

СТАНДАРТ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ ВОДОРОДНЫЙ Ч1-1033

Руководство по эксплуатации

ЯКУР.411141.038РЭ

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Содержание

1	Нормативные ссылки	3
2	Определения, обозначения и сокращения	4
3	Требования безопасности	5
4	Описание прибора и принципов его работы	6
4.1	Описание и работа прибора.....	6
4.2	Технические характеристики	9
4.3	Состав прибора	12
4.4	Устройство и работа прибора	13
4.5	Описание и работа основных устройств и узлов СЧВ	14
5	Подготовка прибора к работе.....	24
5.1	Эксплуатационные ограничения	24
5.2	Распаковывание и повторное упаковывание прибора.....	24
5.3	Меры безопасности	26
5.4	Подготовка к работе.....	26
6	Порядок работы.....	27
6.1	Меры безопасности при работе с прибором.....	27
6.2	Расположение органов управления и подключения прибора	27
6.3	Указания по включению	29
6.4	Порядок проведения измерений	29
7	Проверка прибора.....	30
8	Техническое обслуживание.....	31
8.1	Общие указания.....	31
8.2	Меры безопасности при техническом обслуживании	31
8.3	Порядок технического обслуживания.....	31
8.4	Проверка работоспособности изделия	32
8.5	Консервация.....	33
9	Текущий ремонт	34
10	Хранение	35
11	Транспортирование	36
12	Тара и упаковка	37
13	Маркирование и пломбирование	38
	Приложение А_(справочное)_Габаритные размеры прибора и упаковки	39

Приложение Б (обязательное) Инструкция пользователя ЯКУР.411141.038РЭ1
 Приложение В (обязательное) Методика проверки ЯКУР.411141.038РЭ2

Перв. примен.													
Справ. №													
Подп. и дата													
Изн. № дубл.													
Взамен инв. №													
Подп. и дата													
Изн. № подл.	Разраб.	Воронцов				ЯКУР.411141.038РЭ							
	Пров.	Воронцов				Стандарт частоты и времени Водородный Ч1-1033 Руководство по эксплуатации					Лит.	Лист	Листов
	Согл.				2						41		
	Н. контр.	Киселева											
	Утв.	Пастухов											

2 Определения, обозначения и сокращения

В настоящем руководстве применены следующие сокращения:

АПЧ – автоматическая подстройка частоты;

АНР – автоматическая настройка частоты резонатора;

ВГ – водородный генератор;

ГВЧ – генератор высокой частоты;

ЕТО – ежедневное техническое обслуживание;

КО – контрольный осмотр;

НКА – навигационные космические аппараты;

ПЧ – промежуточная частота;

СВЧ – сверхвысокочастотный;

СКДО – среднее квадратическое относительное случайное двухвыборочное отклонение результата измерения параметра сигнала;

ТТЛ – транзисторно-транзисторная логика;

ТО-1 – техническое обслуживание №1;

ТО-2 – техническое обслуживание №2;

ФАПЧ – фазовая автоматическая подстройка частоты;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЯКУР.411141.038РЭ

Лист
4

3 Требования безопасности

По способу защиты человека от поражения электрическим током прибор относится к оборудованию класса I ГОСТ 12.2.007.0.

Перед началом работы необходимо внимательно изучить Руководство по эксплуатации.

При эксплуатации прибора вилку сетевого кабеля необходимо подключать к розетке, имеющей контакт защитного заземления. При отсутствии в сети защитного заземления необходимо заземлять прибор через клемму защитного заземления на задней панели прибора. При этом подсоединение защитного заземления должно проводиться до включения приборной вилки в сеть. При использовании прибора совместно с другими приборами или включении его в состав установки необходимо заземлить все приборы.

Для исключения влияния статического электричества все последующие соединения прибора необходимо производить только при наличии заземления.

В процессе ремонта при проверке режимов элементов нельзя допускать прикосновения к токонесущим элементам, так как в приборе имеются опасные напряжения 220В и 3,5кВ.

Замена деталей должна производиться только при обесточенном приборе.

ВНИМАНИЕ!

Под потенциалом 3,5кВ относительно корпуса прибора находятся цепи питания магниторазрядных насосов, отмеченные знаком опасного напряжения – .

Ремонт и эксплуатация прибора должны производиться квалифицированным персоналом, имеющим допуск к работе при проведении ремонта с напряжением свыше 1000В, а при эксплуатации – имеющим допуск до 1000В.

ВНИМАНИЕ! Работа с прибором без защитного заземления не допускается.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411141.038РЭ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

4 Описание прибора и принципов его работы

4.1 Описание и работа прибора

4.1.1 **Прибор должен находиться в выключенном состоянии не более 30 суток (см. раздел 8 Техническое обслуживание пп.8.3.5 и 8.3.6 настоящего Руководства по эксплуатации).**

4.1.2 Назначение прибора:

Стандарт частоты и времени водородный предназначен для формирования высокостабильных, высокоточных по частоте спектрально чистых синусоидальных сигналов 5; 10; 100 МГц и импульсных сигналов 1 Гц для проведения время-частотных измерений;

Основные области применения:

в метрологии при работе в системах хранения и воспроизведения размера единицы времени и частоты;

в аппаратуре навигационных систем;

радиоастрономия, научные исследования.

Прибор может использоваться в составе автоматизированных измерительных комплексов посредством подключения его к локальной вычислительной сети (ЛВС). Предусмотрена возможность дистанционного управления стандартом и диагностики его состояния через линии связи и Internet.

Внешний вид прибора показан на рисунке 1.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411141.038РЭ	Лист
						6



Рисунок 1 – Внешний вид стандарта частоты и времени водородного

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЯКУР.411141.038РЭ

Лист

7

4.1.3 По условиям эксплуатации прибор удовлетворяет требованиям, предъявляемым к аппаратуре группы 1.1 климатического исполнения УХЛ ГОСТ РВ 20.39.304-98 с диапазоном рабочих температур от плюс 5°C до плюс 30 °С.

4.1.4 Нормальные условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха, °С20±5;
- относительная влажность окружающего воздуха, %.....от 30 до 80;
- атмосферное давление, кПа (мм рт.ст.).....от 84 до 106 (от 630 до 795);
- напряжение питающей сети, В.....220±4,4;
- внешний источник постоянного тока напряжением (22–30) В.

4.1.5 Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающей среды от плюс 5 до плюс 30 °С;
- относительная влажность воздуха до 90 % при температуре плюс 30 °С;
- напряжение сети (220±22) В;
- внешний источник постоянного тока (аккумулятор) напряжением (22–30) В;
- атмосферное давление от 60 до 106 кПа (от 450 до 795 ммрт.ст.).

4.1.6 Предельные условия эксплуатации прибора:

- температура окружающей среды от минус 30 до плюс 50 °С;
- относительная влажность воздуха до 90 % при температуре плюс 25 °С;
- механические удары многократного действия (при транспортировании в упакованном виде) с пиковым ударным ускорением до 150 м/с² (15g) с длительностью импульса воздействия от 5 до 10 мс.

4.1.7 Напряжение промышленных радиопомех, создаваемых прибором, не превышает норм группы 1.1.2 ГОСТ В 25803-91, при использовании кривой 3 для напряжения радиопомех в полосе от 0,15 МГц до 100 МГц включительно. Расстояние до измерительной антенны при измерении напряженности поля радиопомех – 10 м, в полосе частот от 30 МГц до 1000 МГц включительно.

4.1.8 По требованиям безопасности эксплуатации прибор соответствует ГОСТ РВ 20.39.309-98 и ГОСТ 12.2.091-2012, степень загрязнения 2, категория измерения I. Прибор соответствует требованиям ГОСТ Р 51522-99 по параметрам электромагнитной совместимости.

4.1.9 При питании прибора от источника резервного (аккумуляторного) питания постоянного тока 27 В, условия эксплуатации по электромагнитной обстановке соответствуют классу 0 по ГОСТ 51317.4.5-99.

4.1.10 Если прибор не эксплуатируется или находится на хранении, то периодически (один раз в месяц) приборы должны извлекаться из упаковки, включаться

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

в сеть для запуска магниторазрядных насосов квантового генератора на 4 часа. Через 1 час после включения прибора ток высоковольтного источника не должен превышать 100 мкА. Если ток не становится меньше 100 мкА, то прибор направляется в ремонт.

Запись прибора при его заказе

Стандарт частоты и времени водородный Ч1-1033 ЯКУР.411141.038

4.2 Технические характеристики

4.2.1 Номинальные значения частот выходных сигналов:

- синусоидальные 5 МГц; 10 МГц и 100 МГц;
- импульсные 1 Гц (шкала времени).

4.2.2 Среднеквадратические значения напряжения выходных синусоидальных сигналов 5 МГц; 10 МГц и 100 МГц на нагрузке $(50 \pm 0,3)$ Ом составляют $(1 \pm 0,2)$ В.

