

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель генерального  
директора

АО «НИПО имени М.В. Фрунзе»



С.Ю. Белозеров

22 января 2018 г.

## МЕРА НАПРЯЖЕНИЯ

Н4-21

Руководство по эксплуатации

Лист утверждения

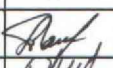
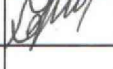


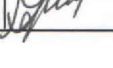
ЯНТИ.411631.004РЭ-ЛУ

Инд. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

## Содержание

1	Нормативные ссылки .....	5
2	Требования безопасности .....	6
3	Описание меры напряжения и принципов её работы.....	6
3.1	Назначение .....	6
3.2	Состав меры напряжения .....	7
3.3	Технические характеристики .....	8
3.4	Устройство и работа меры напряжения.....	8
3.5	Описание и работа составных частей меры напряжения .....	10
4	Подготовка меры напряжения к работе.....	18
4.1	Эксплуатационные ограничения .....	18
4.2	Распаковывание и повторное упаковывание .....	18
4.3	Порядок установки .....	18
4.4	Подготовка к работе .....	21
5	Порядок работы .....	21
5.1	Меры безопасности при работе с мерой напряжения.....	21
5.2	Порядок работы с мерой напряжения .....	21
5.3	Передача единицы напряжения .....	30
5.4	Работа меры напряжения в режиме хранения единицы напряжения.....	35
5.5	Выключение меры напряжения .....	35
6	Поверка меры напряжения .....	37
6.1	Общие сведения .....	38
6.2	Операции и средства поверки.....	38
6.3	Организация рабочего места .....	39
6.4	Требования безопасности .....	39
6.5	Условия поверки .....	40
6.6	Подготовка к поверке .....	40

Изн. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	
Изн. № полл.			

ЯНТИ.411631.004РЭ				
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Разраб.		Пашковский		22.01.18
Пров.		Хоршев		22.01.18
Н. контр.				22.01.18
Утв.		Хоршев		22.01.18
Мера напряжения Н4-21 Руководство по эксплуатации				
		Лит.	Лист	Листов
		0 01	2	51

6.7 Проведение поверки .....	40
6.8 Оформление результатов поверки .....	49
7 Хранение .....	49
8 Транспортирование .....	49
9 Маркирование и пломбирование .....	50

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						3
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Настоящее руководство по эксплуатации предназначено для обеспечения правильной и безопасной эксплуатации меры напряжения Н4-21 ЯНТИ.411631.004 (далее мера Н4-21) и содержит сведения об её технических характеристиках, устройстве, принципе действия, порядке и правилах работы, хранении и транспортировании и устанавливает порядок и методику поверки.

В состав эксплуатационной документации входят руководство по эксплуатации ЯНТИ.411631.004РЭ и формуляр ЯНТИ.411631.004ФО.

Уровень подготовки обслуживающего персонала – не ниже среднего специального.

Внешний вид меры Н4-21 показан на рисунке 1.

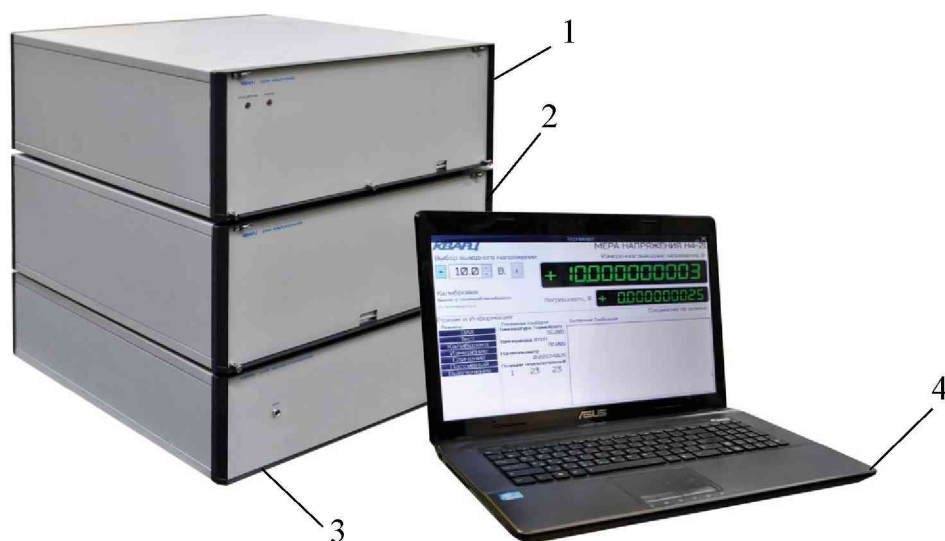


Рисунок 1 – Внешний вид меры Н4-21

- 1 – блок криогенный (БК);
- 2 – блок измерительный (БИ);
- 3 – блок питания и управления (БПиУ);
- 4 – ноутбук

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						4





## 2 Требования безопасности

2.1 По требованиям безопасности мера Н4-21 соответствует ГОСТ 12.2.091, категория измерений 1, степень загрязнения 2.

2.2 Перед началом работы с мерой Н4-21 необходимо изучить руководство по эксплуатации.

2.3 При использовании меры Н4-21 совместно с другими приборами необходимо заземлять все приборы. Следует проверить надежность защитного заземления. Заземление производить раньше других присоединений, отсоединение заземления – после всех отсоединений.

2.4 В блоке криогенном имеется источник напряжения постоянного тока 3 кВ, максимальный рабочий ток которого, в том числе и ток короткого замыкания, не превышает 5 мА. Вскрывать и ремонтировать блок криогенный имеет право обученный персонал с соответствующим допуском по электробезопасности.

## 3 Описание меры напряжения и принципов её работы

### 3.1 Назначение

3.1.1 Мера Н4-21 предназначена для воспроизведения, хранения и передачи единицы постоянного электрического напряжения другим средствам измерений.

3.1.2 Мера Н4-21 удовлетворяет требованиям ГОСТ 22261 и относится к группе 1 с пределом рабочих температур от плюс 20 до плюс 24 °С и предельными температурами при транспортировании минус 25 °С и плюс 55 °С.

3.1.3 Основные области применения:

- передача единицы постоянного электрического напряжения средствам измерений;
- поверка рабочих эталонов постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы;

- калибровка и проверка линейности вольтметров.

3.1.4 Нормальные и рабочие условия применения

- температура окружающего воздуха, °С..... 20-24;
- относительная влажность окружающего воздуха, % ..... 55±25;
- атмосферное давление, кПа ..... 100±6;
- изменение температуры окружающего воздуха, °С/ч, не более..... 1,0.

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взм. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						6

### 3.2 Состав меры напряжения

3.2.1 Состав комплекта поставки меры Н4-21 приведен в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Наименование, тип	Обозначение	Количество на комплект
1 Блок питания и управления (БПиУ)*	ЯНТИ.436234.077	1
2 Блок измерительный (БИ)	ЯНТИ.411133.001	1
3 Блок криогенный (БК)	ЯНТИ.411631.005	1
4 Ноутбук ASUS Intel Core i5-5200U CPU 2,2GHz ОЗУ-6,0GB HDD-1TB DVD±RW с установленным системным и прикладным программным обеспечением**		1
5 Комплект кабелей: а) кабель сетевой 230 В; б) кабель SMA-SMA-RG58-1,8 м; в) кабель DB15M-DB15F-1,8 м; г) кабель DB25F-DB25F-1,8 м; д) кабель DB37M-DB37F-1,8 м; е) кабель DB25M-DB25M-1,8 м; ж) кабель USB A-B		1 2 1 1 1 1 1
6 Эксплуатационная документация:		1
а) Руководство по эксплуатации с методикой поверки	ЯНТИ.411631.004РЭ	1
б) Формуляр	ЯНТИ.411631.004ФО	1

\*) – по заявке Заказчика допускается поставка меры Н4-21 с БПиУ без рубидиевого стандарта частоты FE5680A.

\*\*) - в упаковке поставщика ноутбука.

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

Изн.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ЯНТИ.411631.004РЭ	Лист
						7

### 3.3 Технические характеристики

3.3.1 Номинальные значения воспроизводимого постоянного электрического напряжения от минус 10 до плюс 10 В.

3.3.2 Шаг изменения номинальных значений воспроизводимого напряжения 0,1 В.

3.3.3 Для сличения с термостатированными насыщенными нормальными элементами и рабочими эталонами, имеющими выходное напряжение 1,018 В, предусмотрено воспроизведение постоянного электрического напряжения номинальным значением минус 1,025 В и плюс 1,025 В.

3.3.4 Выходное сопротивление не более 500 Ом.

3.3.5 Относительное значение среднеквадратического отклонения воспроизводимого напряжения не более  $5 \cdot 10^{-8}$ .

3.3.6 Относительная нестабильность воспроизводимого напряжения за интервал между поверками не более  $2 \cdot 10^{-7}$ .

3.3.7 Время установления рабочего режима после включения 12 ч.

3.3.8 Время непрерывной работы не менее 1 года в рабочих условиях применения при сохранении технических характеристик.

3.3.9 Питание меры Н4-21 осуществляется от сети переменного тока напряжением  $(230 \pm 23)$  В частотой  $(50 \pm 0,5)$  Гц. Потребляемая мощность:

- в режиме калибровки не более 220 В·А;
- в режиме измерения не более 66 В·А.

3.3.10 Габаритные размеры и масса составных частей меры Н4-21 без упаковки приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Наименование составной части	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
1 Блок питания и управления	450x500x140	23
2 Блок измерительный	450x500x185	22
3 Блок криогенный	450x500x185	22
4 Ноутбук	415x265x30	3,7

### 3.4 Устройство и работа меры напряжения

3.4.1 Мера напряжения Н4-21 представляет собой меру напряжения на стабилитронах совмещённую в единую конструкцию с мерой напряжения на эффекте Джозефсона, воспро-

Ив. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата
-------------	----------------	--------------	-------------	----------------

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		8

изводящей квантовое напряжение. Необходимое выходное напряжение меры формируется прецизионными делителями напряжения (ДН), подключёнными к источникам опорного напряжения на стабилитронах. Достоверность выходного напряжения обеспечивается калибровкой делителей напряжения относительно квантового джозефсоновского напряжения.

3.4.2 Структурная схема меры Н4-21 приведена на рисунке 2.

На структурной схеме показаны составные части меры Н4-21 с входящими в них узлами, соединёнными функциональными связями.

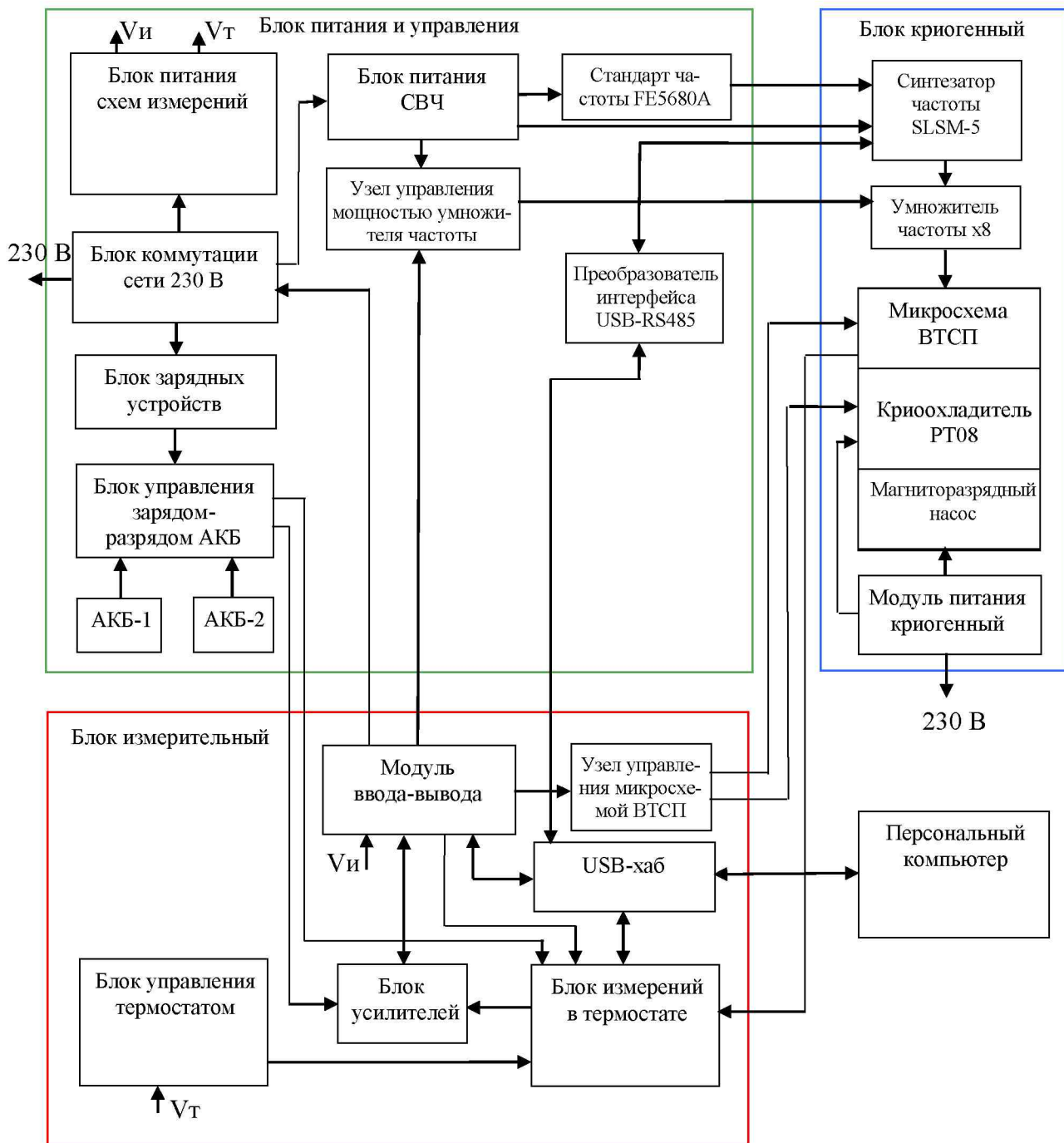


Рисунок 2 – Структурная схема меры Н4-21

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ЯНТИ.411631.004РЭ

### 3.5 Описание и работа составных частей меры напряжения

3.5.1 Блок питания и управления обеспечивает бесперебойное питание меры Н4-21 и автоматическое управление режимами в соответствии с программой управления от персонального компьютера. Внешнее питание блок получает от сети общего назначения 230 В 50 Гц, внутреннее питание от встроенных групп аккумуляторных батарей. Для питания высокочувствительных прецизионных схем используются литий-ионные аккумуляторные батареи, обозначенные на структурной схеме как АКБ-1 и АКБ-2. Батареи заряжаются поочередно по расписанию, заложенному в программу управления, и подключаются к схемам измерений с помощью реле методом «горячей замены». Коммутацию аккумуляторных батарей выполняет блок управления зарядом-разрядом АКБ. Зарядку осуществляет блок зарядных устройств.

