

КОМПАРАТОР ФАЗОВЫЙ МНОГОКАНАЛЬНЫЙ  
Программное обеспечение  
Руководство оператора  
RU.ЯКУР.00106-01 34 01

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



## 1 Введение

Рассматриваемая в Руководстве программа «Компаратор фазовый многоканальный» (в дальнейшем – Программа) предназначена для управления компаратором фазовым многоканальным Ч7-315. Программа обеспечивает обработку и протоколирование результатов измерения разности фаз, разности частот, нестабильности частоты.

Компаратор фазовый многоканальный Ч7-315 (далее – Компаратор) предназначен для измерения относительной разности частот и нестабильности частоты сигналов стандартов частоты и времени.

Основные области применения:

- эталоны единиц времени частоты;
- автоматизированные измерительные системы;
- контроль метрологических характеристик при производстве квантовых стандартов частоты;
- научные исследования.

Связь между компьютером типа IBM/PC, на котором установлена Программа, и Компаратором осуществляется либо через интерфейс RS-232, либо через интерфейс USB, либо через LAN интерфейс (отсутствует в некоторых моделях, необходимо уточнить в спецификации на конкретный Компаратор).

**Компаратор поддерживает только одно соединение либо через интерфейс RS-232, либо через интерфейс USB, либо через LAN интерфейс. При соединении через интерфейс LAN доступно только одно подключение.**

Для работы программы на компьютере должна быть установлена операционная система Windows XP, Vista, 7, 8, 10; либо операционная система Linux с версией ядра 2.6.x и выше.

В Программе реализованы следующие функции:

- получение от Компаратора данных измерений, автоматическое сохранение данных в файлах;
- вычисление статистических функций, характеризующих разность частот двух сигналов;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	RU.ЯКУР.00106-01 34 01	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



## 2 Принцип работы Компаратора

Компаратор содержит блоки фазовых компараторов для измерения синусоидальных сигналов, блок сигнального процессора с интерфейсами RS-232, USB и LAN (зависит от модели), блок питания.

Каждый канал компаратора позволяет измерять разность фаз и частот между измеряемым – вход  $f_y$  и опорным сигналом – вход  $f_x$ . Канал содержит два модуля: умножитель относительной разности частот, обеспечивающий коэффициент умножения  $K=10^6$ , и регистратор моментов времени с 10-наносекундным разрешением.

С выхода блока-умножителя снимается импульсный сигнал  $F$ , частота которого несет информацию о разности частот сравниваемых сигналов –  $f_y$  и  $f_x$ :

$$F_{yx} = F_x [1 + K \cdot (f_y - f_x) / f_x]. \quad (2.1.1)$$

Здесь  $K$  – коэффициент умножения флуктуаций частоты, равный  $10^6$ , частота  $F_x = 100$  Гц. Для более подробной информации следует обратиться к Руководству на используемую модель компаратора.

Импульсные сигналы, имеющие частоту, определяемую соотношением (2.1.1), подаются на вход регистратора моментов времени (РМВ).

С выхода РМВ снимается оцифрованный с разрешением 10 наносекунд сигнал  $t_{yx}$ , несущий информацию о разности фаз сигналов  $f_x$  и  $f_y$ . Т.е. измеряется задержка между опорным сигналом, синхронным с сигналом  $f_x$ , и сигналом  $F_{yx}$ .

Компаратор Ч7-315 обеспечивает синхронность измерений разностей фаз между различными каналами с погрешностью не более 10 мс.

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

### 3 Вычисляемые функции

Программа позволяет обрабатывать данные измерений в реальном времени и вычислять следующие характеристики:

- 1) СОРЧ – средняя относительная разность частот (между сигналами, поданными на вход  $f_y$  (измеряемый) и  $f_x$  (опорный) в каждом канале компаратора);
- 2) СКО – среднее квадратическое относительное отклонение измеренного значения меры частоты (ГОСТ 8.567-2014), вычисляется для разности частот входных сигналов в каждом канале компаратора;
- 3) СКДО – среднее квадратическое относительное двухвыборочное отклонение измеренного значения меры частоты (ГОСТ 8.567-2014), вычисляется для разности частот входных сигналов в каждом канале компаратора;
- 4) оценка текущей относительной разности частот с помощью фильтра Калмана.

Характеристики СКО и СКДО вычисляются для следующих интервалов времени измерения (выборки): 1 с, 10 с, 100 с, 1000 с, 1 ч, 10000 с, 1 сут.

СКО и СКДО вычисляются на всем интервале времени наблюдения (т.е. по всем выборкам, начиная со старта измерений). Кроме этого, значения СКДО также могут вычисляться на интервалах времени наблюдения  $\tau_n$ , фиксированных для каждого интервала времени измерения  $\tau_i$  (т.е. в «скользящем окне» длительностью  $\tau_n = N\tau_i$ , см. раздел 6.2).

#### 3.1 Базовые соотношения

Исходными для всех вычисляемых статистических функций являются сигналы оцифрованной разности фаз  $t_{yx}$ , снимаемые с выходов блоков «Регистратор моментов времени» (РМВ), см. Раздел 2.

