

# **Инструментальный усилитель для исследования магнитных датчиков**

**Магистрант каф. РЗИ  
Н.Б.Сабыров**

**Научный руководитель:  
к.т.н., доцент каф. РЗИ  
Б.И. Авдоченко.**

# Актуальность

Инструментальный усилитель применяются в качестве предварительных усилителей слабых сигналов постоянного и переменного токов, служит первым каскадом измерительной или преобразовательной схемы, где основным требованием является точность передачи входного сигнала от источника к последующей схеме преобразования. Основные проблемы, которые приходится решать при усилении слабого сигнала для обработки последующими каскадами, связаны с подавлением шумов и нестабильностью коэффициента усиления при воздействии внешних факторов.

.

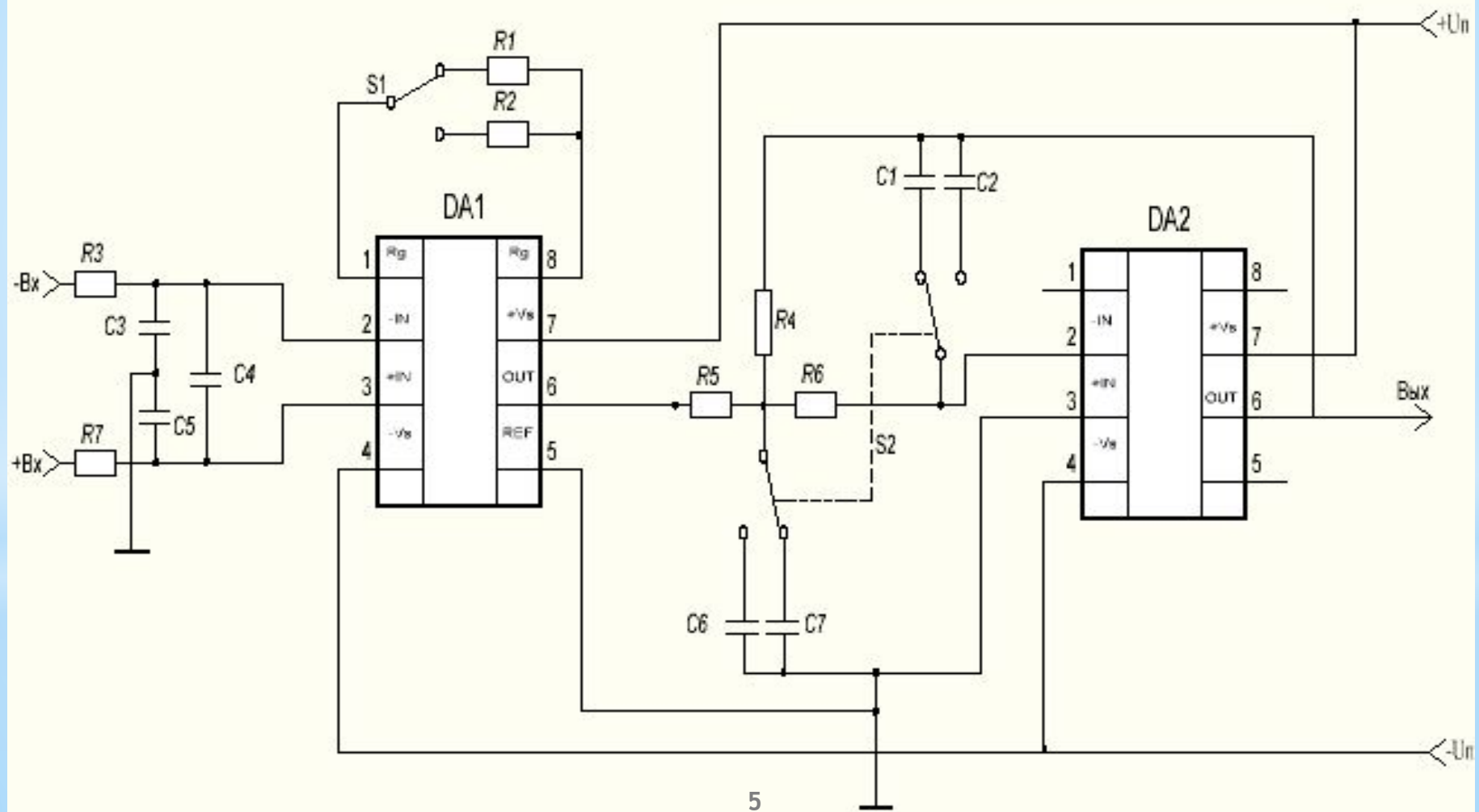
# Цели работы

Целью магистерской диссертации является разработка и исследование прибора для измерения чувствительностей датчиков слабых магнитных полей.

# Выбор операционного усилителя

Для исследования чувствительности датчиков ИУ выполнен на малошумящем операционном усилителе (ОУ) с низким температурным дрейфом. На основе проведенного обзора выпускаемых ОУ в качестве основы усилителя выбрана микросхема AD622. Преимущество этого варианта ОУ: уровень шума на частоте 1 Гц не более  $12 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$ , диапазон регулировки коэффициента усиления от 2 до 1000; широкий диапазон напряжений питания (от  $\pm 2.6 \text{ В}$  до  $\pm 15 \text{ В}$ ), установка значения коэффициента усиления одним внешним резистором.