Блок коммутации сети 230 В выполняет подключение напряжения 230 В к схемам питания по командам программы управления мерой Н4-21. Блок питания СВЧ обеспечивает питанием рубидиевый стандарт частоты, размещенный в блоке питания и управления, а также синтезатор частоты, размещенный в блоке криогенном. Узел управления выходной мощностью умножителя частоты позволяет изменять мощность излучения СВЧ. Рубидиевый стандарт частоты выдает высокостабильный опорный сигнал 10 МГц для синхронизации выходного сигнала синтезатора частоты.

Преобразователь интерфейса USB-RS485 обеспечивает согласование порта управления синтезатора частоты с выходом персонального компьютера.

3.5.2 Блок криогенный предназначен для создания и поддержания температурного режима (65-77) К для микросхемы из высокотемпературных сверхпроводников (микросхема ВТСП), обеспечения её электрических режимов, настройки параметров облучения СВЧ и вывода квантового напряжения в блок измерительный. Блок криогенный питается от сети 230 В 50 Гц. Входящий в состав блока криогенного модуль питания криогенный обеспечивает питанием криоохладитель, магниторазрядный насос и вентиляторы охлаждения. В модуле питания криогенном размещен задающий синтезатор частоты, на вход которого подается опорный сигнал 10 МГц от рубидиевого стандарта частоты.

Электромеханический криоохладитель замкнутого цикла РТ08 (рисунок 3) состоит из компрессора (1) и криоохладителя (2).

Ив. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						10
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

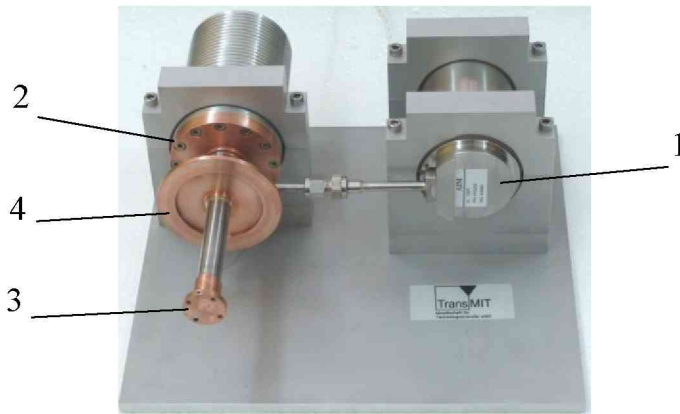


Рисунок 3 - Электромеханический криоохладитель замкнутого цикла.

1- компрессор, 2- криоохладитель, 3- охлаждаемая головка, 4- фланец KF50

Компрессор питается переменным напряжением (10 – 14) В, ток потребления до 8 А. В результате работы компрессора в криоохладителе пульсирует под высоким давлением газообразный гелий и на охлаждаемой головке (3) создается рабочая температура (65-75) К. На охлаждаемой головке крепится держатель с микросхемой ВТСП. Для контроля температуры микросхемы ВТСП в держателе установлен терморезистор РТ100.

Для нормальной работы криоохладителя охлаждаемая головка с держателем микросхемы ВТСП помещается в вакуум. Помещение микросхемы ВТСП в вакуум обеспечивает ее долговременную стабильность. Такой режим обеспечивает герметичный адаптер криогенный (1 рисунок 4), который крепится к фланцу KF50 (4 рисунок 3) криоохладителя.

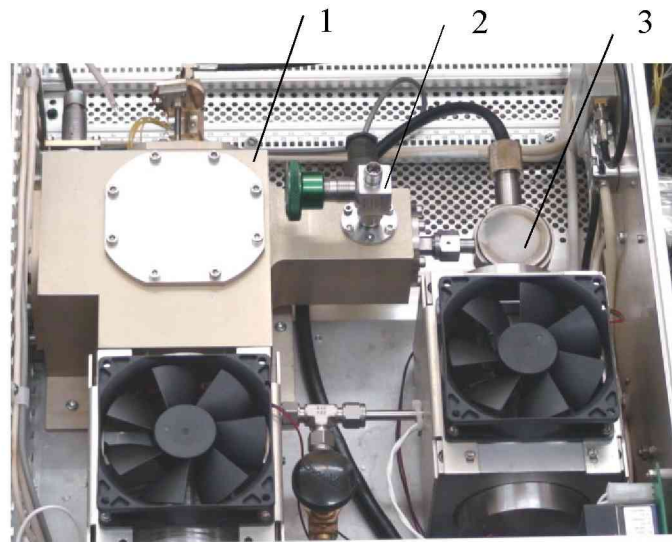


Рисунок 4 – Блок криогенный со снятой верхней крышкой.

1- адаптер криогенный, 2- вентиль со штуцером , 3- магниторазрядный насос.

Ив. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ЯНТИ.411631.004РЭ

Лист

11



Предварительная откачка воздуха из адаптера осуществляется через штуцер вентиля 2 (рисунок 4) с помощью внешнего откачного поста. Текущее поддержание вакуума происходит за счёт магниторазрядного насоса 3 (рисунок 4), соединённого с адаптером 1. Магниторазрядный насос питается от источника постоянного напряжения 3 кВ, размещённого в модуле питания криогенном. Режим работы магниторазрядного насоса непрерывный круглосуточный.

На корпусе адаптера криогенного закреплены герметичные разъёмы для подачи токов смещения микросхемы ВТСП и измерения температуры. Для передачи квантового напряжения от микросхемы ВТСП к блоку измерительному используется герметичный кабельный вывод с неразрывными проводами, помещёнными в электрический экран и в теплоизоляцию. Такая конструкция обеспечивает стабильность термо-ЭДС за время измерений. Для обеспечения оптимального режима СВЧ-облучения микросхемы ВТСП в адаптере криогенном имеется юстировочное устройство с возможностью регулировки поляризации электрического поля СВЧ сигнала относительно микросхемы ВТСП, а также изменения расстояния от волновода до микросхемы. Для этого к механизму юстировки крепится умножитель частоты  $\times 8$ , соединённый своим выходным фланцем типа WR12 с рупорным переходом со стандартного волновода на круглый волновод. Раструб рупора волновода направлен на микросхему ВТСП.

3.5.3 Блок измерительный состоит из блока измерений в термостате, блока управления термостатом, блока усилителей, модуля ввода-вывода и контроллера USB.

На рисунке 5 показана блок-схема блока измерений в термостате.

Инов. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						12
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

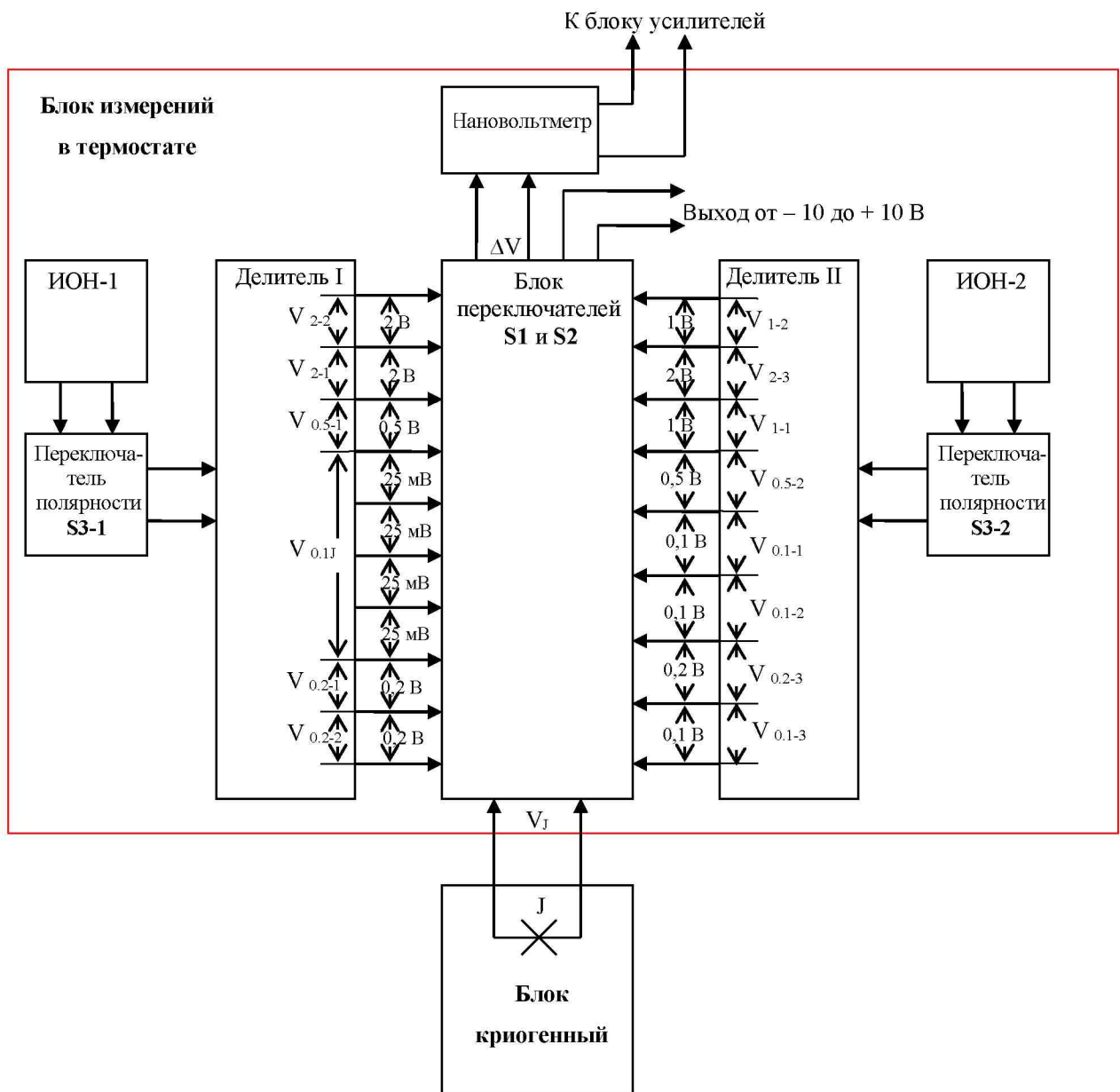


Рисунок 5 - Блок-схема блока измерений в термостате

ИОН – источник опорного напряжения на стабилитронах, J – микросхема ВТСП,

$V_J$  - квантовое напряжение микросхемы ВТСП,  $\Delta V$  – измеряемая разность напряжений

Источники опорного напряжения ИОН-1 и ИОН-2 выполнены на прецизионных микросхемах со стабилитронами с выходным напряжением 5 В. Эти напряжения через прецизионные переключатели полярности  $S_{3-1}$  и  $S_{3-2}$  подаются на делители из прецизионных резисторов (Делитель I и Делитель II). Делители имеют отводы напряжений для выполнения калибровки.

В Делителе I имеются четыре отвода по 25 мВ, которые используются при калибровке относительно квантового напряжения  $V_J$  микросхемы ВТСП. Калибровкой здесь называется измерение с помощью нановольтметра разности двух сравниваемых напряже-

Изн. № дубл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	
Изн. № полл.	

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
-----	------	-------------	---------	------

ЯНТИ.411631.004РЭ

Лист

13

ний с последующим внесением поправок в окончательный результат измерений. Измерения и математическая обработка результатов производится программой управления мерой Н4-21. Погрешность измерения нановольтметра, определяемая его шумами, составляет 1 нВ. Вычисляется напряжение  $V_{0.1J}$ , как сумма напряжений, полученных после калибровки относительно квантового напряжения  $V_J$ . Далее по напряжению  $V_{0.1J}$  калибруются по очереди остальные отводы делителей. В результате выполнения калибровки вычисляются значения напряжений всех отводов делителей. Для исключения влияния термо-ЭДС и напряжений смещения калибровка производится при разных полярностях. Переключение полярности напряжений делителей осуществляется переключателями  $S_{3-1}$  и  $S_{3-2}$ , а переключение полярности напряжения  $V_J$  производится сменой полярности токов смещения микросхемы ВТСП.

Коммутация отводов делителей при калибровке осуществляется прецизионными переключателями  $S_1$  и  $S_2$ . После выполнения калибровки и вычислений значений напряжений отводов делителей с помощью этих же переключателей к выходным клеммам подключаются соответствующие комбинации напряжений, снимаемых с отводов делителей для получения выходного напряжения от -10 В до 10 В. Для автоматизации все переключатели соединены с электроприводами, позиционированием которых управляют контроллеры по командам от персонального компьютера.

В блоке измерений в термостате поддерживается температура + 36,000 °С с точностью до  $\pm 0,001$  °С. Температурный режим обеспечивает блок управления термостатом. Высокая точность поддержания температуры достигается с помощью ПИД-регулировки, реализованной в программе управления мерой Н4-21.

В блок усилителей поступают все измеряемые напряжения из блока измерений в термостате и блока криогенного. Усиленные напряжения подаются на аналого-цифровые преобразователи (АЦП) в модуле ввода-вывода. Оцифрованные значения используются в программе управления мерой Н4-21 для вычислений. Модуль ввода-вывода также получает от персонального компьютера команды управления и преобразует их в аналоговые и цифровые сигналы управления блоками. Часть сигналов управления с помощью узла управления микросхемой ВТСП задают режимы работы установленной в блоке криогенном микросхемы ВТСП. Это токи смещения  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  и рабочая температура микросхемы ВТСП.

USB-хаб транслирует команды от персонального компьютера на пять выходов для управления блоками и модулями.

3.5.4 Программное обеспечение для управления мерой Н4-21 выполнено в приложении «Си++» и скомпилировано на диске «С» персонального компьютера (ПК).