Сначала вычисляется (с учетом  $K$  – установленного коэффициента умножения флуктуаций частоты) разность фаз для пар сигналов:

$$\Delta_{yx,i} = -\frac{1}{K}t_{yx,i} \quad (3.1.1)$$

Здесь  $i$  – номер промежуточного отсчета. Величина  $\Delta_{yx,i}$  должна соответствовать разности фаз сигналов  $f_y$  и  $f_x$ , а измеряемое значение  $t_{yx,i}$  соответствует разно-

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

сти фаз сигналов  $f_x$  и  $f_y$ . Поэтому в формуле (3.1.1) стоит знак минус. Полученное значение  $\Delta_{yx,i}$  может иметь постоянное смещение относительно действительной разности фаз между сигналами  $f_y$  и  $f_x$ .

Затем вычисляются относительные разности частот для пар сигналов, измеренные на интервале  $\tau_{И} = M$  секунд:

$$y_{yx,i}^M = \frac{1}{\tau_{И}} (\Delta_{yx,M(i+1)} - \Delta_{yx,Mi}). \quad (3.1.2)$$

Соотношение (3.1.2) является исходным для вычисления СКО и СКДО (формулы (3.2.1) и (3.2.2)), а также используется для вычисления СОРЧ. Верхний индекс  $M$  далее опущен, поскольку всюду подразумевается, что отклонения частоты измерены на интервале  $M$  секунд.

В Программе также вычисляются текущие вариации относительной разности частот:

$$\delta_{yx,i} = y_{yx,i+1} - y_{yx,i}, \quad (3.1.3)$$

Эти вариации используются для вычисления СКО и СКДО.

### 3.2 Статистические функции

Среднее квадратическое относительное отклонение измеренного значения меры частоты (СКО) вычисляется с использованием (3.1.2):

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_{yx,i} - y_{yx}^N)^2}. \quad (3.2.1)$$

Здесь  $N$  – это количество отсчетов разности частот  $y_{yx,i}$  для некоторого интервала времени измерения  $\tau_{И}$ ,  $y_{yx}^N$  – среднее значение относительной разности частот на интервале времени измерения  $N \cdot \tau_{И}$ .

Среднее квадратическое относительное двухвыборочное отклонение измеренного значения меры частоты (СКДО) вычисляется на основе соотношения (3.1.3):

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{2(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} (\delta_{yx,i})^2}. \quad (3.2.2)$$

Вычисление **СОРЧ** (средней относительной разности частот) осуществляется с помощью выражения (3.1.2), величина СОРЧ отображается в главном окне Программы.

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

При вычислении в (3.1.2) интервал времени измерения совпадает со всем временем наблюдения в соответствующем канале.

Программа осуществляет оценку текущей относительной разности частот с помощью фильтра Калмана. Полученная оценка наряду с оценкой СОРЧ отображается в главном окне Программы. Используется следующая модель процесса, позволяющая учесть белый частотный шум и случайные блуждания частоты:

$$\begin{aligned} \Delta_{i+1} &= \Delta_i + y_i \tau + \xi_i, \\ y_{i+1} &= y_i + \eta_i, \\ \langle \xi_i^2 \rangle &= q_1 \tau, \quad \langle \eta_i^2 \rangle = q_2 \tau, \end{aligned} \quad (3.2.3)$$

где  $\Delta$  соответствует разности фаз,  $y$  соответствует оцениваемой разности частот,  $\xi, \eta$  – белый гауссовский шум,  $\tau$  – интервал между отсчетами, равный 1 с. Модель измерений описывает измерение разности фаз:

$$z_i = \Delta_i + v_i, \quad \langle v_i^2 \rangle = R, \quad (3.2.4)$$

где  $v_i$  – белый гауссовский шум,  $z_i$  – измеряемая разность фаз.

Параметры фильтра  $q_1, q_2, R$  в настоящий момент являются фиксированными, их значения можно изменить в ini-файле Программы. По умолчанию  $q_1 = 10^{-26}, q_2 = 0, R = 10^{-24}$ .

В соответствии с (3.2.3) и (3.2.4) вектор параметров, переходная матрица и матрица измерений имеют вид:

$$X_i = \begin{pmatrix} \Delta_i \\ y_i \end{pmatrix}, \quad F = \begin{pmatrix} 1 & \tau \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad H = (1 \quad 0). \quad (3.2.5)$$

Ковариационная матрица шума процесса имеет вид:

$$Q = \begin{pmatrix} q_1 \tau + q_2 \frac{\tau^3}{3} & q_2 \frac{\tau^2}{2} \\ q_2 \frac{\tau^2}{2} & q_2 \tau \end{pmatrix}. \quad (3.2.6)$$

В процессе инициализации фильтра Калмана задается оценка вектора состояния  $X_0^+$  и матрица ошибки оценивания  $P_0^+$ . После этого запускается алгоритм фильтра.