4.2.3 Выходной импульсный сигнал с частотой 1 Гц (шкала времени) имеет следующие параметры:

- полярность положительная;
- амплитуда импульсов не менее 2,5 В и не более 5 В на нагрузке $(50 \pm 0,3)$ Ом;
- длительность импульсов 15 ± 5 мкс;
- длительность фронта импульсов не более 3 нс;
- нестабильность фронта импульсов – не более 0,1 нс.

4.2.4 Относительная погрешность прибора по частоте при выпуске не более $\pm 2,0 \cdot 10^{-13}$.

4.2.5 Относительная погрешность прибора по частоте на интервале непрерывной работы 2 года не более $\pm 1 \cdot 10^{-12}$.

4.2.6 Нестабильность частоты (случайное относительное среднеквадратическое двухвыборочное отклонение результатов измерения частоты (СКДО)) выходных сигналов 5 МГц, 10 МГц и 100 МГц не более значений, приведенных в таблице 1.

Таблица 1 – Нестабильность частоты выходных сигналов 5, 10 и 100 МГц.

Интервал времени измерения, τ	Нестабильность частоты, СКДО	Полоса пропускания компаратора, Гц	Примечание
1 с	$1,5 \cdot 10^{-13}$	3	
10 с	$2,5 \cdot 10^{-14}$	3	
100 с	$7,0 \cdot 10^{-15}$	3 или 10	*
1 час	$2,0 \cdot 10^{-15}$	3 или 10	*
1 сутки	$5,0 \cdot 10^{-16}$	3 или 10	*

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

*Примечание – Значения нестабильности гарантируются при изменении температуры окружающей среды в пределах $\pm 0,1$ °С в рабочем диапазоне температур со скоростью не более 0,3 °С/час. Нестабильность частоты на интервале времени усреднения 1 сутки приведена за вычетом относительного среднего изменения частоты.

4.2.7 Относительное среднее (систематическое) изменение частоты за 1 сутки (дрейф) не более $\pm 2,0 \cdot 10^{-16}$ при времени наработки стандарта $T=9000$ ч.

4.2.8 Дополнительное относительное изменение частоты при изменении температуры окружающей среды на 1 °С в диапазоне рабочих температур не более $\pm 1,0 \cdot 10^{-15}$.

4.2.9 Дополнительная относительная погрешность по частоте при изменении внешнего магнитного поля не более $\pm 1,0 \cdot 10^{-14}$ /Эрстед.

4.2.10 Диапазон коррекции частоты $1,0 \cdot 10^{-10}$ при разрешающей способности коррекции $1,0 \cdot 10^{-16}$.

4.2.11 Выходной импульсный сигнал частотой 1 Гц (шкала времени) синхронизируются импульсами с параметрами:

- полярность импульса – положительная;
- период следования – 1 с;
- амплитуда импульсов – не менее 2,5 В и не более 5 В на нагрузке $(50 \pm 0,3)$ Ом;
- длительность импульсов – не менее 1 мкс;
- длительность фронта импульсов – не более 50 нс;
- погрешность синхронизации – не более ± 25 нс.

4.2.12 Уровень гармонических составляющих в спектре выходного сигнала 5 МГц не более минус 30 дБ.

4.2.13 Уровень негармонических составляющих в спектре выходного сигнала 5 МГц не более минус 100 дБ.

4.2.14 Спектральная плотность мощности фазовых шумов в спектре выходного сигнала 5 МГц в одной боковой полосе не более:

при отстройке 10 Гц	минус 130 дБ/Гц;
при отстройке 100 Гц	минус 140 дБ/Гц;
при отстройке 1 кГц	минус 155 дБ/Гц;
при отстройке 10 кГц	минус 155 дБ/Гц

4.2.15 Прибор обеспечивает:

- контроль напряжений: высоковольтного источника, источника питания очистителя, питания ГВЧ, внешнего резервного источника питания;

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

- контроль токов: высоковольтного источника, очистителя, ГВЧ;

- контроль давления в источнике водорода.

4.2.16 Управление режимами работы и контроль параметров прибора производится с помощью персонального компьютера и программного обеспечения стандарта частоты и времени водородного. Связь прибора и компьютера осуществляется через стандартный интерфейс RS-232C.

4.2.17 Прибор содержит встроенный частотный компаратор для сличений с частотой стандарта внешних сигналов номинальной частоты 5; 10; 100 МГц.

Вносимая компаратором нестабильность частоты (среднее квадратическое относительное случайное двухвыборочное отклонение результата измерений частоты, СКДО, в полосе пропускания флуктуаций 10 Гц) не более значений, приведенных в таблице 2:

Таблица 2

Интервал времени измерения, τ	Вносимая нестабильность частоты (полоса пропускания флуктуаций 10 Гц),
1 с	$1,0 \cdot 10^{-13}$
10 с	$1,0 \cdot 10^{-14}$
100 с	$1,5 \cdot 10^{-15}*$
1 час	$5,0 \cdot 10^{-16}*$

*Примечание – значения нестабильности гарантируются при изменении температуры окружающей среды в пределах $\pm 0,1$ °С в рабочем диапазоне температур.

4.2.18 Прибор обеспечивает свои технические характеристики через 10 суток после включения с учетом времени прогрева термостатов кварцевого генератора и водородного генератора или через 24 часа при прогретых термостатах.

Относительная погрешность воспроизведения частоты (от включения к включению) не более $\pm 5 \cdot 10^{-14}$.

4.2.19 Прибор допускает круглосуточную непрерывную работу в рабочих условиях с сохранением своих технических характеристик.

4.2.20 Средняя наработка прибора на отказ – не менее 20000 часов.

4.2.21 Гамма-процентный ресурс – не менее 10000 часов при $\gamma=95$ %.

4.2.22 Гамма-процентный срок службы – не менее 10 лет при $\gamma=95$ %.

4.2.23 Гамма-процентный срок сохраняемости – не менее 10 лет для отапливаемых хранилищ при $\gamma=95$ %.

4.2.24 Среднее время восстановления – не более 24 часов.

4.2.25 Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением (220 ± 22) В с частотой (50 ± 1) Гц или от источника постоянного тока напряжением

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Подп. и дата
Инд. № дубл.	Подп. и дата

(22-30) В. При пропадании сети 220 В прибор автоматически переключается на работу от источника постоянного тока напряжением (22–30) В.

4.2.26 Мощность, потребляемая прибором от сети питания переменного тока при номинальном напряжении не более 150 В·А, а от источника постоянного тока напряжением 27 В не более 120 Вт.

4.2.27 Масса прибора не более 105 кг; в транспортной таре – не более 190 кг.

4.2.28 Габаритные размеры прибора по ширине, высоте и глубине – 550×1010×550 мм.

4.3 Состав прибора

4.3.1 Состав комплекта поставки прибора приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Состав комплекта поставки прибора

Наименование, тип	Обозначение	Кол-во	Примечание
1	2	3	4
1 Стандарт частоты и времени водородный	ЯКУР.411141.038	1	
2 Кабель питания 220 В		1	
3 Кабель интерфейсный	ЯКУР.685670.026-01	1	RS-232C
4 Переход интерфейсный	UC232R-10	1	USB-RS232
5 Комплект ЗИП-О стандарта частоты и времени в составе:			
5.1 Розетка 2РМ14КПН4Г1В1	ГЕ0.364.126 ТУ	2	Подключение к источнику питания (22–30) В
5.2 Вставка плавкая	ВП2Б-1В 2 А 250 В АГО.481.304ТУ	2	
5.3 Вставка плавкая	ВП2Б-1В 3,15 А 250 В АГО.481.304ТУ	2	
5.4 Вставка плавкая	ВП2Б-1В 5 А 250 В АГО.481.304ТУ	2	
5.5 Вставка плавкая	ВП1Б-1В 1 А 250 В АГО.481.304ТУ	2	
5.6 Вставка плавкая	ВП1Б-1В 2 А 250 В АГО.481.304ТУ	2	
6 Руководство по эксплуатации	ЯКУР.411141.038РЭ	1	
7 Формуляр	ЯКУР.411141.038ФО	1	
8 Программное обеспечение стандарта частоты и времени водородного	RU.ЯКУР.00108-01	1	На CD-диске
9 Упаковка	ЯКУР 411915.023	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

4.4 Устройство и работа прибора

4.4.1 СЧВ в полной конфигурации имеет структуру, изображенную на рисунке 2.

