

СТЕНД МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Улучшение измерительной системы на основе
датчиков Холла.

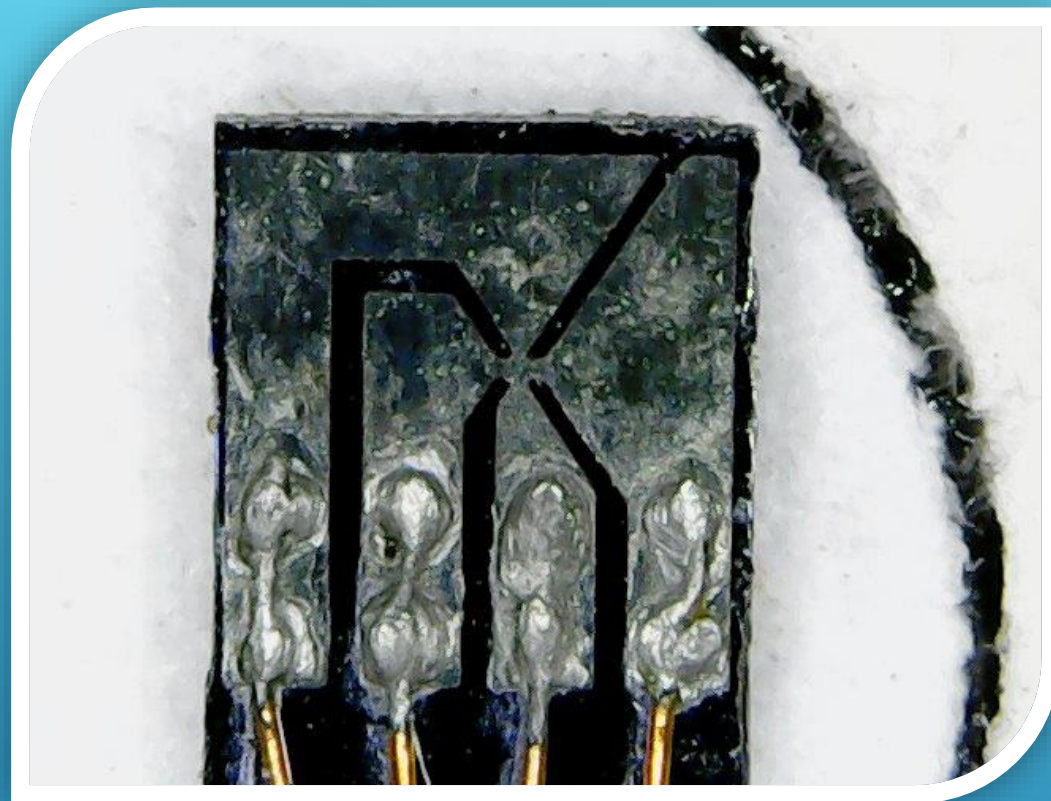
А. Старостенко
2019

▶ Измерение качества поля в теплых магнитных элементах:

- ▶ Дипольные магниты → Холлы
- ▶ Квадрупольные линзы → Холлы и вращающиеся катушки
- ▶ Секступольные и еще более высшие мультипольные линзы → Вращающиеся катушки

ЗАДАЧИ СТЕНДА МАГНИТНЫХ
ИЗМЕРЕНИЙ

- ▶ Эпитаксиальный датчик Холла
- ▶ Производство «Сенсор-СПБ»
(г. Санкт-Петербург)
- ▶ Подложка 0,35 x 2 x 3 мм (GaAs)
- ▶ Чувствительная зона
0,01 x 0,1 x 0,05 мм (InSb)

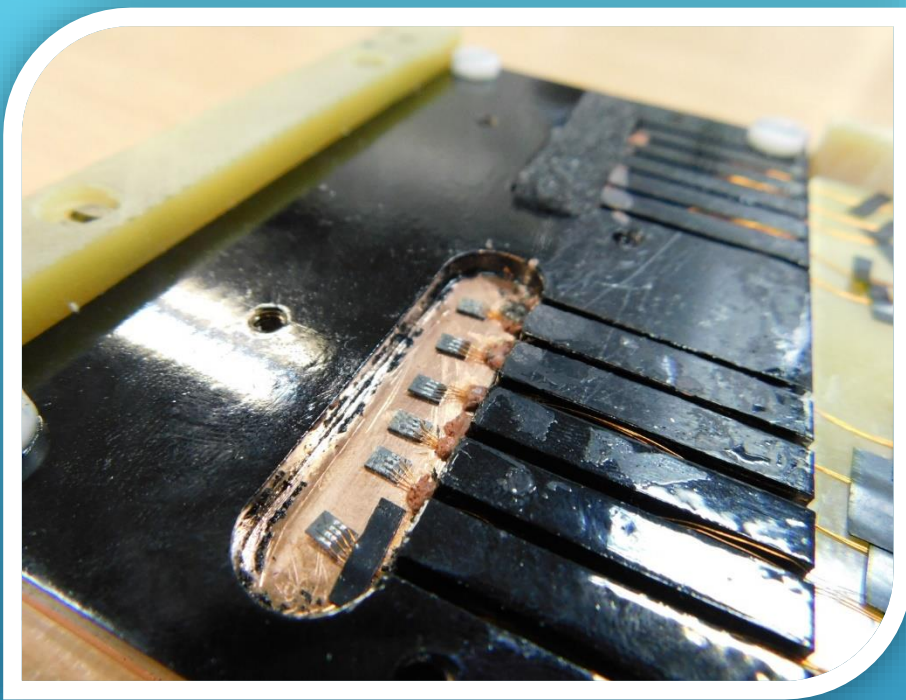


КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ДАТЧИКА

Остаточное напряжение, мкВ	30
Магнитная чувствительность (γ), при $B = 1$ кГс, мкВ/Гс	6,13
Темп. коэффициент чувствительности (ТКЧ), $B = 1$ кГс, %/°С	0,004
Темп. коэффициент остаточного напряжения (ТКОН), мкВ/°С	0,2
Ток питания, мА	100

ТИПИЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ДАТЧИКА

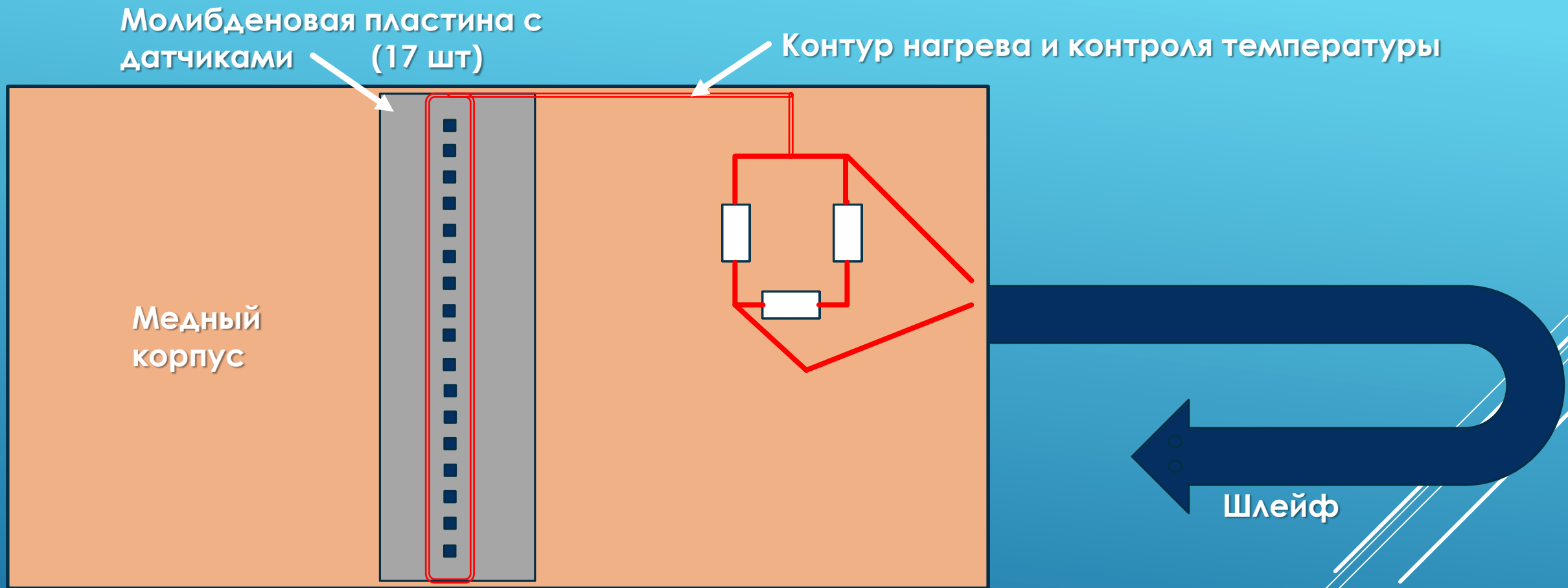
- ▶ Условия старения:
 - номинальный ток (100 мА)
 - температура 60 град
 - поле 2 кГц
 - время старения ≥ 48 часов



