

# Проведение исследований с целью улучшения метрологических характеристик государственного первичного эталона напряжения

Выпускную квалификационную работу магистра подготовил  
студент группы: Z5M61МК

Быков Андрей Игоревич

Руководитель выпускной работы: доц., к.т.н.

Целмс Роман Николаевич

кафедра №6

Санкт-Петербург  
2018

# ❖ ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

- ❖ Цель: Улучшения МХ государственного первичного эталона напряжения
- ❖ Задачи: провести литературно аналитический обзор для исключения повторяемости выбранной темы исследования;
- ❖ анализ метрологических характеристик современных средств измерений, обеспечивающих измерение и воспроизведение постоянного напряжения;
- ❖ анализ прецизионных средств измерений и воспроизведения постоянного электрического напряжения;
- ❖ анализ предельных возможностей методов воспроизведения единицы постоянного напряжения;
- ❖ разработка блока видеоконтроля входящего в состав оборудования, необходимого для создания экспериментального образца;

# ❖ Анализ метрологических характеристик установок на эффекте Джозефсона 1 В, 10 В



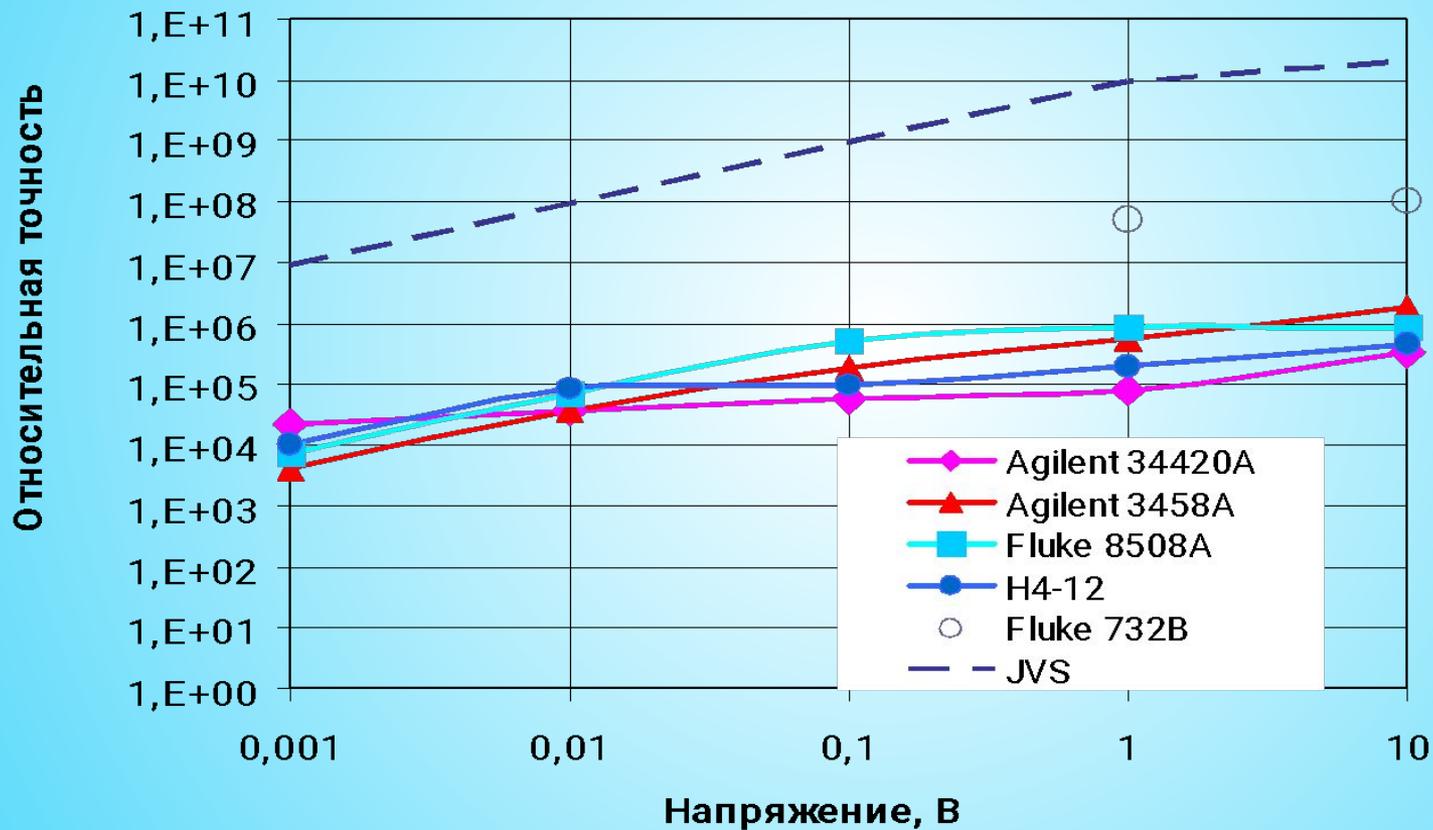
## Сличения BIPM.EM-K10.a (JVS 1 В)