# Принципиальная схема ИУ



# РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ИУ

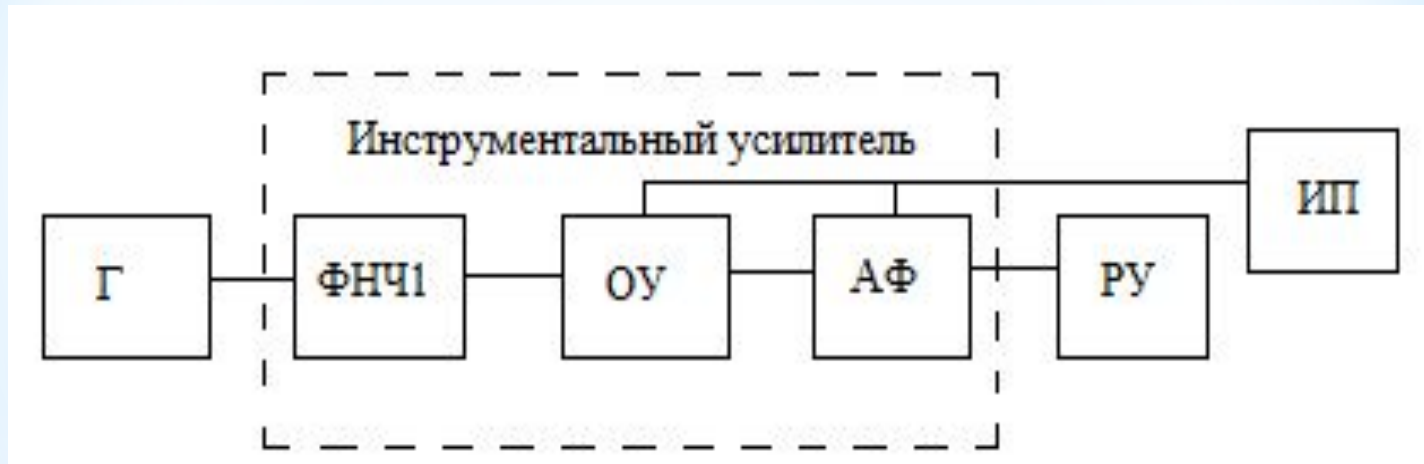
Усилитель должен быть очень чувствительным, поэтому особое внимания уделено к снижению наводок от внешних полей.



Конструкция ИУ

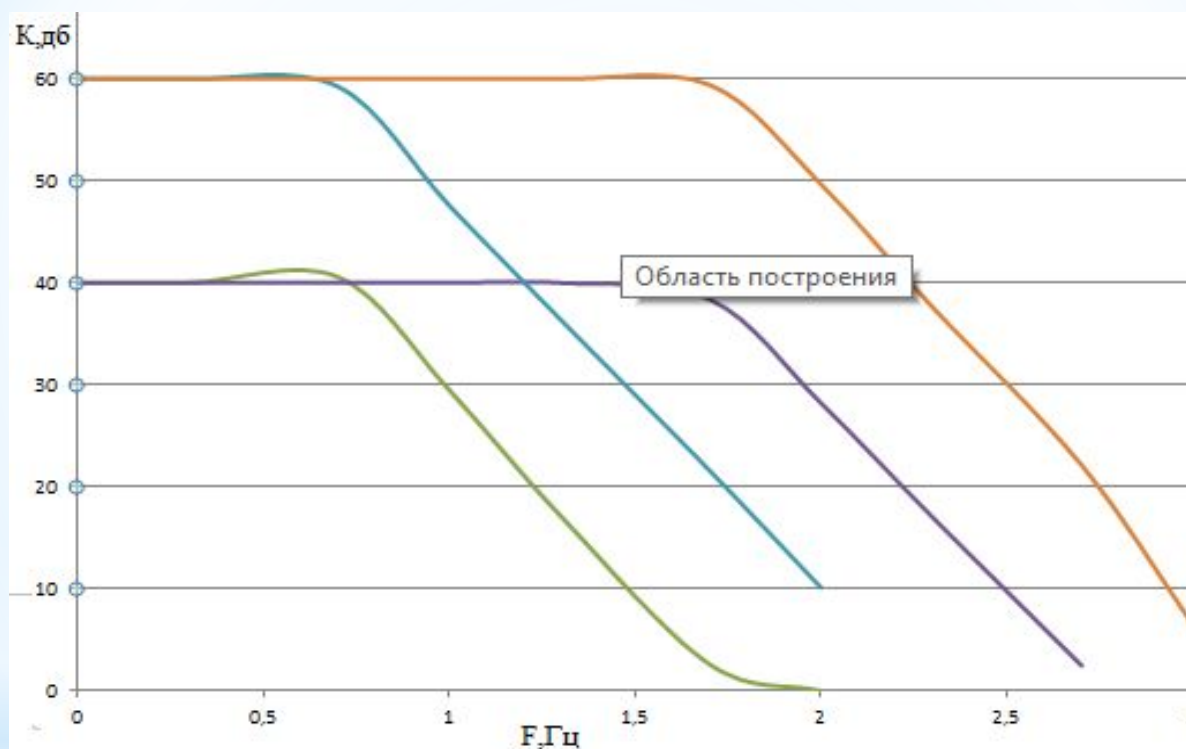
# Исследование характеристики прибора

## Структурная схема экспериментальной установки



На рисунке приняты следующие обозначение: Г-генератор; ФНЧ1-фильтр нижних частот 1-го порядка; ОУ-операционный усилитель; АФ-активный фильтр; РУ-регистрирующее устройство; ИП-источник питания.

# Результаты исследований



Логарифмические амплитудно-частотные характеристики  
усилителя

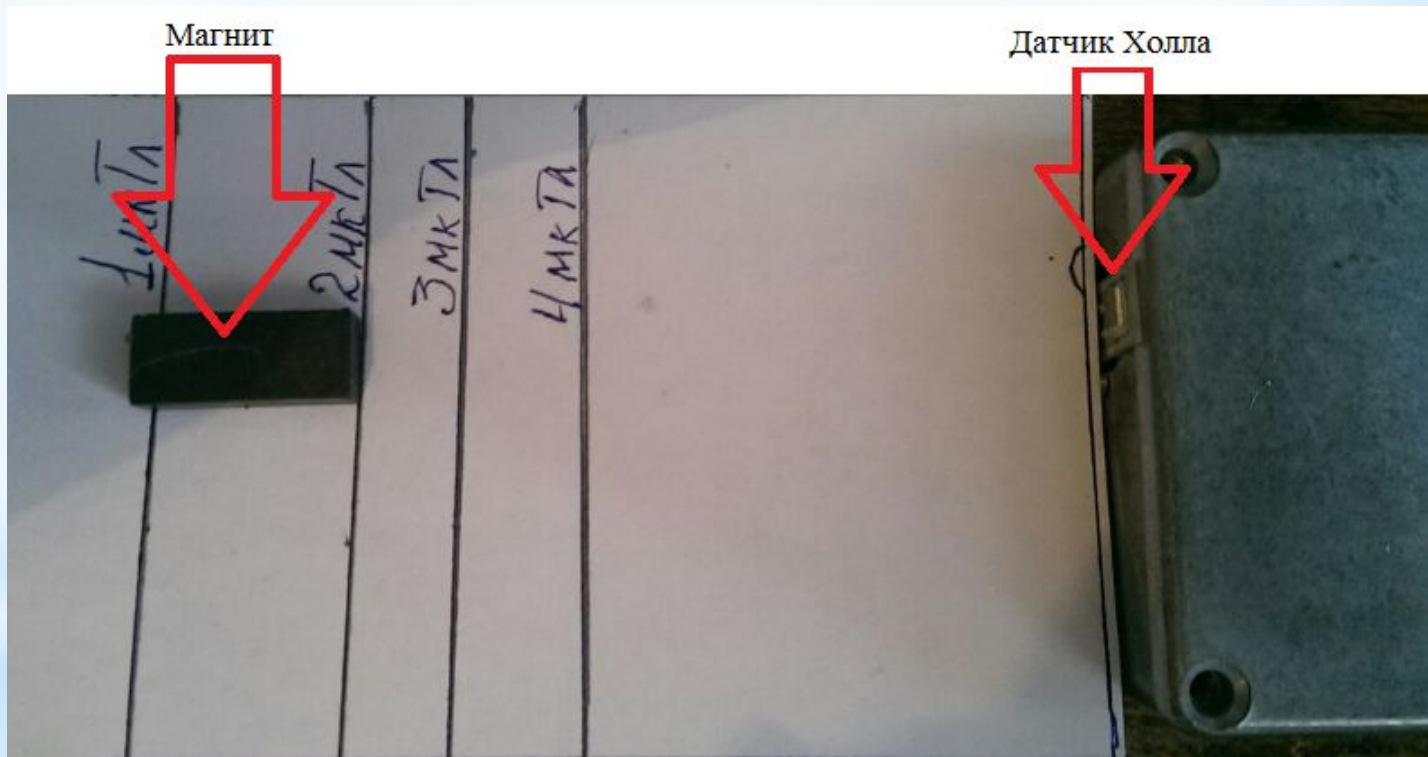
# Исследование зависимость выходного напряжения ИУ от величинный магнитного поля