УСКОРЕННОЕ СТАРЕНИЕ ДАТЧИКОВ ПЕРЕД ОТБРАКОВКОЙ

	I категория	II категория	III категория	IV категория
Остаточное напряжение ($U_{ост}$), мкВ	0 – 50	50 – 100	100 – 150	>150
Коэффициент нелинейности (КН) при $B = 20$ кГц, %	0 – 0,25	0,25 – 0,5	0,5 – 1,0	>1,0
Температурный коэффициент остаточного напряжения (ТКОН), мкВ/°С	0 – 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,8	>0,8
Температурный коэффициент чувствительности (ТКЧ) при $B = 1$ кГц, мкВ/°С	0 – 1,0	1,0 – 1,2	1,2 – 1,5	>1,5
Долговременная стабильность за 24 часа, Гс	0 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,5	>0,5
Количество датчиков, шт	14	19	22	45

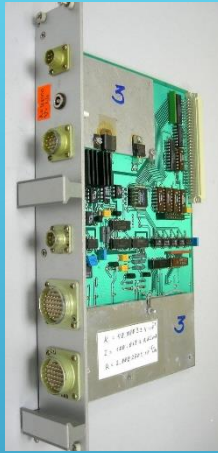
КАТЕГОРИИ ОТБРАКОВКИ



УСТРОЙСТВО ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ КАРЕТКИ

VMEHSI

Количество каналов	32 differential
Входной диапазон	± 250 mV
Диапазон синфазного сигнала	до ± 12 V
Предусилитель	40.000 ÷ 40.002
Дрейф	± 1 ppm/C°
Шум приведённый ко входу	2mkV/digit
Дрейф нуля	± 30 nV/C°
Источник тока датчиков	99.996 \pm 0.001 mA
Дрейф тока	± 2 ppm/C°
Габариты	2M VME



Управляющая электроника

Controller BIVME-1

Description:

CPU Motorola MC68EN360

Frequency 32 MHz

RAM 32-bit, 8 /16 Mbytes

ROM 128 Kbytes Boot ROM

Flash memory 8 Mbytes

I/O ports 2: RS-232, 1: Ethernet 10base-T

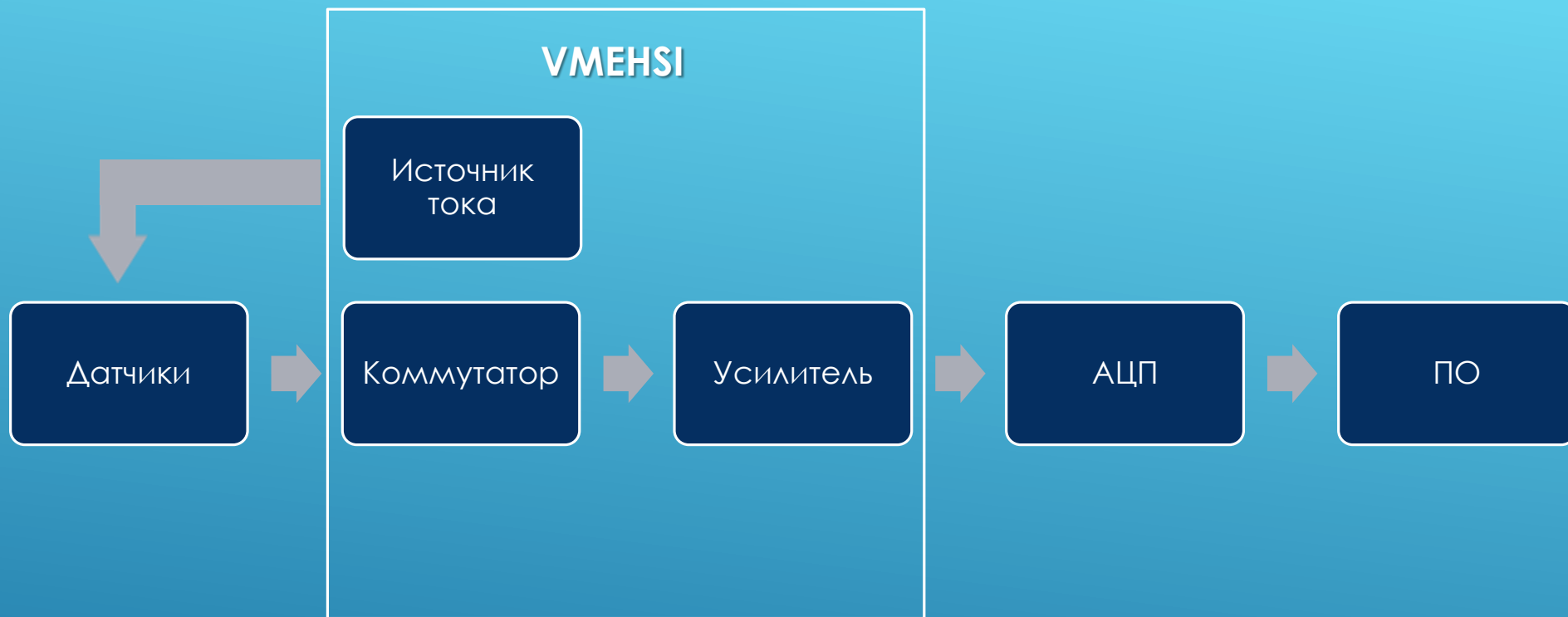


Основные параметры АЦП

Разрядность	23 bit
Эффективная разрядность @ 20ms	20 bit
Входной диапазон	± 10 V
Точность @ 20° ÷ 50°	0.003%
Смещение нуля	± 20 mkV
Шум @ 20ms	40 mkV/digit
Интервалы между измерениями	5,10,20,40,80,160 ms
Минимальный интервал при работе с VMEHSI	80 ms
Габариты	1M VME



ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ И УПРАВЛЯЮЩАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

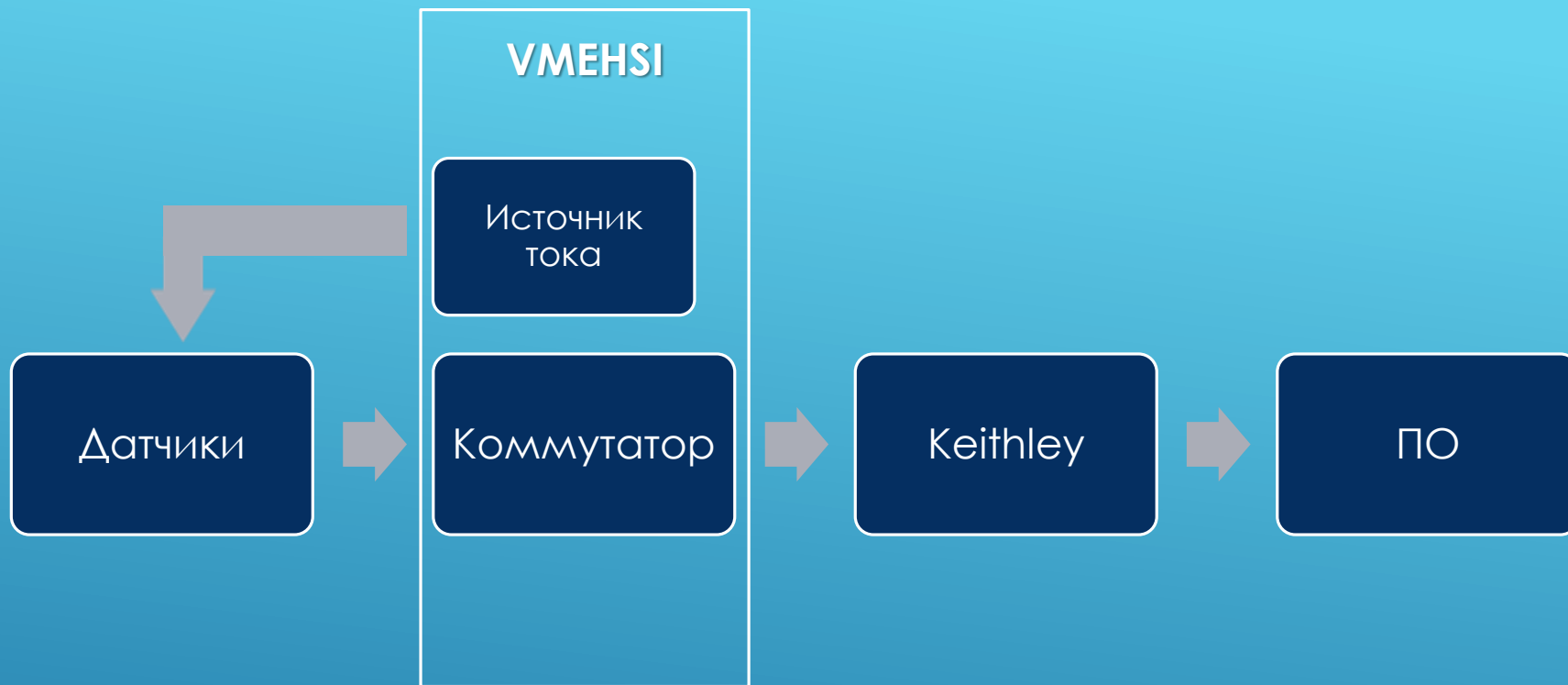


БЛОК-СХЕМА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ (СТАРАЯ)