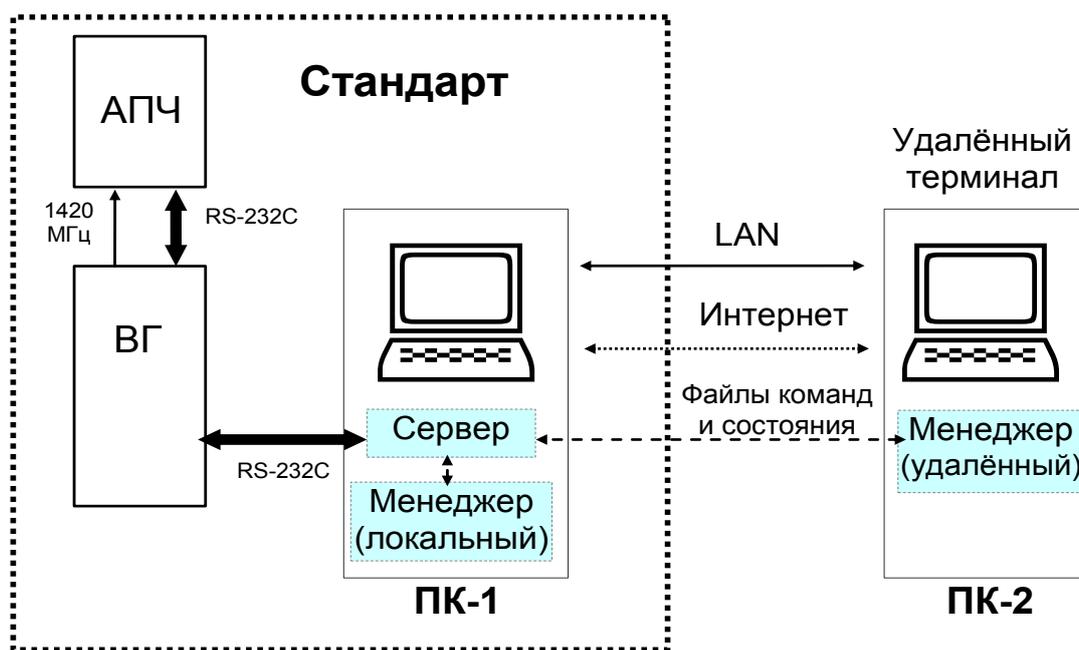


Рисунок 2 – Конфигурация стандарта с удалённым терминалом пользователя

Здесь выделены следующие блоки:

Стандарт – водородный стандарт частоты;

Удалённый терминал – удаленный терминал пользователя ПК-2.

Стандарт состоит из следующих основных блоков:

ВГ–Водородный генератор –квантовая часть с относящимися к ней блоками (блок управления термостатами, стабилизатор пучка, высоковольтный блок для питания магниторазрядных насосов, ВЧ-генератор для диссоциации молекулярного водорода) и микропроцессорное устройство, обеспечивающее управление и контроль работы блоков водородного генератора;

АПЧ–блок автоматической подстройки частоты (синхронизации) – радиоэлектронная система формирования эталонных сигналов частоты и времени;

ПК-1–местный управляющий терминал, содержащий программу сервер и программу менеджер.

Удаленный терминал пользователя ПК-2 содержит только программу менеджер.

Терминалы ПК-1 и ПК-2 обеспечивают:

- генерацию команд управления стандартом;
- обработку данных, характеризующих режим работы стандарта;

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

- управление настройкой резонансной частоты СВЧ резонатора на вершину спектральной линии излучения водорода;

- диалоговый режим управления стандартом через экранный интерфейс пользователя.

На рисунке 2 указаны два возможных способа соединения терминалов, обеспечивающие функцию удаленного управления стандартом:

- локальная;

- глобальная (Интернет) сеть.

Управление стандартом по выбору пользователя может осуществляться с местного терминала ПК-1 или (и) с удалённого терминала ПК-2.

4.4.2 Принцип работы СЧВ

Принцип действия стандарта частоты и времени водородного основан на фазовой синхронизации сигнала локального кварцевого генератора по сигналу, генерируемому водородным мазером.

Основной причиной, определяющей нестабильность частоты стандарта на длительных интервалах времени (более 1 суток), является нестабильность резонансной частоты СВЧ резонатора (далее – частота резонатора). Поэтому для обеспечения нестабильности частоты (СКДО) для интервала времени измерения 1 сутки необходима система автоматической подстройки частоты резонатора на вершину спектральной линии излучения водорода (система АНР).

Для обеспечения требований к выходным сигналам в стандарте реализована система регулирования, выполняющая две основные функции:

- автоматическую подстройку выходной частоты стандарта 5; 10; 100 МГц по сигналу водородного мазера;

- автоматическую настройку частоты резонатора на вершину спектральной линии излучения водорода.

4.5 Описание и работа основных устройств и узлов СЧВ

4.5.1 Водородный генератор

Основой водородного генератора является водородный мазер, где осуществляется генерация высокостабильного сигнала с частотой 1420,405 МГц и мощностью порядка 10^{-13} Вт. Схематический чертеж водородного мазера изображен на рисунке 3.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Инв. № подл.	Подп. и дата			
Взамен инв. №	Инв. № дубл.			
Подп. и дата	Подп. и дата			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

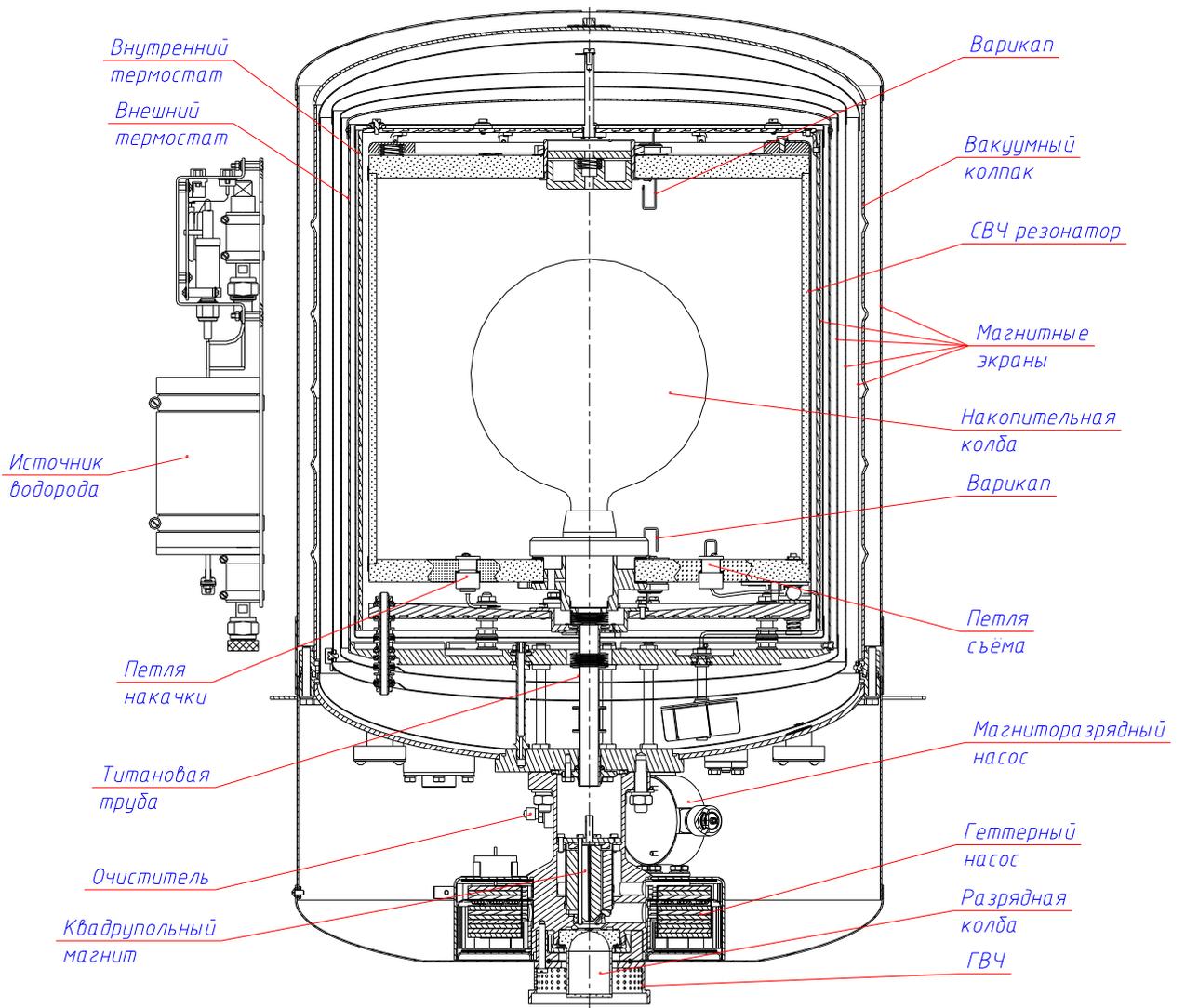


Рисунок 3 – Водородный мазер

Водородный мазер состоит из следующих основных элементов:

- СВЧ резонатора с накопительной колбой. Частота резонатора изменяется варикапом, на который подается управляющее напряжение, формируемое цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП) блока ВГ. Управляющий код для ЦАП формируется микропроцессором того же блока на основании команд, поступающих из ПК-1;

- системы формирования пучка возбужденных атомов водорода, осуществляющих излучение сигнала в СВЧ резонаторе.

Кроме собственно лазера в состав блока ВГ входит собственный микропроцессор, цепи управления и питания.