Ив. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						14
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Запускающий значок на рабочем столе ПК «Мера». После запуска программы проводится идентификация контроллеров и модулей, подключенных к USB-хабу в блоке измерительном, управляемые блоки и узлы приводятся в исходное состояние и на экран компьютера выводится виртуальная панель управления меры Н4-21 (рисунок 6).

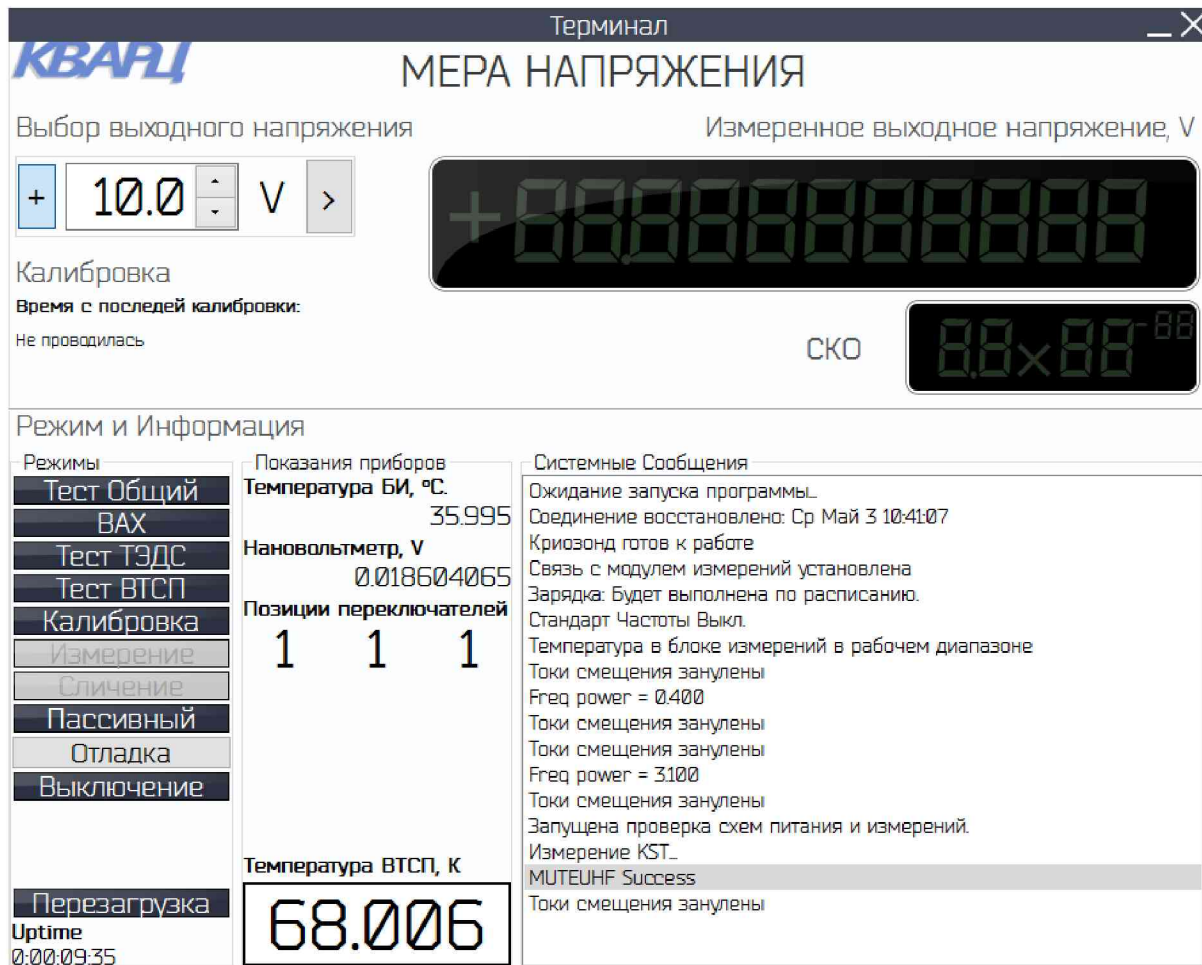


Рисунок 6 - Виртуальная панель управления меры Н4-21

Поверх виртуальной панели управления откроется малое диалоговое окно с сообщением:

«Выполнить зарядку АКБ сейчас или по расписанию?»

и предложением нажать виртуальные кнопки

Сейчас

По расписанию

При первом включении меры Н4-21 или после длительного перерыва в работе нажать кнопку

Сейчас

Если производился только перезапуск программы, а мера уже работала несколько суток, то нажать кнопку

По расписанию

После нажатия кнопки

Сейчас

мера будет выходить на рабочий режим в течение 12 ч. За это время будет выполнена зарядка батарей (АКБ-1 и АКБ-2)

Изн. № дубл.	Подпись и дата
Изн. № полл.	Изн. № полл.
Взам. инв. №	Подпись и дата
Изн. № полл.	Изн. № полл.

Изн. № полл.	Изн. № полл.	Изн. № полл.	Изн. № полл.	Изн. № полл.	ЯНТИ.411631.004РЭ	Лист
Изн. № полл.	Изн. № полл.	Изн. № полл.	Изн. № полл.	Изн. № полл.		15
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		





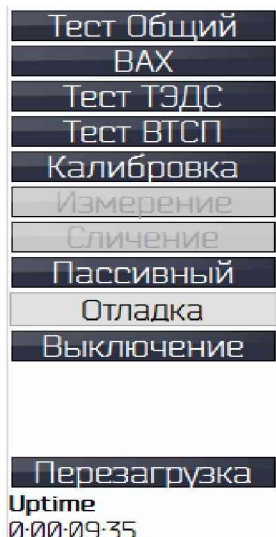


Рисунок 10 – Группа кнопок управления режимами

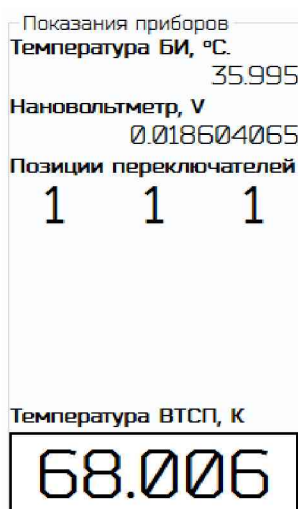


Рисунок 11 – Показания приборов

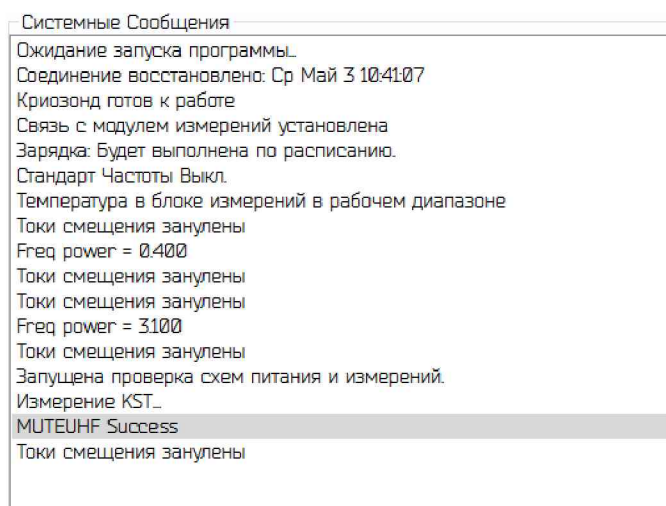


Рисунок 12 - Системные сообщения

3.5.5 Производитель оставляет за собой право вносить изменения в схемотехнические решения, не влияющие на метрологические характеристики меры Н4-21.

Ивв. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ивв. № дубл.	Подпись и дата
--------------	----------------	--------------	--------------	----------------

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		17

## 4 Подготовка меры напряжения к работе

### 4.1 Эксплуатационные ограничения

4.1.1 Рабочие условия применения – в соответствии с п.3.1.4;

### 4.2 Распаковывание и повторное упаковывание

4.2.1 Для обеспечения сохранности меры Н4-21 при транспортировании используется упаковка с амортизаторами из поролона.

4.2.2 Перед распаковыванием произвести внешний осмотр упаковки на наличие видимых механических повреждений и сохранность пломб.

4.2.3 Распаковывание после транспортирования проводят в следующей последовательности:

- а) снять пломбы и открыть крышку упаковки;
- б) вынуть товарно-сопроводительную документацию;
- в) вынуть из упаковки составные части меры Н4-21 и проверить комплектность поставки согласно п. 3.2;
- г) вынуть из упаковки эксплуатационную документацию.

4.2.4 Повторное упаковывание меры Н4-21 перед транспортировкой проводят следующим образом:

- а) составные части меры Н4-21 поместить в полиэтилен и уложить на амортизационные прокладки в упаковке;
- б) эксплуатационную документацию в чехле поместить в боковой отсек упаковки;
- в) поместить товарно-сопроводительную документацию на верхний слой прокладочного материала;
- г) закрыть крышку упаковки и опломбировать.

### 4.3 Порядок установки

4.3.1 После извлечения составных частей меры Н4-21 из упаковок расставьте их, как показано на рисунке 13.

Ив. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						18
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		





Рисунок 13 - Рабочее место для работы с мерой Н4-21

4.3.2 Соедините составные части между собой кабелями, входящими в комплект поставки меры Н4-21 (рисунок 14), разъёмы для соединения с кабелями расположены на задней панели блока измерительного, блока криогенного и блока питания и управления.

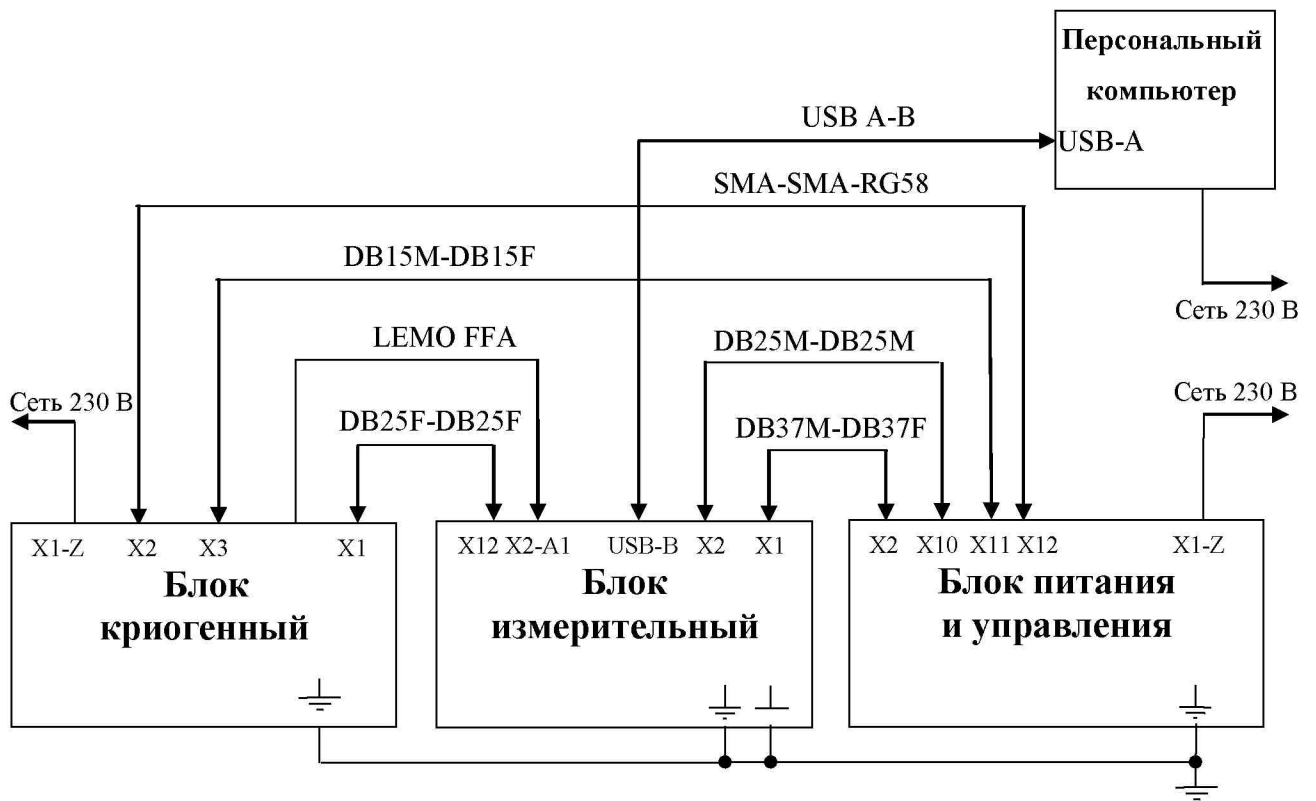


Рисунок 14 - Схема соединений составных частей меры Н4-21

Допускается подача на разъём X2 блока криогенного высокостабильного опорного сигнала 10 МГц от внешнего стандарта частоты со стабильность не хуже  $10^{-9}$  в день.

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ЯНТИ.411631.004РЭ

Соедините клеммы « $\perp$ » и « $\frac{\perp}{\perp}$ », расположенные на задней панели блоков меры Н4-21, с шиной заземления в помещении. **Заземление производить раньше других присоединений, отсоединение заземления – после всех отсоединений.**

4.3.3 Перед началом работы с мерой Н4-21 изучите руководство по эксплуатации.

4.3.4 Если в блоке криогенном магнитоэлектрический насос отключался, например, на время транспортировки, то перед последующим его включением необходимо выполнить предварительную откачку адаптера криогенного откачным постом до давления  $10^{-4}$  мбар. Откачной пост подключите гибким трубопроводом соответствующего сечения к вентилю, расположенному сверху корпуса адаптера криогенного (рисунок 4) (предварительно снимите верхнюю крышку корпуса блока криогенного). Магнитоэлектрический насос начинает эффективно работать при давлении ниже  $3 \cdot 10^{-3}$  мбар и натекании не более  $10^{-5}$  л $\times$ мбар/с.

После достижения необходимого давления включите магнитоэлектрический насос тумблером «Насос» (2), расположенным на задней панели блока криогенного (рисунок 15).



Рисунок 15 - Вид задней панели блока криогенного

1- светодиодный индикатор «Ток насоса», 2- тумблер включения насоса, 3- тумблер включения криоохладителя, 4- клеммы для подключения внешнего источника питания насоса 24 В.