Структурная схема исследование характеристик датчика  
при питании постоянным током в постоянном магнитном  
поле

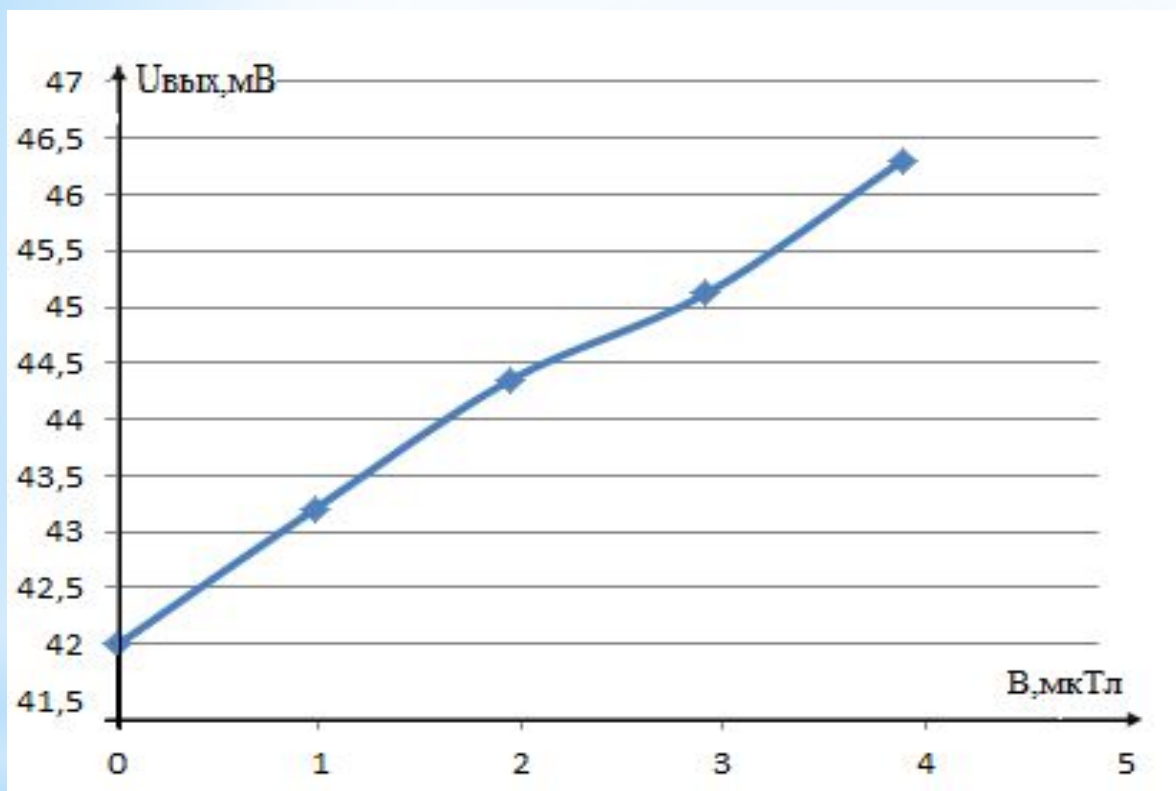


ДХ-датчик Холла;ФНЧ1-фильтр нижних частот 1-го порядка;  
ОУ- операционный усилитель; АФ-активный фильтр; РУ-  
регистрирующее устройство; ИП-источник питания; ИИП-  
импульсный источник питания.

Для проведения эксперимента использовалось перемещение магнита с экспериментально снятой зависимостью формируемого магнитного поля от расстояния до датчика Холла.