Осуществляется предсказание на следующий шаг:

$$\hat{X}_i^- = F(\tau) \hat{X}_{i-1}^+ \quad (3.2.7)$$

$$P_i^- = F P_{i-1}^+ F^T + Q \quad (3.2.8)$$

Вычисляется коэффициент фильтра:

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

$$K_i = P_i^- H_i^T [H_i P_i^- H_i^T + R]. \quad (3.2.9)$$

Затем уточняется состояние фильтра:

$$\hat{X}_i^+ = \hat{X}_i^- + K_i [z_i - H \hat{X}_i^-]. \quad (3.2.10)$$

Уточняется матрица ошибки:

$$P_i^+ = [I - K_i H] P_i^-. \quad (3.2.11)$$

Процедура повторяется, начиная с вычисления по формуле (3.2.7). Искомая оценка относительной разности частот на  $i$ -й итерации есть величина  $y_i$ .

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № докум.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Инв. № докум.	Подп.	Дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	RU.ЯКУР.00106-01 34 01	Лист
																		9

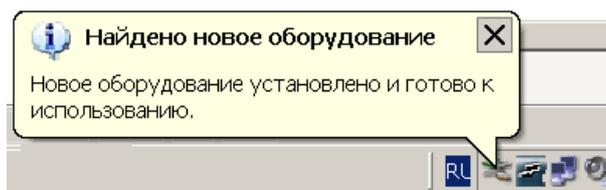
## 4 Установка Программы

### 4.1 Установка в Windows

Программа позволяет работать под операционной системой Windows XP, Vista, 7, 8, 10. Инсталляция программного обеспечения осуществляется с компакт-диска. Дистрибутив Программы также доступен на сайте [www.vremya-ch.com](http://www.vremya-ch.com). Обычно программа установки запускается автоматически с диска. Если этого не происходит, следует запустить файл setup.exe из корневого каталога компакт-диска вручную. Программа установки создаст ярлык на рабочем столе и соответствующий пункт в меню «Пуск».

#### **Установка драйвера для подключения прибора через интерфейс USB, если версия ROM (ПЗУ) ниже 3.0\***

Перед использованием интерфейса USB Компаратора на компьютер должен быть установлен драйвер прибора, создающий при подсоединении Компаратора через интерфейс USB виртуальный последовательный порт. Для установки драйвера и создания виртуального последовательного порта следует подсоединить Компаратор к порту USB компьютера и включить его. Если драйвер в системе уже установлен, операционная система обнаружит новое устройство типа «USB Serial Port», присвоит ему номер и выдаст сообщение, например «USB Serial Port (COM8)», «Оборудование установлено и готово к использованию»:

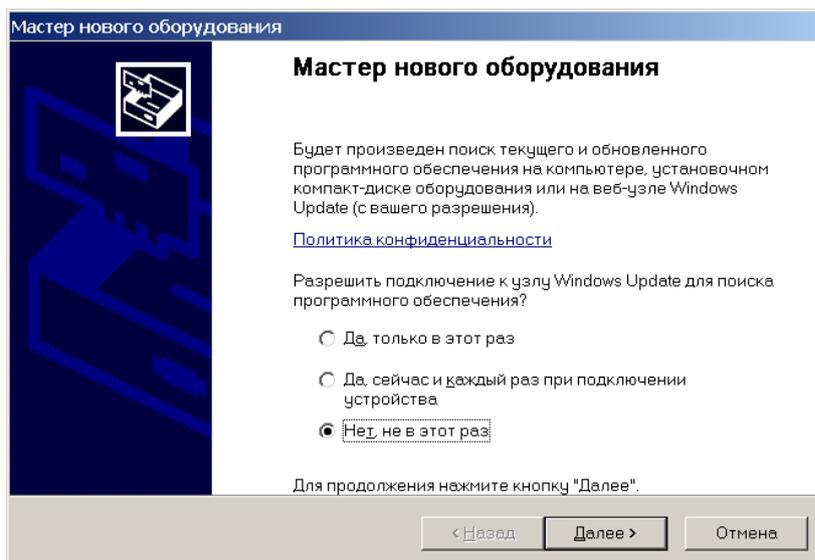


**Рисунок 4.1** – Сообщение о готовности интерфейса к работе

В случае если драйвера в системе нет, ОС Windows запустит мастер установки нового оборудования.