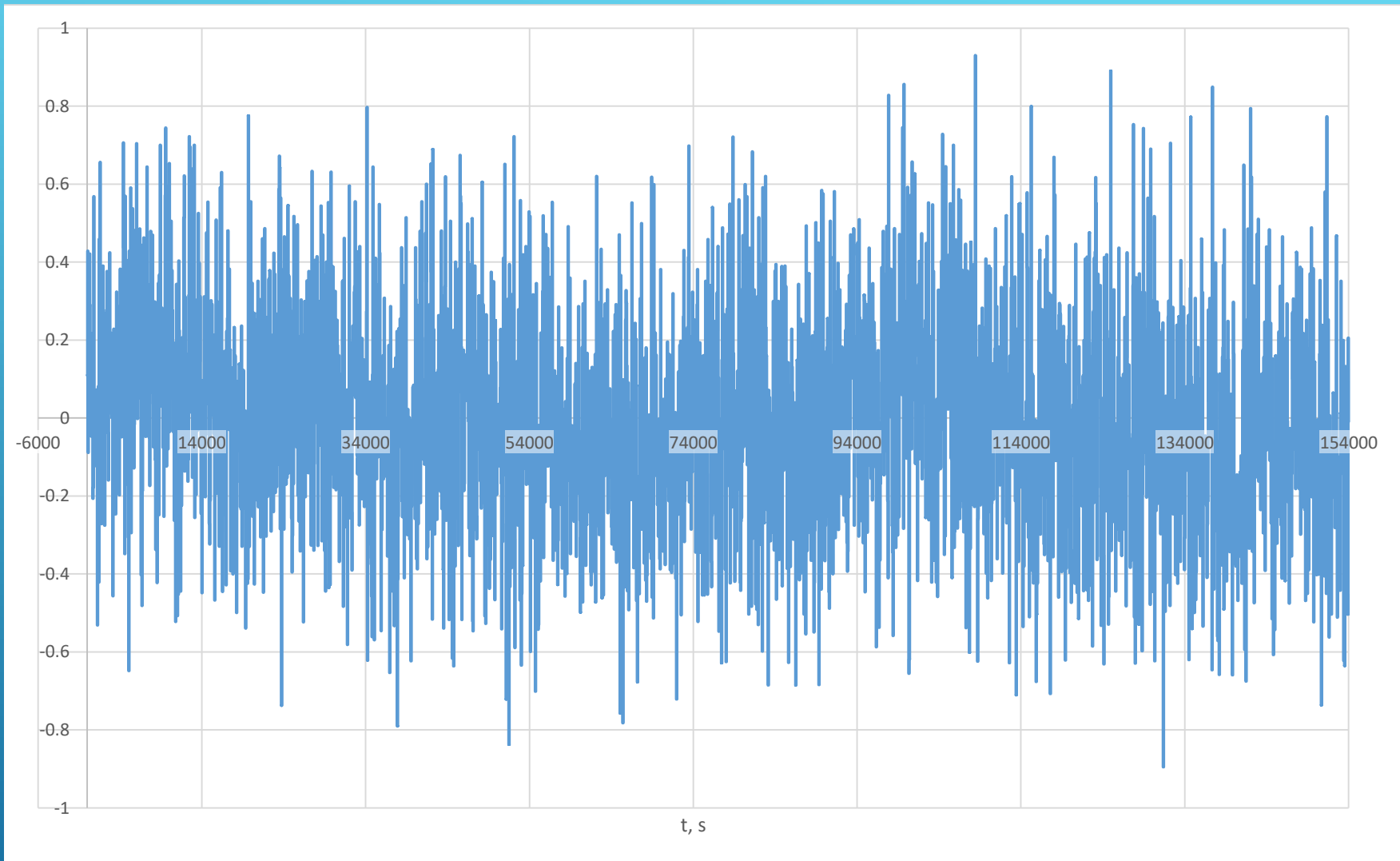


- ▶ Чувствительность 1 нВ на диапазоне 10 мВ
- ▶ Полный диапазон 1 нВ – 120 В
- ▶ Уровень шума — 40 – 50 нВ при времени отклика 60 мс
- ▶ Два канала
- ▶ Цикл измерений синхронизирован с циклом сети питания переменного тока

ПРЕЦИЗИОННЫЙ ВОЛЬТМЕТР KEITHLEY 2182A

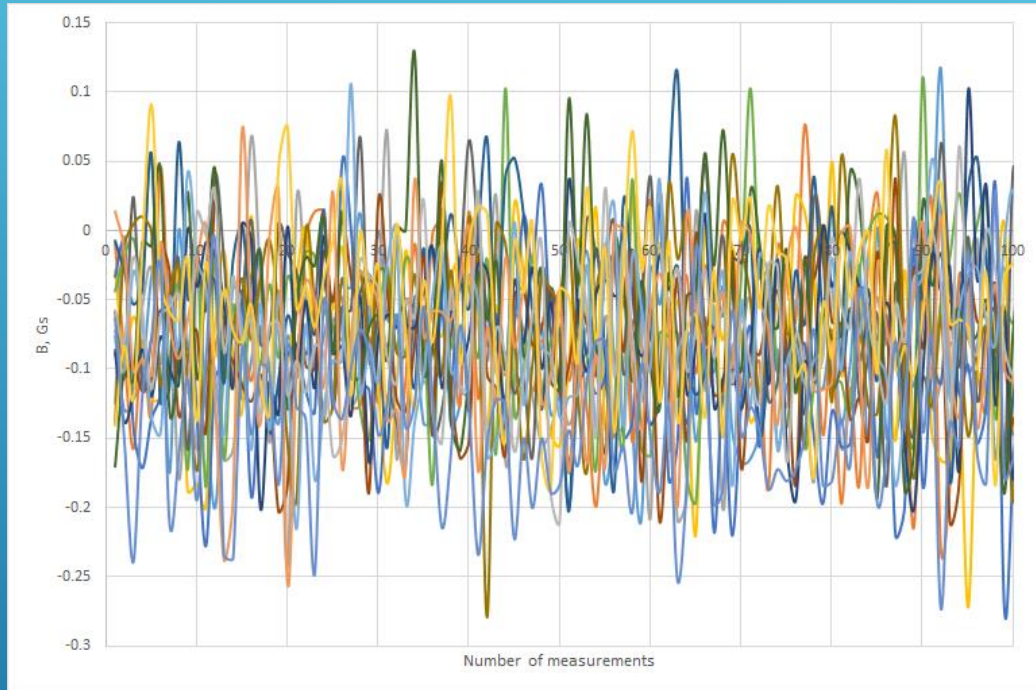


БЛОК-СХЕМА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ (НОВАЯ)

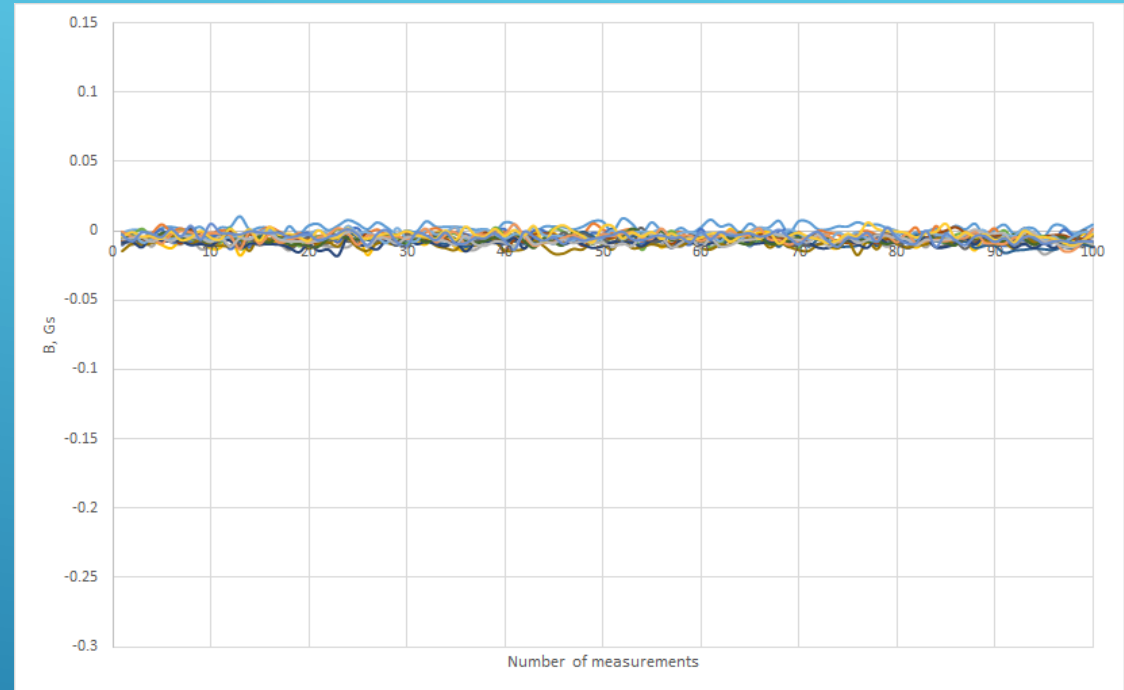


ШУМ ТОКА ПИТАНИЯ ДАТЧИКОВ
($\Delta I / I \times 10^{-5}$)

