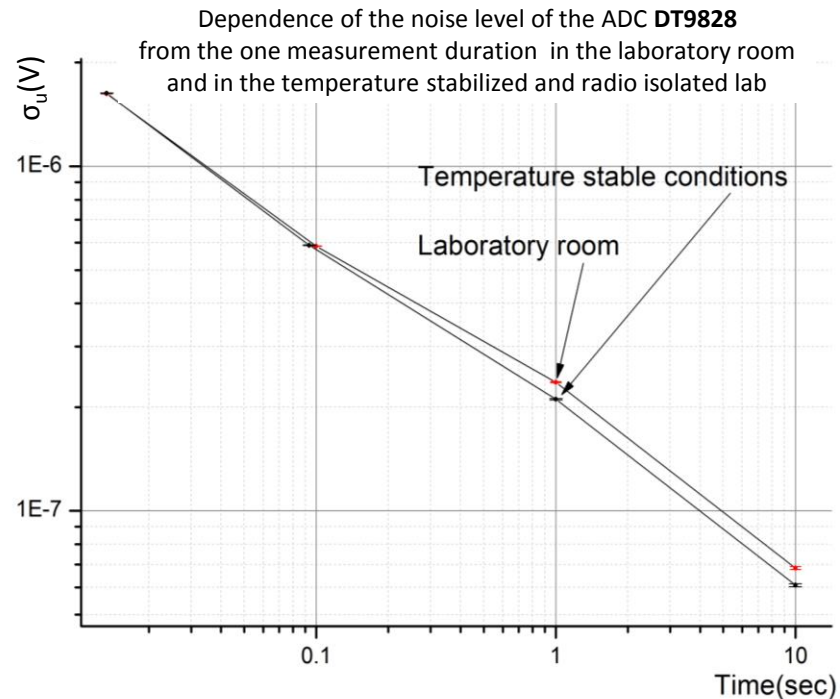
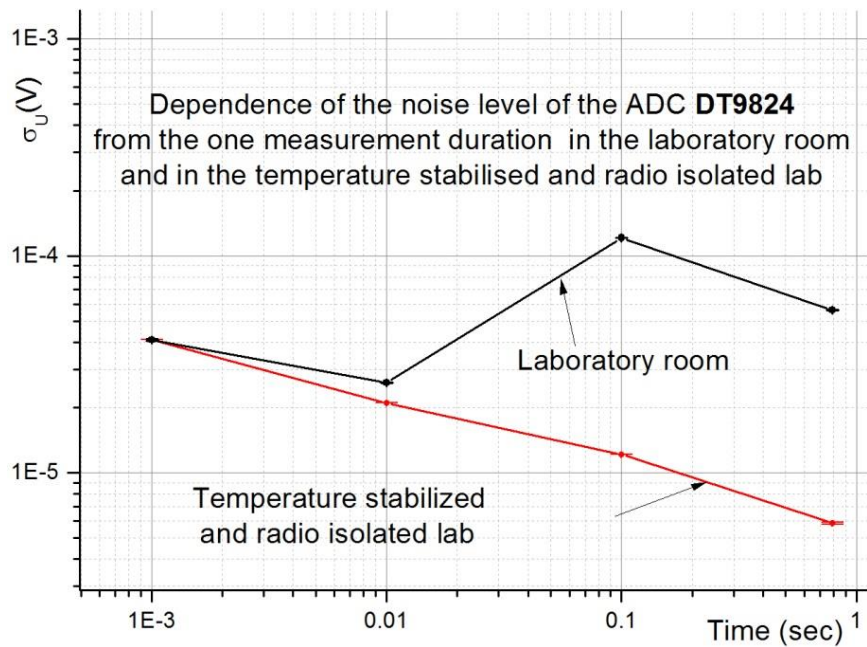




# Зависимость внутренних шумов от частоты АЦП







### Относительное разрешение ( $RMS_U/dU$ ) на частоте 10 Гц

| Диапазон, Гц |        | $10^{-5} - 10$ | $10^{-5} - 1$ | $10^{-5} - 10^{-1}$ | $10^{-5} - 10^{-2}$ | $10^{-5} - 10^{-3}$ | $10^{-5} - 10^{-4}$ |
|--------------|--------|----------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| АЦП          | DT9824 | 8.5            | 5.2           | 3.8                 | 3.7                 | 3.6                 | 3.0                 |
|              | DT9828 | 29.5           | 9.4           | 2.9                 | <b>1.0</b>          | <b>0.5</b>          | <b>0.4</b>          |

## Выводы

Предложена методика компенсации внешнего долговременного температурного воздействия на шум АЦП с использованием в качестве репера одного из каналов АЦП.

Установлена причина внутренних шумов АЦП – температурная нестабильность и радионаводки.

|                               | DT9824  | DT9828 |
|-------------------------------|---------|--------|
| Компенсация реперным каналом  | 20 раз  | 4 раза |
| Термоизоляция + радиоизоляция | 240 раз | 6 раз  |

| Достижимая чувствительность ПЛИ, рад |   |   |
|--------------------------------------|---|---|
|                                      | ВЧ  | НЧ                                      |
| DT9824                               | $8 \cdot 10^{-10} - 4 \cdot 10^{-9}$      | $4 \cdot 10^{-10} - 8 \cdot 10^{-10}$   |
| DT9828                               | $1.2 \cdot 10^{-11} - 1.2 \cdot 10^{-10}$ | $4 \cdot 10^{-12} - 1.2 \cdot 10^{-11}$ |

**Полученные результаты исследования позволят более чем на порядок повысить чувствительность *Прецизионного Лазерного Инклинометра*.**

**VI ежегодная конференция молодых ученых и специалистов  
«Алушта-2017»**



**Минимизация долговременных шумов  
24-битных АЦП Data Translation для  
Прецизионного Лазерного Инклинометра**

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**

ОИЯИ: А.А. Плужников, Н.С. Азарян, Ю.А. Будагов, М.В. Ляблин;

ЦЕРН: Ж. Кр. Гайде, Б. Ди Джироламо, Д. Мергелькуль;

ГГТУ: В.Г. Верниковский, О.С. Смыковский, Ю.В. Крышнев.

*Пансионат "Дубна", г. Алушта, респ. Крым, 14 июня 2017 г.*