# Зависимость напряжения на выходе ИУ от магнитного поля



$$U_{\text{шум}} = 1.5 \text{ мВ}$$

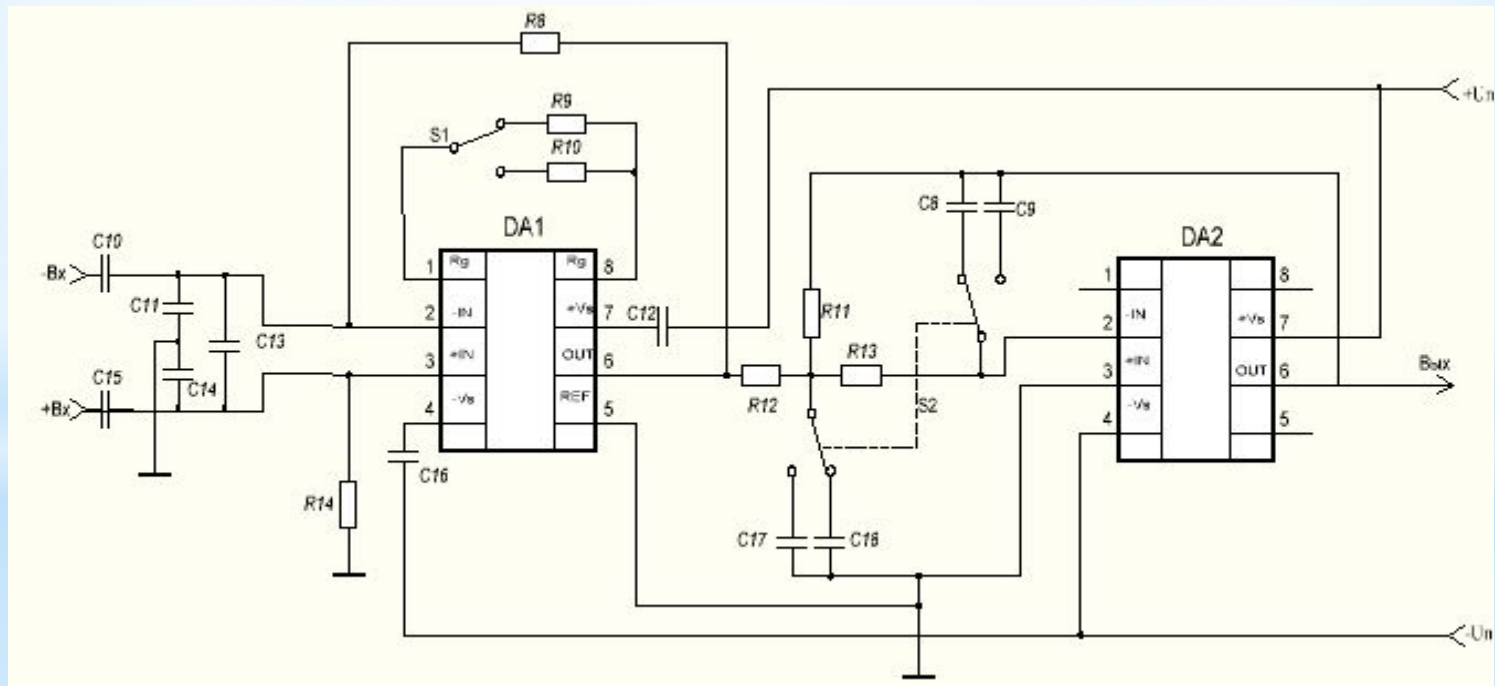
$$S_{\text{пред.}} = \frac{\Delta U}{\Delta B}$$

$$S = 1.43 \text{ мВ / мкТл.}$$

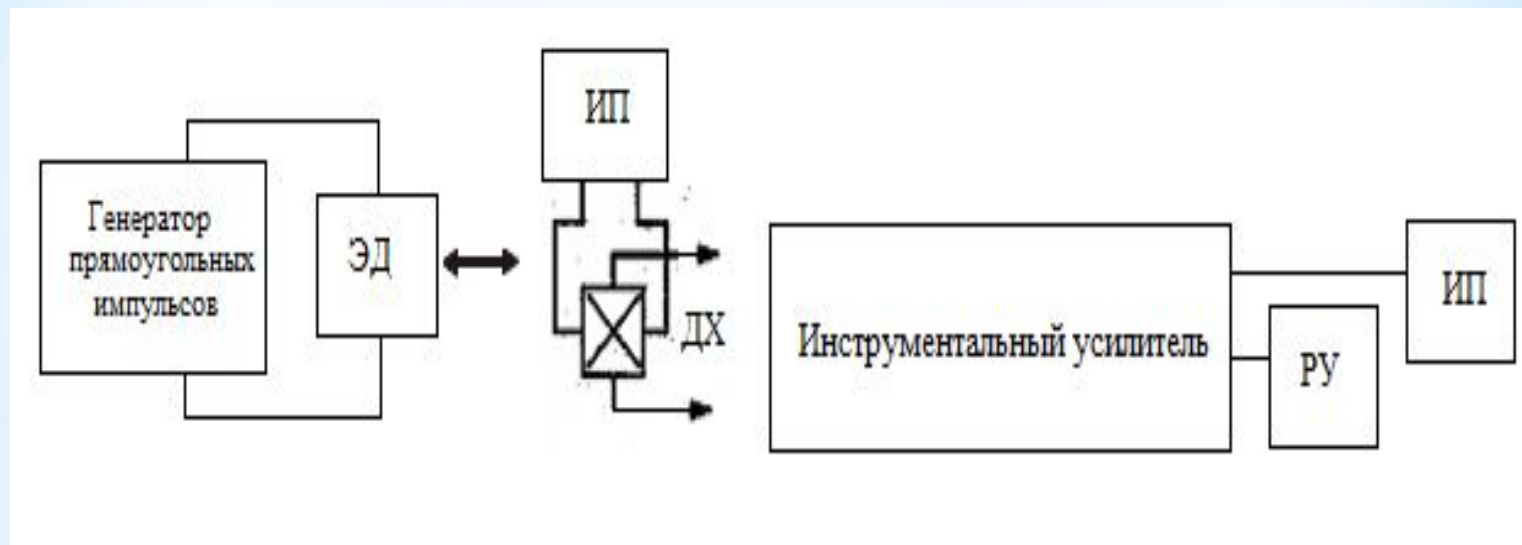
Результаты эксперимента при измерение  
постоянного магнитного поля с помощью  
ДХ

# Исследование характеристик датчика при питании постоянным током при переменном магнитном поле

Измерение переменного магнитного поля при питании датчика Холла постоянным током позволяет заменить усилитель постоянного тока на усилитель переменного тока и ввести глубокую отрицательную обратную связь по постоянному току в ОУ. Это позволяет скомпенсировать постоянное магнитное поле и температурный дрейф ОУ.