Включение насоса подтвердит загоревшийся светодиод «Насос» на передней панели блока криогенного. На задней панели блока криогенного расположен светодиод «Ток насоса» (1), яркость свечения которого уменьшается с уменьшением давления в адаптере криогенном. Для проверки готовности адаптера криогенного к работе включите криоохладитель с помощью тумблера «Криоохладитель» (3), расположенного на задней панели блока криогенного. Включение криоохладителя подтвердит загоревшийся светодиод

Инд. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ЯНТИ.411631.004РЭ

Лист

20

«Охладитель» на передней панели блока криогенного. При достаточном вакууме в адаптере криогенном температура держателя микросхемы ВТСП должна понизиться от комнатной температуры до температуры, указанной в паспорте микросхемы ВТСП. Температуру контролируйте по показаниям «Температура ВТСП» на виртуальной панели управления меры Н4-21 (рисунок 6).

4.3.5 Перечисленные в п. 4.3.4 действия по запуску магниторазрядного насоса выполняются в процессе пусконаладочных работ при вводе в эксплуатацию меры Н4-21 и далее он должен работать непрерывно (тумблер «Насос» вверх), а криоохладитель может включаться по мере необходимости перед поверкой, сличением и калибровкой. В конструкции блока криогенного предусмотрена возможность транспортировки блока криогенного с работающим магниторазрядным насосом. Для этого необходимо подключить внешний источник постоянного напряжения 24 В с максимальным током 1 А к клеммам «24 В» (4), расположенным на задней панели блока криогенного. Таким источником может быть бортовая сеть автомобиля или аккумуляторная батарея большой ёмкости.

#### 4.4 Подготовка к работе

4.4.1 Разместите меру Н4-21 на рабочем месте (рисунок 13), обеспечив удобство работы и условия естественной вентиляции.

4.4.2 Сделайте отметку в формуляре о начале эксплуатации.

4.4.3 При использовании меры Н4-21 совместно с другими приборами или включении его в состав другой установки необходимо заземлить все приборы.

4.4.4 Перед началом работы с мерой Н4-21 должны быть выполнены мероприятия по запуску магниторазрядного насоса, после чего он не выключается. Убедиться, что на передней панели блока криогенного горит светодиод «Насос», а на задней панели слабо светится светодиод «Ток насоса».

### 5 Порядок работы

#### 5.1 Меры безопасности при работе с мерой напряжения

5.1.1 При работе с мерой Н4-21 следует выполнять требования, изложенные в разделе 2 настоящего руководства по эксплуатации.

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						21
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

## 5.2 Порядок работы с мерой напряжения

5.2.1 Предварительно должен быть выполнен п. 4.4.4.

5.2.2 Включите в сеть 230 В 50 Гц блок питания и управления и нажмите кнопку включения на его задней панели.

5.2.3 Поставьте в верхнее положение тумблер «АКБ» на задней панели блока питания и управления.

5.2.4 Нажмите кнопку «Пуск» на задней панели блока питания и управления.

5.2.5 Для запуска программы управления выполните п. 3.5.4.

5.2.6 Через 12 ч после включения меры Н4-21 нажать кнопку  на виртуальной панели управления (рисунок 6) для проверки работоспособности. Программа будет выполнять тестирование блоков, в течение которого на экране монитора отображается окно процесса с процентами его выполнения. После окончания этапа тестирования откроется окно с результатом и предложением дальнейших действий. Если в результатах тестирования отмечены замечания по работе меры Н4-21, то будет предложено:

Из-за случайных помех возможно искажение результата тестирования, поэтому для уточнения нажмите кнопку .

Если после повторного тестирования остались замечания по работе, то завершите тест и проверьте правильность подключения составных частей меры Н4-21.

Если результат тестирования блоков положительный, то нажмите кнопку .

5.2.7 Включите криоохладитель, поставив в верхнее положение тумблер «Криоохладитель» на задней панели блока криогенного (рисунок 15). Наблюдая за изменениями температуры микросхемы ВТСП на виртуальной панели управления меры Н4-21 (рисунок 6) убедитесь, что температура достигла рабочего значения, записанного в паспорте на микросхему ВТСП.

5.2.8 Для перехода в режим исследования вольтамперной характеристики джоуфсоновских цепочек микросхемы ВТСП нажмите кнопку .

На экране монитора откроется окно режима «ВАХ» (рисунок 16).

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ЯНТИ.411631.004РЭ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		22
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

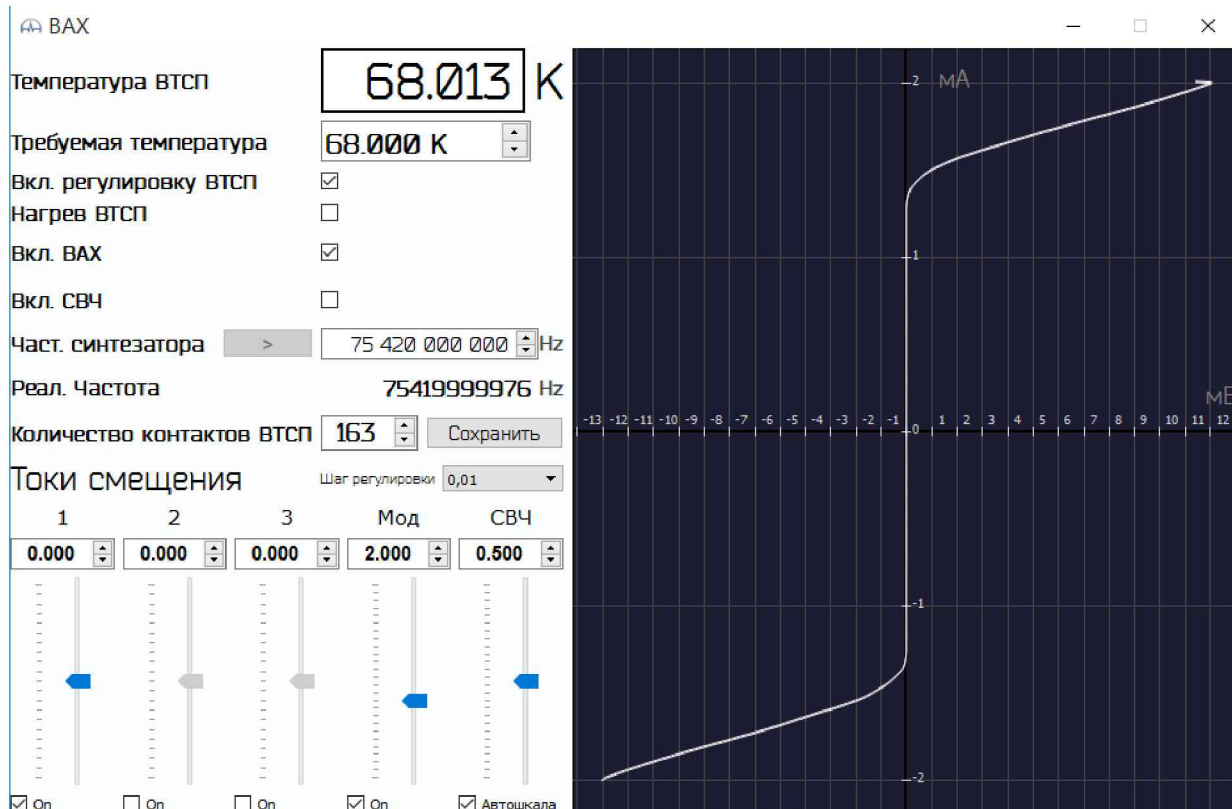


Рисунок 16 - Виртуальная панель режима ВАХ джозефсоновских цепочек микросхемы ВТСП.

В верхней строке показывается текущее значение температуры микросхемы ВТСП в кельвинах (К). В следующей строке можно задать рабочую температуру микросхемы ВТСП, при которой режим ее работы оптимален (задаваемая температура должна быть выше текущей). Значение рабочей температуры берётся из паспорта микросхемы ВТСП.

5.2.9 Задайте значение рабочей температуры микросхемы ВТСП вручную цифровыми клавишами на клавиатуре ПК, установив с помощью «мышки» указатель в окно (рисунок 17)



Рисунок 17 – Задание температуры микросхемы ВТСП

5.2.10 Для включения режима стабилизации температуры микросхемы ВТСП поставьте галочку в квадратике рядом с надписью «Вкл. регулировку ВТСП» (рисунок 18). Полная стабилизация температуры с точностью до  $\pm 0,001$  К наступит через несколько минут. Для контроля наблюдать за текущей температурой ВТСП.

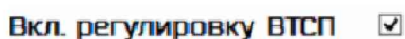


Рисунок 18 – Включение стабилизации температуры микросхемы ВТСП

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата
	Изм	Лист	№ документа	Подпись

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
-----	------	-------------	---------	------



5.2.11 В микросхеме ВТСП используются две цепочки с джозефсоновскими контактами. Номера рабочих цепочек выбираются из технических характеристик в паспорте микросхемы ВТСП. Цепочки с джозефсоновскими контактами настраиваются по отдельности. Для включения тока смещения через выбранную цепочку с джозефсоновскими контактами микросхемы ВТСП поставьте галочку в квадратике под регулятором тока смещения цепочки с соответствующим номером, например номер 2, как на рисунке 19.

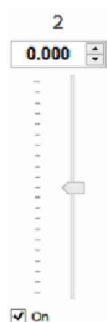


Рисунок 19 – Включение тока смещения цепочки микросхемы ВТСП

5.2.12 Поставьте галочку в квадратике под регулятором модуляция «Мод» (рисунок 20)



Рисунок 20 – Включение модуляции тока смещения цепочки микросхемы ВТСП

С помощью движка или цифровыми клавишами на клавиатуре ПК выставьте значение тока модуляции 2,000 мА.

5.2.13 Поставьте галочку в квадратике рядом с надписью «Вкл. ВАХ» (рисунок 21).



Рисунок 21 – Включение измерения вольтамперной характеристики джозефсоновской цепочки микросхемы ВТСП

На виртуальной панели режима ВАХ появится изображение вольтамперной характеристики джозефсоновской цепочки микросхемы ВТСП (рисунок 16).

5.2.14 Поставьте галочку в квадратике рядом с надписью «Вкл. СВЧ» (рисунок 22) для включения СВЧ излучения.

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата
--------------	----------------	--------------	--------------	----------------

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						24
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

**Вкл. СВЧ**

Рисунок 22 – Включение СВЧ

Под воздействием СВЧ излучения на вольтамперной характеристике джозефсоновской цепочки микросхемы ВТСП появятся квантовые ступени напряжения (рисунок 23)

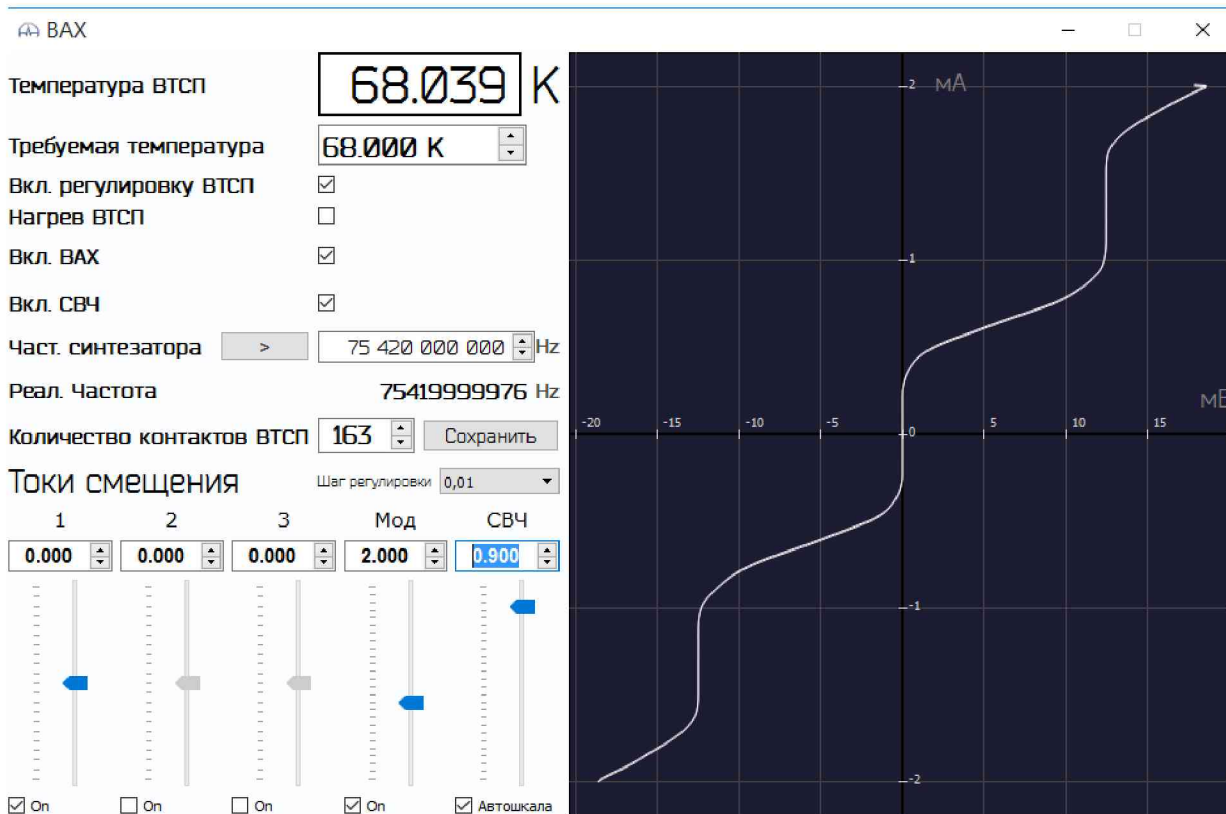


Рисунок 23 – Виртуальная панель режима ВАХ с включенным СВЧ излучением

5.2.15 Введите значение частоты синтезатора вручную цифровыми клавишами, установив с помощью «мышки» указатель в окно (рисунок 24). Это значение берется из технических характеристик в паспорте микросхемы ВТСП.

Част. синтезатора  68 000 000 000 Hz

Рисунок 24 – Задание частоты синтезатора

5.2.16 Нажмите кнопку  справа от надписи «Част. синтезатора».

