

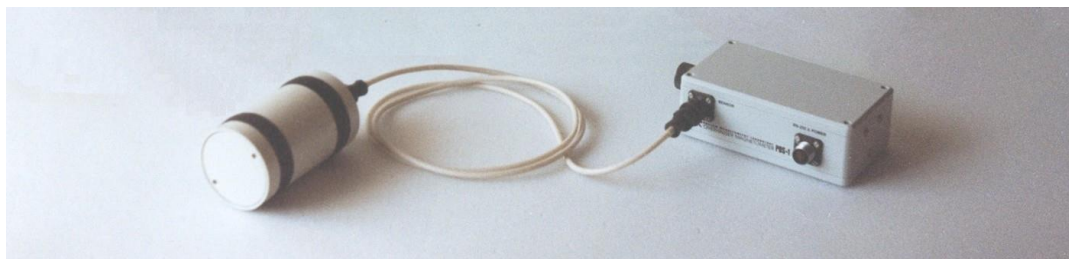


Лабораторная и геофизическая метрология магнитометров POS.

Ненормируемые параметры оверхаузеровских магнитометров

Федоров А.Л., Денисов А.Ю., Нархов Е.Д.,
Сапунов В.А., Сергеев А.В., Ушаков В.А.

Магнитометры POS (Processor Overhauser Sensor)



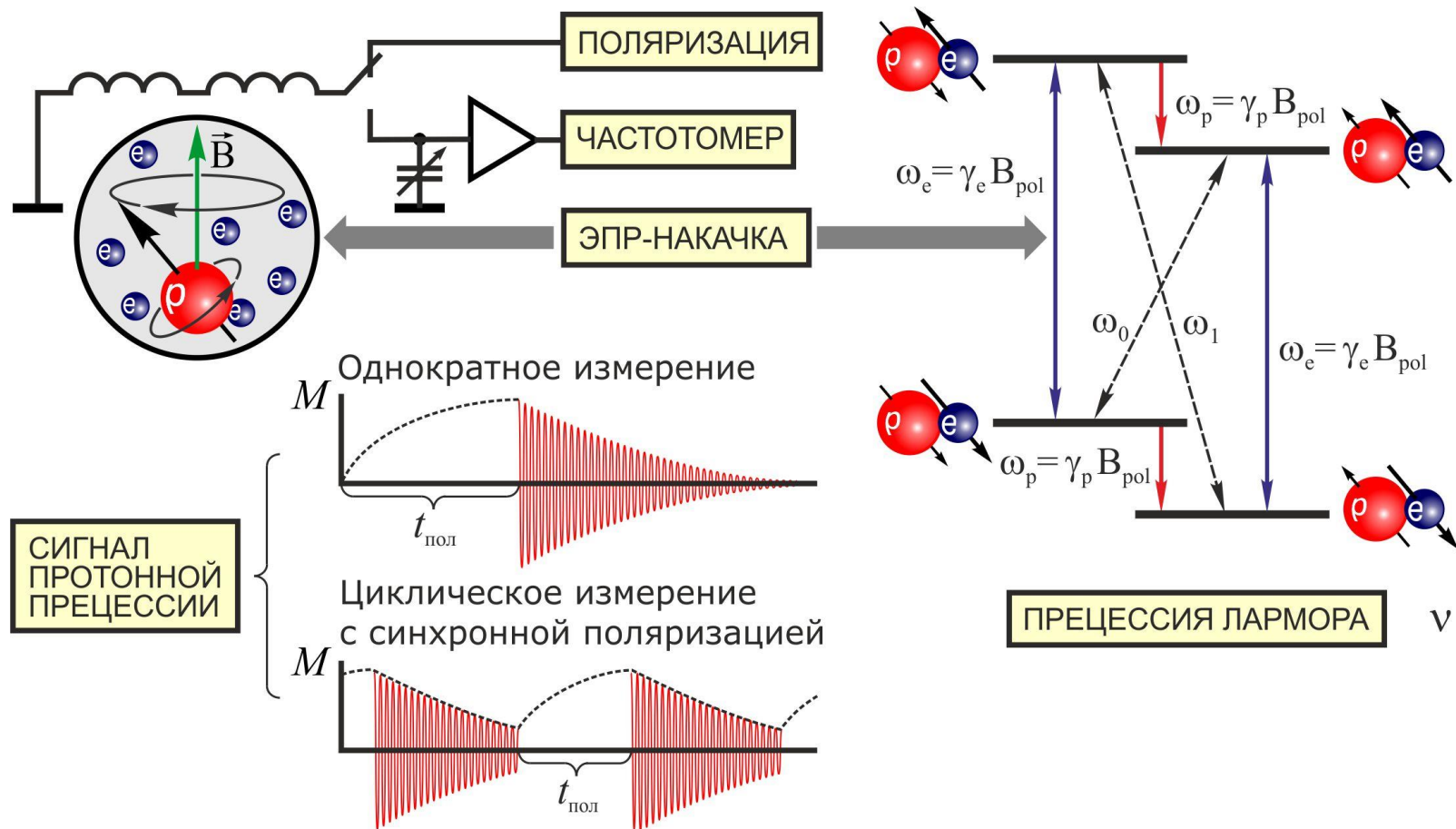
Диапазон измерений	20000 – 100000 нТл
Разрядность измерений	0,001 нТл
Чувствительность (СКО)	0,02 нТл (цикл 3 сек), 0,05 нТл (цикл 1 сек)
Цикличность измерений	от 0,2 сек
Абсолютная погрешность	1 нТл
Градиентоустойчивость	20000 нТл/м
Диапазон температур	–30°C / +60°C
Стабильность радикала	10 лет при н.у. и 5 лет при +50°C

Области применения:

- Наземная магниторазведка
- Магнитные обсерватории
- Аэромагниторазведка
- Археология
- Поиск скрытых объектов
- Научные изыскания



Эффект Оверхаузера и протонные оверхаузеровские магнитометры



ПРОТОННЫЙ СИГНАЛ
УСИЛЕНИЕ В K РАЗ:

ДИНАМИЧЕСКАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЯ ЯДЕР
(ЭФФЕКТ ОВЕРХАУЗЕРА)

$$B_{эф} = KB_{пол}$$

K - ДЛЯ УСИЛЕНИЕ

$$K \approx \frac{\gamma_e}{\gamma_p} = 658 \text{ ("голый" электрон)}$$

Реально: $K \approx 50 \div 200$

$$\nu = \gamma_p |\vec{B}|, \quad \gamma_p = 0,0425763866 \text{ Гц/нТл}$$



Существующие модификации POS

- Магнитометр POS-1
- Градиентометр POS-2
- два синхронизированных датчика
- Аэромагнитометры POS-1&POS-2-Aero
- New многоканальный магнитометр (включая SeaPOS)
- ZT-магнитометр POS-3 (I+T магнитометр)
- XYZT-магнитометр POS-4 (IdD+T магнитометр)
- LOM-2 (скважный магнитометр)

Внесен в Государственный Реестр средств измерений
№79451-20

МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И (ИЛИ) ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

Результаты поверки магнитометра приведены в таблице.
Вд - действительное значение измеряемой магнитной индукции.
Поправка $\Delta = (B_{\text{вд}} + B_{\text{из}})/2$ - среднее, измеренное магнитометром значение магнитной индукции, равное полусумме результатов измерений, полученных при углах 90° и 270° между направлениями магнитного поля и осью датчика;
СКО - стандартная неопределенность типа A единичного измерения.

Таблица

п/п №	Измеряемая магнитная индукция, нТл	Поправка, нТл (прибавлять со своим знаком)	Среднее квадратическое отклонение (случайное) единичного измерения, нТл Время измерения - 3 секунды
1	20000	0,1	0,05
2	30000	0,1	0,008
3	40000	0,1	0,008
4	50000	0,2	0,008
5	60000	0,2	0,009
6	70000	0,3	0,009
7	80000	0,3	0,01
8	90000	0,3	0,01
9	100000	0,4	0,01

Поверитель:  подпись

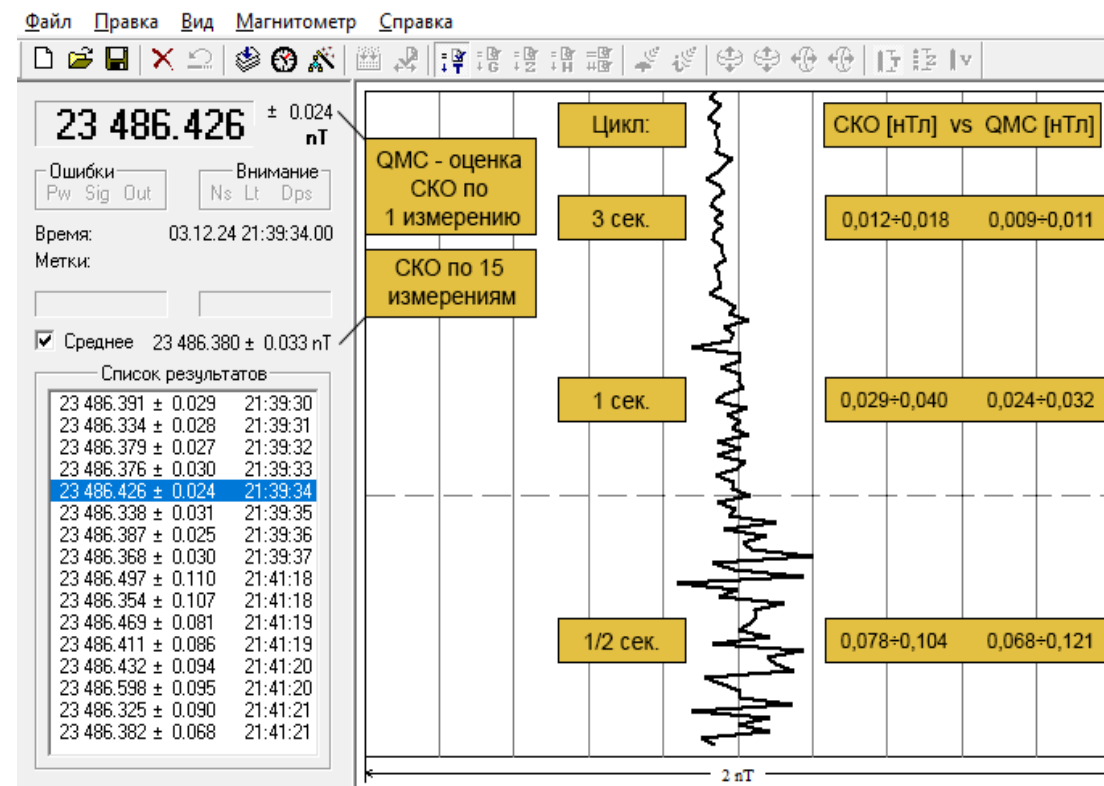
Хорев Вячеслав Никодимович
фамилия, имя и отчество (при наличии)

Владелец СИ:
ФГАОУ ВО «УрФУ» имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
ИПН 6660003190
РФ, 620002, город Екатеринбург, улица Мира, дом 19.



