

EAGE



SATBAYEV
UNIVERSITY



ИНЖЕНЕРНАЯ : ∞
И РУДНАЯ : 10
ГЕОФИЗИКА : 2

23 – 27 апреля 2018 г. ■ Алма-Ата, Казахстан

Генеральный спонсор



RadExPro
seismic software

www.eage.ru

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНЫХ АЭРОМАГНИТНЫХ РАБОТ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГРАДИЕНТОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САМОЛЕТА АН-3

П.В. МЕЛЬНИКОВ

НФ ВСЕГЕИ

Е.В. КАРШАКОВ

ИПУ РАН

ООО «Геотехнологии»



РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНЫХ АЭРОМАГНИТНЫХ РАБОТ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГРАДИЕНТОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САМОЛЕТА АН-3

1. ОБЗОР
2. УСТАНОВКА НА САМОЛЁТЕ АН-3
3. КОМПЕНСАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА
4. МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТОГРАДИЕНТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
5. ВЫВОДЫ

СИСТЕМЫ АЭРОМАГНИТОГРАДИЕНТНОЙ СЪЕМКИ

Fraser-Smith, A.C. [1983] The magnetic field gradiometer. Final technical report. Stanford University.

Hardwick, C.D. [1984] Important design considerations for inboard airborne magnetic gradiometers. *Geophysics*, 49(11), 2004–2018.

Hood, P. [2007] History of aeromagnetic surveying in Canada. *The Leading Edge*, 26(11), 1384–1392

Hogg, S. [2008] A new helicopter towed 3-axis magnetic gradiometer and mapping system: KEGS PDAC Symposium “Recent Developments in Passive Geophysical Methods”. 1–8.

Hodges, D.G. and Christensen, A.N. [2017] Airborne geophysics: Proceedings of Exploration 17: 6th International Conference on Mineral Exploration. Tschirhart, V. and Thomas, M.D. Eds., 5–16