Рядом с надписью «Реал. Частота» отобразится значение частоты облучения микросхемы ВТСП. Значение частоты облучения микросхемы ВТСП используется в программе для вычисления квантового напряжения микросхемы.

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

Изн.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ЯНТИ.411631.004РЭ	Лист
						25



5.2.17 Справа от надписи «Количество контактов ВТСП» выставьте суммарное количество контактов двух используемых цепочек микросхемы ВТСП (обычно 161 или 163). Это значение также берется из технических характеристик в паспорте микросхемы ВТСП.

5.2.18 Нажмите кнопку  справа от выбранного количества контактов ВТСП. Количество используемых контактов микросхемы ВТСП также используется в программе для вычисления квантового напряжения микросхемы.

5.2.19 С помощью движка или цифровыми клавишами (рисунок 25) выставьте минимальное значение мощности СВЧ.



Рисунок 25 – Задание мощности СВЧ облучения микросхемы ВТСП.

Вид вольтамперной характеристики должен соответствовать рисунку 23. Ступеньки должны быть вертикальные. Высота вертикального участка ступенек по току должна быть не менее 0,1 мА. Увеличивая мощность СВЧ, можно увеличить высоту ступенек при сохранении вертикальности.

5.2.20 Если ступеньки не удовлетворяют требованиям, то необходимо вывести микросхему ВТСП из сверхпроводящего состояния и снова охладить. Для этого справа от надписи «Нагрев ВТСП» поставьте в квадратике галочку. Для предотвращения перегрузки микросхемы ВТСП по току уменьшите ток модуляции до 0,1 мА и выставьте значение тока смещения 0,000 мА. Наблюдая за вольтамперной характеристикой при увеличении температуры ВТСП, зафиксируйте момент перехода из сверхпроводящего состояния, когда кривая выпрямится, и при резком уменьшении наклона (рекомендуется при выключенной опции «Автошкала»), соответствующем высокому сопротивлению, выполните следующие действия:

- выключите модуляцию тока, убрав галочку в квадратике под регулятором модуляции «Мод» (рисунок 20);
- выключите ток смещения, убрав галочку в квадратике под регулятором тока смещения (рисунок 19);
- выключите нагрев, убрав галочку справа от надписи «Нагрев ВТСП».

5.2.21 При достижении рабочей температуры ВТСП выполните п.п. 5.2.8-5.2.10

Изн. № полл.	Подпись и дата	
	Взам. инв. №	
	Изн. № дубл.	
	Подпись и дата	

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						26
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

5.2.22 Визуально по шкале на вольтамперной характеристике на экране определите значение тока, соответствующее центру положительной ступеньки, расположенной в правой верхней части характеристики. Введите это значение тока в окошке «Токи смещения» соответствующей цепочки микросхемы ВТСП. При этом кривая ступеньки переместится в центр графика и горизонтальная ось, соответствующая нулевому току, будет проходить через выбранный центр (при включенной опции «Автошкала»).

5.2.23 Для уточнения значения тока центра ступеньки увеличьте масштаб графика, для чего уменьшите ток модуляции так, чтобы осталось изображение ступеньки с верхним и нижним загибами. В таком масштабе определите более точное значение тока центра ступеньки, введите его в окошке «Токи смещения» выбранной цепочки и нажмите клавишу «Enter» на клавиатуре ноутбука.

5.2.24 Запомните значение тока центра положительной ступеньки, для чего подведите с помощью «мышки» указатель на движок регулятора тока смещения и нажмите правую кнопку «мышки». В появившемся меню выберите пункт: «Сохранить как положительное».

5.2.25 Для переключения графика на отрицательную ступеньку, расположенную в левой нижней части характеристики, в окошке «Токи смещения» выбранной цепочки поставьте знак минус и нажмите клавишу «Enter» на клавиатуре ноутбука. На графике появится кривая отрицательной ступеньки.

5.2.26 Определите более точное значение тока центра отрицательной ступеньки, введите его в окошке «Токи смещения» выбранной цепочки и нажмите клавишу «Enter» на клавиатуре ноутбука.

5.2.27 Запомните значение тока центра отрицательной ступеньки, для чего подведите с помощью «мышки» указатель на движок регулятора тока смещения и нажмите правую кнопку «мышки». В появившемся меню выберите пункт: «Сохранить как отрицательное».

5.2.28 Выключите ток смещения уже настроенной цепочки, убрав галочку в квадрате под соответствующим регулятором тока смещения.

5.2.29 Включите ток смещения другой настраиваемой цепочки, поставив соответственно галочку.

5.2.30 Определите и запомните токи центров положительной и отрицательной ступенек этой цепочки, выполнив аналогично п.п. 5.2.22-5.2.27.

5.2.31 Сохраните значение мощности СВЧ, для чего подведите с помощью «мышки» указатель на движок регулятора мощности и нажмите правую кнопку «мышки». В выпадающем меню выберите пункт: «Сохранить».

Изн. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						27
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

5.2.32 Настройка режимов работы микросхемы ВТСП закончена, закройте окно режима «ВАХ».

5.2.33 Для проверки стабильности термо-ЭДС, нажмите кнопку

Программа в течение 3 минут будет выполнять измерение напряжения с микросхемы ВТСП, вычисляя среднеквадратическое отклонение. Если результат тестирования отрицательный, то будет предложено:

Рекомендуется нажать кнопку

Если повторный результат тоже отрицательный, то подождите пока температуры БИ и микросхемы ВТСП установятся, и снова повторите тест.

После успешного выполнения «Тест ТЭДС» нажмите кнопку

5.2.34 Для уточнения настроек квантовых ступенек микросхемы ВТСП нажмите кнопку «Тест ВТСП».

5.2.35 Откроется новое окно «Проверка параметров квантовых ступенек» (рисунок 26).

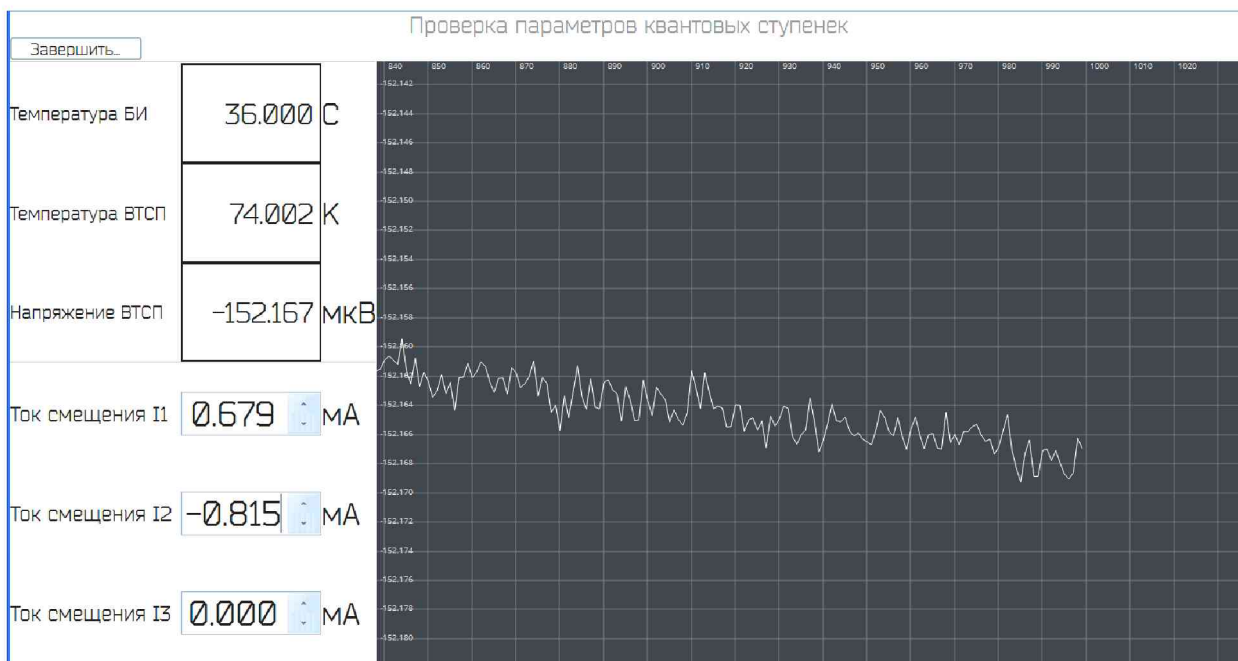


Рисунок 26 – Виртуальная панель режима «Проверка параметров квантовых ступенек»

На виртуальной панели режима «Проверка параметров квантовых ступенек» отображаются текущие значения температуры в блоке измерений в градусах Цельсия, температуры микросхемы ВТСП в кельвинах и квантового напряжения микросхемы ВТСП в милливольтках. Справа отображается диаграмма изменения квантового напряжения микро-

Изн. № полл.	Подпись и дата		Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		28

схемы ВТСП во времени. По ней можно судить о динамике изменения напряжения микросхемы ВТСП.

Имеется возможность изменять значения токов смещения цепочек микросхемы ВТСП набором с клавиатуры или с помощью стрелок вверх или вниз (шаг изменения 0,001 мА).

5.2.36 После включения режима «Проверка параметров квантовых ступенек» выждать 3 минуты для стабилизации термо-ЭДС элементов схемы. При этом на диаграмме (рисунок 26) должна наблюдаться горизонтальная шумовая дорожка напряжения. Нажимая на стрелку вверх и вниз рядом со значениями токов смещения цепочек микросхемы ВТСП можно изменять эти токи, наблюдая за диаграммой напряжения микросхемы ВТСП. Если при изменении тока смещения кривая диаграммы резко изменяет направление, то верните значение тока смещения на шаг назад и запишите на бумаге это значение. Таким образом, для каждого тока смещения определить и записать на бумаге верхнее и нижнее значения токов ступеньки квантового напряжения.

5.2.37 Для каждого тока смещения вычтите из верхнего значения тока нижнее значение и определите высоту ступеньки по току.

5.2.38 Если высота ступеньки по току более 0,1 мА, то определить значение тока, соответствующее центру ступеньки. Если это значение отличается от установленного ранее в режиме «ВАХ», то запомните новое значение тока, соответствующее центру ступеньки, подведя с помощью «мышки» указатель к регулятору тока кликните правой кнопкой «мышки», в появившемся меню выберите «Сохранить». Новое значение тока центра ступеньки будет сохранено в памяти для режима калибровки. Эту процедуру выполните для каждого тока смещения.

5.2.39 Если высота ступеньки по току значительно меньше 0,1 мА, то необходимо повторить настройку режимов работы микросхемы ВТСП в режиме «ВАХ».

5.2.40 Для выхода из режима «Проверка параметров квантовых ступенек» нажать кнопку . Закроется окно «Проверка параметров квантовых ступенек» и можно продолжить работу в режиме «Терминал».

5.2.41 Если после успешного выполнения теста рабочие температуры меры Н4-21 находятся в пределах:

$$t_{БИ} = (36,000 \pm 0,005) \text{ } ^\circ\text{C}, T_{ВТСП} = (T(\text{заданное в режиме ВАХ}) \pm 0,005) \text{ К},$$

то можно приступить к калибровке, нажав кнопку «Калибровка» в группе кнопок «Режимы». В верхней части виртуальной панели под надписью «Калибровка» будет отсчитываться время до окончания калибровки и появится линейка процесса с процентами выполнения.

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		29
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

5.2.42 После выполнения калибровки станет активной кнопка «Измерение» в группе кнопок «Режимы» и в верхней части виртуальной передней панели под надписью «Калибровка» будет отсчитываться время после калибровки.

5.2.43 Для выдачи выходного напряжения на внешние клеммы выберите полярность и значение выходного напряжения в верхней части виртуальной передней панели меры Н4-21 в разделе «Выбор выходного напряжения» (рисунок 8) и нажмите «Измерение».

5.2.44 На индикаторе «Измеренное выходное напряжение» высветятся вычисленные по результатам калибровки значение выходного напряжения и СКО (среднеквадратическое отклонение) (рисунок 9). На выходных клеммах на передней панели блока измерительного появится выбранное напряжение, значение которого показано на индикаторе. Выходное напряжение на клеммах используется при калибровке или сличении с другими приборами.

Это состояние меры Н4-21 будет оставаться до выбора другого значения выходного напряжения или другого режима работы.

Полученные в результате калибровки и вычислений значения напряжений сохраняются до следующей калибровки.

**ВНИМАНИЕ!** После настроек в режиме «ВАХ» и выполнения калибровки остаются включёнными узлы схем СВЧ – это блок питания СВЧ, стандарт частоты, синтезатор частоты и умножитель частоты. В целях экономии ресурсов этих элементов и электроэнергии, если больше не требуется выполнение калибровки, то рекомендуется перейти в режим «Пассивный», нажав соответствующую кнопку в группе кнопок «Режимы» (рисунок 10). В режиме «Пассивный» отключается СВЧ и выключаются токи смещения микросхемы ВТСП. В блоке криогенном выключите криоохладитель, переведя тумблер «Криоохладитель» на задней панели в нижнее положение.

### 5.3 Передача единицы напряжения

5.3.1 Мера Н4-21 имеет внутренний термостатированный нановольтметр-компаратор высокой чувствительности, который может использоваться как нуль-индикатор в режиме сличения выходного напряжения меры Н4-21 с напряжением внешнего источника.

Для выполнения сличения подключите провода витой пары от внешнего источника постоянного напряжения, например эталона напряжения, к входным клеммам-зажимам меры Н4-21 (красная – плюс), расположенным в нише термостата за откидываю-

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						30

щейся вверх передней панелью блока измерительного, как показано на рисунке 27. Провода должны быть медные многожильные сечением (0,2 – 0,35) мм<sup>2</sup> с медными лепестками под зажим на концах.

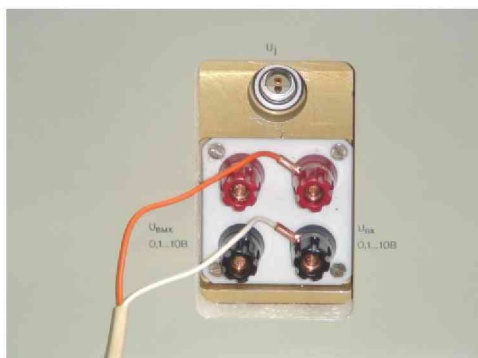


Рисунок 27 – Подключение внешнего источника постоянного напряжения для сличения.