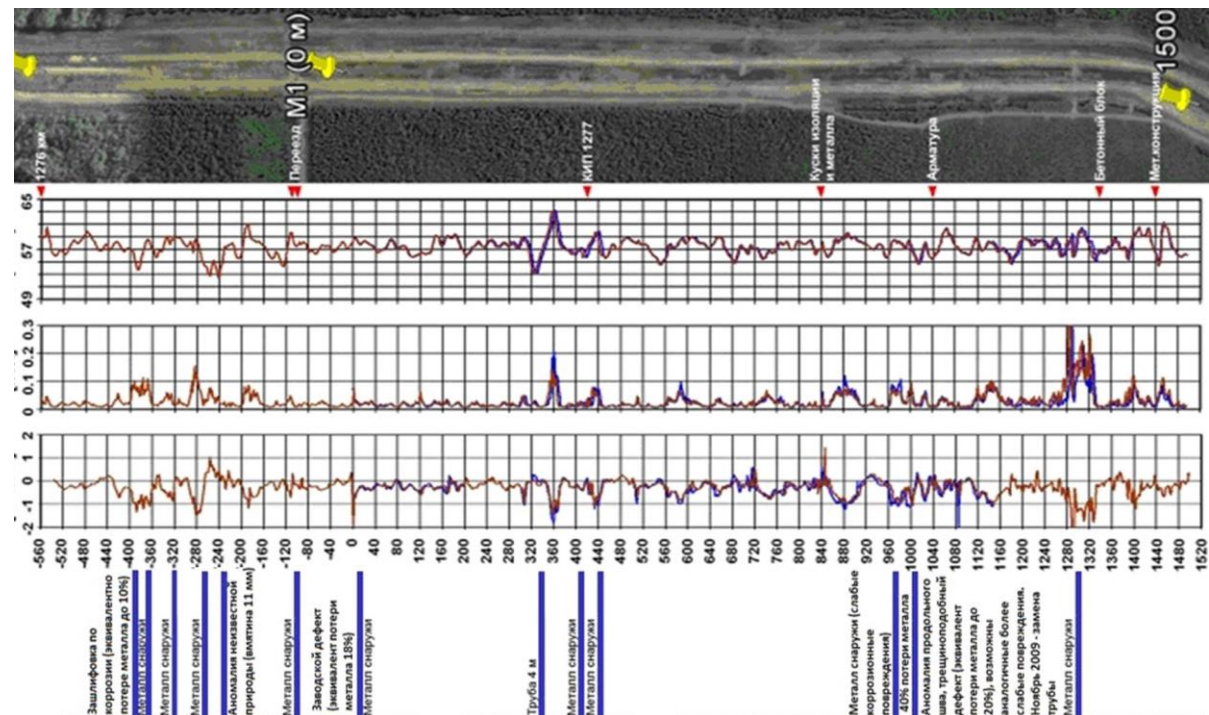
Ключевая отличительная особенность POS

- **QMC** (Quality Measurement Condition)
Контроль качества каждого измерения в единицах поля при анализе сигнала прецессии
- **Повышенная градиентоустойчивость**
за счет сохранения оптимального времени измерения сигнала прецессии при укорочении ССП в присутствии градиента



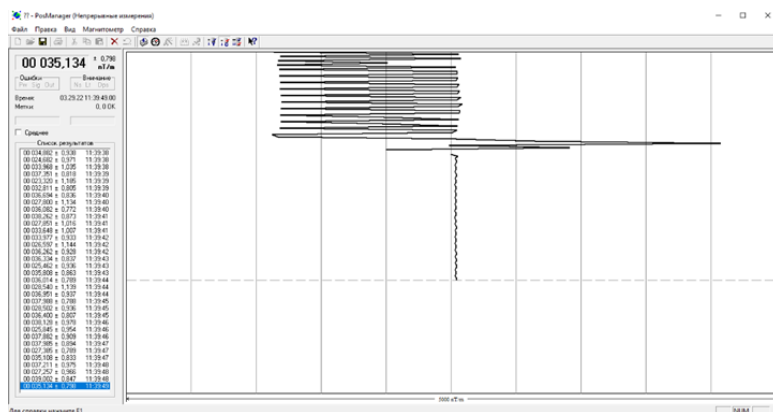
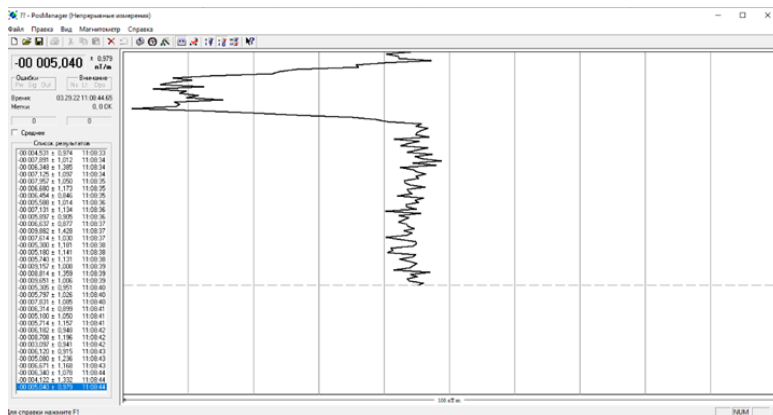


Применения, где «градиентоустойчивость» ключевой параметр Бесконтактная инспекция магистральных трубопроводов





Применения, где «градиентоустойчивость» ключевой параметр Многоканальный подводный поисковый градиентометр



МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И (ВЛН) ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ

1. Результаты поверки магнитометра приведены в таблице.

Поправка $\Delta = (B_x + B_y)/2$ – среднее измеренное магнитометром значение магнитной индукции, равное полусумме результатов измерений, полученных при углах 90° и 270° между направленными магнитного поля и осью датчика; СКО – стандартная неопределенность типа A единичного измерения.