СИСТЕМЫ АЭРОМАГНИТОГРАДИЕНТНОЙ СЪЕМКИ

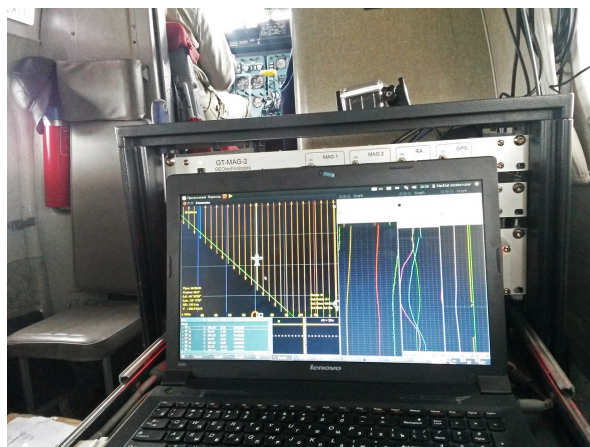


Sander Geophysics' Magnetic Gradiometer System



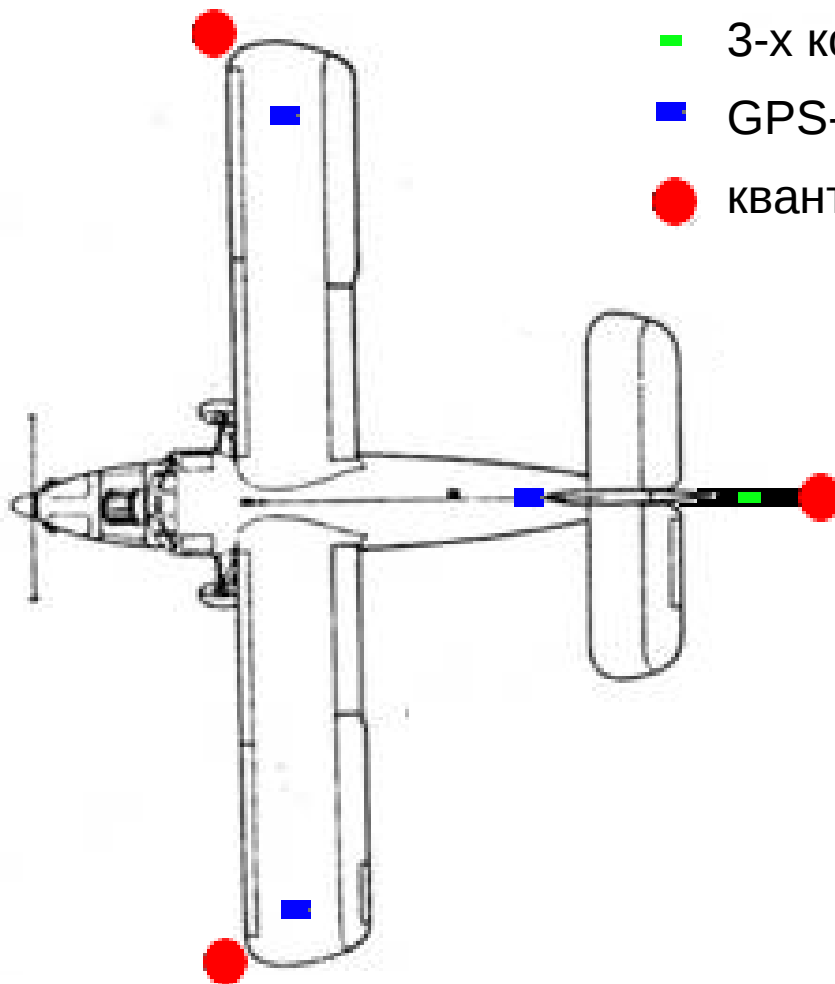
2. УСТАНОВКА НА САМОЛЕТЕ АН-3

СИСТЕМЫ АЭРОМАГНИТОГРАДИЕНТНОЙ СЪЕМКИ



2. УСТАНОВКА НА САМОЛЕТЕ АН-3

СИСТЕМЫ АЭРОМАГНИТОГРАДИЕНТНОЙ СЪЕМКИ



- 3-х компонентный феррозонд
- GPS-ГЛОНАСС приемник
- квантовый скалярный датчик

3. КОМПЕНСАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

ОБЗОР МЕТОДОВ (ТОЛЬКО АНАЛИТИЧЕСКИЕ)

Лысенко, А.П. [1960] Теория и методы компенсации магнитных помех. Геофизическое приборостроение, 7, 44–58

Lelliak, P. [1961] Identification and evaluation of magnetic-field sources of magnetic airborne detector equipped aircraft. IRE Transactions on Aerospace and Navigational Electronics, ANE-8(3), 95–105

Tolles, W.E. and Lowsen, J.D. [1950] Magnetic compensation of MAD equipped aircraft. Airborne Instruments Lab. Inc., Mineola, N.Y., Rep. 201-1

Tolles, W.E. [1944] Compensation of aircraft magnetic fields. U.S. Patent 2,692,970 in 1954, application Sep. 1944 # 552,516

3. КОМПЕНСАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

ОБЗОР МЕТОДОВ (ТОЛЬКО АНАЛИТИЧЕСКИЕ)

Аверкиев, В.В., Бурова, И.Ю., Могилевкин, В.А. [2001] Компенсация магнитных помех авиационных носителей. Разведка и охрана недр, 9, 52–58

Jia, R., Lo, B. and Groom, R.L. [2004] Improved aeromagnetic compensation. Report for Ontario Mineral Exploration Technology Program Project # P02-03-043

Zhang, B., Guo, Z. and Qiao, Y. [2011] A simplified aeromagnetic compensation model for low magnetism UAV platform. Proc. IEEE Int. Geosci. Remote Sens. Symp., Vancouver, ON, Canada, 3401–3404

Каршаков, Е.В., Харичкин, М.В. [2008] Стохастическая задача оценивания при компенсации девиации аэромагнитометра. Автоматика и телемеханика, 7, 68–77

Волковицкий, А.К., Каршаков, Е.В., Павлов, Б.В., Тхоренко, М.Ю. [2018] Магнитоградиентные измерительные системы и комплексы: монография в 2х т. Том 2: Обработка информации и применение. М.: ИПУ РАН.



3. КОМПЕНСАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

МЕТОДИКА

$$B_{mes} = B_0 + B_{perm} + B_{ind} + B_{eddy} = B_0 + K^T e_F + e_F^T M_i e_F + \frac{de_F^T}{dt} M_e e_F$$

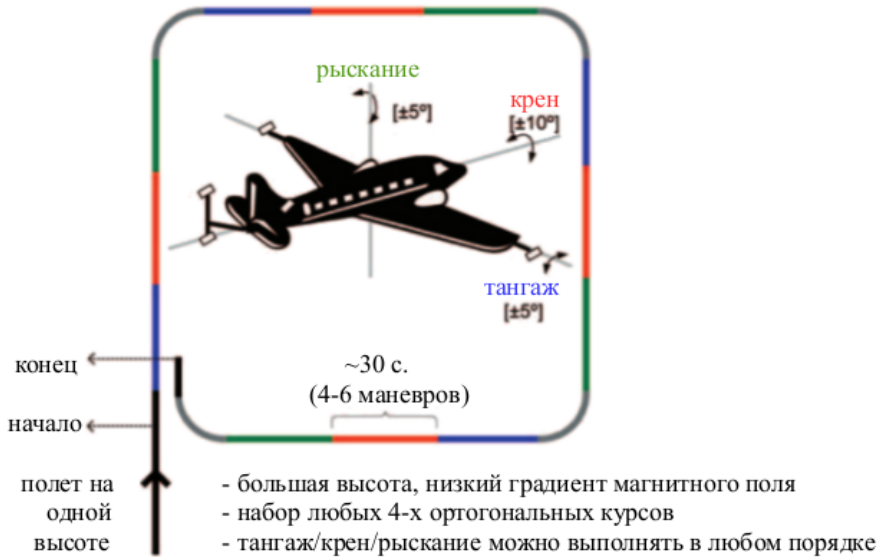
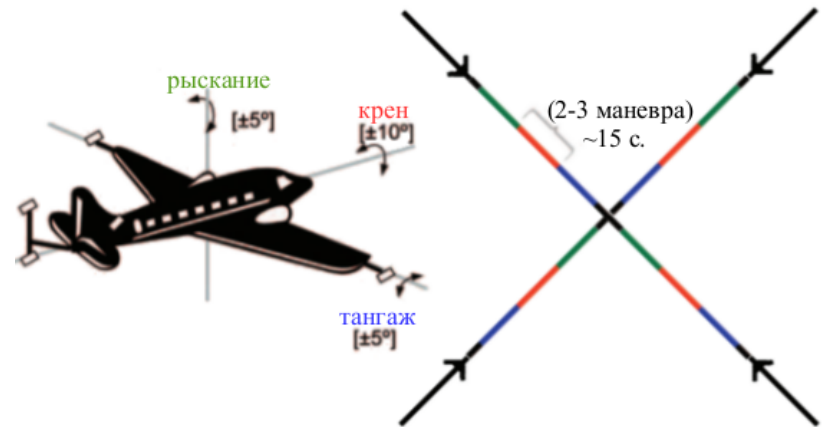


Схема калибровочного эксперимента «коробка»