5.3.2 Установите выходное напряжение меры Н4-21 (рисунок 8) такое же, как и у внешнего источника положительной полярности и нажмите «Измерение».

**ВНИМАНИЕ!** Режим «Сличение» можно использовать только при разности сличаемых напряжений менее 12,5 мВ на грубом пределе и менее 150 мкВ на чувствительном пределе.

5.3.3 Нажмите «Сличение» в группе кнопок «Режимы» (рисунок 10). Откроется новое окно «Сличение» (рисунок 28).

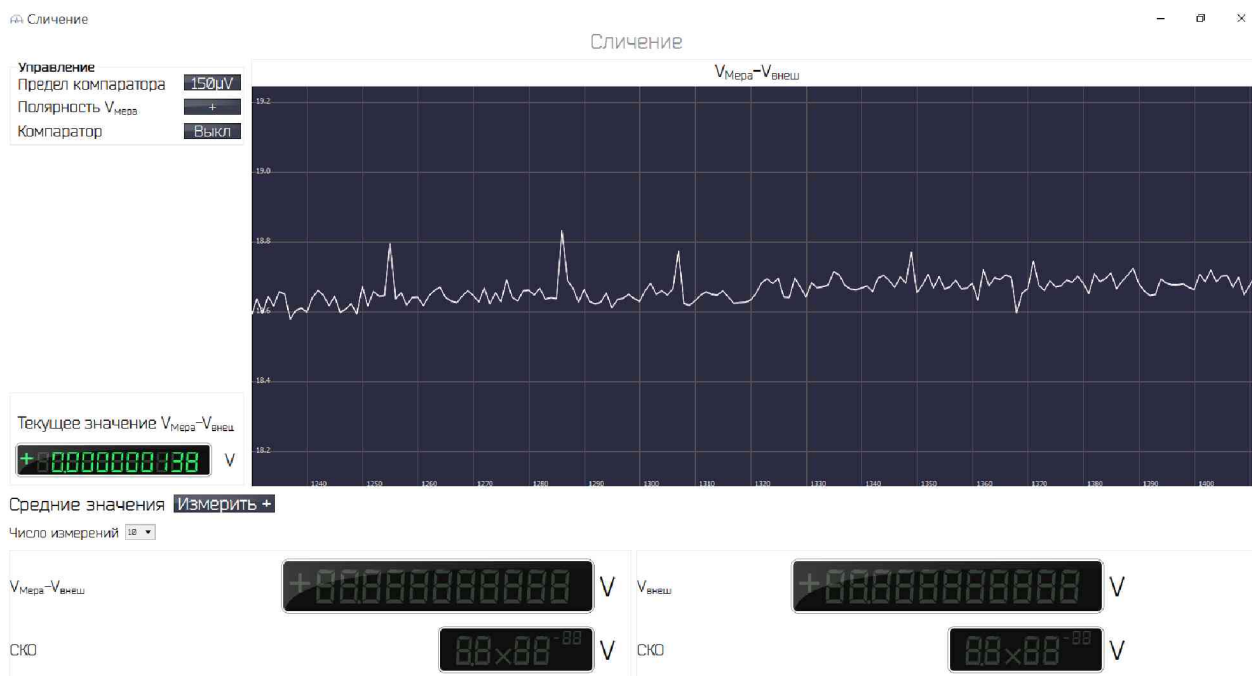


Рисунок 28 – Виртуальная панель режима «Сличение».

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

					ЯНТИ.411631.004РЭ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		31



5.3.4 В верхнем левом углу виртуальной панели в группе кнопок «Управление» (рисунок 29) нажмите на кнопку справа от надписи «Предел компаратора», чтобы появилось значение «12,5 mV». Таким образом, включается грубый предел измерений компаратора.

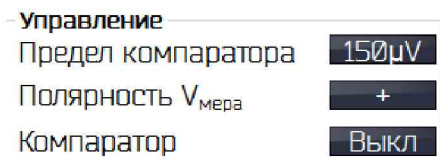


Рисунок 29 – Группа кнопок «Управление».

5.3.5 Нажмите кнопку «Компаратор». На кнопке появится надпись «Вкл».

5.3.6 Справа отображается диаграмма изменения разности напряжений  $V_{\text{Мера}} - V_{\text{Внеш}}$  (рисунок 30).



Рисунок 30 – Диаграмма изменения разности напряжений  $V_{\text{Мера}} - V_{\text{Внеш}}$ .

5.3.7 На индикаторе «Текущее значение  $V_{\text{Мера}} - V_{\text{Внеш}}$ » (рисунок 31) отображается измеренное компаратором значение разности напряжений  $V_{\text{Мера}} - V_{\text{Внеш}}$ . Показания меняются через 1 с.

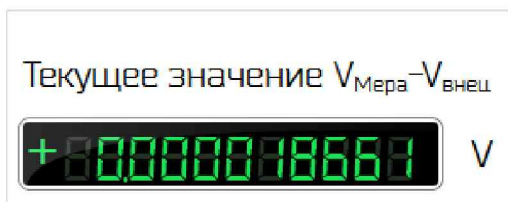


Рисунок 31 – Индикатор текущего значения разности напряжений  $V_{\text{Мера}} - V_{\text{Внеш}}$

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата
--------------	----------------	--------------	--------------	----------------

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ЯНТИ.411631.004РЭ	Лист
						32



5.3.8 Если это значение не превышает 150 мкВ, то можно перейти на чувствительный предел «150  $\mu\text{V}$ ». Для этого нажать на кнопку справа от надписи «Предел компаратора», чтобы появилось значение «150  $\mu\text{V}$ ».

5.3.9 На индикаторе рис. 31 появится пересчитанное значение разности напряжений  $V_{\text{Мера}} - V_{\text{Внеш}}$ .

5.3.10 Программа позволяет вычислять среднее значение разности напряжений  $V_{\text{Мера}} - V_{\text{Внеш}}$  по 10 или 20 последовательным измерениям с интервалом 1 с. Выберите число измерений под надписью «Средние значения» (рисунок 32). Подождите, пока закончатся переходные процессы и диаграмма разности напряжений  $V_{\text{Мера}} - V_{\text{Внеш}}$  будет иметь горизонтальный вид, нажмите кнопку «Измерить +».

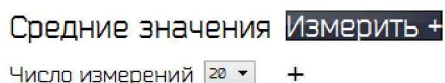


Рисунок 32 – Выбор числа измерений и кнопка «Измерить»

5.3.11 После окончания измерений в нижнем левом поле результатов появится вычисленная средняя разность напряжений  $V_{\text{Мера}} - V_{\text{Внеш}}$  в вольтах и ниже среднеквадратическое отклонение «СКО» в вольтах (рисунок 33).



Рисунок 33 – Поле результатов вычислений средней разности напряжений  $V_{\text{Мера}} - V_{\text{Внеш}}$  и СКО.

5.3.12 Откроется окно с предложением «Сохранить результат, повторить или завершить»

5.3.13 Для запоминания результата нажать «Сохранить». Результат запоминается в памяти компьютера.

5.3.14 Если в результате измерений разности напряжений  $V_{\text{Мера}} - V_{\text{Внеш}}$  значение СКО превысит значение  $5 \cdot 10^{-8}$  (для сличаемого напряжения 1 В) и  $5 \cdot 10^{-7}$  (для сличаемого напряжения 10 В), то нажать «Повторить». Затем выполнится п. 5.3.11.

5.3.15 Если необходимо завершить сличение, то нажать кнопку «Завершить».

5.3.16 Выключить компаратор, нажав кнопку «Компаратор» (рисунок 29). На кнопке появится надпись «Выкл».

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

					ЯНТИ.411631.004РЭ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		33

5.3.17 Закрывать окно «Сличение».

5.3.18 Если сличение необходимо продолжить, то после выключения компаратора смените полярность выходного напряжения меры Н4-21, нажав на кнопку «+» справа от надписи «Полярность  $V_{\text{Мера}}$ » (рисунок 29). Кнопка поменяет знак на «-». Измените полярность внешнего источника напряжения.

5.3.19 Нажмите кнопку «Компаратор». На кнопке появится надпись «Вкл».

5.3.20 Нажмите кнопку «Измерить -» справа от надписи «Средние значения».

5.3.21 После окончания измерений в нижнем левом поле результатов появится вычисленная средняя разность напряжений  $V_{\text{Мера}} - V_{\text{Внеш}}$  в вольтах и ниже среднеквадратическое отклонение «СКО» в вольтах (рисунок 33). Результат запоминается в памяти ноутбука.

5.3.22 Справа от кнопки «Измерить -» появится кнопка «Вычислить без ТЭДС». Нажмите эту кнопку (рисунок 34).

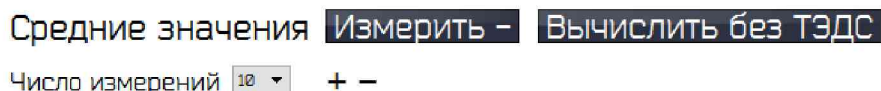


Рисунок 34 – Кнопка «Вычислить без ТЭДС»

5.3.23 В нижнем правом поле результатов появится вычисленное среднее значение напряжения внешнего источника в вольтах и ниже среднеквадратическое отклонение «СКО» в вольтах (рисунок 35).

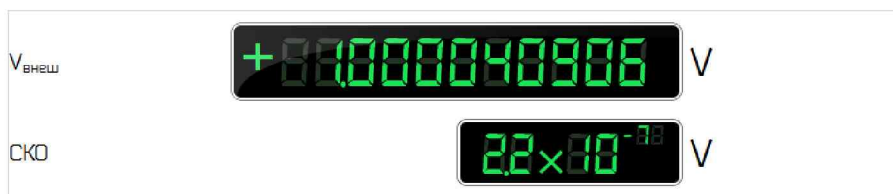


Рисунок 35 – Поле результатов вычислений значения напряжения внешнего источника  $V_{\text{Внеш}}$  и его СКО

5.3.24 Если необходимо применить другой алгоритм измерений и вычислений среднего значения напряжения без термо-ЭДС, например порядок полярностей «+ - - +», то кнопку «Вычислить без ТЭДС» нажимать после выполнения соответствующей последовательности измерений. При этом все промежуточные результаты измерений сохраняются в памяти компьютера.

5.3.25 После вычисления среднего значения напряжения без термо-ЭДС откроется окно «Следующий цикл или завершить цикл».

Ив. № дубл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Подпись и дата
Ив. № полл.	Ив. № полл.

					ЯНТИ.411631.004РЭ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		34

5.3.26 Если необходимо выполнить несколько циклов измерений, то нажать «Следующий цикл».

5.3.27 Далее выполняют п.п. 5.3.10 – 5.3.25.

5.3.28 Когда выполнится последний цикл измерений, нажать кнопку «Завершить цикл».

5.3.29 Программа выполнит расчёт среднего напряжения по циклам и его СКО. На индикаторах появятся результаты разности напряжений  $V_{\text{Мера}} - V_{\text{Внеш}}$  и СКО (рисунок 33) и значения напряжения внешнего источника  $V_{\text{Внеш}}$  и его СКО (рисунок 35).

5.3.30 После окончания сличения нажать кнопку «Компаратор» (рисунок 29). На кнопке появится надпись «Выкл».

5.3.31 Закреть окно «Сличение».

5.3.32 Если для сличения используется внешний компаратор, то выходное напряжение меры Н4-21 снимается с выходных клемм-зажимов меры Н4-21 (красная – плюс), расположенных в нише термостата за откидывающейся наверх передней панелью блока измерительного, как показано на рисунке 27.

#### 5.4 Работа меры напряжения в режиме хранения единицы напряжения

5.4.1 Хранение единицы напряжения осуществляется при непрерывной круглосуточной работе меры Н4-21 с поддержанием необходимых рабочих напряжений и температуры термостата. Для этого нажать кнопку «Пассивный» в группе кнопок управления режимами (рисунок 10). В этом режиме отключаются неиспользуемые блоки меры Н4-21. В блоке криогенном остаётся включённым магниторазрядный насос (светится индикатор «Насос»). Для выхода из режима «Пассивный» достаточно нажать кнопку «Тест общий» или «ВАХ».

#### 5.5 Выключение меры напряжения

5.5.1 Полное выключение меры Н4-21 осуществляется для обеспечения транспортировки или длительного хранения на складе. Для этого нажмите кнопку «Выключение» в группе кнопок управления режимами (рисунок 10). При этом программа выполнит необходимое отключение аккумуляторных батарей от схем и предложит оператору выключить питание в блоке питания и управления. Выполнить предложенные действия и отключить блок от сети.

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ЯНТИ.411631.004РЭ	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		35
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

5.5.2 При хранении меры Н4-21 на складе в полном комплекте необходимо выключить также блок криогенный. В этом случае при последующем его включении выполните мероприятия по запуску адаптера криогенного (см. п. 4.3.4).

5.5.3 При транспортировке меры Н4-21 для дальнейшей работы допускается блок криогенный перевозить с работающим насосом, подключив внешний аккумулятор (см. п. 4.3.5).

5.5.4 При длительном хранении меры Н4-21 в выключенном состоянии (более полу-года) необходимо раз в полгода включать меру напряжения на 1 сутки для подзарядки встроенных аккумуляторных батарей, выполнив п.п. 4.3.2, 5.2.2-5.2.5. Затем выполнить полное выключение меры Н4-21.

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						36
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

УТВЕРЖДАЮ  
Зам. директора ФГУП  
«ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

К.В. Чекирда

6 ПОВЕРКА МЕРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

					ЯНТИ.411631.004РЭ	Лист
						37
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



Номер пункта поверки	Наименование и тип (условное обозначение) основного и вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего требования, и (или) основные технические характеристики средства поверки
	<p>Частотомер электронно-счётный ЧЗ-63. Диапазон частот (45 - 55) Гц, ПГ <math>\pm 5 \cdot 10^{-7}</math>.</p> <p>Государственный первичный эталон единицы электрического напряжения-вольта ГЭТ 13-01. Выходное напряжение 1 В, 10 В. СКО <math>1 \cdot 10^{-9}</math>, НСП <math>1 \cdot 10^{-9}</math>.</p> <p>Мера напряжения постоянного тока Fluke 732В. Номинальные значения напряжения 1,018 В и 10 В. Относительная нестабильность напряжения не более 0,8 ppm (за 30 сут.) для напряжения 1,018 В, не более 0,3 ppm (за 30 сут.) для напряжения 10 В, не более 2 ppm (за год) для напряжения 10 В.</p> <p>Переключатель направления тока (полярности) типа ПЗ08. Термоэдс 0,05 мкВ, не более.</p>

6.2.2 Допускается применение средств, не указанных в таблице 6.2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемой меры Н4-21 с требуемой точностью.