АЦП



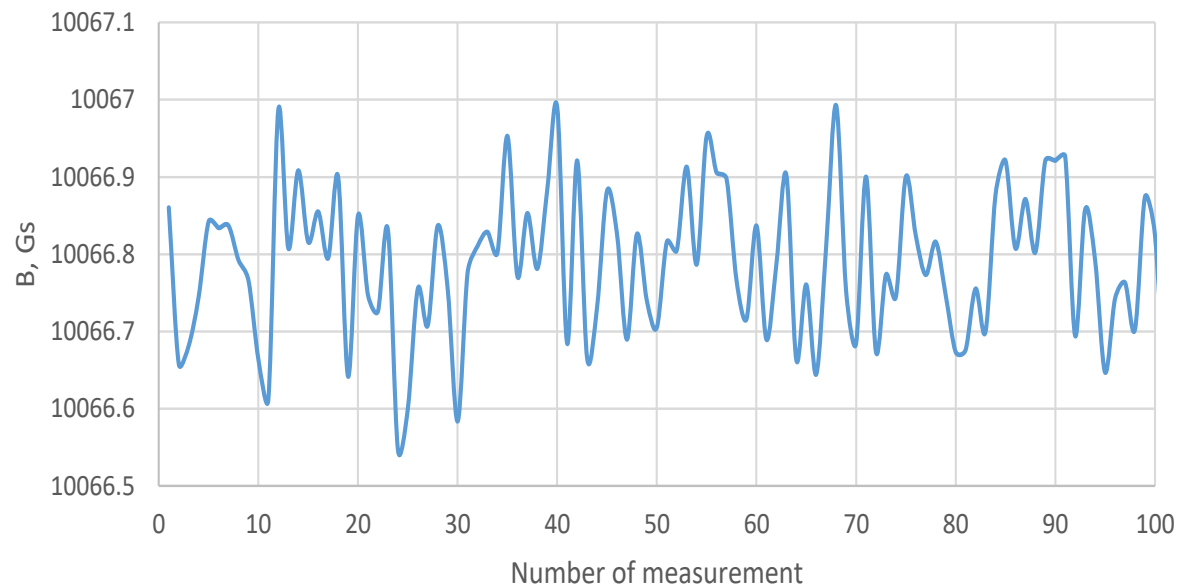
Нановольтметр



СРАВНЕНИЕ ШУМОВ ДАТЧИКОВ В ЭКРАНЕ

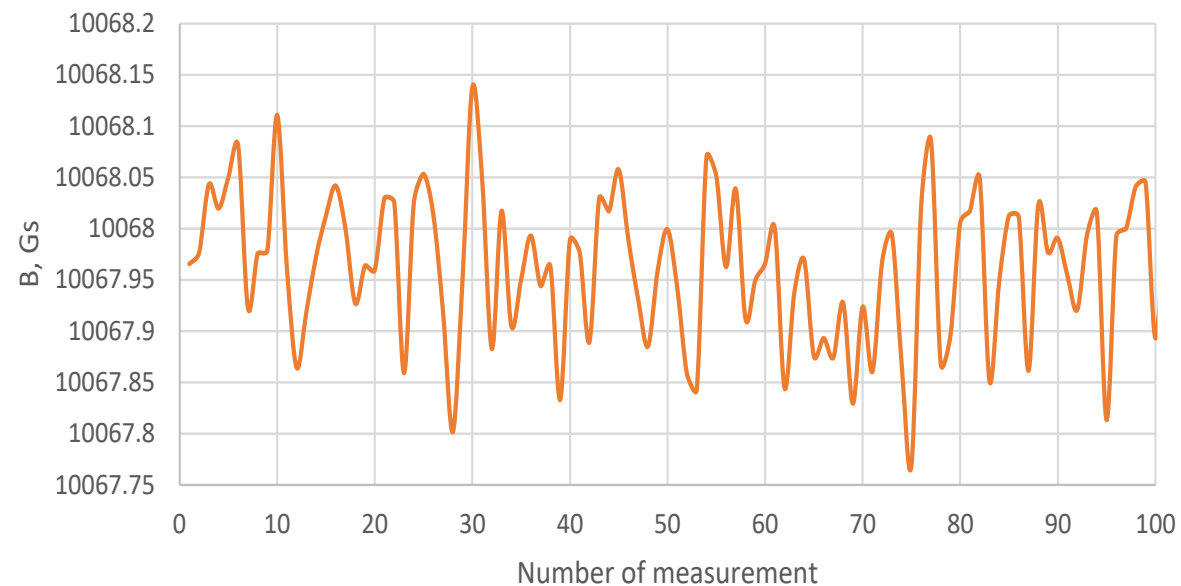
АЦП

H2(Gs)