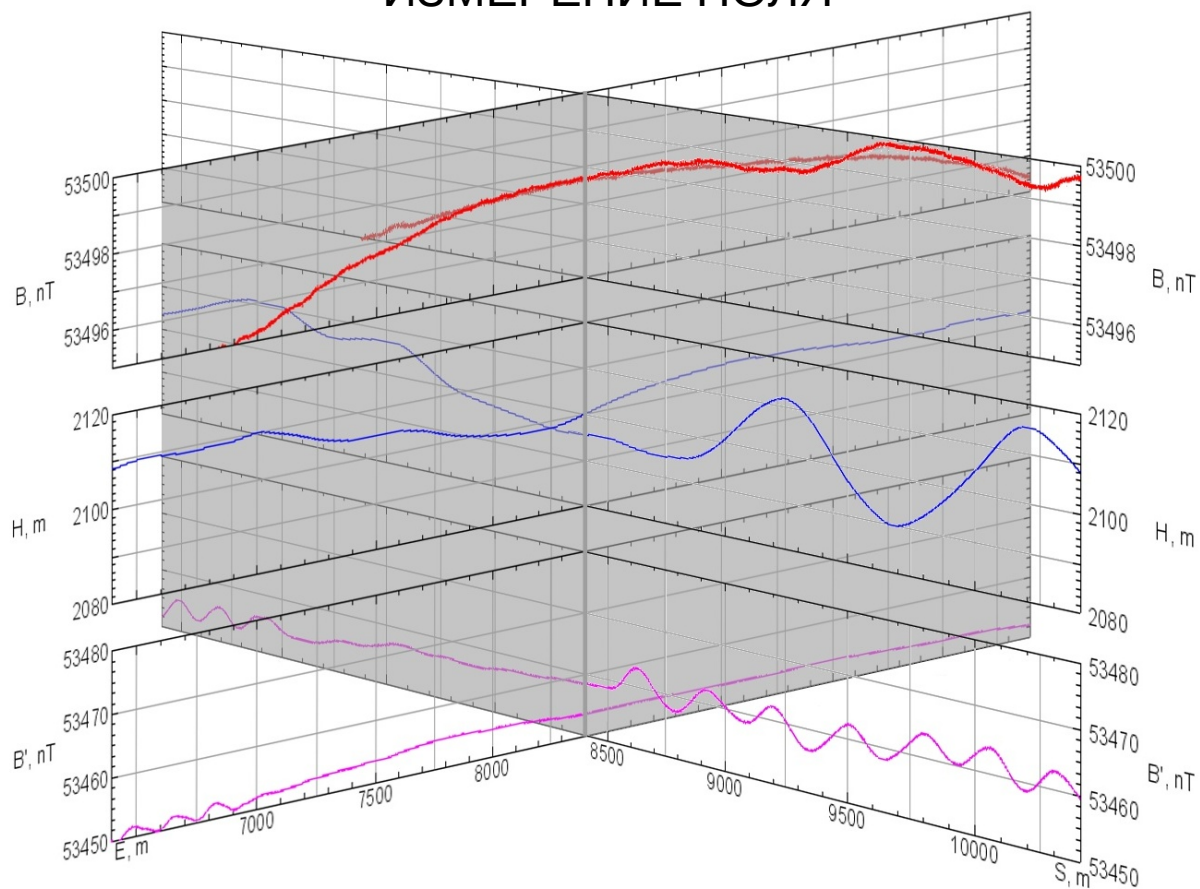
полет на одной высоте

- большая высота, низкий градиент магнитного поля
- набор любых 4-х ортогональных курсов
- тангаж/крен/рыскание можно выполнять в любом порядке
- центральная точка проходится максимально точно

Схема калибровочного эксперимента «крест»