НМИ		Разность, нВ	Неопределенность, нВ	Литература
<b>NIM</b>	Китай	-0,01	0,11	Metrologia, 1996, 33, 475-478
<b>VNIM</b>	Россия	0,05	0,12	EUROMET.EM.BIPM-K10.a Final Report
<b>MIKES</b>	Финляндия	-0,04	0,13	EUROMET.EM.BIPM-K10.a Final Report
...	...	...	...	...
<b>METAS</b>	Швейцария	-0,70	0,30	Metrologia, 2012, 49, Tech. Suppl., 01010

## Сличения BIPM.EM-K10.b (JVS 10 В)

НМИ		Разность, нВ	Неопределенность, нВ	Литература
<b>PTB</b>	Германия	-0,3	0,5	IEEE Trans. Instrum. Meas., 1999, 48, 257-261
<b>CENAM</b>	Мексика	-0,6	0,7	Metrologia, 2012, 49, Tech. Suppl., 01011
...	...	...	...	...
<b>VNIM</b>	Россия	-0,1	2,0	Measurement Techniques, 2012, 54, 11, pp 1313-1318
<b>EIM</b>	Греция	-0,6	2,0	Metrologia, 2010, 47, Tech. Suppl., 01009
<b>NPL</b>	Англия	-1,5	2,2	Rapport BIPM-05/02, BIPM Publications, 2005