Пучок атомов водорода формируется следующим образом.

В качестве источника водорода используется интерметаллическое соединение (LaNi₅H)_x, при нагревании которого выделяется молекулярный водород, поступающий в очиститель.

Очиститель водорода (смотри рисунок 3) представляет собой тонкостенную никелевую трубку, свернутую в спираль. Регулирование проницаемости трубки осуществляется путем ее нагрева электрическим током до 1 А (ток очистителя) при напряжении до 1 В.

После очистителя молекулярный водород подвергается диссоциации в разрядной колбе. Электрический разряд в колбе возбуждается высокочастотным генератором (ГВЧ), обеспечивающим электромагнитное поле с частотой от 100 до 120 МГц и напряженностью порядка 1000 В/см. Интенсивность разряда контролируется с помощью фотодатчика.

Из разрядной колбы атомы водорода через коллиматор попадают в поле квадрупольного магнита, осуществляющего сортировку атомов водорода по энергетическим состояниям.

Отсортированные возбужденные атомы водорода инжектируются в накопительную колбу, находящуюся в центре СВЧ резонатора. На колбу накладывается слабое продольное магнитное поле. Это поле обеспечивает расщепление сверхтонкой структуры основного состояния атома водорода, возникающей в результате взаимодействия спина электрона и спина ядра.

В накопительной колбе происходит вынужденное излучение атомов водорода. Полученный сигнал через петлю связи, ферритовый вентиль и коаксиальный разъем подается на малошумящий предусилитель системы ФАПЧ (смотри п.4.5.3).

Для стабилизации пучка атомов водорода используется система автоподстройки давления молекулярного водорода в разрядной колбе, где в качестве датчика используется терморезисторный вакуумметр Пирани.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Для устранения зависимости частоты излучаемого сигнала от внешних магнитных полей и температуры используются системы термостатирования (внешний и внутренний термостаты) и магнитного экранирования, внутрь которых помещается СВЧ резонатор мазера. Коэффициент экранирования системы, состоящей из четырех магнитных экранов, составляет примерно 10^5 .

Двухступенчатая, многозонная термостатирующая система обеспечивает поддержание температуры СВЧ резонатора с точностью 0,001 °С. Контроль температуры осуществляется с помощью датчиков, помещенных в разных точках системы.

В мазере используются две независимые вакуумные системы, состоящие из геттерного насоса и трех магниторазрядных насосов.

Геттерный насос, в совокупности с первым магниторазрядным насосом, создает и поддерживает вакуум в системе формирования пучка атомарного водорода. Второй магниторазрядный насос обеспечивает вакуум в накопительной колбе, а третий в СВЧ резонаторе.

Активация адсорбента в геттерных насосах осуществляется на заводе изготовителе путем нагрева электрическими нагревателями до температуры 800°С. Включение магниторазрядных насосов осуществляется в условиях высокого вакуума с давлением остаточных газов не более $2 \cdot 10^{-3}$ мм рт.ст.

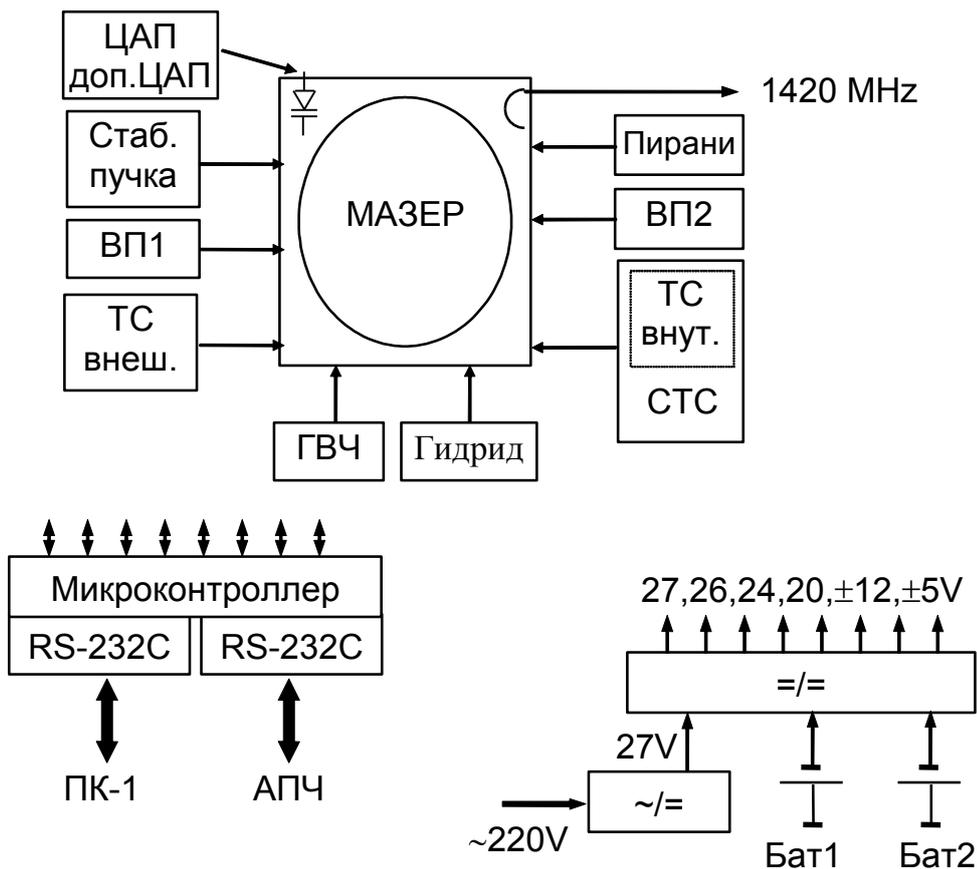
Уровень вакуума контролируется по величине тока магниторазрядных насосов.

4.5.2 Электронные блоки водородного генератора.

Структурная схема, отображающая электронные блоки водородного генератора и используемые на схеме сокращения изображены на рисунке 4.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411141.038РЭ	Лист
						17



ТСвнеш./внут. – внешние и внутренние термостаты, питаемые напряжением плюс 24 В и плюс 20 В.

СТС – термостат схем управления внутренними термостатами.

ВП1/2 – источники высокого напряжения, питаемые напряжением плюс 24 В.

Стаб. пучка – стабилизатор пучка водорода, питаемый напряжением плюс 24 В.

ГВЧ – ВЧ генератор, питаемый напряжением плюс 26 В.

Гидрид – источник молекулярного водорода.

~/=, =/= – преобразователи напряжений питания.

Микроконтроллер – внутренний микропроцессор, обеспечивающий управление блоком ВГ, а также связь с блоком АПЧ и управляющим компьютером ПК-1 через интерфейс RS-232С.

Бат1/2 – внешние батареи резервного питания от 22 до 30 В.

Рисунок 4 – Электронные блоки водородного генератора

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Подп. и дата
Инд. № дубл.	Подп. и дата

4.5.3 Блок автоматической подстройки частоты (блок АПЧ).

Блок АПЧ в качестве основной функции обеспечивает формирование выходных сигналов стандарта с помощью фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) кварцевого генератора 5 МГц по сигналу водородного лазера. Кроме того, блок АПЧ содержит узлы системы автоматической настройки резонатора (АНР).

Структурная схема системы ФАПЧ блока АПЧ изображена на рисунке 5.

Здесь отдельно показан блок питания, состоящий из конверторов \sim/\equiv и \equiv/\equiv . Питание (переменное напряжение 220 В и постоянное напряжение от 22 до 30 В) поступает в этот блок из блока ВГ.

Система фазовой автоподстройки локального кварцевого генератора частотой 5 МГц (ГК-5 МГц) по сигналу водородного лазера содержит следующие элементы:

- малошумящий преобразователь частоты;
- умножитель частоты;
- фазовый детектор (ФД);
- перестраиваемый синтезатор частоты 405,751 кГц.

Преобразователь частоты обеспечивает перенос частоты 1,420 ГГц сигнала, генерируемого лазером, на частоту фазового детектора 405 кГц. В качестве опорного сигнала для преобразователя используется сигнал локального кварцевого генератора 5 МГц, прошедший через умножитель частоты.

Перестраиваемый синтезатор частоты используется для формирования сигнала сравнения, подаваемого на фазовый детектор. Синтезатор обеспечивает дискретную электронную перестройку выходных частот с относительным шагом $1 \cdot 10^{-16}$ от их номинальных значений. Полный диапазон перестройки выходной частоты стандарта синтезатором составляет $1 \cdot 10^{-10}$.