Вд – действительное значение измеряемой магнитной индукции.

№	Вд, нТл	Поправка Δ , нТл		СКО (случайное), нТл	
		(прибавлять к показаниям магнитометра со своим знаком)		Время измерения: 1 секунда	
1	20000	0,9	0,04		
2	30000	1,6	0,02		
3	40000	2,0	0,02		
4	50000	2,4	0,04		
5	60000	2,6	0,02		
6	70000	3,1	0,02		
7	80000	3,3	0,02		
8	90000	4,7	0,02		
9	100000	4,1	0,02		

2. Изменение показаний магнитометра при повороте оси датчика на 180° не превышает 0,7 нТл.

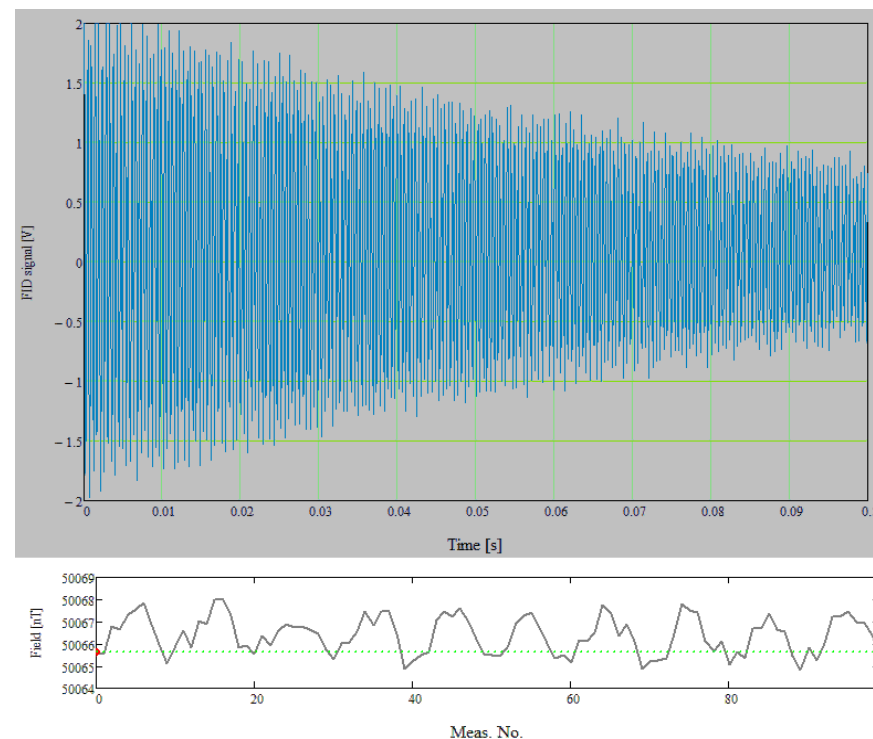
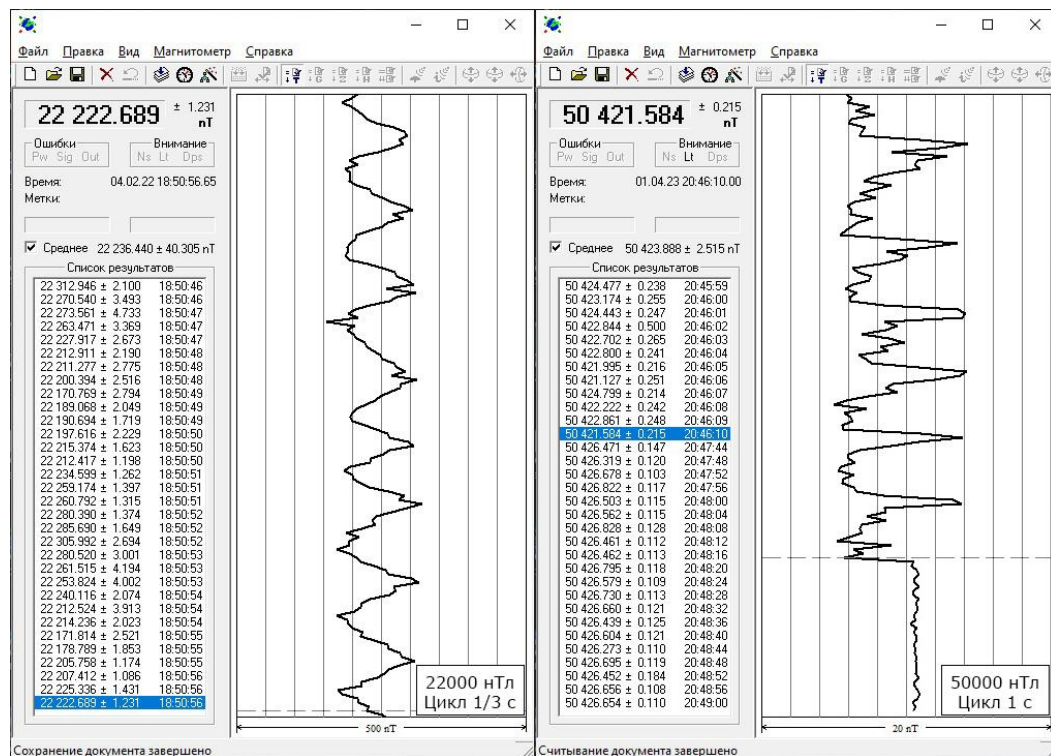
Поверитель:  Шилов Александр Евгеньевич
Физик, выс. к. (с отличием) (при наличии)

Владелец СИ:
ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
ИНН 6660003190
РФ, 620002, город Екатеринбург, улица Мира, дом 19.