# ❖ Анализ серийных прецизионных средств измерений и воспроизведения постоянного электрического напряжения



# ❖ Основные компоненты установки



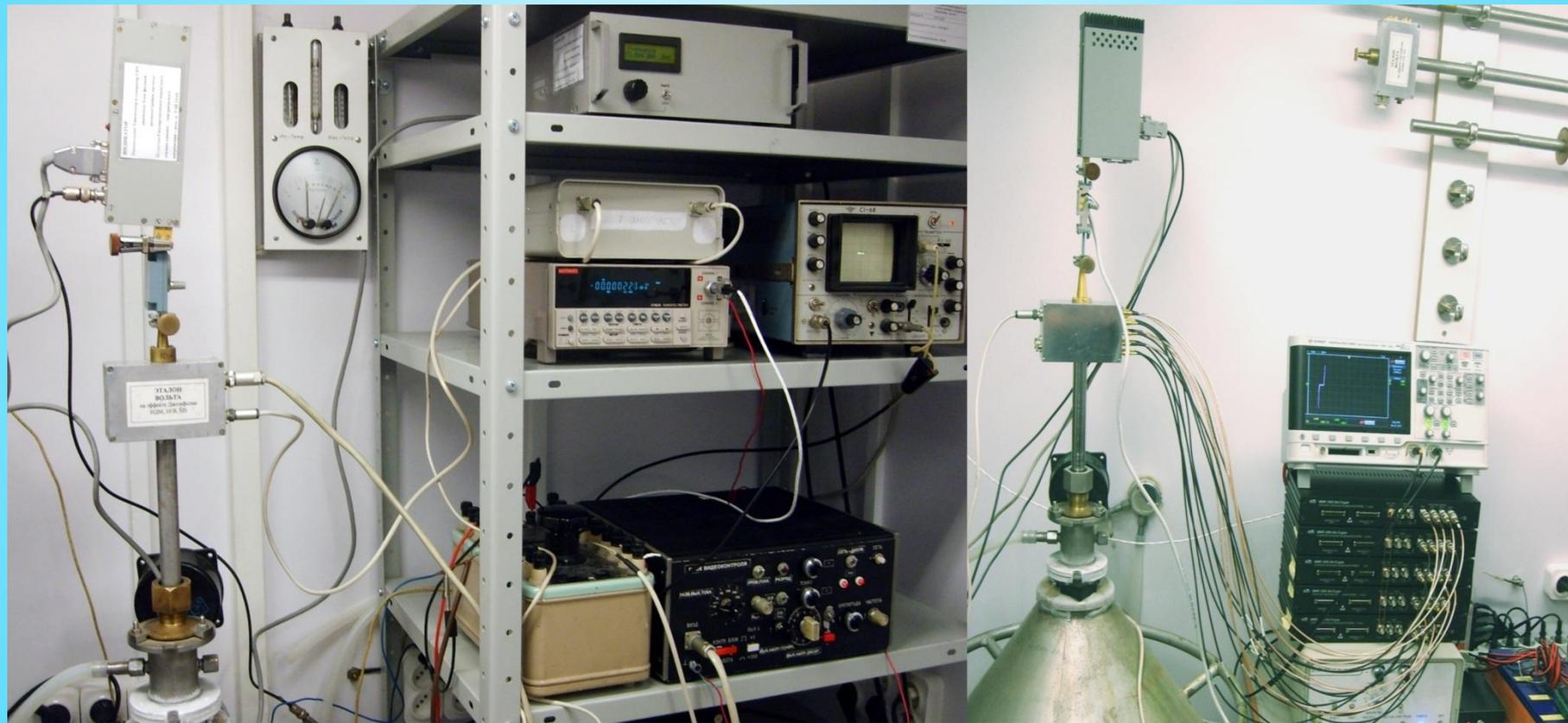
❖ блока видео-контроля



❖ блок смещения для формирования сигналов управления джозефсоновской микросхемой



❖ Зонд (криогенный) для обеспечения рабочих условий работы джозефсоновской микросхемы



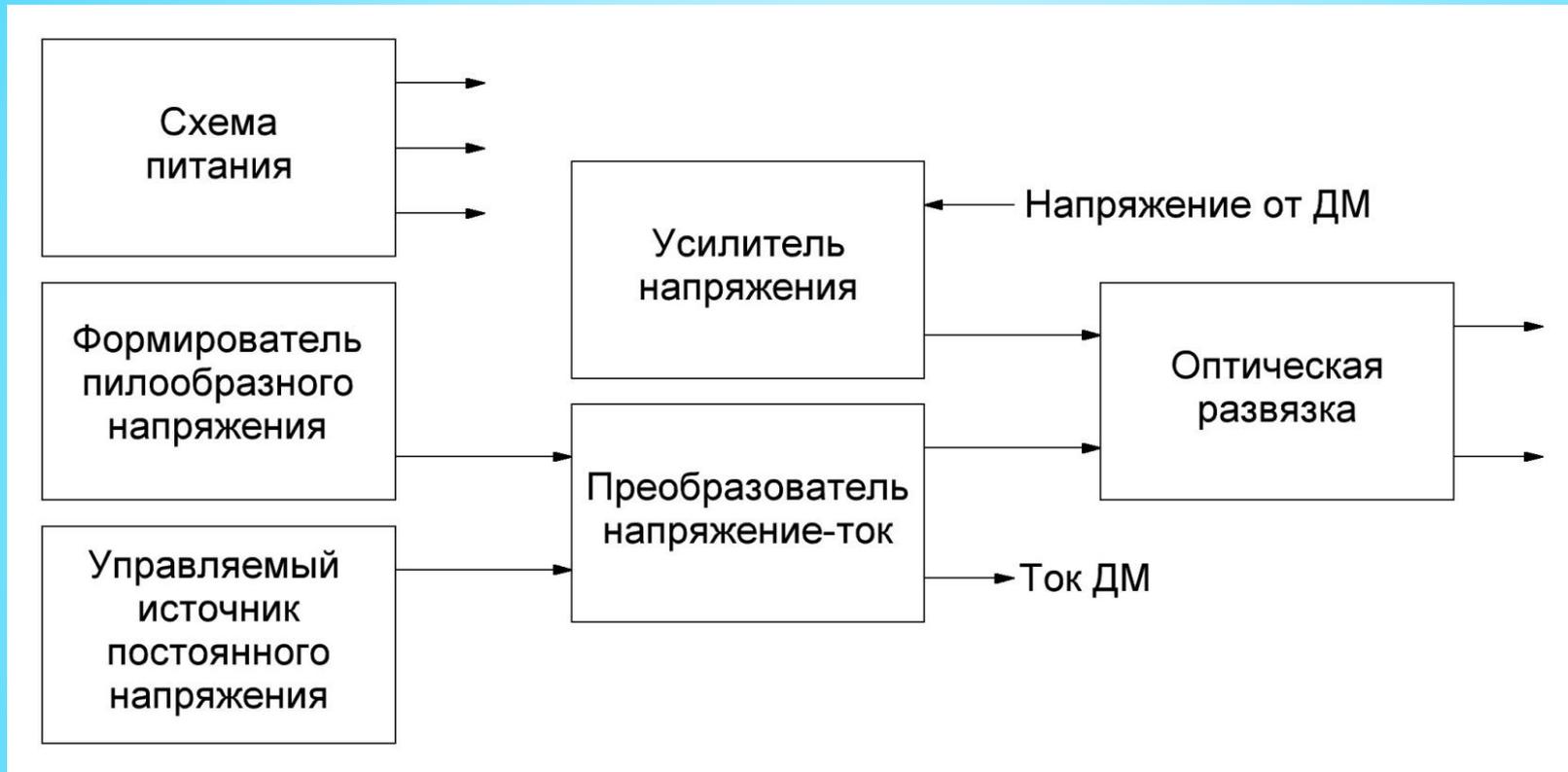
# ❖ Состав аппаратуры необходимой для создания экспериментального образца