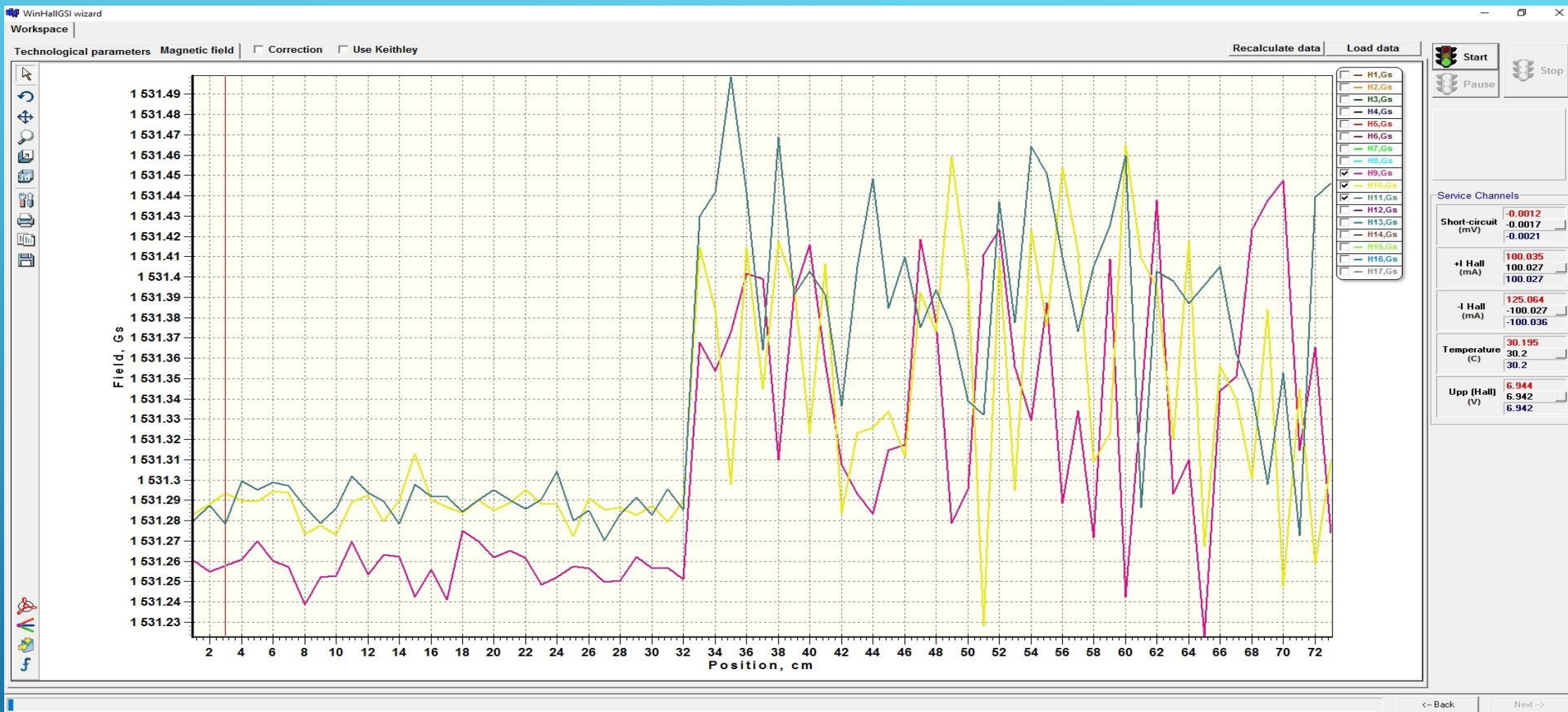


Нановольтметр

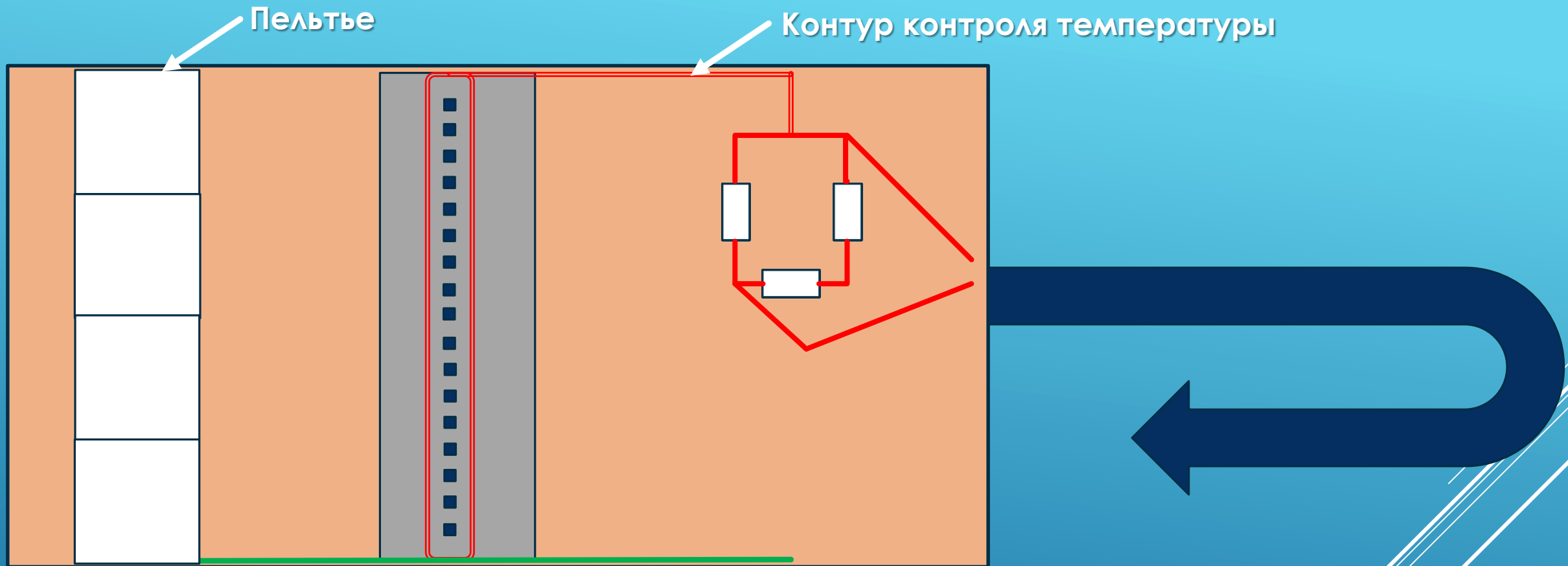
H2(Gs)



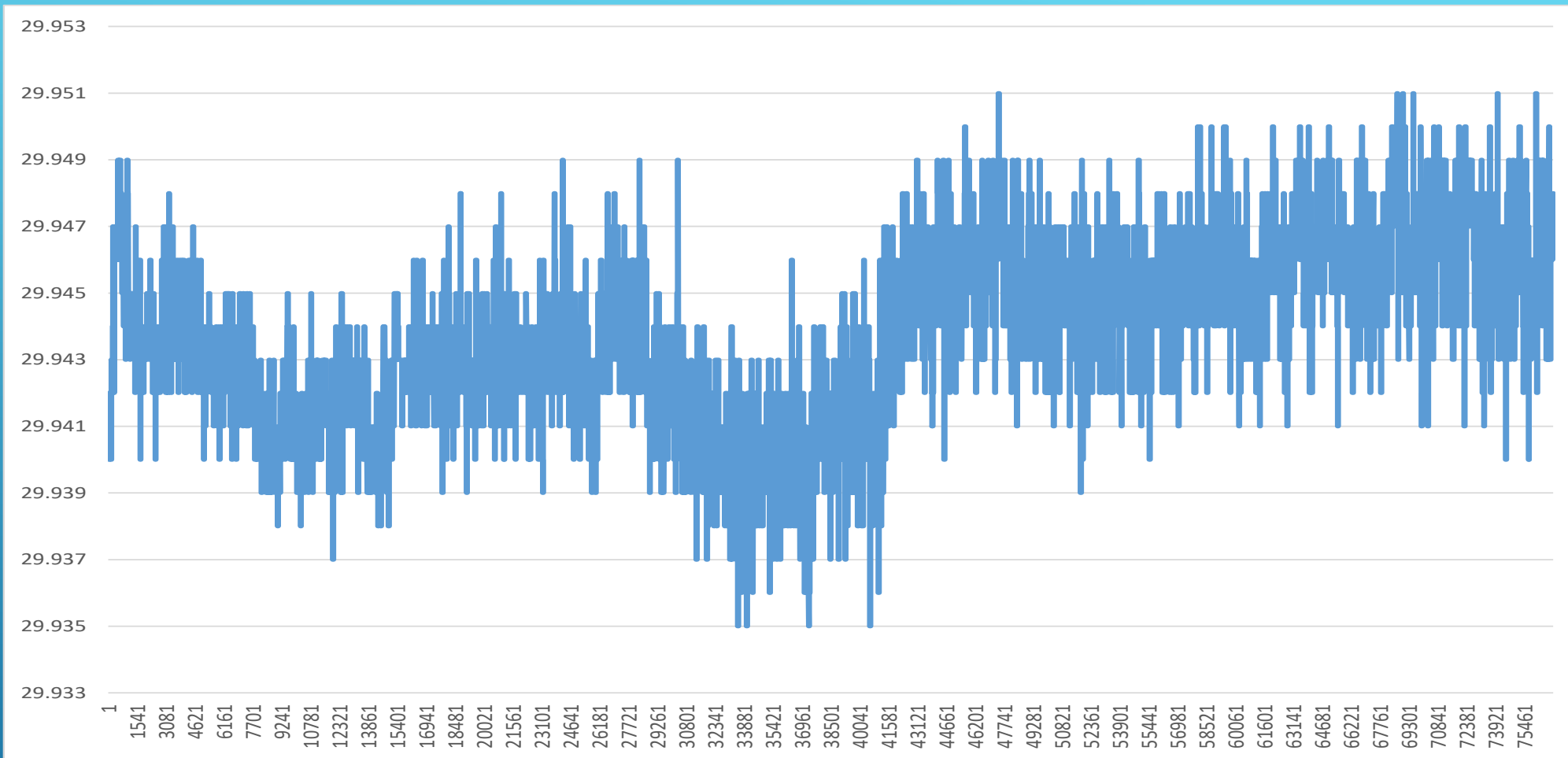
ШУМ ДАТЧИКОВ В ПОЛЕ 10КГС (СТАРЫЙ ИСТР)



ШУМ ДАТЧИКОВ В ПОЛЕ 1.5КГС
(НОВЫЙ ИСТОЧНИК СЕНЬКОВА)

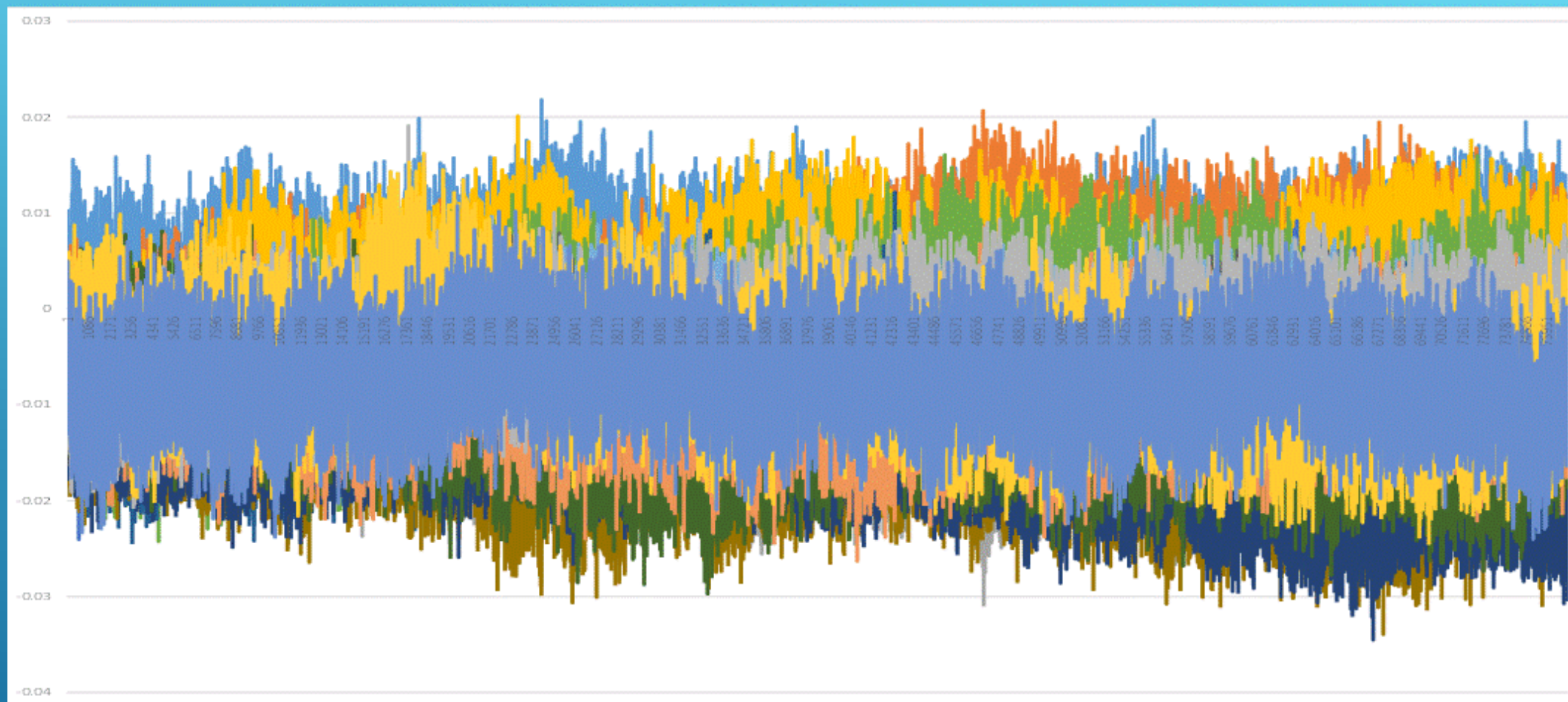


ДОРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ
КАРЕТКИ



ТЕМПЕРАТУРНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ КАРЕТКИ ЗА
36 ЧАСОВ ($\pm 0.07^{\circ}\text{C}$)