Сигнал с выхода фазового детектора подвергается низкочастотной фильтрации и используется для управления частотой локального кварцевого генератора 5 МГц.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411141.038РЭ					Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

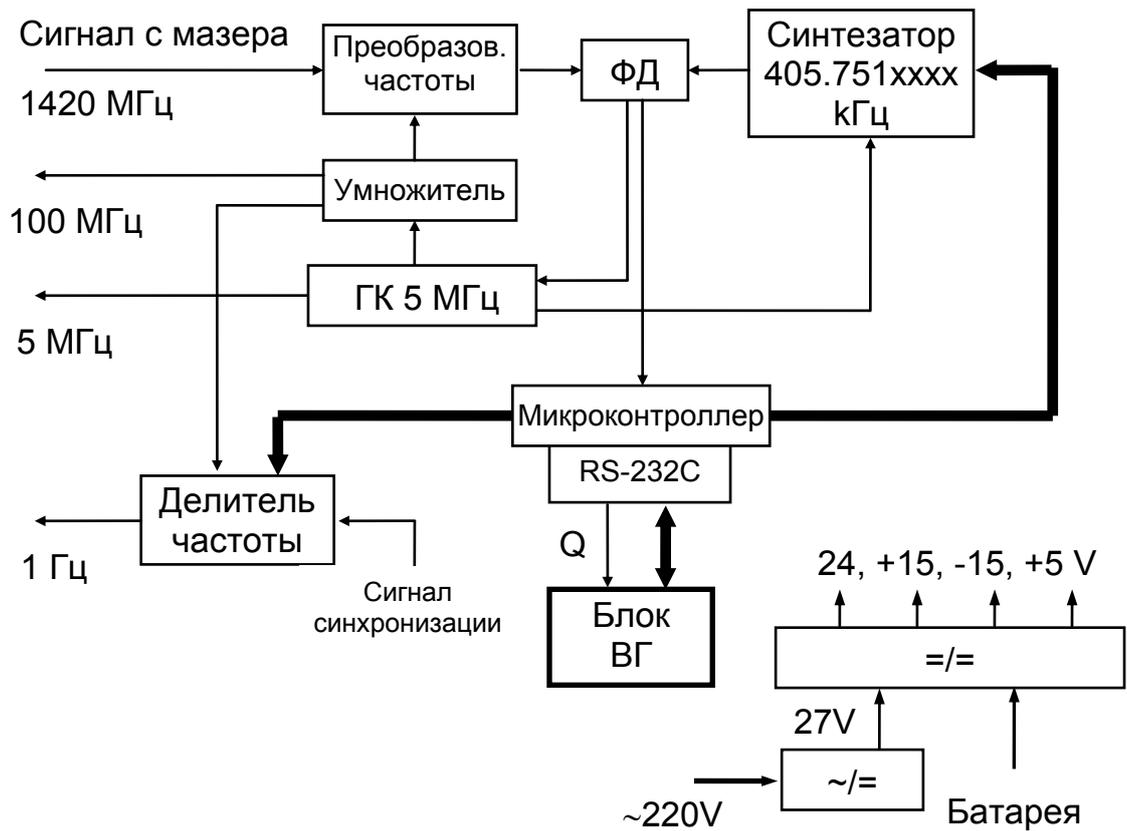


Рисунок 5 – Структурная схема блока АПЧ

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

4.5.4 Настройка частоты СВЧ резонатора.

Настройка частоты СВЧ резонатора на вершину спектральной линии излучения водорода осуществляется следующим образом.

Мазер представляет собой двухрезонаторную автоколебательную систему. Он содержит СВЧ резонатор, роль второго резонатора играет спектральная линия излучения водорода. При расстройке резонаторов возникает эффект затягивания частоты генерации, описываемый следующим приближенным соотношением:

$$f_{ВГ} = f_{Л} \left(1 + \frac{Q_P}{Q_L} \frac{f_P - f_L}{f_L} \right), \quad (1)$$

где

$f_{ВГ}$ – частота генерации мазера;

$f_{Л} = 1420,4057517$ МГц – частота спектральной линии излучения водорода;

f_P – частота СВЧ резонатора;

$Q_L \approx 2 \cdot 10^9$ – добротность спектральной линии излучения водорода;

$Q_P \approx 4 \cdot 10^4$ – добротность СВЧ резонатора.

Таким образом, изменение добротности одного из резонаторов приводит к смещению частоты генерации мазера. Величина этого смещения пропорциональна расстройке резонаторов. При нулевой расстройке изменение добротности не оказывает влияния на частоту выходного сигнала.

Для настройки СВЧ резонатора на вершину спектральной линии излучения водорода используется автономная система АНР, структурная схема которой приведена на рисунке 6, а упрощенный принцип работы показан на рисунке 7.

Автономная система АНР использует метод модуляции частоты резонатора. Частота резонатора ВГ модулируется переключением напряжения U_m модулирующего цифро-аналогового преобразователя (ЦАП2) на модулирующем на варикапе, что приводит к появлению амплитудной модуляции в сигнале генерации ВГ. Сигнал ошибки, несущий информацию о расстройке резонатора выявляется при синхронном детектировании преобразованного сигнала водородного генератора.

Управление частотой резонатора производится настраивающим варикапом, напряжение смещения на который U_c поступает с цифроаналогового преобразователя (ЦАП1), находящегося в узле модулятора блока АПЧ. Перестройка частоты осуществляется с шагом примерно $1 \cdot 10^{-16}$, при этом полная перестройка частоты примерно $1 \cdot 10^{-10}$.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	---------------	--------------	--------------

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411141.038РЭ	Лист
						21

В процессе эксплуатации прибора строго рекомендуется сохранять режим работы системы АНР, установленный на заводе – изготовителе и зафиксированный в формуляре на конкретный прибор ЯКУР.411141.038ФО в разделе 4 «Индивидуальные особенности прибора», п.4.11 «Параметры автономной настройки резонатора при выпуске».

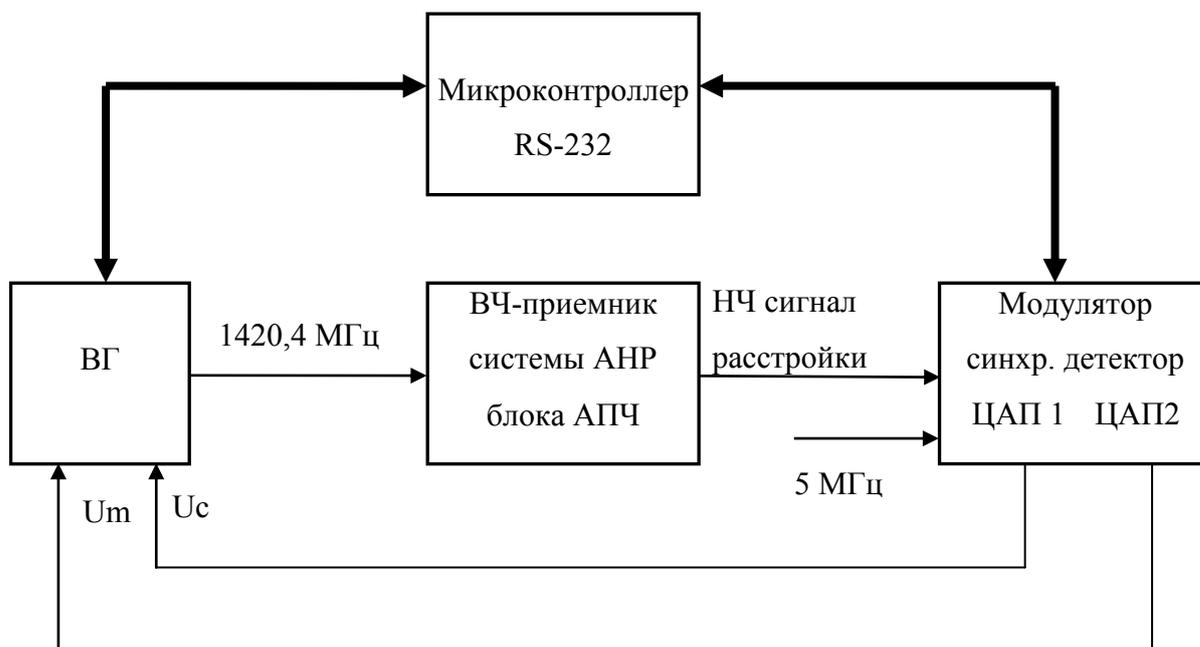
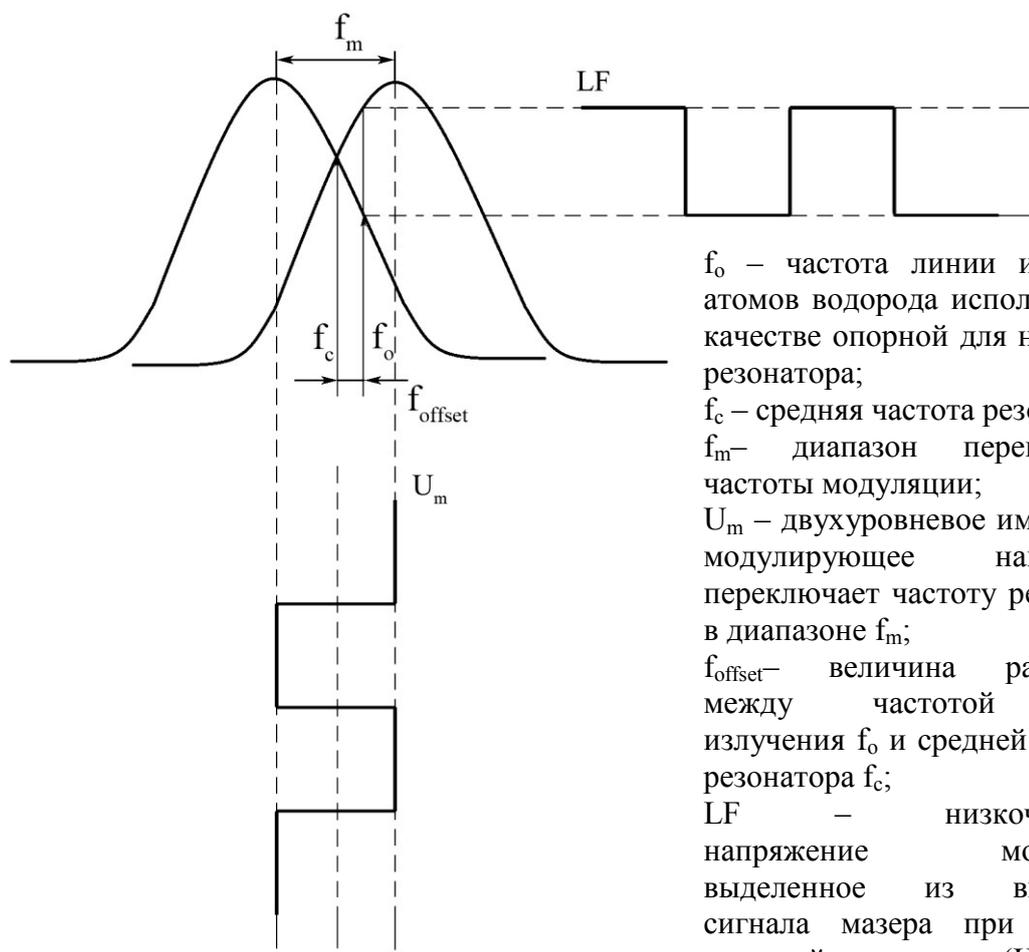