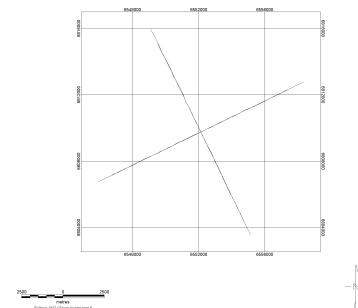
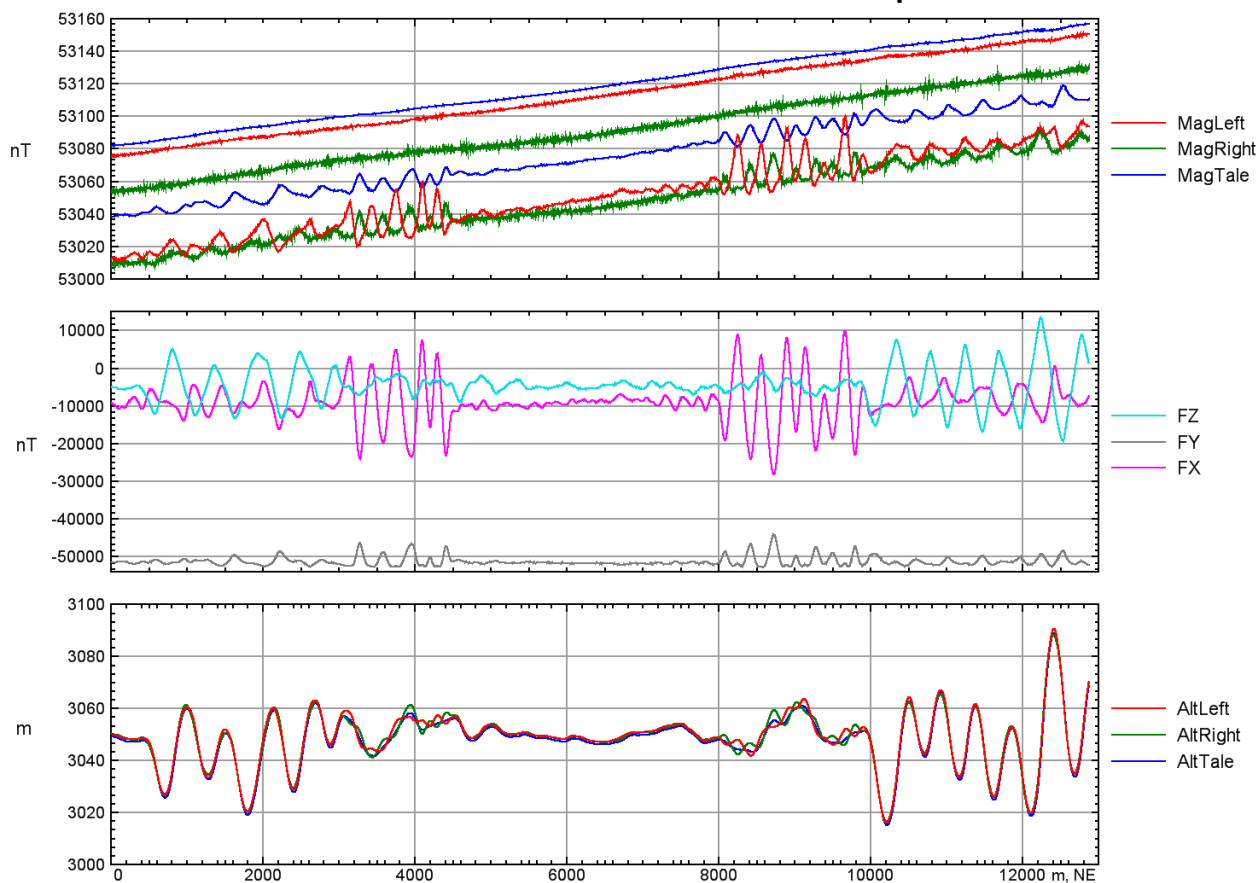
3. КОМПЕНСАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛЯ



3. КОМПЕНСАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

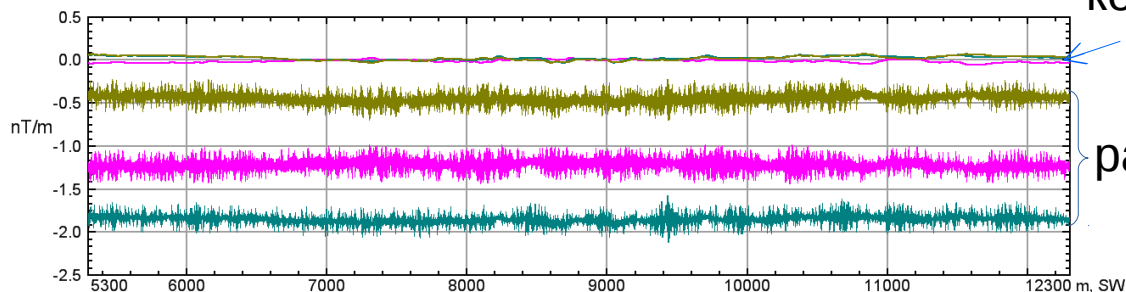
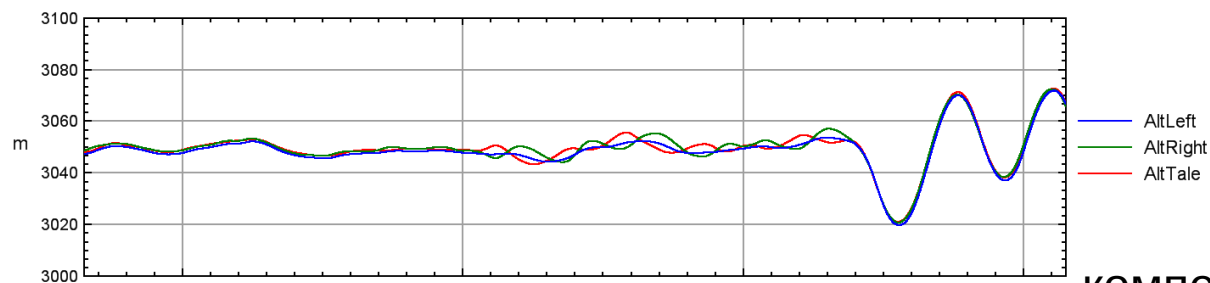
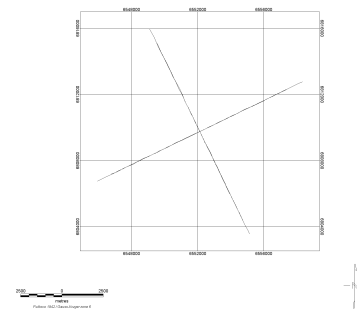
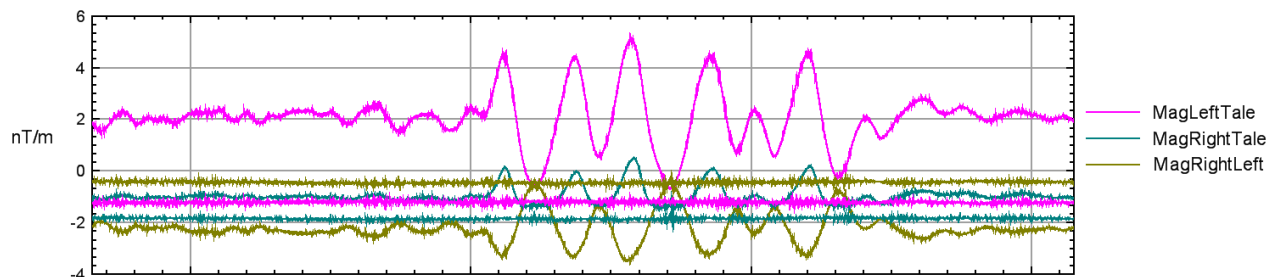
РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЕНСАЦИИ ПОЛЯ



Частота
регистрации
100 Гц

3. КОМПЕНСАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЕНСАЦИИ ГРАДИЕНТА



компенсация градиента
приведено к 1 Гц

разность значений поля
на частоте 100 Гц

3. КОМПЕНСАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

ИСХОДНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ:

Частота регистрации 100 Гц

Левый датчик: 0.4 нТл СКО

Правый датчик: 0.7 нТл СКО

Хвостовой датчик: 0.1 нТл СКО



РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ГРАДИЕНТА

Чувствительность: ~ 1 пТл/(м√Гц)