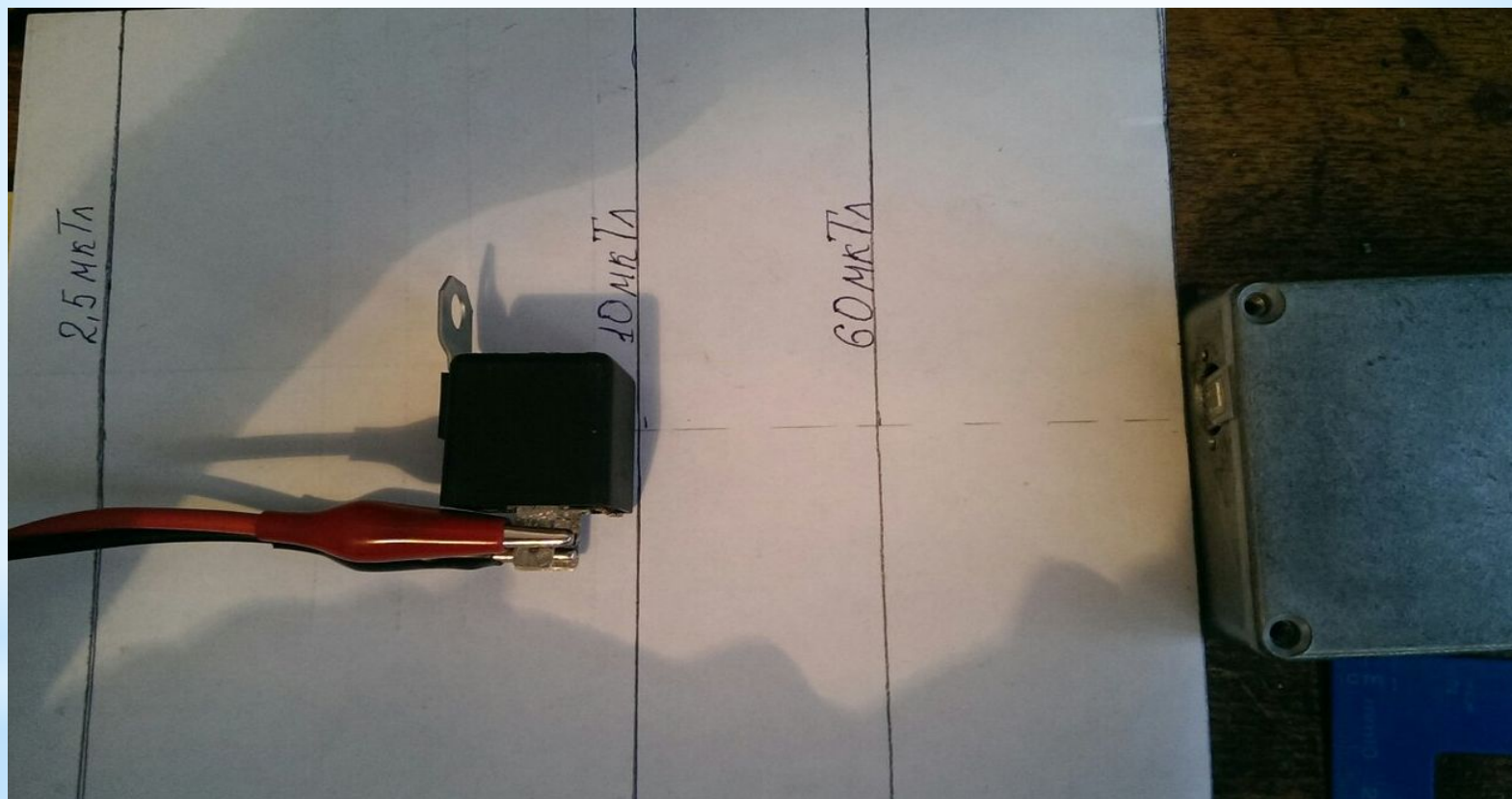


## Структурная схема экспериментальной установки

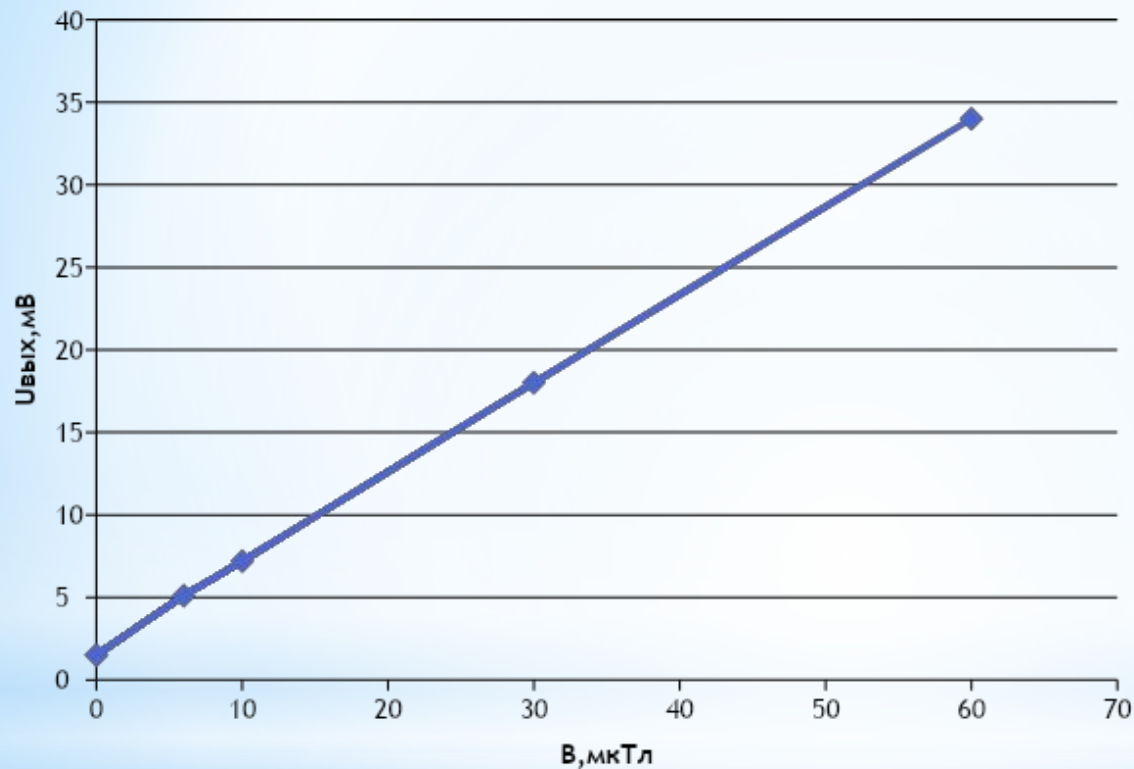


ЭД-электромагнитный датчик; ДХ- датчик Холла;  
РУ-регистрирующее устройство; ИП-источник  
питания.