### 6.3 Организация рабочего места

6.3.1 Разместите меру Н4-21 на рабочем месте, выполнив п.п. 4.31-4.3.2 настоящего руководства по эксплуатации и обеспечив удобство работы и условия естественной вентиляции.

### 6.4 Требования безопасности

6.4.1 При поверке меры Н4-21 следует выполнять требования, изложенные в разделе 2 настоящего руководства по эксплуатации.

6.4.2 Необходимо заземлять все приборы, применяемые при поверке. Заземление производить раньше других присоединений, отсоединение заземления – после всех отсоединений.

Ивв. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ивв. № дубл.	Подпись и дата

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						39
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

## 6.5 Условия поверки

6.5.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от плюс 20 до плюс 24;
- относительная влажность воздуха, % 55±25;
- атмосферное давление, кПа 100±6;
- напряжение питающей сети, В 230 ± 23;
- частота питающей сети Гц 50,0±0,5.

## 6.6 Подготовка к поверке

6.6.1 Перед проведением операций поверки выполните подготовительные работы, оговоренные в подразделе 4.4, и подготовьте средства поверки в соответствии с руководствами по эксплуатации на них.

6.6.2 Ознакомьтесь с порядком работы с мерой Н4-21, приведенным в разделе 5.

6.6.3 Определение метрологических характеристик проводите после установления рабочего режима поверяемой меры Н4-21 и средств поверки, указанного в соответствующих инструкциях по эксплуатации.

## 6.7 Проведение поверки

Поверка меры Н4-21 проводится с применением государственного первичного эталона (ГПЭ) в соответствии с методикой 1 или методикой 2. По первой методике поверка меры Н4-21 производится с помощью меры напряжения Fluke 732В (далее – МН 732В), которая от места применения меры Н4-21 доставляется к месту применения ГПЭ и обратно (п. 6.7.4). По второй методике мера Н4-21 доставляется к месту применения ГПЭ (п. 6.7.5). Вторая методика применяется при отсутствии МН 732В у владельца меры Н4-21.

6.7.1 Поверку проводите в соответствии с перечнем последовательности операций, указанным в таблице 6.1.

6.7.2 При внешнем осмотре меры Н4-21 должно быть установлено:

- комплектность;
- отсутствие внешних механических повреждений составных частей;
- состояние лакокрасочных покрытий;
- состояние маркировки составных частей;
- наличие и сохранность пломб;
- состояние входных и выходных соединителей.

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата
--------------	----------------	--------------	--------------	----------------

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		40



Результаты осмотра считают положительными, если установлено наличие и сохранность пломб, комплект меры Н4-21 соответствует таблице 3.1, состояние лакокрасочных покрытий и маркировки удовлетворительное и отсутствуют механические повреждения.

При наличии хотя бы одного дефекта меру напряжения бракуют и направляют в ремонт.

#### 6.7.3 Проверка идентификационных данных программного обеспечения

6.7.3.1 Включить меру, дать ей прогреться в течении времени, оговоренном в руководстве по эксплуатации.

6.7.3.2 Определить идентификационные данные программного обеспечения путем нажатия клавиши «F1» на клавиатуре ПК. На экране откроется окно «Идентификационная информация» (рисунок 7).

6.7.3.3 Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считается положительным, если полученные идентификационные данные соответствуют идентификационным данным, указанным на рисунке 7.

#### 6.7.4 Опробование

6.7.4.1 Не менее, чем за 12 ч до начала испытаний необходимо включить меру Н4-21 в сеть 230 В 50 Гц и запустить программу управления на персональном компьютере (ПК) в соответствии с руководством по эксплуатации ЯНТИ.411631.004РЭ. После выхода меры Н4-21 на рабочий режим нажать кнопку  на виртуальной панели управления на экране ПК (рисунок 6). Включить меру Н4-21, выполнив п.п.5.2.1-5.2.6 настоящего руководства.

6.7.4.2 Программа будет выполнять тестирование блоков, в течение которого на экране монитора отображается окно процесса с процентами его выполнения. После окончания тестирования откроется окно с результатом и предложением дальнейших действий.

Результаты опробования считаются положительными, если после теста появляется сообщение «Схемы питания и измерений исправны». В окне тестирования нажать кнопку .

#### 6.7.5 Определение метрологических характеристик меры

6.7.5.1 Методика поверки № 1. Определение метрологических характеристик меры Н4-21 с применением МН 732В.

6.7.5.1.1 Соединить меру Н4-21 и средства поверки по структурной схеме в соответствии с рисунком 3б.

Ив. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		41

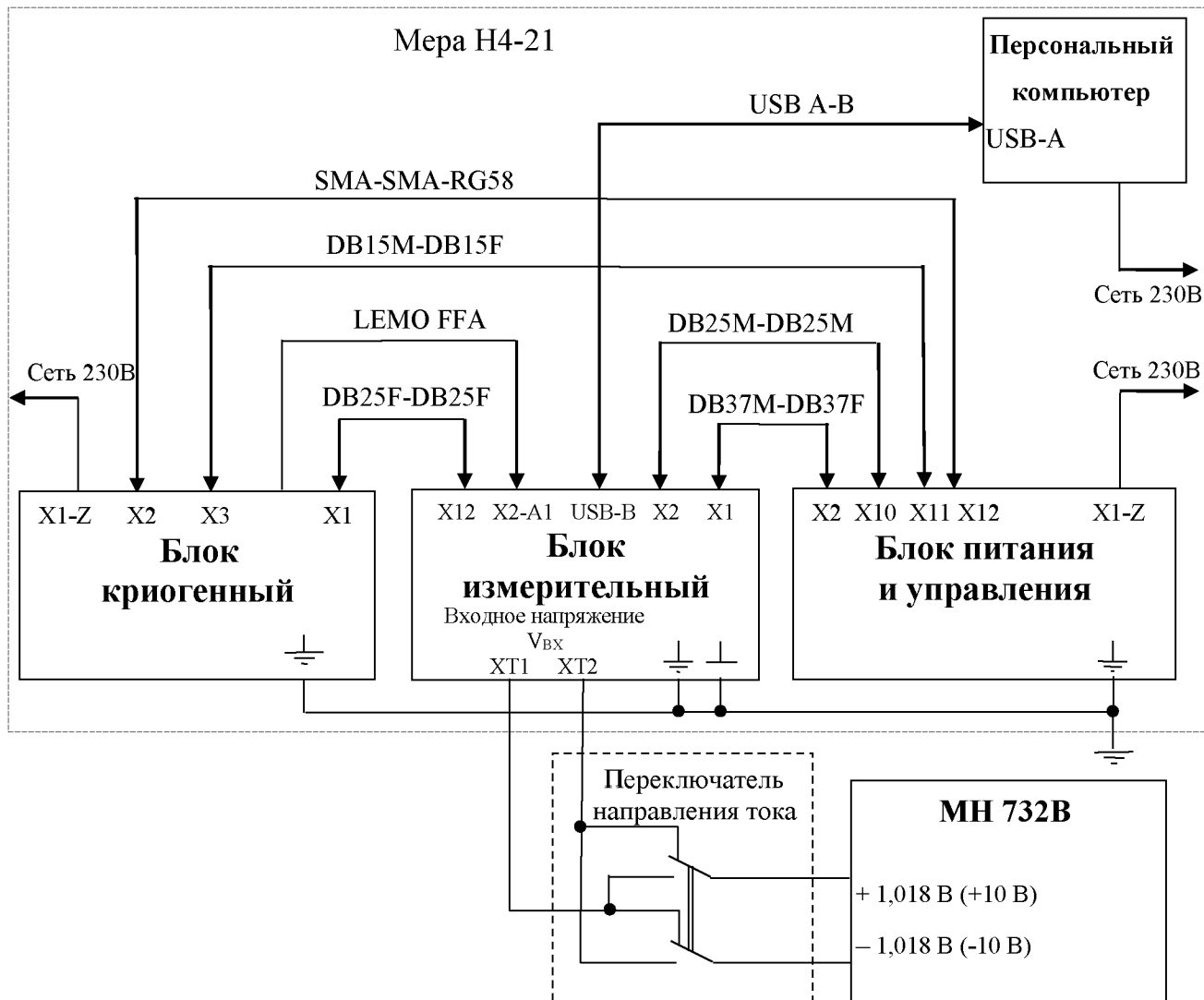


Рисунок 36 – Структурная схема соединений приборов при поверке

6.7.5.1.2 Выполнить установку рабочих параметров (настройку и калибровку) Н4-21 в соответствии с п.п. 5.2.7-5.2.41 настоящего руководства.

6.7.5.1.3 Выставить выходное напряжение меры Н4-21 равным + 1,025 В, выполнив п.п. 5.2.43 настоящего руководства.

6.7.5.1.4 Соединить переключатель направления тока с выходом «1,018 В» МН 732В.

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ЯНТИ.411631.004РЭ

Лист

42

Таблица 6.3 Результаты измерений МН 732В (место проведения измерений)

Дата	Напряжение МН 732В $V_1$ , В	Напряжение МН 732В $V_{10}$ , В	Температура, °С	Давление, кПа	Влажность, %	Контрольное сопротивление, кОм

6.7.5.1.5 Включить режим «Сличение» меры Н4-21, выполнив п. 5.3.3 настоящего руководства. Откроется окно «Сличение» (рисунок 28).

6.7.5.1.6 Включить предел компаратора меры Н4-21 «12,5 мВ», выполнив п. 5.3.4.

6.7.5.1.7 Выбрать число измерений «10» (рисунок 32).

6.7.5.1.8 Включить компаратор меры Н4-21, выполнив п. 5.3.5.

6.7.5.1.9 Наблюдая за диаграммой изменения разности напряжений  $V_{Н4-21} - V_{МН 732В}$  дождаться окончания переходных процессов и нажать кнопку «Измерить+» (рисунок 32).

6.7.5.1.10 Откроется окно с предложением «Сохранить результат, повторить или завершить». Нажать «Сохранить».

6.7.5.1.11 Выключить компаратор меры Н4-21, выполнив п. 5.3.16.

6.7.5.1.12 Изменить полярность выходного напряжения меры Н4-21 на отрицательную, выполнив п. 5.3.18.

6.7.5.1.13 Выполнить реверс полярности МН 732В с помощью переключателя направления тока.

6.7.5.1.14 Включить компаратор меры Н4-21.

6.7.5.1.15 Наблюдая за диаграммой изменения разности напряжений  $V_{Н4-21} - V_{МН 732В}$  дождаться окончания переходных процессов и нажать кнопку «Измерить-».

6.7.5.1.16 Откроется окно с предложением «Сохранить результат, повторить или завершить». Нажать «Сохранить».

6.7.5.1.17 Повторно нажать кнопку «Измерить-» и далее нажать «Сохранить».

6.7.5.1.18 Выключить компаратор меры Н4-21.

6.7.5.1.19 Изменить на положительную полярность выходного напряжения меры Н4-21.

Изн. № полл.	Подпись и дата	Изн. № дубл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Изн. № полл.

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		43

- 6.7.5.1.20 Переключатель направления тока поставить в положительном направлении.
- 6.7.5.1.21 Включить компаратор меры Н4-21.
- 6.7.5.1.22 Наблюдая за диаграммой изменения разности напряжений  $V_{Н4-21} - V_{МН 732В}$  дождаться окончания переходных процессов и нажать кнопку «Измерить +».
- 6.7.5.1.23 Откроется окно с предложением «Сохранить результат, повторить или завершить». Нажать «Сохранить».
- 6.7.5.1.24 Нажать кнопку «Вычислить без ТЭДС» (рисунок 34).
- 6.7.5.1.25 Считать с индикатора « $V_{Внеш}$ » меры Н4-21 (рисунок 35) вычисленное без термо-ЭДС значение напряжения МН 732В и записать как «Напряжение МН 732В  $V_1$ » в таблицу 6.3 в соответствующей ячейке первой строки.
- 6.7.5.1.26 Выключить компаратор меры Н4-21.
- 6.7.5.1.27 Соединить переключатель направления тока с выходом «10 В» МН 732В.
- 6.7.5.1.28 Выставить выходное напряжение меры Н4-21 равным + 10 В, выполнив п.п. 5.2.43.
- 6.7.5.1.29 Включить компаратор меры Н4-21.
- 6.7.5.1.30 Если значение разности напряжений  $V_{Н4-21} - V_{МН 732В}$  не превышает 150 мкВ, то перейти на чувствительный предел «150  $\mu$ V».
- 6.7.5.1.31 Выполнить п.п. 6.7.5.1.9 – 6.7.5.1.24 для напряжений 10 В.
- 6.7.5.1.32 Считать с индикатора « $V_{Внеш}$ » меры Н4-21 (рисунок 35) вычисленное без термо-ЭДС значение напряжения МН 732В и записать как «Напряжение МН 732В  $V_{10}$ » в таблицу 6.3 в соответствующей ячейке первой строки.
- 6.7.5.1.33 Записать в таблицу 6.3 также параметры окружающей среды и сопротивление термистора МН 732В.
- 6.7.5.1.34 В течение суток выполнить 2-ую установку рабочих параметров (настройку и калибровку) меры Н4-21 (п.п. 5.2.8-5.2.41 настоящего руководства) и провести 2-ой цикл измерений, выполняя п.п. 6.7.5.1.2 – 6.7.5.1.33.
- 6.7.5.1.35 Провести описанные выше измерения еще три раза в течение недели и занести в таблицу 6.3.
- 6.7.5.1.36 Оформить протокол измерений и приложить его к мере МН 732В, направляемой для измерений по государственному первичному эталону (ГПЭ) во ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».
- 6.7.5.1.37 Во ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» провести вторую серию измерений МН 732В с помощью ГПЭ ГЭТ 13-01. Результаты занести в таблицу по форме 6.3.

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		44

6.7.5.1.38 Доставить МН 732В к месту содержания и применения меры Н4-21 и провести третью серию измерений с помощью Н4-21: выполнить п.п. 6.7.5.1.1 – 6.7.5.1.35. Результаты занести в таблицу по форме 6.3. Оформить протокол измерений и направить его во ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».