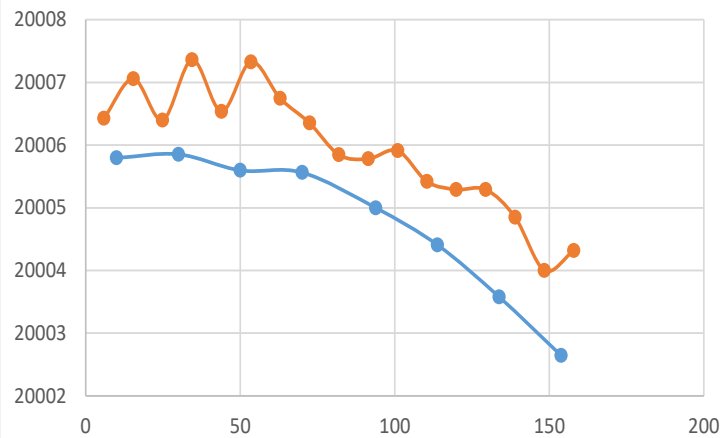
Γ_c



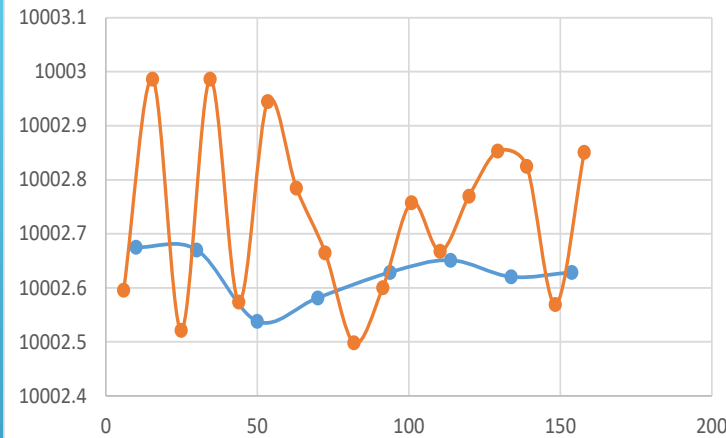
СТАБИЛЬНОСТЬ НУЛЕЙ ДАТЧИКОВ ЗА 36 ЧАСОВ
($\pm 0.02 \Gamma_c$)

МЕСЯЦ НАЗАД

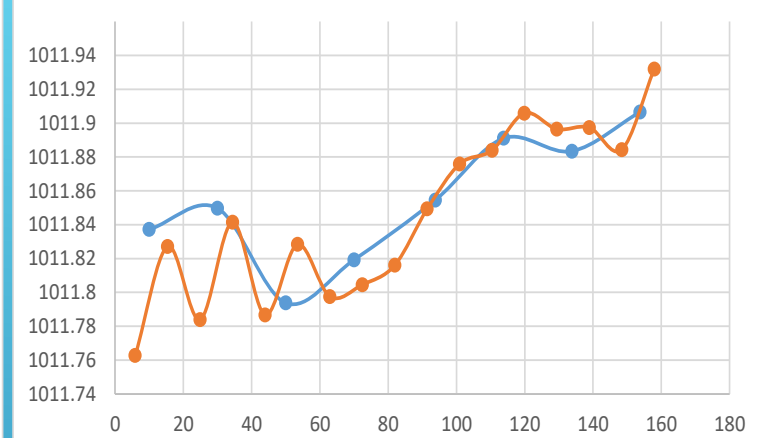
20 кГц



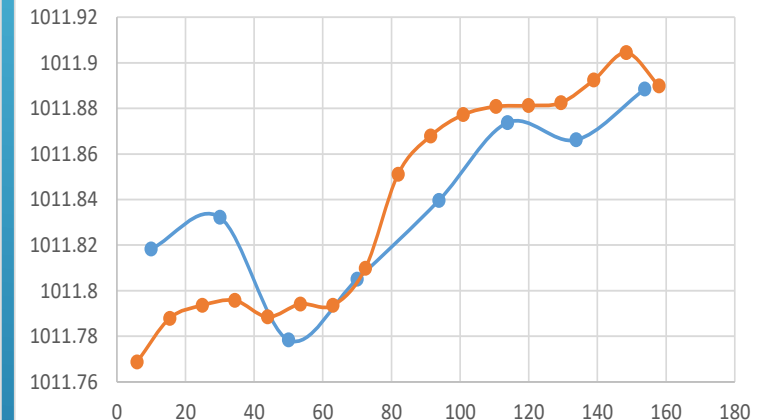
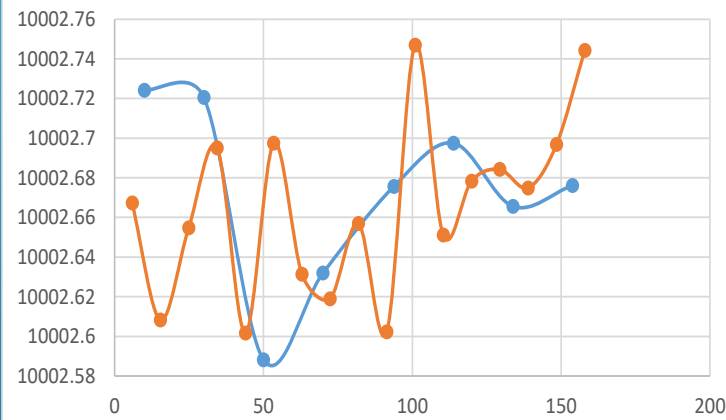
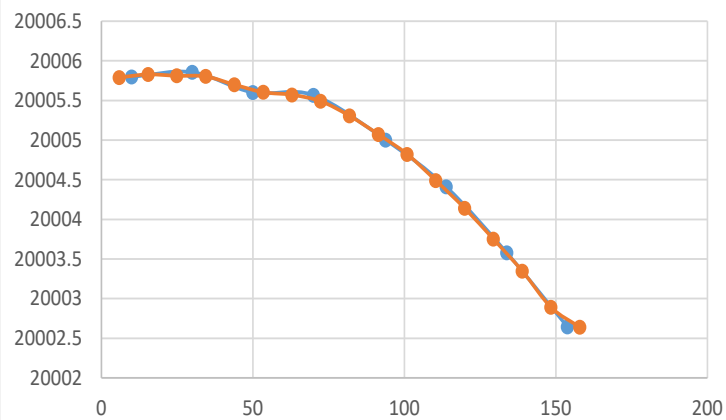
10 кГц