## ФОТО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ



## Зависимость напряжения на выходе ИУ от магнитного поля



$$U_{\text{шм}} = 1.5 \text{ мВ}$$

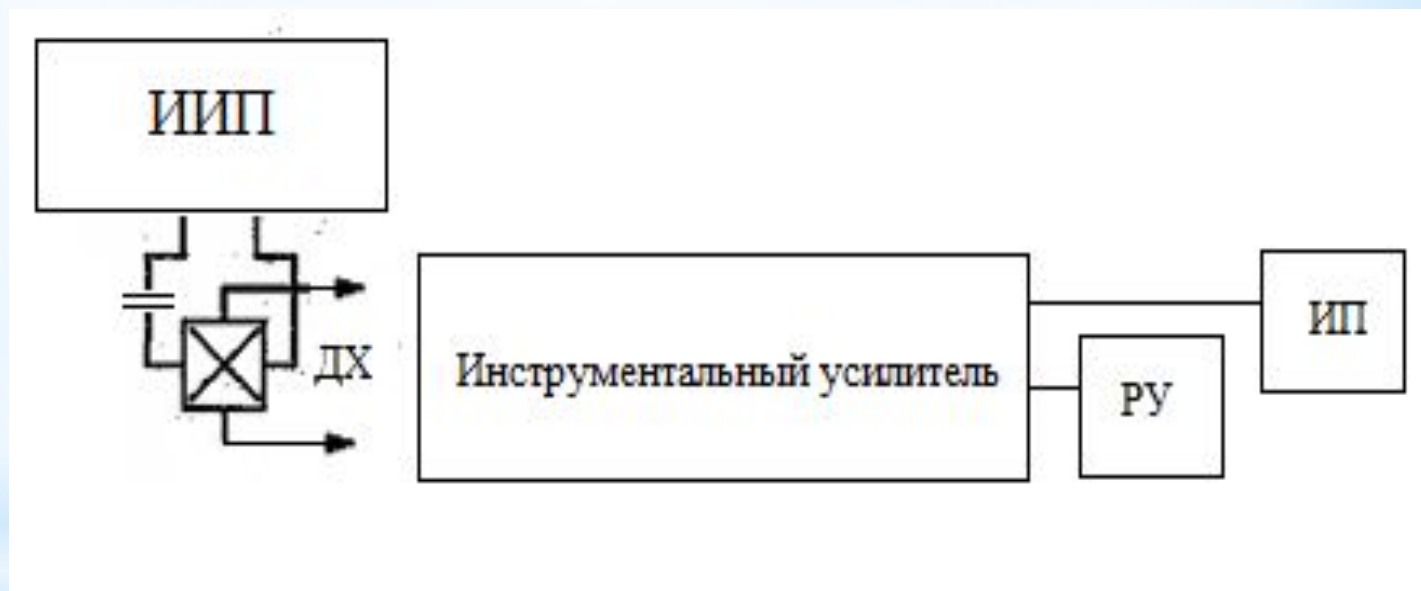
$$S = 0.53 \text{ мВ / мкТл.}$$

Результаты эксперимента при измерение  
переменного магнитного поля с помощью

ДХ

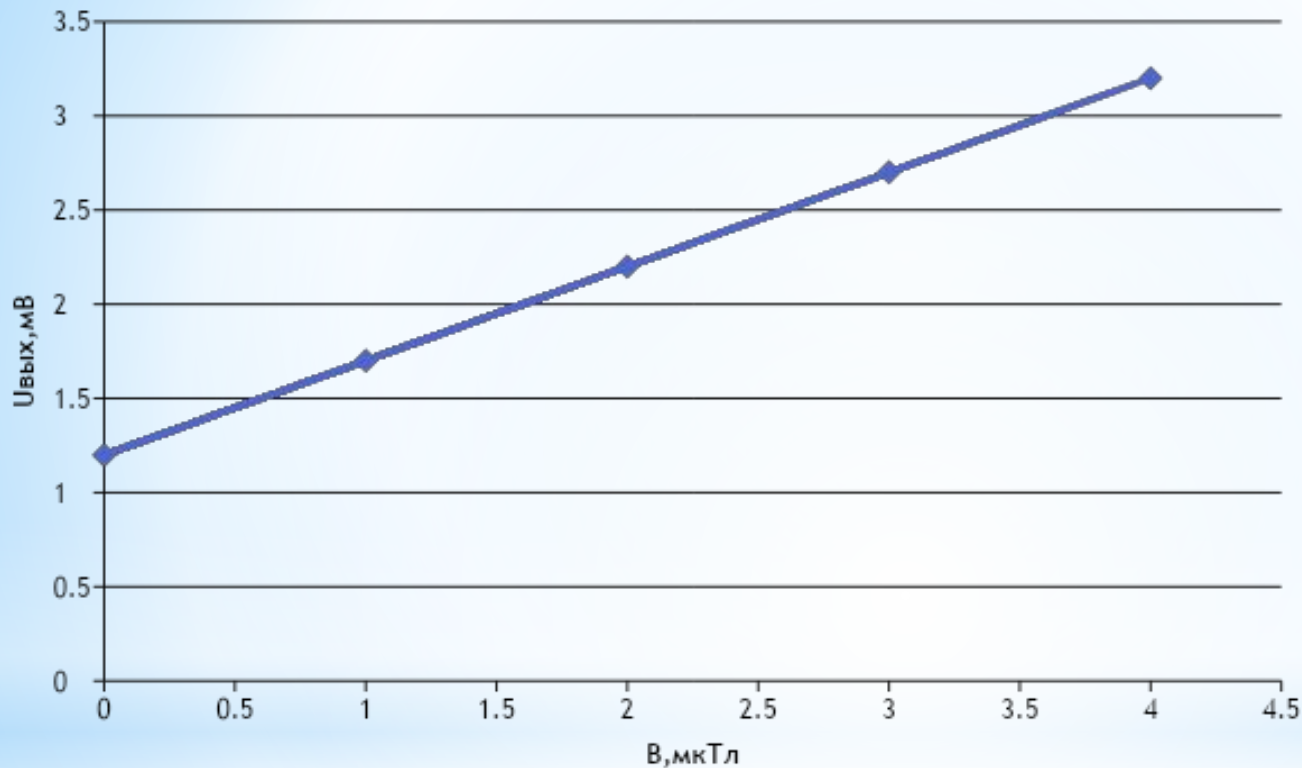
# Исследование характеристик датчика при питании переменным током постоянном магнитном поле

## Структурная схема экспериментальной установки



ДХ- датчик; РУ-регистрирующее устройство; ИП- источник питания; ИИП- импульсный источник питания.