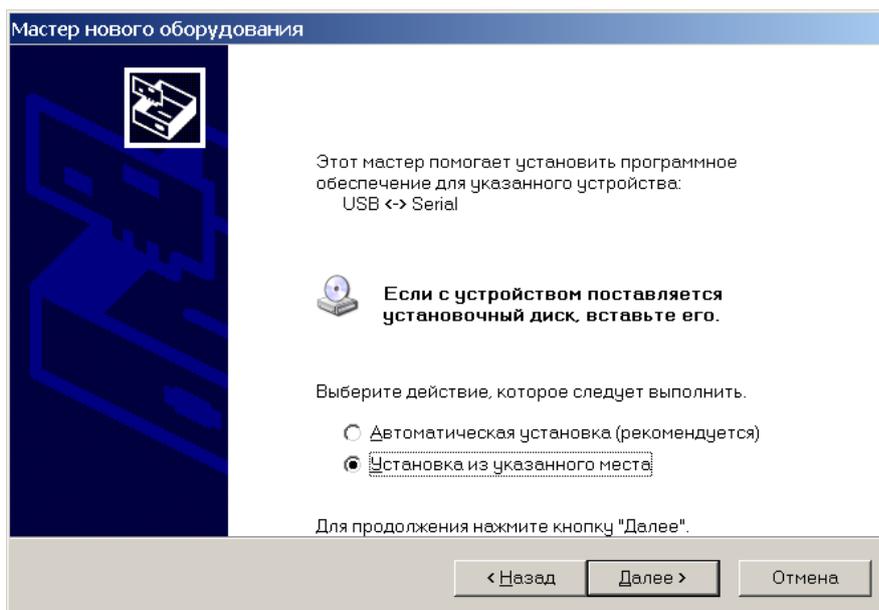
\* Версию прошивки процессора (ROM) можно узнать в меню «Справка» главного окна Программы. Для подключения к прибору и получения информации о версии ROM можно воспользоваться интерфейсом RS-232.

Интв. № подкл.	Подп. и дата
Взамен интв. №	Интв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата



**Рисунок 4.2 – Мастер нового оборудования**

Здесь следует отказаться от подключения к узлу Windows Update (см. рисунок 4.2), затем нажать кнопку «Далее» и выбрать установку «Из указанного места» (рисунок 4.3):

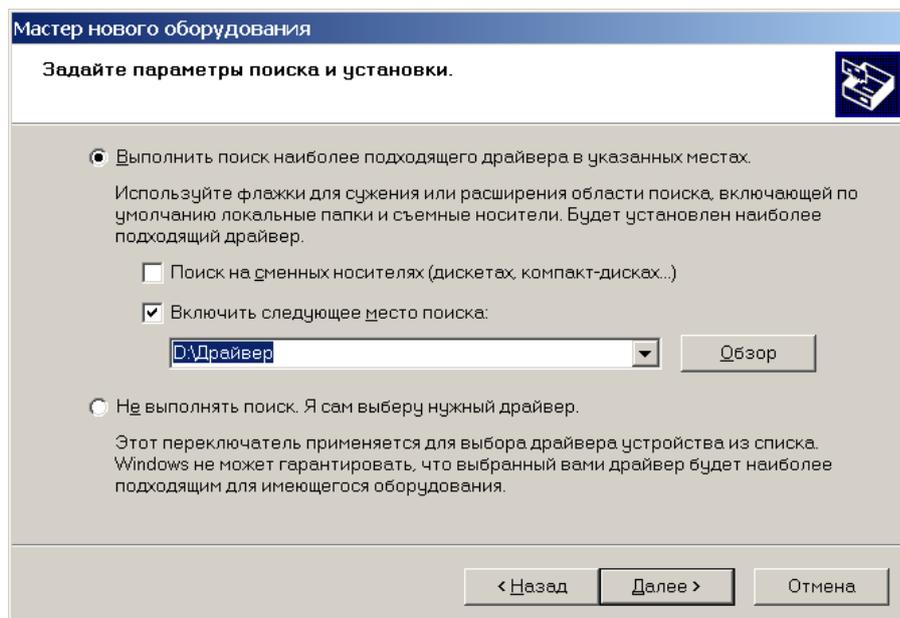


**Рисунок 4.3 – Продолжение установки драйвера**

В качестве каталога, содержащего драйвер, укажите папку «Драйвер» на компакт-диске с программным обеспечением Компаратора (рисунок 4.4):

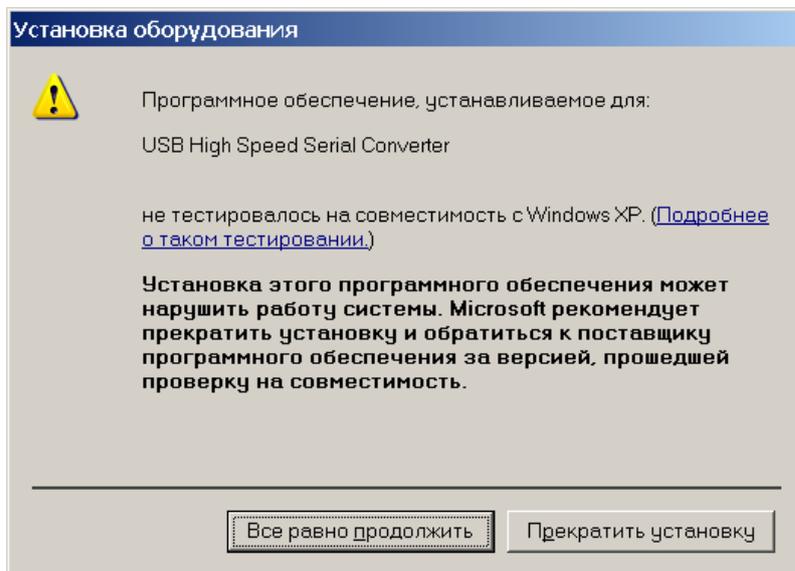
Инва. № подкл.	Подп. и дата
Взамен инв.№	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Подп. и дата