1 кГц

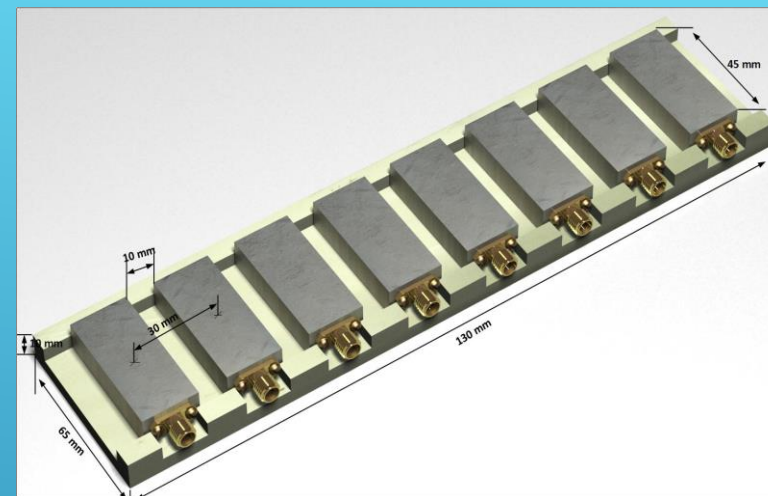


Сейчас



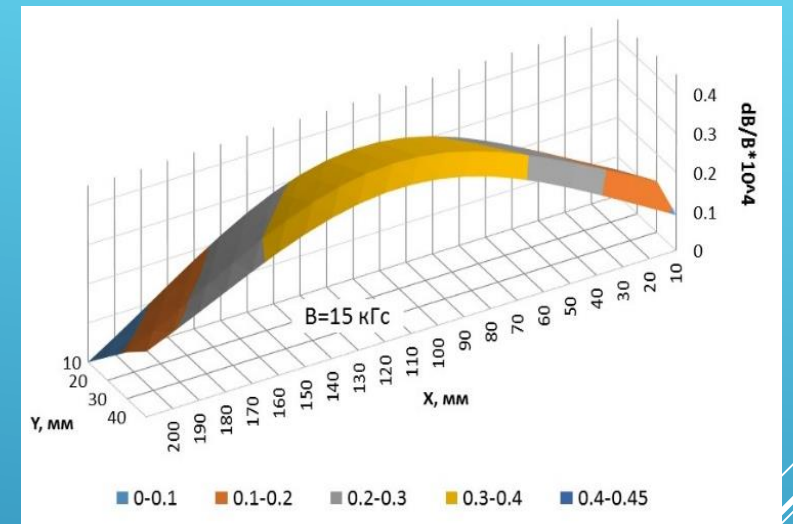
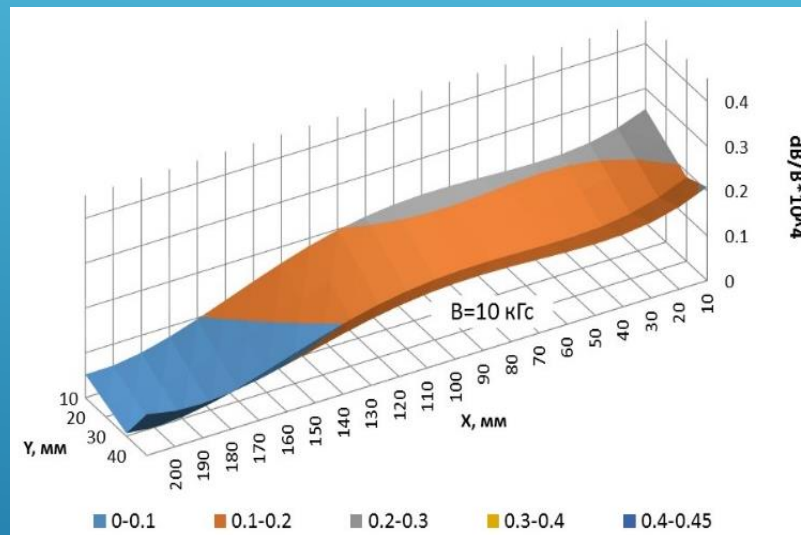
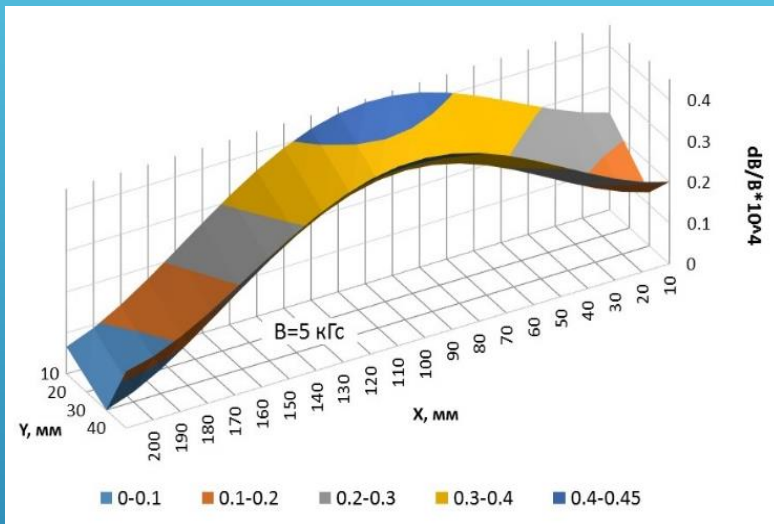
ВРЕМЕННАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ КАЛИБРОВКИ ДАТЧИКОВ

(ОРАНЖЕВЫЙ ГРАФИК – ХОЛЛЫ, СИНИЙ – ЯМР)



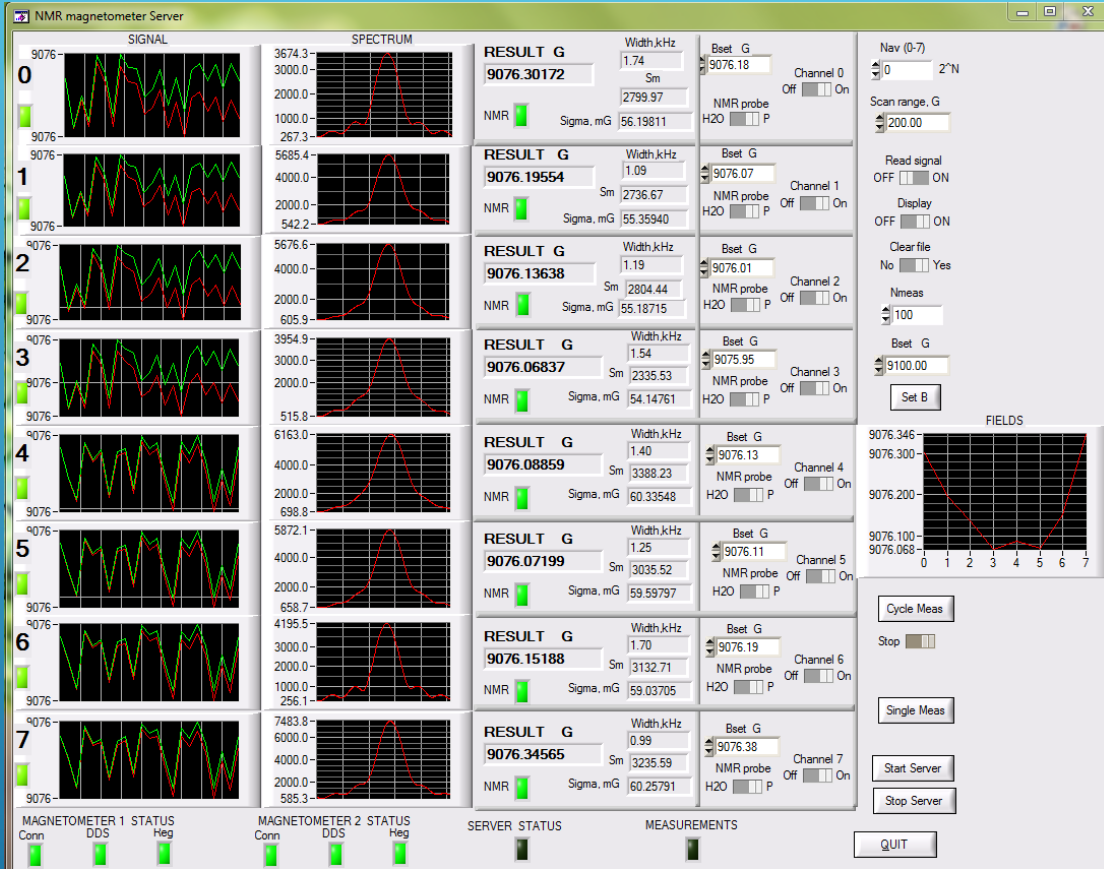
КАЛИБРОВОЧНАЯ СИСТЕМА

B, кГс	$\Delta B/B \times 10^{-5}$	
	Исходные измерения	Пассивная коррекция
5	$12,10 \pm 0,08$	$5,15 \pm 0,08$
10	$10,40 \pm 0,11$	$2,54 \pm 0,11$
15	$50,00 \pm 0,09$	$3,87 \pm 0,09$