## Зависимость напряжения на выходе ИУ от магнитного поля



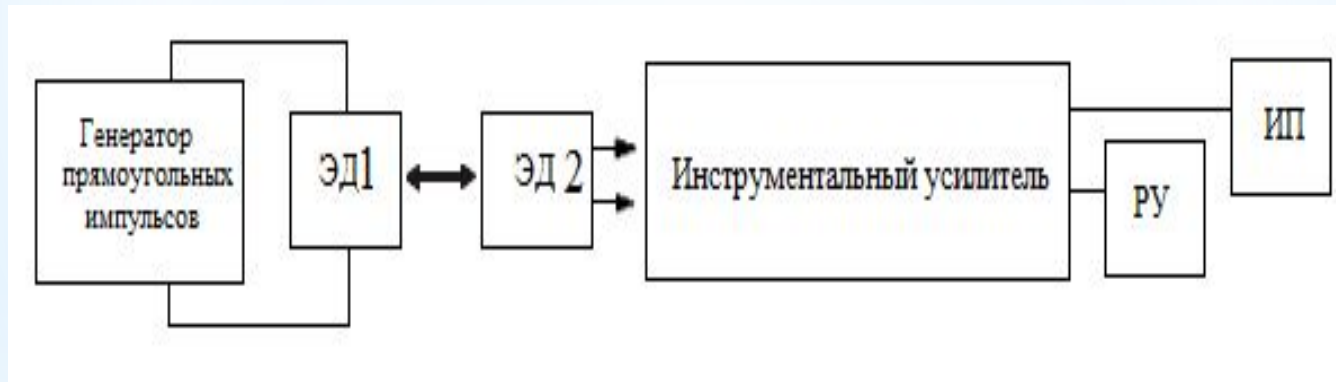
$$U_{\text{шум}} = 1,2 \text{ мВ}$$

$$S = 1,3 \text{ мВ / мкТл}$$

Результаты эксперимента при **измерение**  
постоянного магнитного поля с помощью  
ДХ

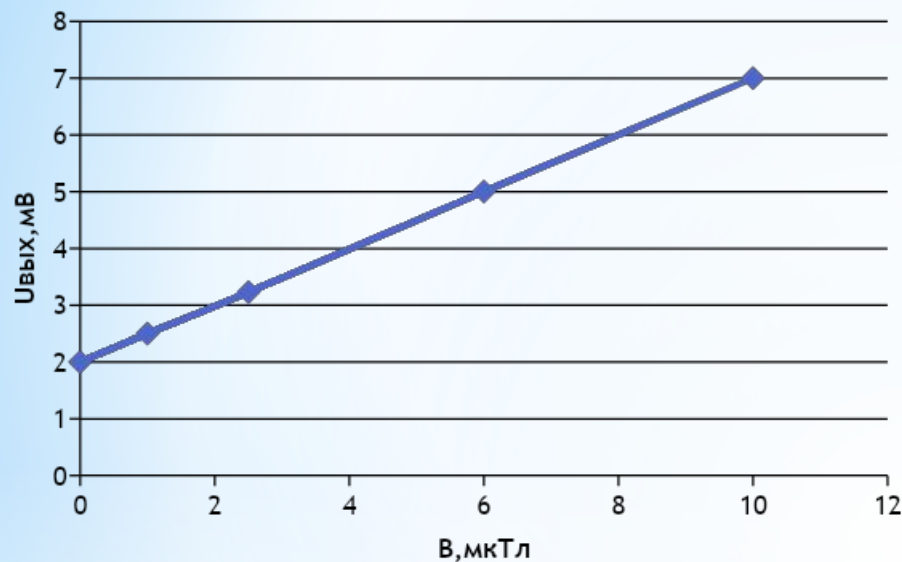
# Исследование характеристик электромагнитного датчика при переменном магнитном поле

## Структурная схема экспериментальной установки

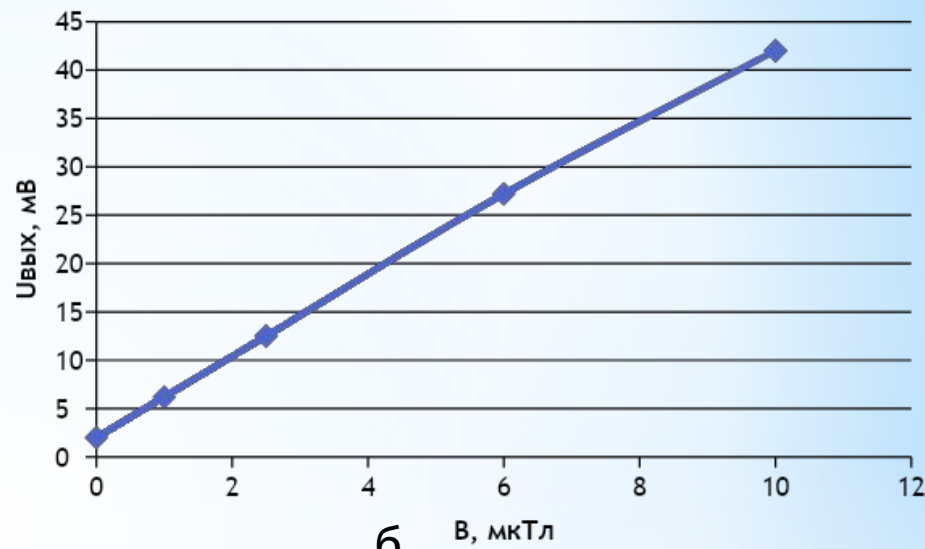


На рисунке приняты следующие обозначения: ЭД1, ЭД2 - электромагнитный датчик; РУ-регистрирующее устройство; ИП-источник питания.