Точность: ~ 10 пТл/м

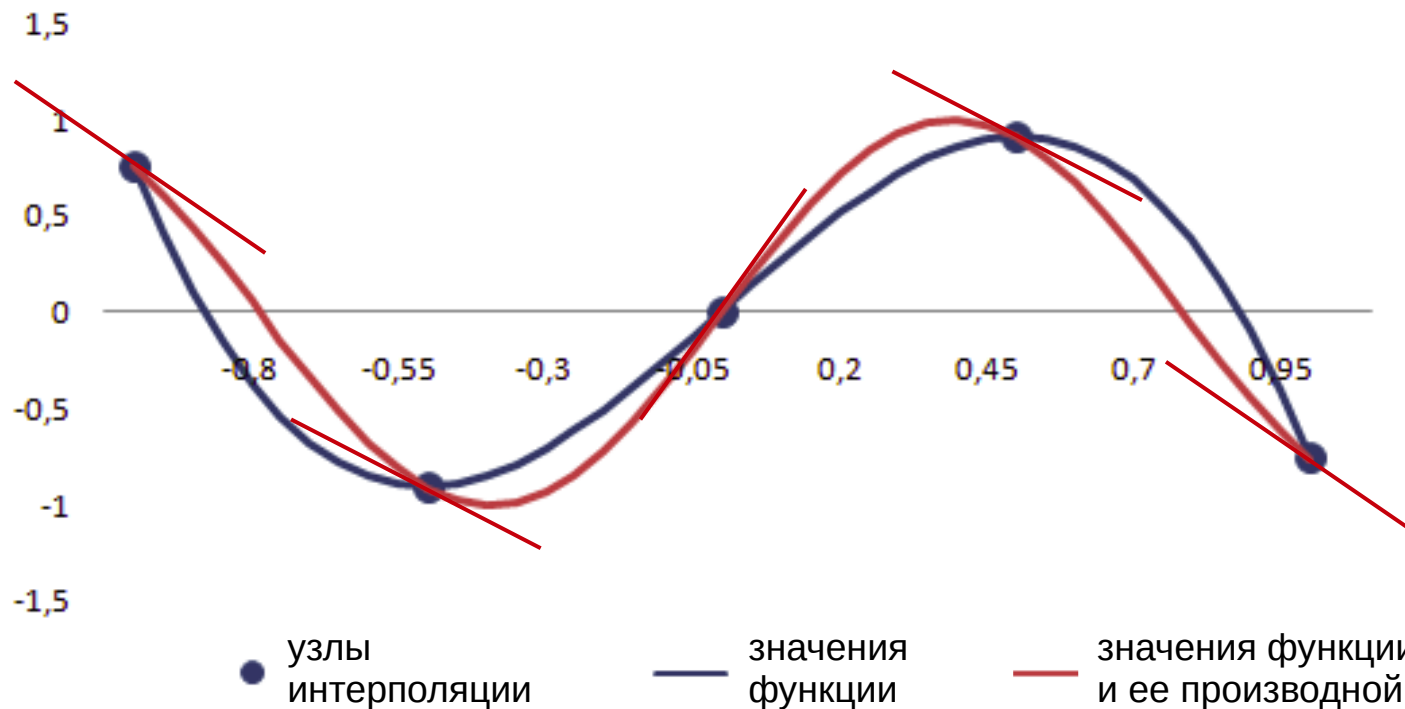


ЖЕЛАТЕЛЬНЫЕ ДОРАБОТКИ:

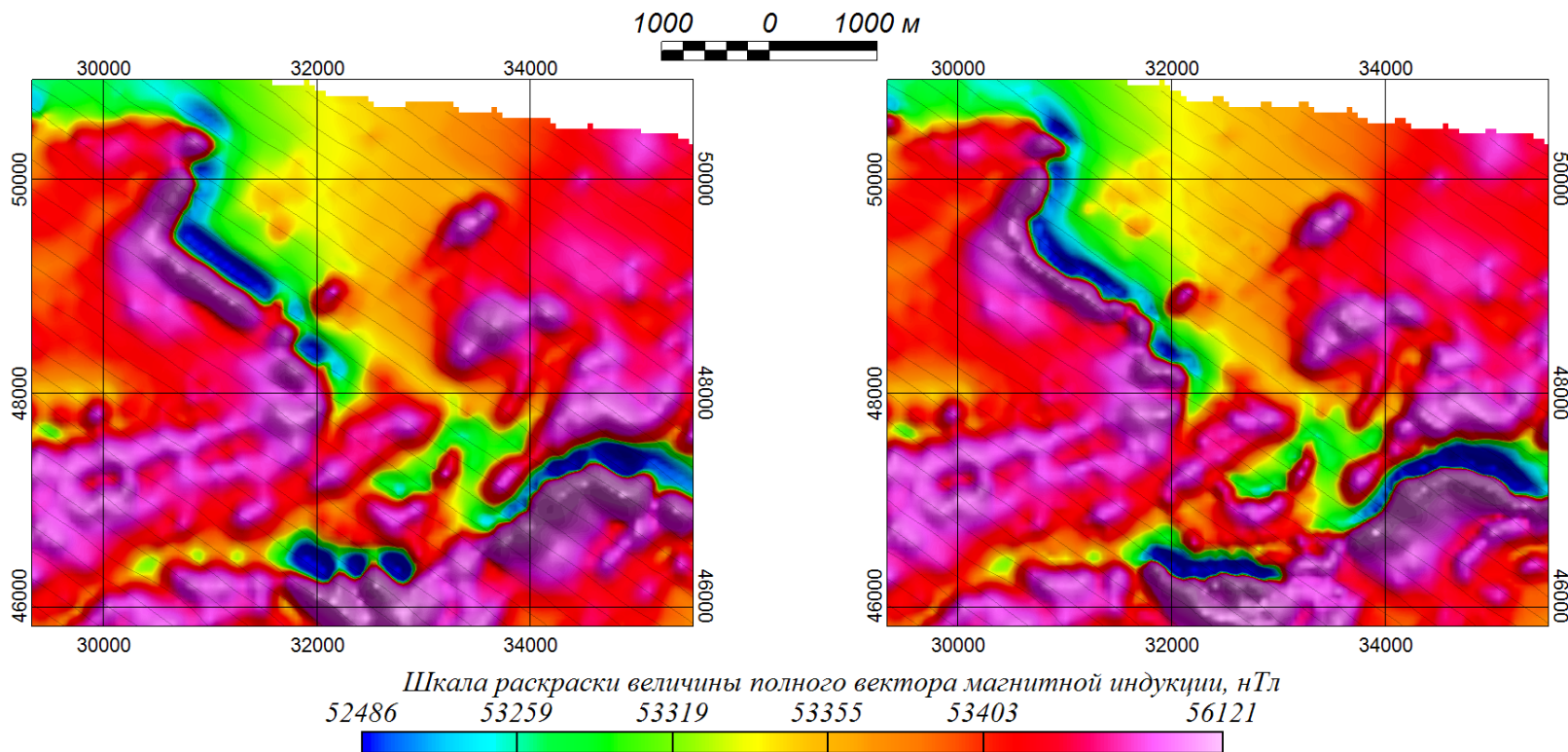
Увеличение расстояния
от датчика до крыла

ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТОГРАДИЕНТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

МЕТОДИКА



4. МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТОГРАДИЕНТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

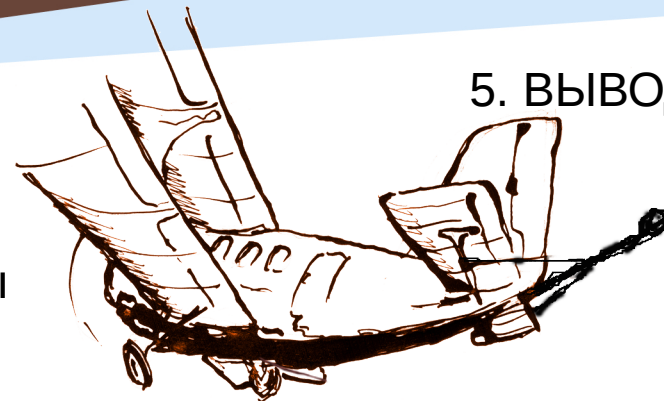


Без учета градиента

С учетом градиента

5. ВЫВОДЫ

1. Есть отечественный комплекс авиационной магнитоградиентной съемки на основе системы ГТ-МАГ на борту самолета Ан-3.
2. Получено удовлетворительное качество компенсации влияния летательного аппарата на результаты измерений.
3. Традиционно качество измерений на крыльях несколько хуже, чем на хвостовом стингере.



4. Получены впечатляющие результаты применения градиентных измерений при построении гридов магнитного поля.

ПРОДОЛЖАЕМ РАБОТАТЬ!

Рисунки: А.К. Волковицкий