Рисунок 6– Структурная схема системы АНР

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата



f_o – частота линии излучения атомов водорода используется в качестве опорной для настройки резонатора;
 f_c – средняя частота резонатора;
 f_m – диапазон переключения частоты модуляции;
 U_m – двухуровневое импульсное модулирующее напряжение переключает частоту резонатора в диапазоне f_m ;
 f_{offset} – величина расстройки между частотой линии излучения f_o и средней частотой резонатора f_c ;
 LF – низкочастотное напряжение модуляции, выделенное из выходного сигнала лазера при наличии расстройки частот (НЧ-сигнал расстройки).

Рисунок 7 – Упрощенный принцип работы системы АНР

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

5 Подготовка прибора к работе

5.1 Эксплуатационные ограничения

5.1.1 Условия эксплуатации прибора, а также его транспортирования и хранения не должны выходить за пределы рабочих и предельных условий эксплуатации, указанных в подразделе 4.1.

5.1.2 Если прибор не эксплуатируется или находится на хранении, необходимо периодически (не реже одного раза в месяц) включать прибор в сеть для запуска магниторазрядных насосов. Через 1 час после включения прибора ток нагрузки высоковольтных источников (преобразователей ВП1/2) не должен превышать 100 мкА. Если ток не становится меньше 100 мкА, то прибор направляется в ремонт.

5.2 Распаковывание и повторное упаковывание прибора

5.2.1 Распаковывание прибора производится в следующем порядке (смотри рисунок 8):

- вывернуть шурупы 1-4x12.019 ГОСТ 1144-80 и снять уголки соединяющие переднюю, заднюю и боковые стенки упаковки между собой.

- вывернуть винты М5-6gx10.46.016 ГОСТ 17473-80, соединяющие переднюю, заднюю, боковые стенки и стойки упаковки, и снять переднюю, заднюю и боковые стенки упаковки.

- вывернуть болты М12-6gx40.46.016 ГОСТ 7805-70 из крышки и поддона упаковки, фиксирующие прибор внутри упаковки.

- отвернуть четыре гайки М16-6Н.5.016 ГОСТ 5927-70 со стоек, крепящих крышку упаковки.

- снять крышку упаковки и отогнуть полиэтиленовый чехол.

- ввинтить четыре рым-болта для вынимания, переноса прибора, а также для повторного упаковывания.

- снять полиэтиленовый чехол с прибора.

- отвязать от ножки прибора полиэтиленовый пакет с декоративными винтами ЯКУР.758161.002 и ножками прибора.

- ввинтить четыре ножки в отверстия с резьбой М12 в дне прибора.

- собрать пустую упаковку в обратном порядке, положив в полиэтиленовый пакет и закрепив неиспользуемые (ранее вывернутые из крышки и поддона) болты М12-6gx40.46.016 ГОСТ 7805-70 внутри упаковки.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

После установки прибора на рабочее место заменить рым-болты на четыре винта ЯКУР.758161.002.

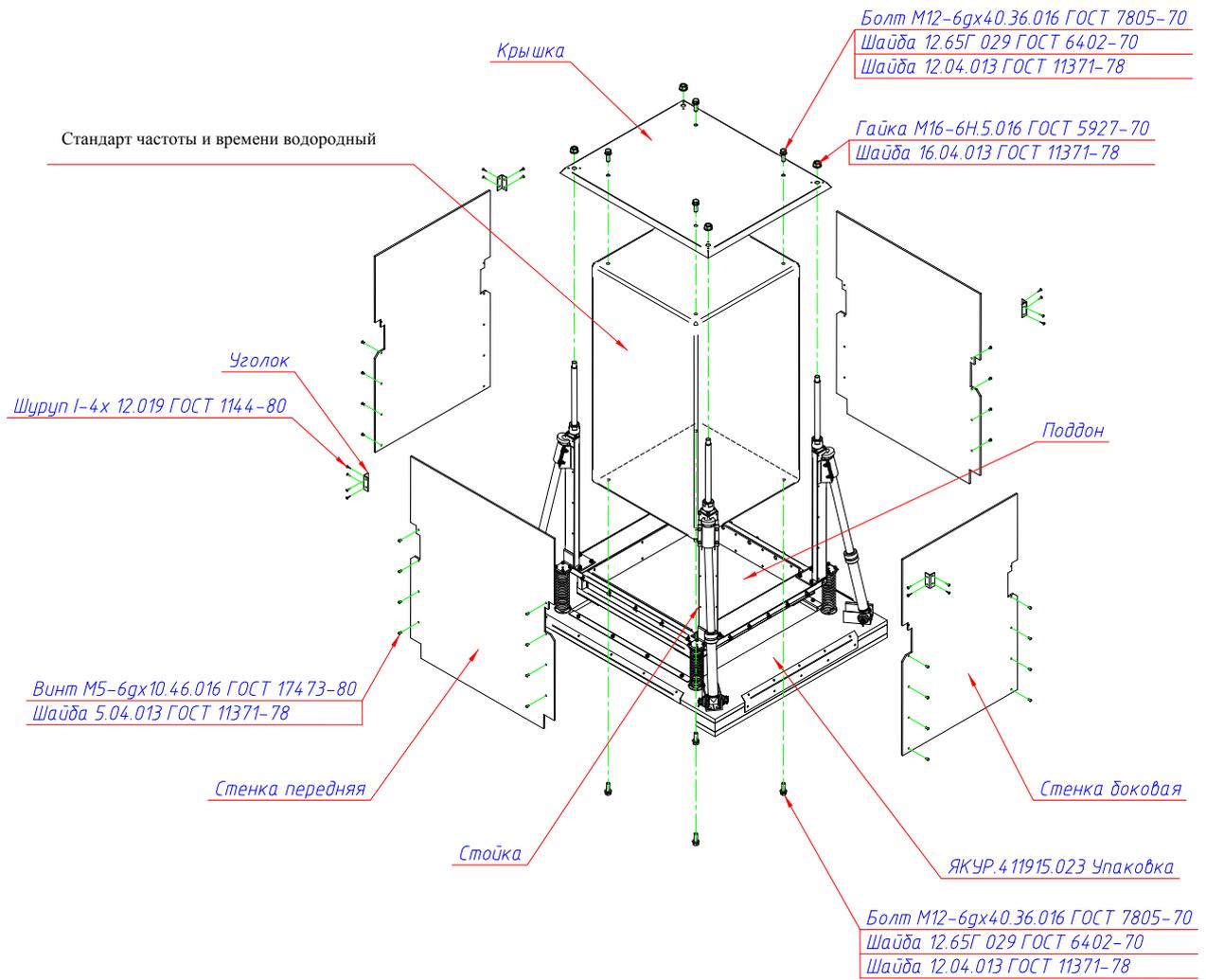


Рисунок 8 – Упаковка прибора

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Упаковывание производится в обратном порядке. При этом прибор поместить в полиэтиленовый чехол, содержащий мешочек с предварительно обезвоженным силикагелем, и заклеить лентой типа «Скотч».