Состав аппаратуры, необходимый для создания экспериментального эталона образца включает:

- ❖ зонд криогенный, осуществляющий преобразование частоты в постоянное напряжение с использованием программируемой джозефсоновской микросхемы;
- ❖ блок смещения, для управления напряжениями джозефсоновской микросхемы;
- ❖ генератор СВЧ, формирующий колебания для облучения джозефсоновской микросхемы;
- ❖ **блок видеоконтроля, осуществляющий формирование сигналов для исследования параметров джозефсоновской микросхемы;**
- ❖ нановольтметр, предназначенный для сравнения воспроизводимого напряжения с эталоном;
- ❖ осциллограф, осуществляющий визуальную регистрацию параметров микросхемы.

# ❖ Структурная схема блока видеоконтроля



# ❖ Блок видеоконтроля состоит из следующих элементов:



- ❖ схема питания, включающую аккумуляторы и зарядные устройства, предназначенные для обеспечения работы элементов блока;
- ❖ схема формирования пилообразного напряжения, для реализации визуального контроля с помощью осциллографа;
- ❖ схема источника постоянного напряжения, обеспечивающего контроль исследуемого участка ВАХ микросхемы;
- ❖ схема преобразования напряжение-ток, обеспечивающую задание тока через микросхему требуемого уровня;
- ❖ усилитель напряжения, обеспечивающий съём информации с выхода микросхемы;
- ❖ оптоэлектронные усилители, предназначенные для ослабления помех при передаче измеряемых сигналов на осциллограф.

# ВЫВОДЫ



В результате теоретических и экспериментальных исследований проведен анализ и разработаны требования к аппаратуре, необходимой для создания экспериментального образца.

Разработаны электрические схемы макетов отдельных узлов для проведения экспериментальных исследований методов воспроизведения единицы постоянного напряжения, включающие криогенный зонд, блок смещения, **блок видеоконтроля**.

Разработана схема построения блока видеоконтроля для программируемой джозефсоновской микросхемы, обеспечивающая контроль параметров в диапазоне напряжений от 100 мкВ до 12 В и токов от 10 мкА до 10 мА.

## ❖ Список научных трудов и участие в научно-исследовательских работах, и научно-технических конференциях



- ❖ А.С. Катков, В.Э. Ловцюс, А.И. Быков, В.И. Шевцов, Г.В. Новодережкин. Воспроизведение вольты во ВНИИМ на основе СИС и СНС переходов Джозефсона. // Измерительная техника, № 6, 2017, С. 45-48.
- ❖ НИОКР «Разработка эталонной установки для измерения силы постоянного электрического тока в диапазоне  $10^{-10}$  – 30 А в целях совершенствования Государственного первичного эталона единицы силы постоянного электрического тока ГЭТ 4-91»
- ❖ Модернизация Государственного эталона напряженности электростатического поля в диапазоне  $\pm 200$  кВ/м и электростатического потенциала заряженной поверхности в диапазоне  $\pm 30$  кВ.
- ❖ НИР «Проведение исследований с целью улучшения метрологических характеристик государственного первичного эталона постоянного напряжения путем расширения диапазона воспроизводимых напряжений на основе программируемых микросхем на эффекте Джозефсона», шифр: НИР «Вольт»
- ❖ Воспроизведение вольты во ВНИИМ на основе программируемой джозефсоновской микросхемы / А.С. Катков, А.И. Быков, В.Э. Ловцюс, Г.В. Новодережкин, В.И. Шевцов. // Сборник трудов 72-й Научно-технической конференции, посвященной Дню радио. Санкт – Петербург. – 2017. – С . 589 – 593.