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



**Рисунок 4.4** – Указание пути к файлам драйвера

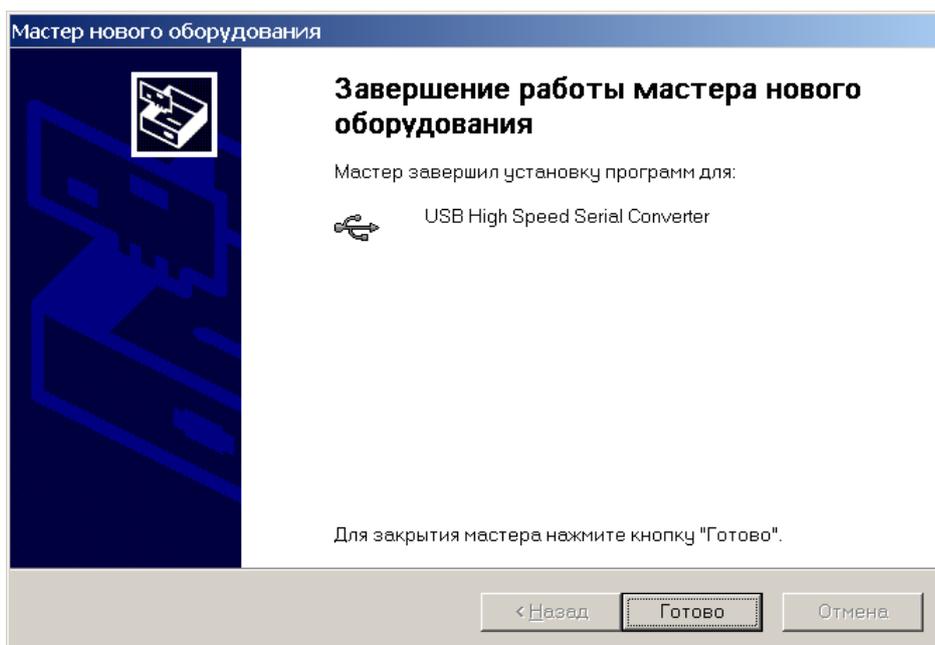
На предупреждение о совместимости программного обеспечения с ОС «Windows XP» следует ответить «Все равно продолжить» (рисунок 4.5):



**Рисунок 4.5** – Предупреждение о совместимости с Windows XP

По завершении установки драйвера нажмите кнопку «Готово» (рисунок 4.6):

Инва. № подкл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Инва. № дубл.
Подп. и дата	



**Рисунок 4.6** – Завершение установки драйвера

После завершения установки драйвера на экране компьютера появляется сообщение о готовности оборудования к работе (рисунок 4.1).

*В некоторых случаях мастер установки нового оборудования запускается повторно. В этом случае нужно пройти процесс установки еще раз.*

**Установка драйвера для подключения прибора через интерфейс USB, если версия прошивки процессора 3.0 и выше**

При работе с прибором по USB в Windows используется стандартный драйвер виртуального COM-порта. При подключении по USB устройство должно распознаться и стандартный драйвер должен примениться автоматически. Так происходит в Windows 10. В более ранних версиях Windows устройство может определиться как неизвестное, и тогда потребуется обновить драйвер с указанием каталога с драйверами на прилагаемом диске.

**Установка драйвера для подключения прибора через интерфейс LAN, если версия прошивки процессора ниже 3.0**

Если версия прошивки процессора 3.0 и выше, то для подключения по LAN установка драйвера не требуется.

По умолчанию LAN интерфейс прибора настроен на автоматическое получение IP адреса, поэтому при первом подключении к сети требуется выбрать локальную сеть, в которой присутствует DHCP сервер. Если необходимо задать статический IP адрес, то