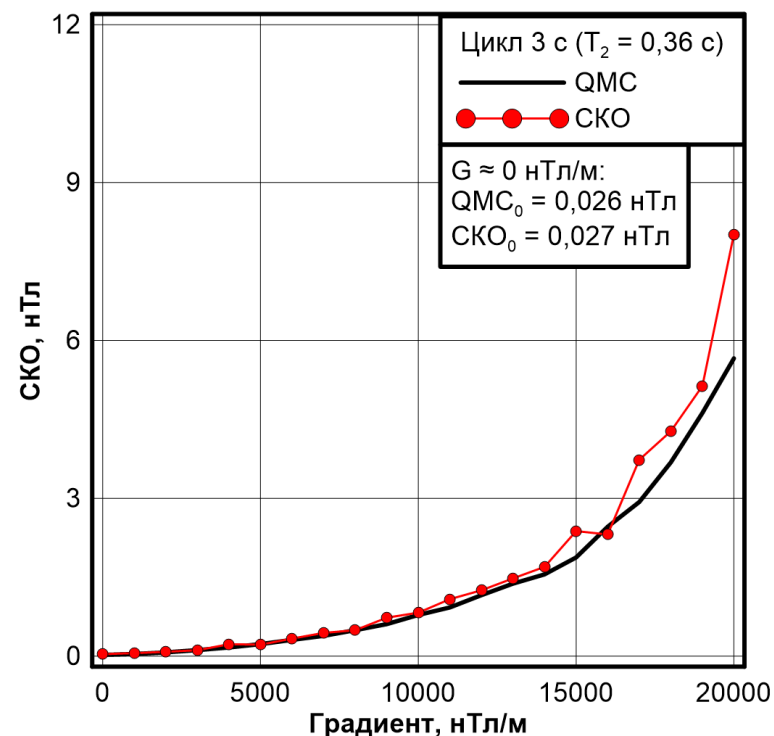
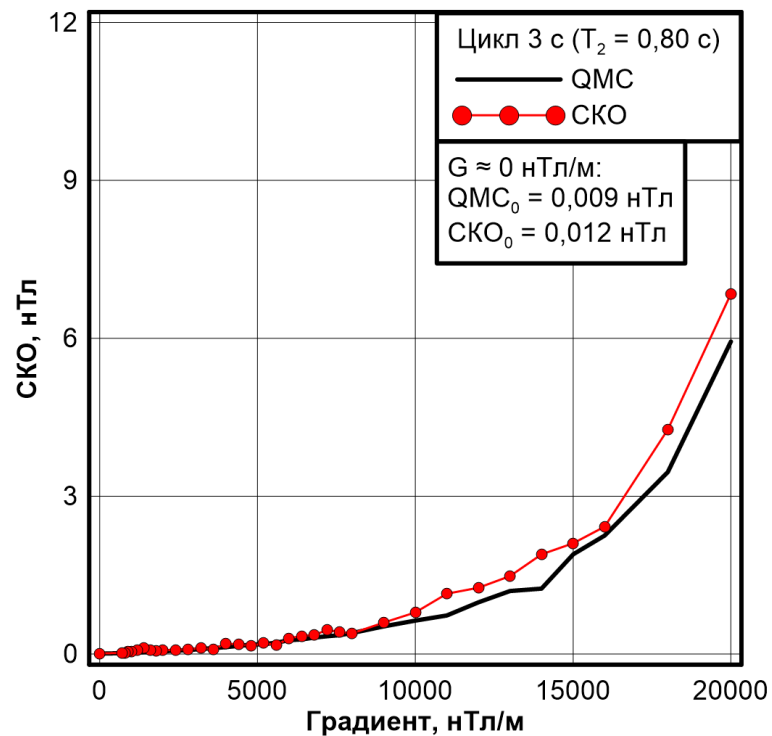