6.7.5.1.39 Определение метрологических характеристик меры Н4-21 проводится по методике, изложенной в Правилах содержания и применения ГЭТ 13-01. Используя данные трёх серий измерений МН 732В (таблицы по форме 6.3), определяется относительная нестабильность выходного напряжения меры Н4-21 для двух номинальных значений напряжения.

6.7.5.1.40 Относительное значение среднеквадратического отклонения (СКО) выходного напряжения меры Н4-21 при проведении измерений вычисляют по данным измерений МН 732В таблиц по форме 6.3.

6.7.5.1.41 Результаты расчетных значений относительной нестабильности и значений относительного среднеквадратического отклонения при номинальных напряжениях 1,025 и 10 В заносят в таблицу 6.4.

Таблица 6.4 Результаты измерений

Номинальное напряжение МН 732В, В	Номинальное напряжение меры Н4-21, В	Относительная нестабильность напряжения меры Н4-21 $\delta_{МЭ} \times 10^{-7}$	Относительное значение среднеквадратического отклонения, $S_{МЭ} \times 10^{-8}$
1,018 В	1,025		
10 В	10		

6.7.5.1.42 Результаты проверки считают положительными, если

- значения относительной нестабильности воспроизводимых напряжений 1,025 В и 10 В не превышает  $\pm 2 \cdot 10^{-7}$ ;

- значение относительного среднеквадратического отклонения воспроизводимых напряжений не превышают  $\pm 5 \cdot 10^{-8}$ .

6.7.5.1.43 В случае, если эксплуатирующая меру Н4-21 организация не располагает МН 732В с указанными в таблице 6.2 техническими характеристиками, то меру Н4-21 необходимо доставить во ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» для выполнения поверки по указанной ниже методике.

Ив. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата
-------------	----------------	--------------	-------------	----------------

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		45

6.7.5.2 Методика поверки №2. Определение метрологических характеристик Н4-21 с использованием Государственного первичного эталона единицы напряжения–вольта ГЭТ 13-01.

6.7.5.2.1 Соединить меру Н4-21 и средства поверки по структурной схеме в соответствии с рисунком 37.

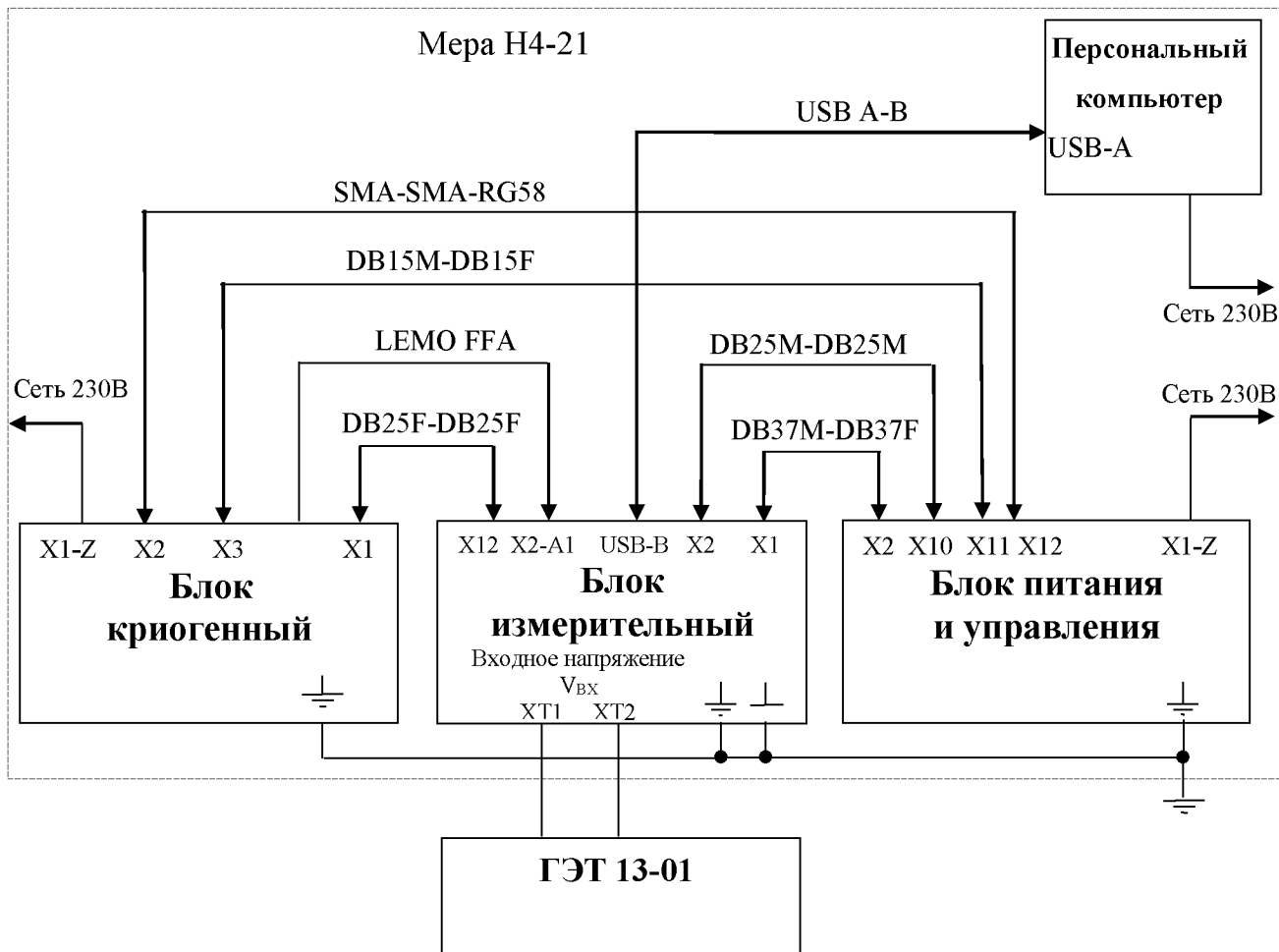


Рисунок 37 – Структурная схема соединений приборов при поверке с использованием ГЭТ 13-01

6.7.5.2.2 Выполнить установку рабочих параметров (настройку и калибровку) меры Н4-21 в соответствии с п.п. 5.2.7-5.2.41 настоящего руководства.

6.7.5.2.3 Выставить выходное напряжение меры Н4-21 плюс 1 В, выполнив п.п.5.2.43 настоящего руководства.

6.7.5.2.4 Считать с индикатора «Измеренное выходное напряжение» меры Н4-21 (рисунок 9) значение её выходного напряжения и записать как  $V_M$  в соответствующей ячейке первой строки таблицы 6.5

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата

Изн. № полл.	Изн. № дубл.	Взам. инв. №	Изн. № полл.	Изн. № дубл.
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ЯНТИ.411631.004РЭ

Таблица 6.5 Результаты измерений воспроизводимого мерой Н4-21 напряжения с номинальным значением \_\_\_\_, цикл № \_\_ от \_\_. \_\_. \_\_\_\_ г.

№ пп	Разность напряжений, $\Delta V_+$ , нВ	Разность напряжений, $\Delta V_-$ , нВ	Разность напряжений, $\Delta V_{\Sigma}$ , нВ	Напряжение меры Н4-21, $V_M$ , В	Напряжение меры Н4-21, $V_{MЭ}$ , В	Относительная разность напряжений, $\delta_{MЭ}$ , $\times 10^{-7}$
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
Значение относительной нестабильности $\delta_{MЭ-ср}$ , $\times 10^{-7}$						
Относительное значение среднеквадратического отклонения, $S_{MЭ}$ , $\times 10^{-8}$						

6.7.5.2.5 Измерить с помощью ГЭТ 13-01 разность напряжений  $V_{Н4-21} - V_{ГПЭ}$  и записать в таблицу 6.5 как  $\Delta V_+$ .

6.7.5.2.6 Изменить полярность выходного напряжения меры Н4-21 на отрицательную, выполнив п. 5.3.18.

6.7.5.2.7 Измерить с помощью ГЭТ 13-01 разность напряжений  $V_{Н4-21} - V_{ГПЭ}$  и записать в таблицу 6.5 как  $\Delta V_-$ .

6.7.5.2.8 Вычислить среднее значение разности напряжений  $V_{Н4-21} - V_{ГПЭ}$

$$\Delta V_{\Sigma} = (\Delta V_+ - \Delta V_-)/2$$

и записать в таблицу 6.5.

6.7.5.2.9 Вычислить значение напряжения меры Н4-21, измеренное с помощью ГЭТ 13-01

$$V_{MЭ} = \Delta V_{\Sigma} + V_{ГПЭ},$$

где  $V_{ГПЭ}$  – значение напряжения эталона ГЭТ 13-01,

и записать в таблицу 6.5.

6.7.5.2.10 Рассчитать относительное значение разности напряжений  $V_{Н4-21} - V_{ГПЭ}$

$$\delta_{MЭ} = (V_M - V_{MЭ})/V_{MЭ},$$

и записать в таблицу 6.5.

Изн. № полл.	Подпись и дата
	Взам. инв. №
	Изн. № дубл.
Изн. № полл.	Подпись и дата
	Взам. инв. №
Изн. № полл.	Подпись и дата

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		47



6.7.5.2.11 Измерения и вычисления по п.п. 6.7.5.2.3 - 6.7.5.2.10 повторить 9 раз и результаты занести в таблицу 6.5.

6.7.5.2.12 Вычислить значение относительной нестабильности напряжения меры Н4-21, измеренное с помощью ГЭТ 13-01

$$\delta_{МЭ\_ср} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \delta_{МЭi}$$

и записать в таблицу 6.5.

6.7.5.2.13 Вычислить относительное среднеквадратическое отклонение воспроизводимого напряжения меры Н4-21, измеренное с помощью ГЭТ 13-01

$$S_{МЭ} = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} \frac{(\delta_{МЭi} - \delta_{МЭ\_ср})^2}{9}}$$

и записать в таблицу 6.5.

6.7.5.2.14 Выполнить п.п. 6.7.5.2.3 – 6.7.5.2.13 для номинальных напряжений 1,025 В и 10 В. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу, аналогичную таблице 6.5.

6.7.5.2.15 Провести установку рабочих параметров меры Н4-21 и 2-ой цикл измерений, выполняя п.п. 6.7.5.2.2 – 6.7.5.2.14.

6.7.5.2.16 Результаты занести в ячейки таблиц по форме 6.5 для 2-го цикла измерений соответственно.

6.7.5.2.17 Результаты расчетных значений относительной нестабильности и значений относительного среднеквадратического отклонения из таблиц по форме 6.5 занести в таблицу 6.6.

Таблица 6.6 Результаты измерений

Номинальное напряжение меры Н4-21, В	Относительная нестабильность меры Н4-21, $\delta_{МЭ} \times 10^{-7}$	Относительное среднеквадратическое отклонение, $S_{МЭ} \times 10^{-8}$
1,0		
1,025		
10		

6.7.5.2.18 Результаты проверки считают положительными, если

- значения относительной нестабильности воспроизводимых напряжений при номинальных значениях 1 В, 1,025 В и 10 В не превышает  $\pm 2 \cdot 10^{-7}$ ;

- значения относительного среднеквадратического отклонения воспроизводимых мерой Н4-21 напряжений 1 В, 1,025 В и 10 В не превышают  $\pm 5 \cdot 10^{-8}$ .

Изн. № дубл.	Изн. № полл.	Взам. инв. №	Подпись и дата	Подпись и дата
--------------	--------------	--------------	----------------	----------------

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		48

## 6.8 Оформление результатов поверки

6.8.1 Положительные результаты поверки оформляют «Свидетельством о поверке».

6.8.2 В случае отрицательных результатов поверки оформляют извещение о непригодности меры Н4-21.

6.8.3 На основании свидетельства о поверке или извещения о непригодности от ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» организация-собственник меры Н4-21 вносит соответствующую запись в формуляр прибора.

6.8.4 Мера Н4-21, пригодная к восстановлению, направляется в ремонт, а не подлежащая ремонту, изымается из эксплуатации.

После ремонта мера Н4-21 подлежит первичной поверке.

## 7 Хранение

7.1 Мера Н4-21 допускает хранение до 10 лет в условиях отапливаемого хранилища.

7.2 Условия хранения должны соответствовать ГОСТ 22261.

Для отапливаемых хранилищ:

- температура окружающего воздуха от плюс 5 до плюс 40 °С;
- относительная влажность воздуха до 80 % при температуре плюс 25 °С.

7.3 В помещениях для хранения не должно быть пыли, паров кислот и щелочей, вызывающих коррозию.

7.4 При длительном хранении меры Н4-21 в выключенном состоянии (более полугода) необходимо раз в полгода включать меру напряжения на 1 сутки для подзарядки встроенных аккумуляторных батарей, выполнив п.п. 4.3.2, 5.2.2-5.2.5. Затем выполнить полное выключение меры Н4-21.

## 8 Транспортирование

8.1 Климатические условия транспортирования не должны выходить за пределы заданных предельных условий:

- температура окружающего воздуха от минус 25 до плюс 55 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха 95 % при температуре плюс 25 °С.

8.2 Мера Н4-21 допускает транспортирование всеми видами транспорта в упаковке при условии защиты от прямого воздействия атмосферных осадков.

Изн. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подпись и дата
--------------	----------------	--------------	--------------	----------------

					<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		49

8.3 Перед транспортированием меры Н4-21 повторное упаковывание производится в соответствии с п.4.2.

8.4 При транспортировании не допускается кантование груза.

## 9 Маркирование и пломбирование

9.1 Наименование и условное обозначение блока питания и управления, блока измерительного и блока криогенного меры Н4-21, товарный знак предприятия-изготовителя нанесены на лицевой панели, заводской номер и дата изготовления нанесены на задней панели.

9.2 Составные части меры Н4-21 имеют пломбу в соответствии с конструкторской документацией на них.

Изн. № полл.	Подпись и дата				Изн. № дубл.	Подпись и дата	
	Взам. инв. №						
	Изн. № дубл.						
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	ЯНТИ.411631.004РЭ		Лист
							50

**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	№ докум.	Входящий № сопроводительного докум. и дата	Подп.	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					

Изм. № полл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	<b>ЯНТИ.411631.004РЭ</b>	Лист
						51