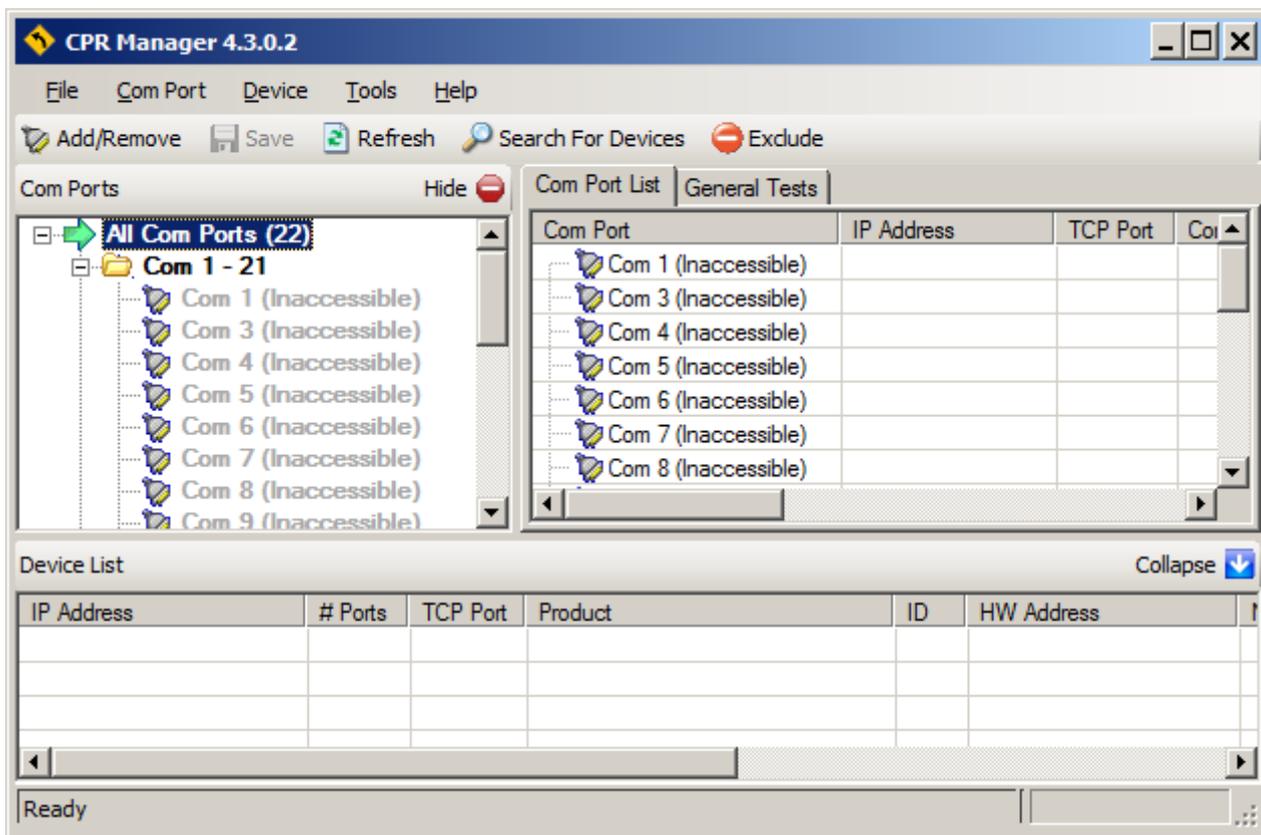
Ив. № подл.	Подп. и дата
Взамен инв.№	Ив. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата
Ив. № подл.	Подп. и дата

это можно сделать с помощью web-интерфейса (логин: **user**, без пароля). Для того чтобы получить доступ к web-интерфейсу, динамически присвоенный IP адрес прибора можно узнать с помощью утилиты «CPR Manager», описанной ниже.

Для удаленного управления прибором через локальную сеть требуется установить специальное программное обеспечение, поставляемое с прибором на диске. Данное программное обеспечение также доступно по адресу: <http://www.lantronix.com/device-networking/utilities-tools/com-port-redirector.html>. Для установки запустите файл **setup\_cpr\_x86x64cd\_4.3.0.2.exe**. После установки запустите программу «CPR Manager» (см. рисунок 4.7).



**Рисунок 4.7** – Расположение программы «CPR Manager» в меню «Все программы» ОС Windows 7



**Рисунок 4.8** – Главное окно программы «CPR Manager»

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

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

В открывшемся окне отображается список COM-портов (рисунок 4.8). Если все они помечены как недоступные (Inaccessible), то нажмите кнопку «Add/Remove» и выберите доступный номер для виртуального COM-порта (рисунок 4.9). После этого новый COM-порт появится в списке с пометкой «New» (рисунок 4.10).

Далее нажмите кнопку «Search For Devices», после чего через некоторое время в нижней таблице окна появится список доступных устройств (рисунок 4.10). Выберите устройство, MAC-адрес (HW Address) которого совпадает с MAC-адресом прибора (указан в формуляре). Дважды щелкните левой кнопкой мыши по требуемой строке таблицы. После этого IP-адрес устройства скопируется в таблицу во вкладке Settings для нового (выбранного) COM-порта (рисунок 4.10).

Далее нажмите кнопку «Сохранить» (Save). Прибор готов к работе через интерфейс LAN.

Убедиться в успешной настройке виртуального COM-порта можно с помощью диспетчера устройств Windows, в котором в пункте Порты (COM и LPT) должен отображаться созданный порт, например: Lantronix CPR Port (COM2).