Неустойчивость синхронной поляризации при быстрых циклах в условиях градиента

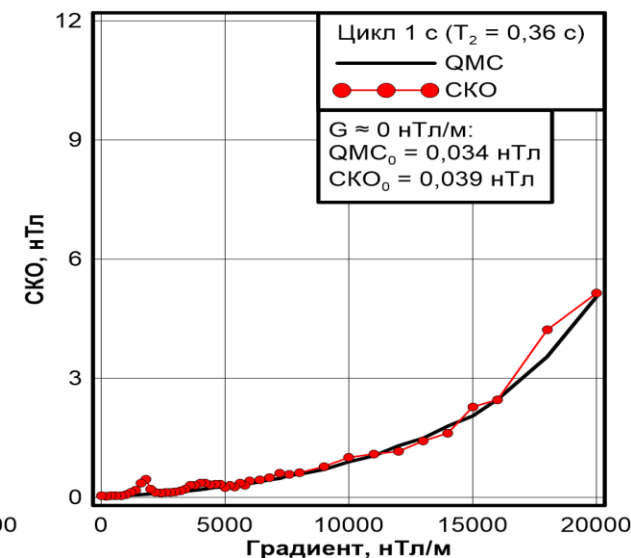
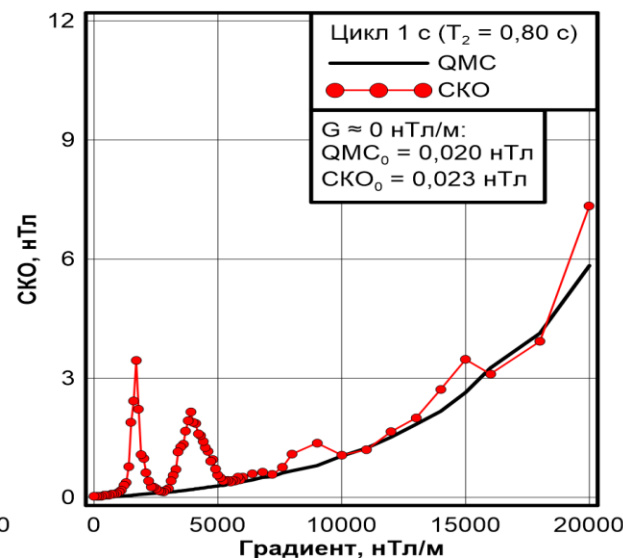
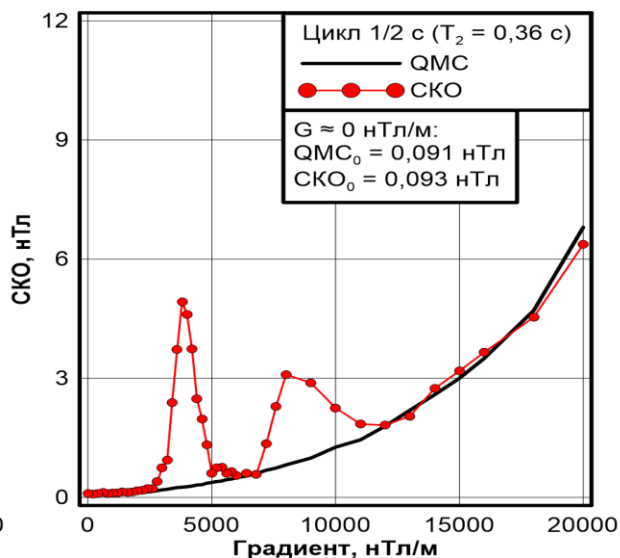
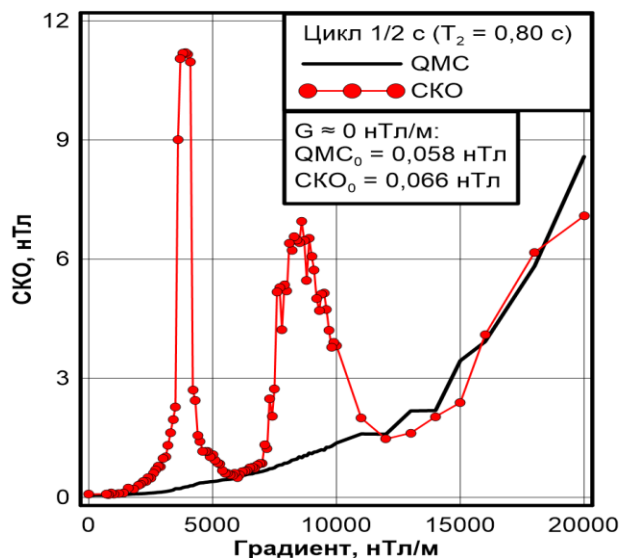


Измерение градиентоустойчивости магнитометров POS. Медленные циклы и однократный режим



Измерение чувствительности (SKO) и QMC в магнитоэкранированном эталоне слабых магнитных полей УрФУ-ФТИ. **SKO $\approx$ QMC**

Градиентоустойчивость. Быстрые циклы. СКО $\neq$ QMC

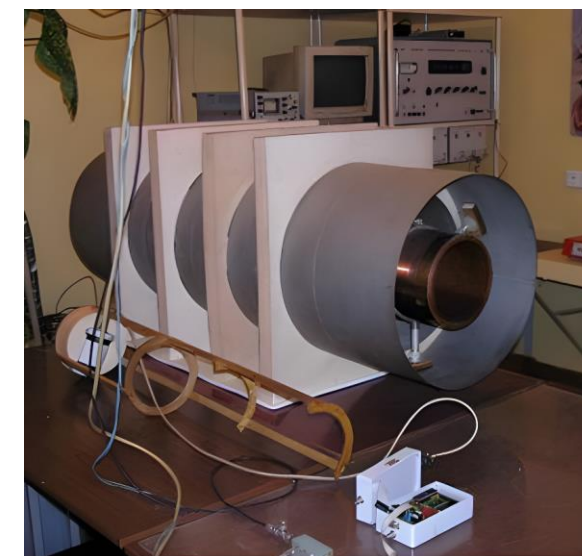
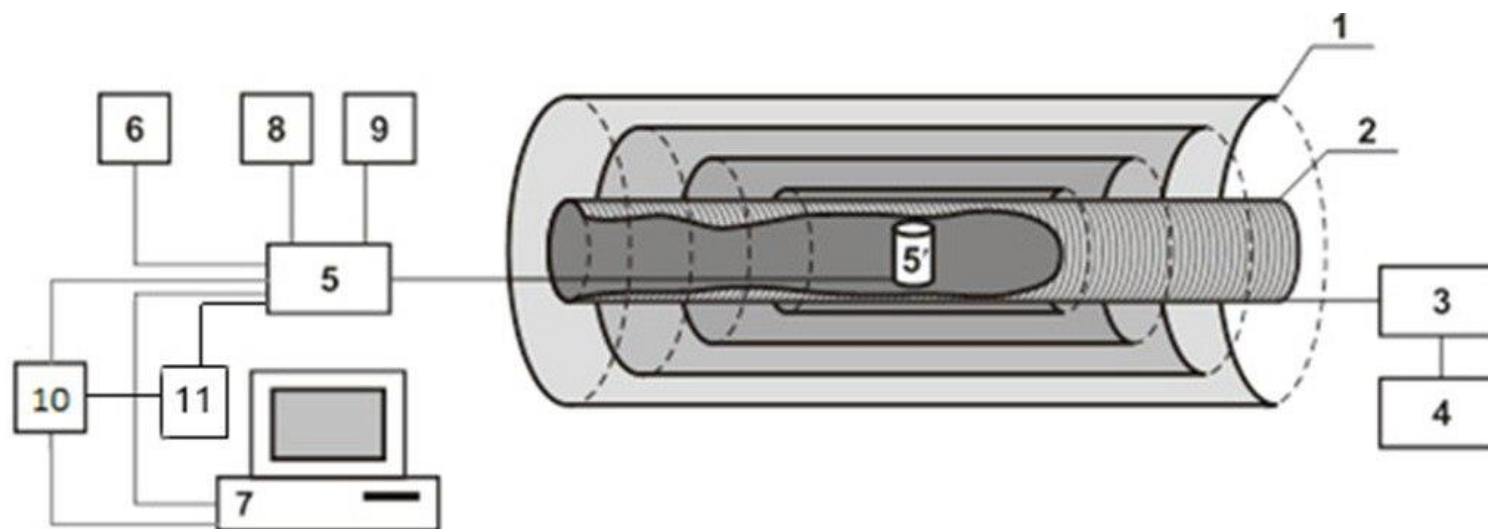