5.3 Меры безопасности

5.3.1 Перед началом работы необходимо обеспечить надежное заземление прибора, для чего зажим защитного заземления присоединить к шине заземления. Если заземление прибора осуществляется через заземляющую жилу сетевого шнура и вилку с заземляющим контактом, то необходимо включить вилку в розетку раньше других соединений.

5.3.2 Крепления заземляющей клеммы и проводников должны быть надежно зафиксированы.

5.3.3 Для исключения влияния статического электричества все последующие соединения прибора необходимо производить только при наличии заземления.

5.4 Подготовка к работе

5.4.1 Перед началом работы необходимо провести внешний осмотр прибора.

При внешнем осмотре необходимо проверить:

- сохранность пломб;
- отсутствие видимых механических повреждений;
- чистоту внешних поверхностей прибора, гнезд, разъемов и клемм;
- состояние соединительных проводов, кабелей, переходов.

5.4.2 При эксплуатации вентиляционные отверстия на корпусе прибора не должны закрываться посторонними предметами.

5.4.3 Органы управления прибора должны находиться в исходном состоянии

5.4.4 При вводе в эксплуатацию необходимо сделать отметку в формуляре о начале эксплуатации прибора.

ВНИМАНИЕ! Перед любым подключением защитное заземление прибора должно быть подсоединено к защитному проводнику.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411141.038РЭ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

6 Порядок работы

6.1 Меры безопасности при работе с прибором

При работе с прибором следует соблюдать меры безопасности, изложенные в разделе 3 настоящего Руководства по эксплуатации.

6.2 Расположение органов управления и подключения прибора

Описание органов управления, подключения и контроля прибора и их назначение приведены в таблице 4. Расположение этих органов показано на рисунке 9.

Таблица 4 – Назначение органов управления, подключения и контроля, расположенных на передней панели прибора

Поз.по рис.9	Обозначение органа управления или разъема	Назначение
1	RS-232C	Входной разъем подключения RS-232C интерфейса
2	БАТАРЕЯ 2	Индикатор работы прибора от внешнего резервного источника питания постоянного тока напряжением 27В, подключенного ко входу Батарея 2
3	СЕТЬ	Выключатель питания прибора от сети переменного тока напряжением 220В
4	БАТАРЕЯ1	Индикатор работы прибора от внешнего резервного источника питания постоянного тока напряжением 27В, подключенного ко входу Батарея 1
5	СЕТЬ	Индикатор работы прибора от сети переменного тока напряжением 220В
6	⊖5, 10, 100 MHz	Разъем – вход встроенного частотного компаратора
7	⊖ СИНХР.	Разъем – вход сигнала синхронизации шкалы времени 1Гц
8	1Hz ⊕ 1, ⊕2	Разъемы – выходы импульсных сигналов частотой 1 Гц
9	5 MHz ⊕ 1, ⊕ 2	Разъемы – выходы синусоидальных сигналов частотой 5 МГц
10	10 MHz ⊕ 1, ⊕2	Разъемы – выходы синусоидальных сигналов частотой 10 МГц
11	100 MHz ⊕ 1, ⊕2	Разъемы – выходы синусоидальных сигналов частотой 100 МГц
12	F 5,0 A L 250 V	Предохранитель цепи питания «Батарея» блока АПЧ
13	Блок АПЧ F 3,15 A L 250 V	Предохранители цепей сетевого питания блока АПЧ
14	Генератор F 3,15 A L 250 V	Предохранители цепей сетевого питания блока ЭВГ
15	~220 V 50 Hz 160 VA	Разъем подключения сети переменного тока напряжением 220В
16		Клемма защитного заземления прибора
17	БАТАРЕЯ 22...30 V 5 A	Разъем подключения внешнего резервного источника питания постоянного тока напряжением 22–30 В

Ив. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Ив. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ЯКУР.411141.038РЭ	Лист
						27

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата
Изм.	Лист
№ докум.	Подп.
Дата	Дата

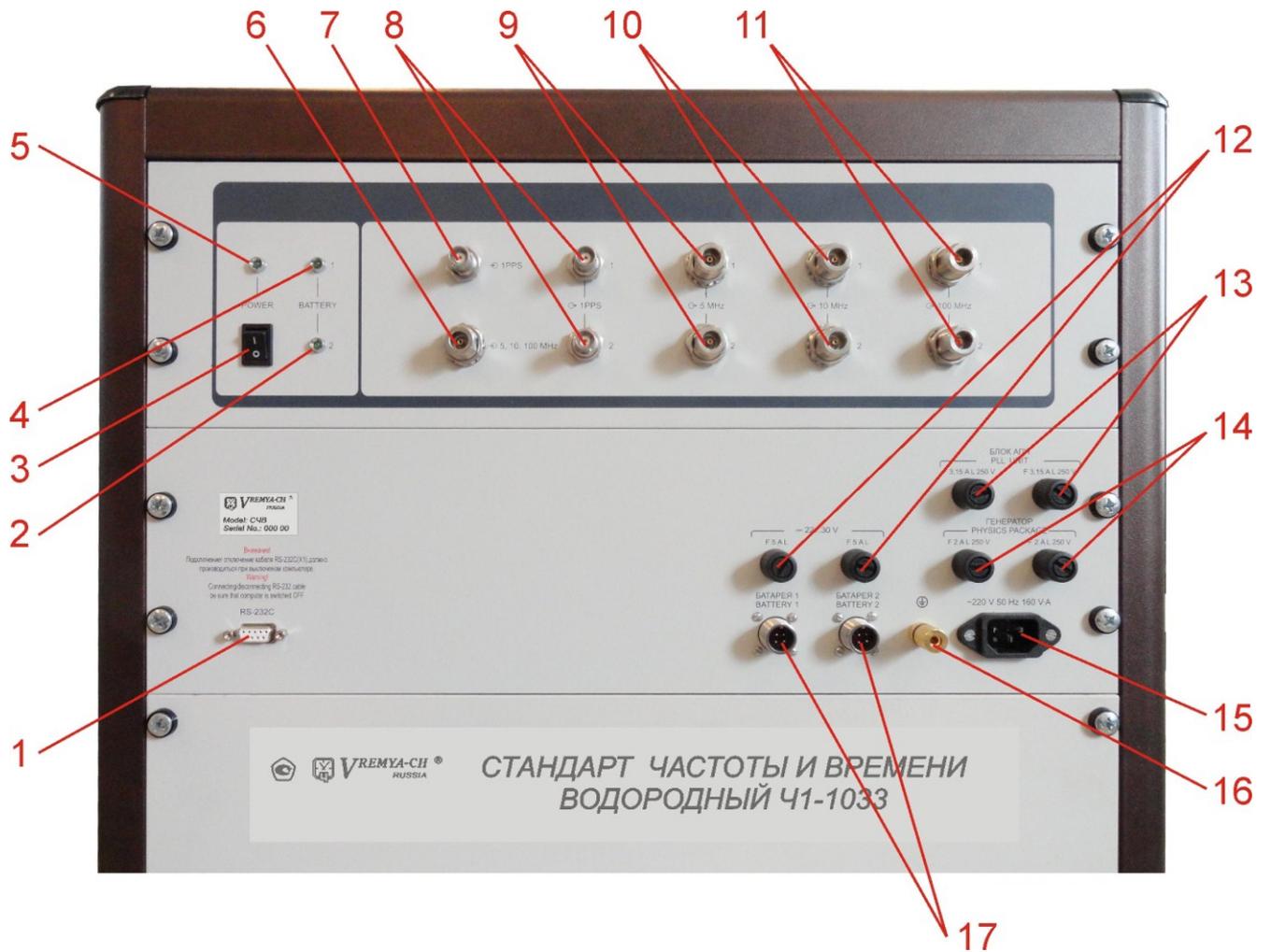


Рисунок 9 – Вид органов управления, подключения и контроля, расположенных на передней панели прибора

8 Техническое обслуживание

8.1 Общие указания

Виды контроля технического состояния и технического обслуживания, а также периодичность и объем работ, выполняемых в процессе их проведения, определяются настоящим Руководством.

Основными видами технического обслуживания являются:

- контрольный осмотр (КО);
- ежедневное техническое обслуживание (ЕТО);
- техническое обслуживание №1 (ТО-1);
- техническое обслуживание №2 (ТО-2).

8.2 Меры безопасности при техническом обслуживании

При проведении работ по уходу за прибором необходимо соблюдать меры безопасности, приведенные в разделе 3 настоящего Руководства.

8.3 Порядок технического обслуживания

8.3.1 Виды контроля технического состояния и технического обслуживания, а также периодичность и объем работ, выполняемых в процессе их проведения, определяются настоящим Руководством.

8.3.2 Основным видом контроля технического состояния прибора является КО прибора в процессе эксплуатации.