Инв. № подл.	Подп. и дата				Инв. № дубл.	Подп. и дата				
	Взамен инв. №					Инв. № дубл.				
Инв. № подл.	Подп. и дата				Инв. № дубл.	Подп. и дата				
	Взамен инв. №					Инв. № дубл.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	RU.ЯКУР.00106-01 34 01					Лист
										15

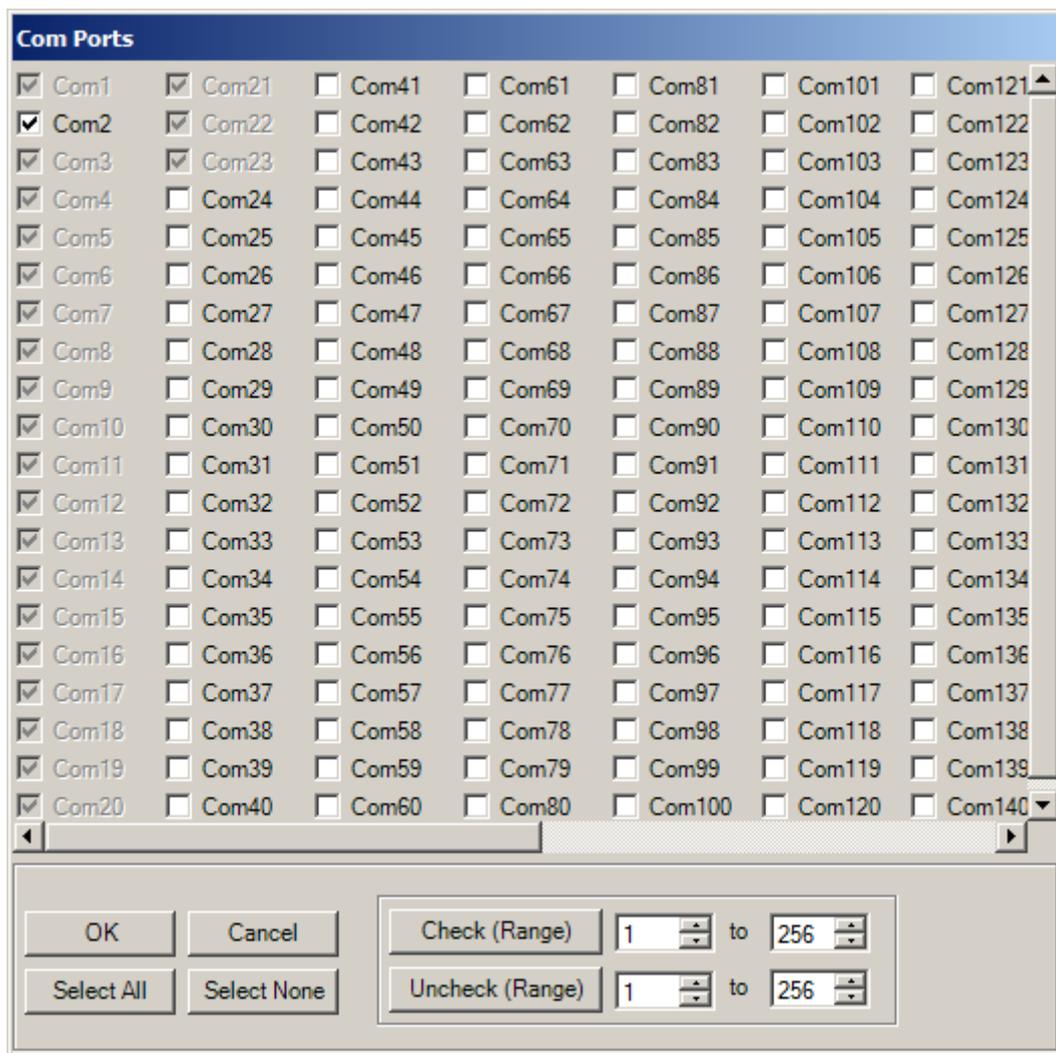


Рисунок 4.9 – Окно для выбора номера виртуального COM-порта (выбран COM2)

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	RU.ЯКУР.00106-01 34 01	Лист
						16