Цикл измерения **1/2 сек** при времени релаксации
рабочего вещества 0,8 и 0,36 сек

Цикл измерения **1 сек** при времени релаксации
рабочего вещества 0,8 и 0,36 сек

Чувствительность и СКО существенно зависят от времени релаксации рабочего вещества

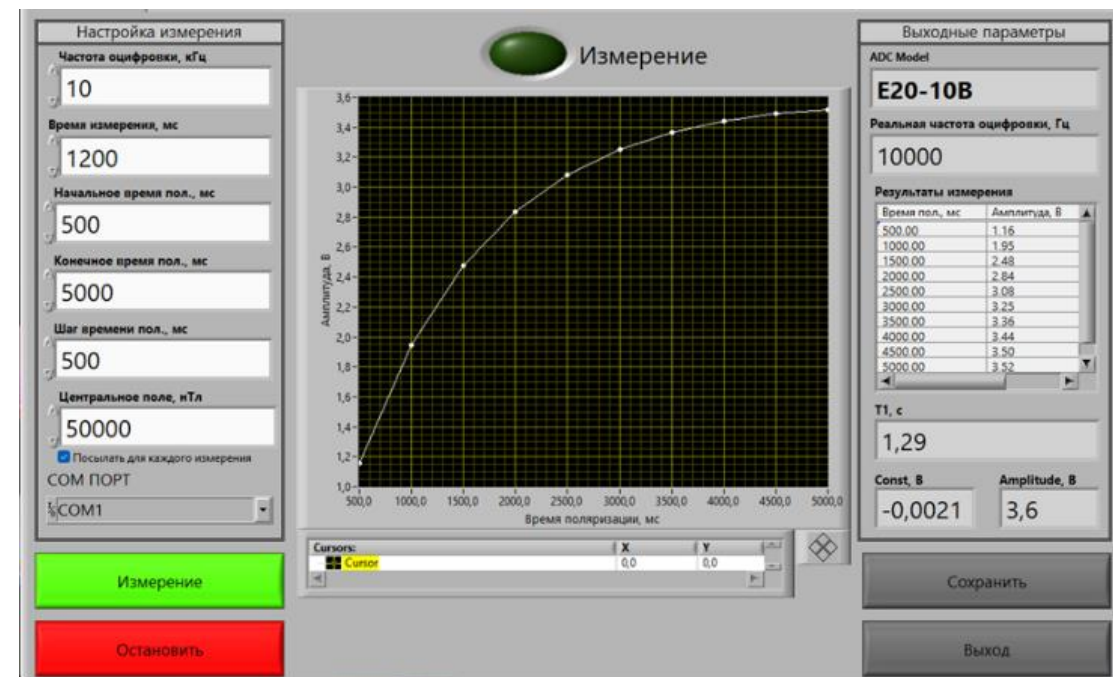
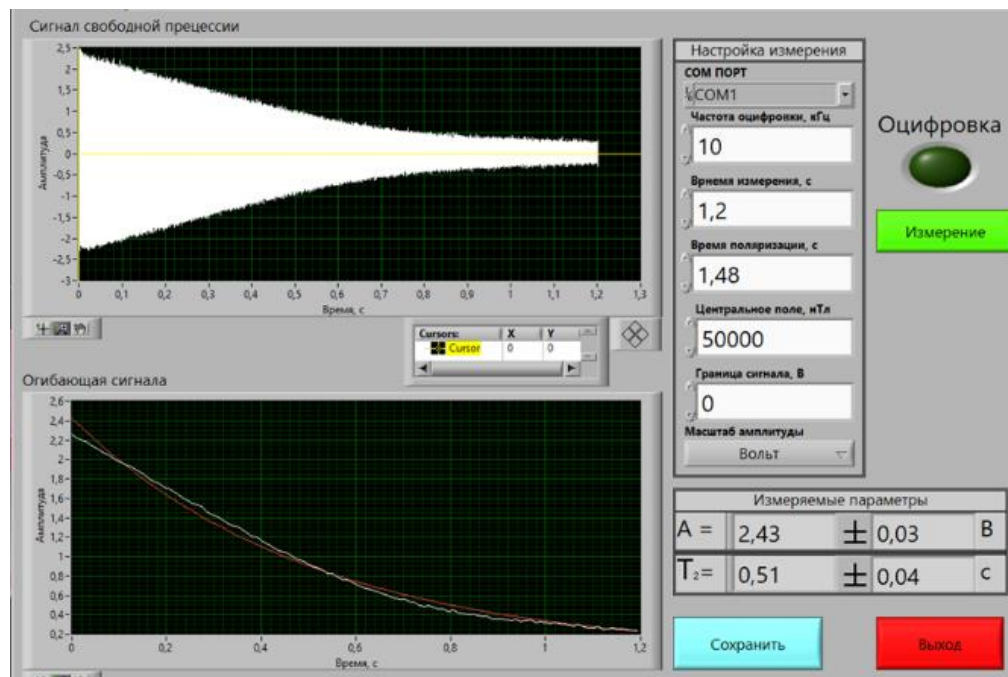
Аппаратура контроля рабочего вещества