8.3.3 КО проводится лицом, эксплуатирующим прибор, ежедневно при использовании и ежемесячно, если прибор не используется по назначению и находится на хранении.

КО прибора включает:

- внешний осмотр для проверки отсутствия механических повреждений, целостности защитных стекол, надежности крепления органов управления и подключения, отсутствия люфтов, целостности изоляционных и лакокрасочных покрытий, исправности соединительных проводов и кабелей питания;
- проверку четкости фиксации переключателей и состояния надписей.

8.3.4 Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО) проводится при подготовке прибора к использованию по назначению, совмещается с КО и включает устранение выявленных при КО недостатков.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411141.038РЭ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Ежедневное техническое обслуживание проводится персоналом, эксплуатирующим прибор, без его вскрытия.

Удаление пыли и влаги с внешних поверхностей прибора производится только тогда, когда прибор не эксплуатируется.

8.3.5 Техническое обслуживание № 1 (ТО-1) проводится только при постановке прибора на хранение. ТО-1 выполняется в объеме ЕТО и дополнительно включает:

- восстановление, при необходимости, лакокрасочных покрытий;
- проверку состояния и комплектности прибора;
- проверку правильности ведения эксплуатационной документации;
- устранение выявленных недостатков.

В процессе хранения прибора, периодически (один раз в месяц) приборы должны извлекаться из упаковки, включаться в сеть для запуска магнитоэлектрических насосов квантового генератора на 4 часа. Через 1 час после включения прибора ток высоковольтного источника не должен превышать 100 мкА. Если ток не становится меньше 100 мкА, то прибор направляется в ремонт.

8.3.6 Сведения о проведении ТО-1 заносятся в раздел 12 Формуляра прибора.

8.3.7 Техническое обслуживание № 2 (ТО-2) проводится с периодичностью проверки прибора и совмещается с ней, а также при консервации прибора при постановке на длительное (более двух лет) хранение, и включает операции ТО-1 и периодическую проверку прибора.

8.3.8 Техническое обслуживание № 2 проводится персоналом, эксплуатирующим прибор, за исключением периодической проверки, которая выполняется силами и средствами метрологических служб. Сведения о проведении ТО-2 заносятся в раздел 12 Формуляра прибора.

ВНИМАНИЕ! В приборе имеются элементы и комплектующие изделия с ограниченным сроком службы – источник молекулярного водорода ЯКУР.433339.002 со сроком службы 7 лет.

Указанные элементы подлежат замене на предприятии изготовителе по истечении срока службы.

8.4 Проверка работоспособности изделия

8.4.1 Проверка работоспособности прибора осуществляется в соответствии с указаниями раздела 3.1 Инструкции пользователя ЯКУР.411141.038РЭ1.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411141.038РЭ	Лист

9 Текущий ремонт

При несоответствии аппаратуры техническим данным или по другим причинам, вызывающим невозможность ее дальнейшей эксплуатации, прибор подлежит ремонту.

Ремонт стандарта частоты и времени водородного и его составных частей требует сложного специального оборудования и поэтому может производиться только силами предприятия-изготовителя.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ЯКУР.411141.038РЭ				
				Лист
				34

10 Хранение

Условия хранения приборов (с учетом проведения периодических технических обслуживаний) должны соответствовать ГОСТ В 9.003-80.

Для отапливаемого хранилища:

- при температуре окружающего воздуха от плюс 5 до плюс 50 °С;
- относительной влажности окружающего воздуха до 80 % при температуре 25 °С.

После пребывания в предельных условиях время выдержки в нормальных условиях не менее 24 часов.

Периодически (один раз в месяц) приборы должны извлекаться из упаковки, включаться в сеть для запуска магниторазрядных насосов квантового генератора на 4 часа. Через 1 час после включения прибора ток магниторазрядного насоса не должен превышать 100 мкА. Если ток не становится меньше 100 мкА, то прибор направляется в ремонт.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЯКУР.411141.038РЭ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

12 Тара и упаковка

Упаковка прибора должна соответствовать ОСТ 45.070.011-90 и конструкторской документации.

Вариант упаковки согласно чертежу ЯКУР.411915.023.

Маркировка упаковки производится в соответствии с требованиями ГОСТ 14192-96 и ГОСТ В 25674-83 и конструкторской документации.

Временная противокоррозионная защита должна соответствовать ГОСТ В 25674-83. Вариант противокоррозионной защиты ВЗ-10.

Габаритные размеры прибора и упаковки приведены в Приложении А.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ЯКУР.411141.038РЭ				
				Лист
				37

13 Маркирование и пломбирование

Этикетка с указанием модели, заводского номера прибора и годом изготовления (1), товарный знак предприятия-изготовителя и наименование прибора (2) нанесены на лицевые панели (рисунок10).

Прибор, принятый ОТК и ПЗ, пломбируется мастичными пломбами, которые устанавливаются на чашках винтов, крепящих боковые, передние, задние панели.



Рисунок 10 – Маркирование прибора

Ивн. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Ивн. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Приложение А

(справочное)

Габаритные размеры прибора и упаковки

Габаритные размеры прибора указаны на рисунке А1.



Рисунок А1. Габаритные размеры прибора

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Габаритные размеры упаковки указаны на рисунке А2.

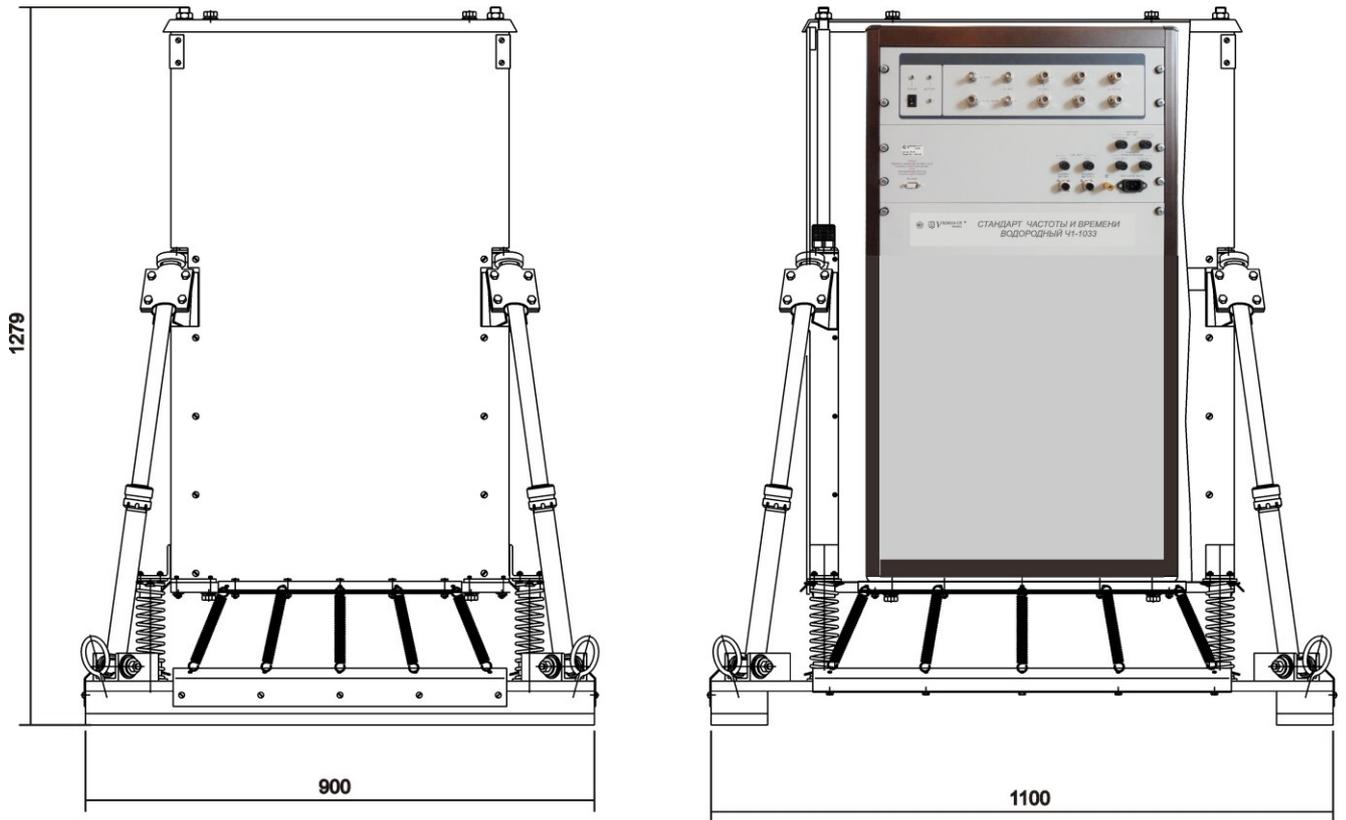


Рисунок А2. Габаритные размеры упаковки

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ЯКУР.411141.038РЭ

Лист

40