# Зависимость напряжения на выходе ИУ от магнитного поля



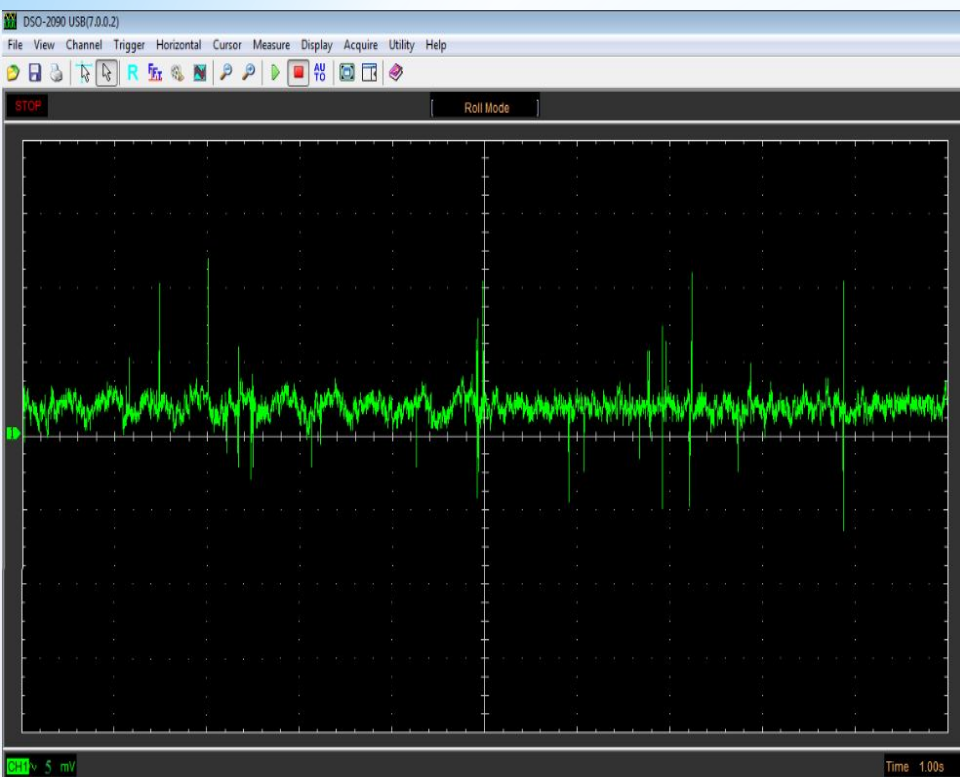
а)



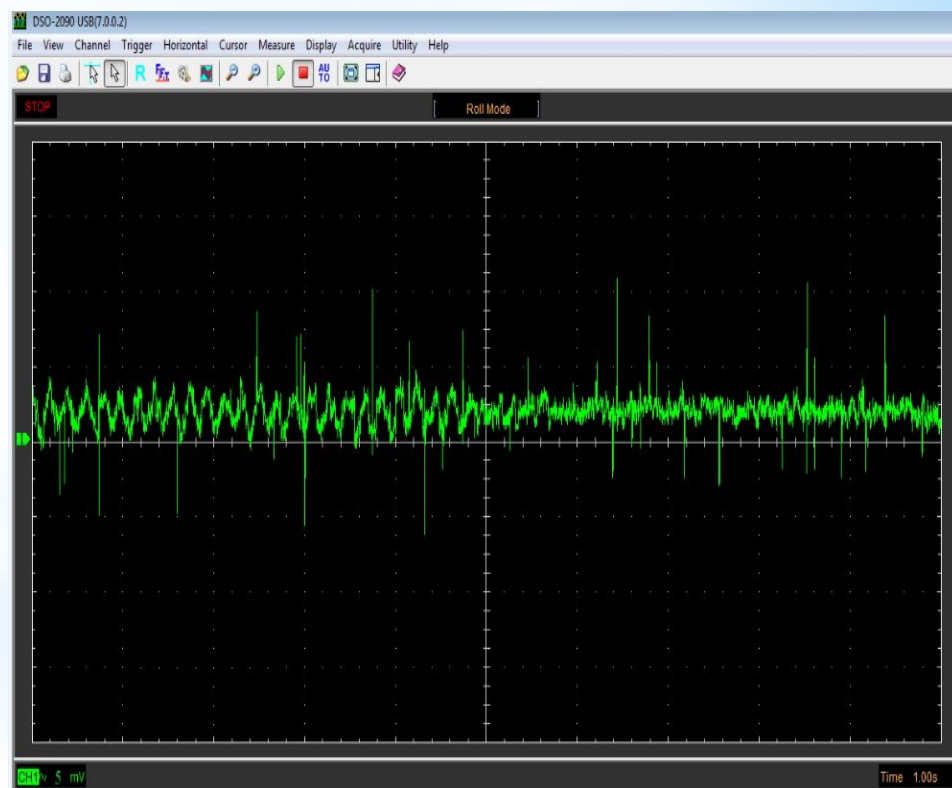
б  
)

Результаты эксперимента при измерение переменного магнитного поля с помощью электромагнитного датчика. а)-при коэффициент усиления усилителя  $K_{\text{ус}}=100$ ; б)- при коэффициент усиления усилителя  $K_{\text{ус}}=1000$ .

# Измерения порога обнаружение



Порога обнаружение магнитного поля  
 $B=1\text{ мкТл}$ , на частоте 5 Гц.



Порога обнаружение магнитного поля  
 $B=1\text{ мкТл}$ , на частоте 2 Гц.

## Сравнение параметров датчика

| Тип датчика | Питание ДХ       | Вид магнитного поля | Крутизна характеристики датчика, мВ/мкТл | Порог обнаружения магнитного поля<br>$V_{\text{порог., мкТл}}$ | Ширина шумовой дорожки на выходе ИУ<br>$U_{\text{шум, мВ}}$ |
|-------------|------------------|---------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| ДХ          | Постоянным током | Постоянное          | 1,43                                     | 1,25                                                           | 1,5                                                         |
| ДХ          | Импульсным током | Постоянное          | 1,2                                      | 1                                                              | 1,2                                                         |
| ДХ          | Постоянным током | Переменное          | 0,53                                     | 2,8                                                            | 1,5                                                         |
| ЭД          | Импульсным током | Переменное          | 4                                        | 0,5                                                            | 2                                                           |

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе диссертационных исследований решены следующие задачи:

- Произведен анализ возможных вариантов построения прибора;
- Разработан экспериментальный макет ИУ со следующими параметрами: коэффициент усиления усилителя регулируемый 100 или 1000, позволять устанавливать полосу пропусканию равной либо 5Гц либо 50Гц;
- Разработана конструкция ИУ;
- Разработана топологии печатных плат в программной среде Sprint-Layout 5.0 R;
- Рассчитаны основные характеристики, изготовлен и настроен ИУ;
- Исследованы характеристики ИУ на соответствие требованиям задания: коэффициент усиления усилителя и АЧХ активного фильтра;
- Исследованы чувствительности и предельные порога обнаружения датчика при переменных и постоянных слабых магнитных полях.

## Апробация работы

Н.Б. Сабыров, Б.И. Авдоченко. Инструментальный усилитель для исследования магнитных датчиков // Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 13–15 мая 2015 г. – Томск: В-Спектр, 2015: В 5 частях. – Ч. 1. с. 44-47.

**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!!!**