Установка включает: 1 – магнитный экран, состоящий из четырех коаксиальных слоев пермаллового сплава 79НМ; 2 – двухслойный соленоид; 3 – источник тока питания соленоида; 4 – блок питания источника тока соленоида; 5 – магнитометр, состоящий из блока электроники (5) и оверхаузеровского протонного датчика (5'); 6 – аккумулятор для питания магнитометра; 7 – компьютер, укомплектованный разработанным программным обеспечением; 8 – осциллограф; 9 – вольтметр; 10 – модуль АЦП–ЦАП; 11 – источник напряжения поляризации.



Контроль состояния рабочего вещества

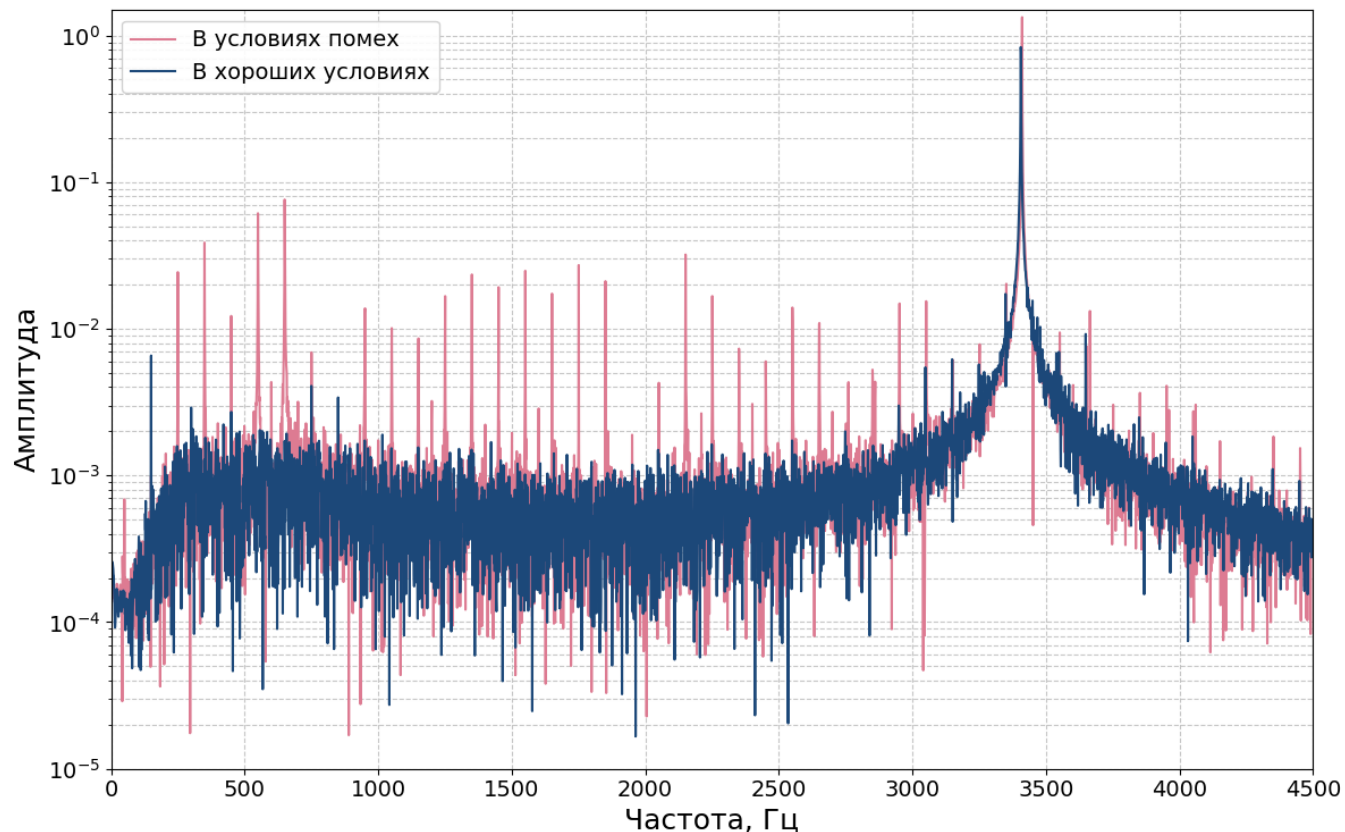


Интерфейсы программ по измерению амплитуды и времен магнитной релаксации T₂ и T₁ рабочего вещества магнитометра оверхаузеровского магнитометра POS релаксации



Контроль сигнала. Частотный спектр

Спектр сигнала при измерении поля ~ 80000 нТл



Наличие спектра сигнала позволяет наглядно установить наличие помех в момент измерения, способствует ускорению пуско-наладочных работ в условиях работы с сетями переменного тока.



Выводы

- ❑ При проведении геофизических работ нужно использовать QMC для контроля качества измерений
- ❑ Контроль сигнала свободной прецессии – ключевой фактор в определении состояния прибора, он обеспечивает диагностику условий измерений, что критически важно в геофизике, навигации и фундаментальных исследованиях



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Зав. НИЛ Квантовой магнитометрии

Сапунов Владимир Александрович

e-mail: vasapunov@urfu.ru

vasapunov@gmail.com

тел: +7 922 175 75 64

Докладчик

Федоров Андрей Львович

e-mail: fedorov.fti@gmail.com

тел: +7 952 733 95 23