КАЛИБРОВОЧНЫЙ ДИПОЛЬНЫЙ МАГНИТ.
КАЧЕСТВО ПОЛЯ

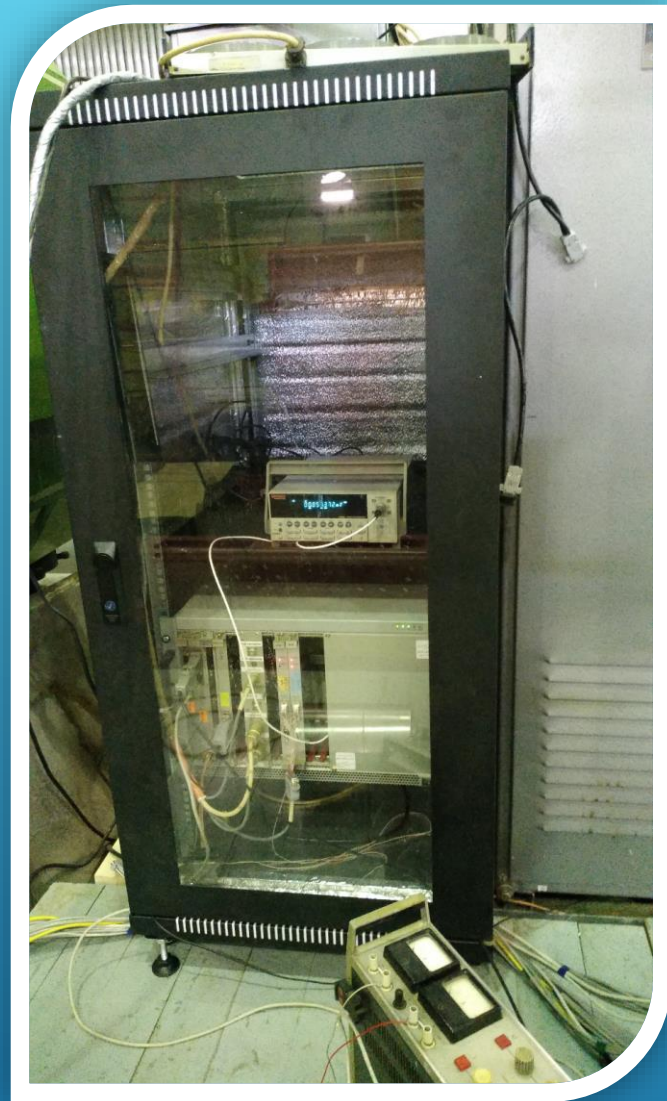
Окно программы магнетометра



Основные параметры ЯМР-магнетометра

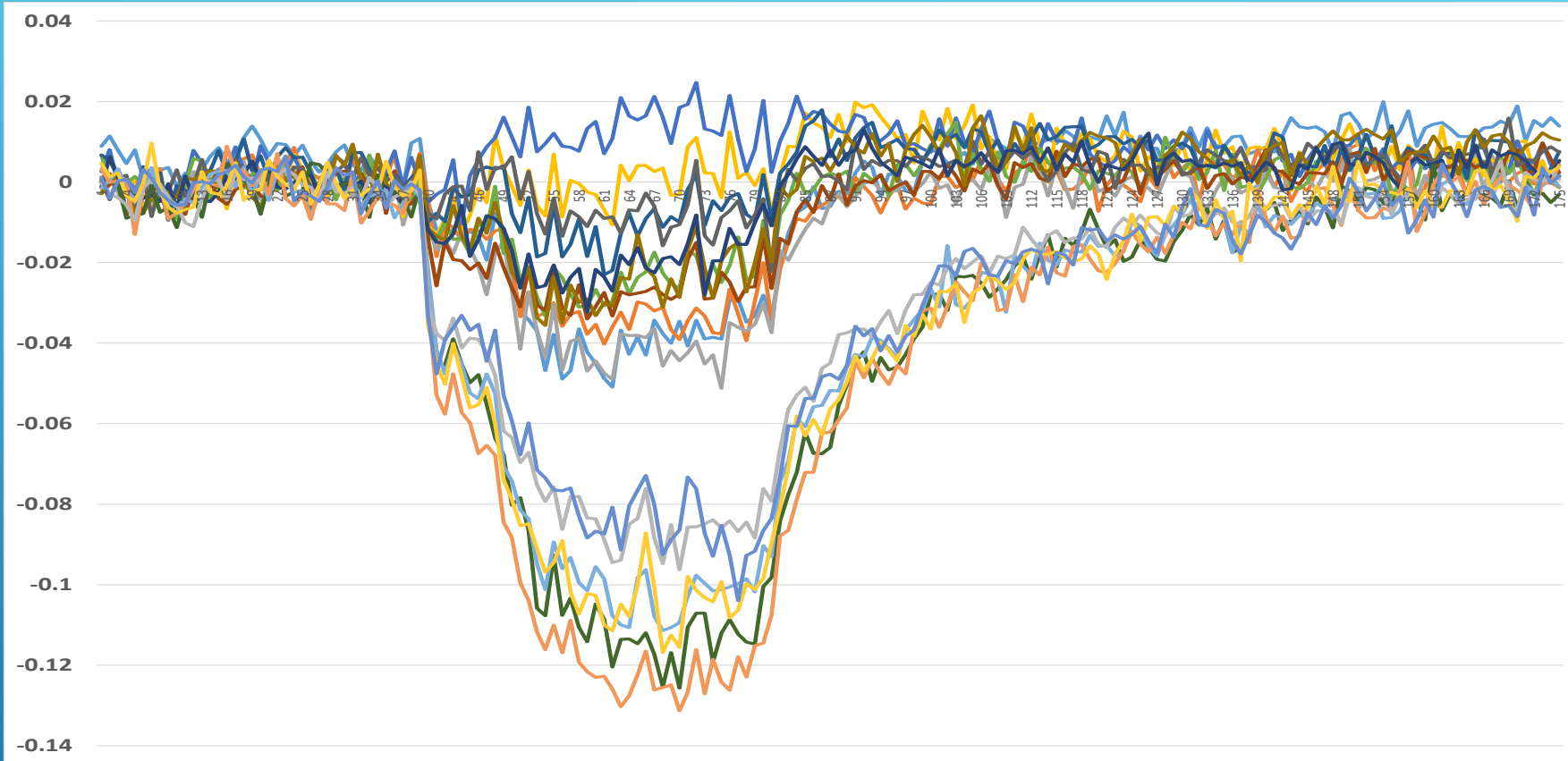
Диапазон	0.02 – 2.5 Тл
Минимальное время измерения	~100 мс
Ошибка при времени измерения 100 мс: Для градиента поля меньше чем 10^{-4} /см Для градиента поля меньше чем 4×10^{-4} /см	$< 2 \times 10^{-6}$ $< 10^{-5}$
Ошибка при времени измерения 1 с: Для градиента поля меньше чем 10^{-4} /см Для градиента поля меньше чем 4×10^{-4} /см	10^{-6} 3×10^{-6}
Длина кабеля от датчика до предусилителя	до 10 м
Длина кабеля от предусилителя до основного блока	до 150 м

ЯМР-магнетометр



ТЕРМОСТАТИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Гс



ВЛИЯНИЕ ОТКРЫТИЯ/ЗАКРЫТИЯ ШКАФА НА
СМЕЩЕНИЕ НУЛЯ ДАТЧИКОВ.
КАРЕТКА В ЭКРАНЕ

РЕЗУЛЬТАТЫ

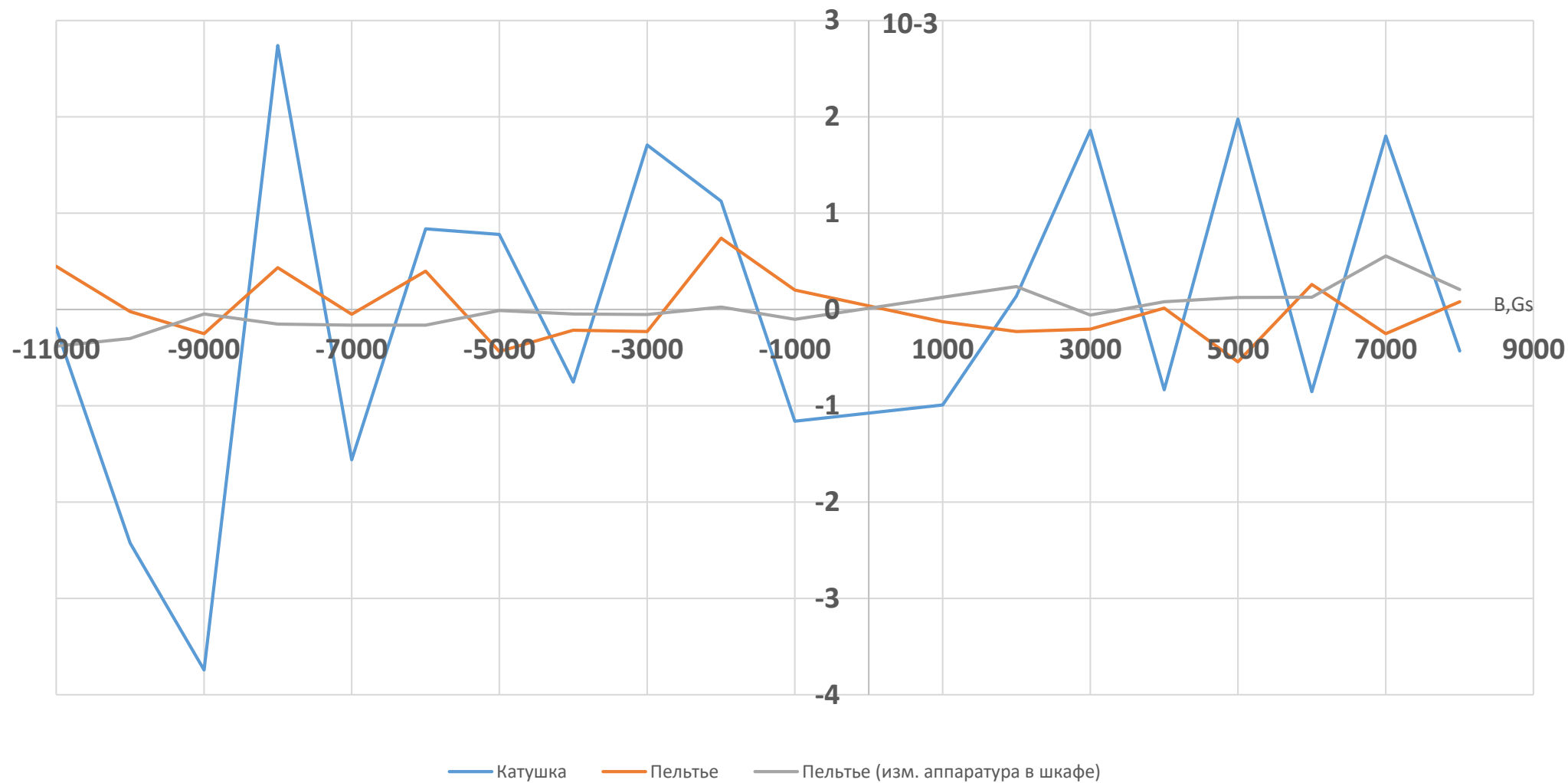
- ▶ Точность измерения поля повышена
 - в 10 раз (0,01Гс) в диапазоне от 0 до 2кГс
 - в 5 раз в диапазоне от 2 до 20кГс
- ▶ Термостабилизация измерительной каретки улучшена в 10 раз (0,01 град)
- ▶ Долговременная стабильность калибровки датчиков на уровне 6×10^{-5}



Новая гранитная
плита

Жильев Константин

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



ТЕМПЕРАТУРНАЯ СТАБИЛИЗАЦИЯ: ОТКЛОНЕНИЕ ОТ СРЕДНЕГО ЗА ВРЕМЯ КАЛИБРОВКИ