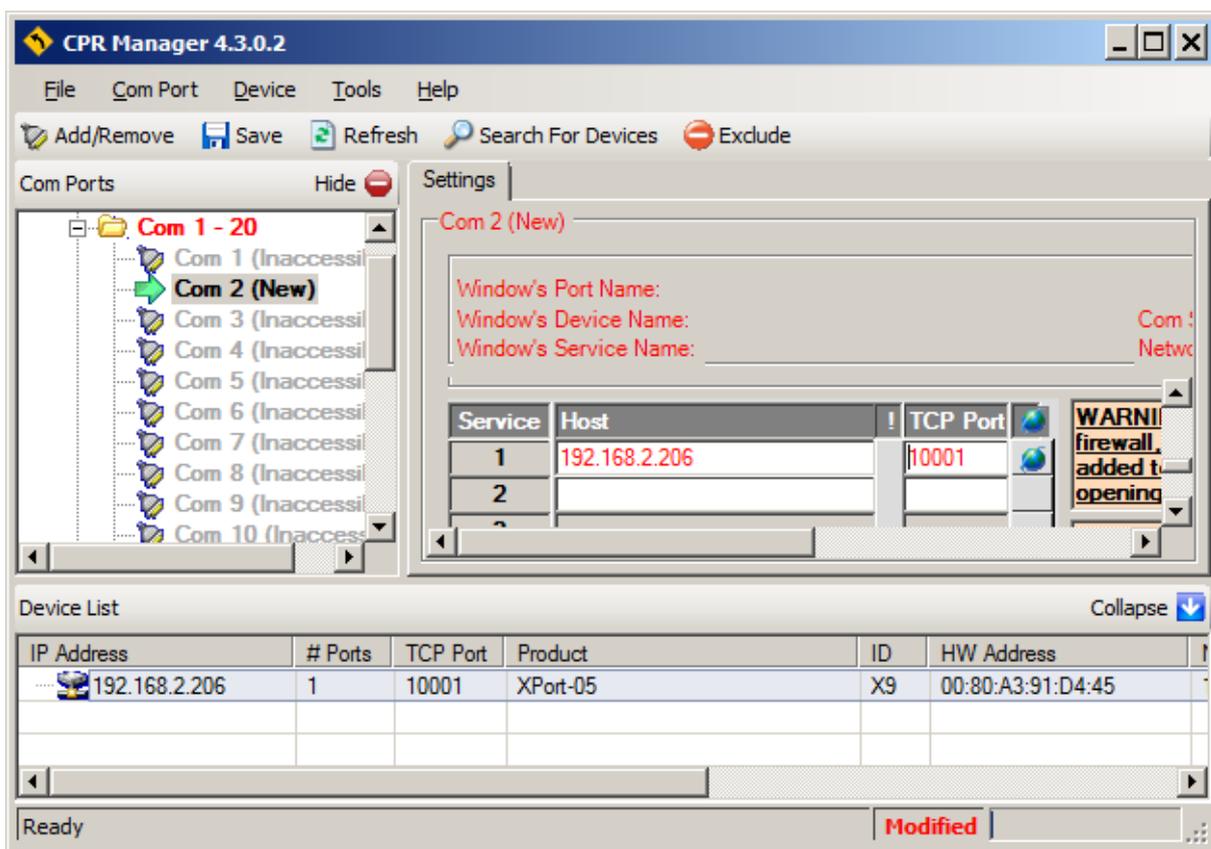


Рисунок 4.10 – Выбор устройства из списка по его MAC-адресу (здесь показано только одно устройство)

## 4.2 Установка в Linux

Для работы с Программой в операционной системе Linux, включая Astra Linux, требуется обратиться к разработчикам за установочным комплектом по адресу [admin@vremya-ch.com](mailto:admin@vremya-ch.com), указав в письме используемый дистрибутив Linux.

Для работы с Компаратором (версия ROM < 3.0), подключенным через интерфейс USB, используется FTDI-драйвер виртуального COM-порта VCP. Большинство дистрибутивов Linux с версией ядра 2.6 и выше содержат этот драйвер, поэтому его установка не требуется. В противном случае необходимый драйвер доступен для скачивания по web-адресу: <http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm>.

При использовании соединения с прибором через интерфейс RS-232 рекомендуется использовать COM-порт компьютера, интегрированный в материнскую плату, либо использовать специальный переходник USB-RS232 компании FTDI.

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

## 5 Подключение Компаратора и начало работы с Программой

Если для подключения Компаратора используется интерфейс RS-232, то перед подсоединением прибора к компьютеру рекомендуется выключить прибор. Если используются USB или LAN интерфейсы, то Компаратор может быть подсоединен во включенном состоянии.

После подсоединения прибора к компьютеру можно включить прибор. При первом подключении прибора через USB интерфейс может потребоваться установка драйвера (см. раздел 4).

Взаимодействие компараторов, начиная с версии ROM 3.0, и ПК по сети LAN в программе КФМ осуществляется с использованием протокола UDP. Для более ранних версий ROM подключение по LAN возможно с помощью специального драйвера (см. раздел 4.1); выберите тип соединения COM для подключения по LAN в этом случае.

Каждый Компаратор имеет свой собственный MAC-адрес, и в сетях с DHCP-сервером каждому Компаратору автоматически назначается свой собственный IP-адрес. Имеется также возможность ручного назначения IP-адреса Компаратору.

При запуске Программы предлагается выбор типа подключения LAN или COM (рисунок 5.1).

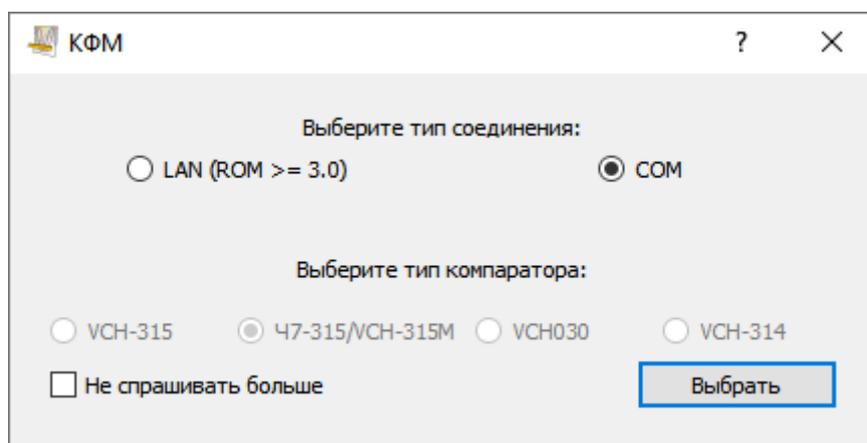
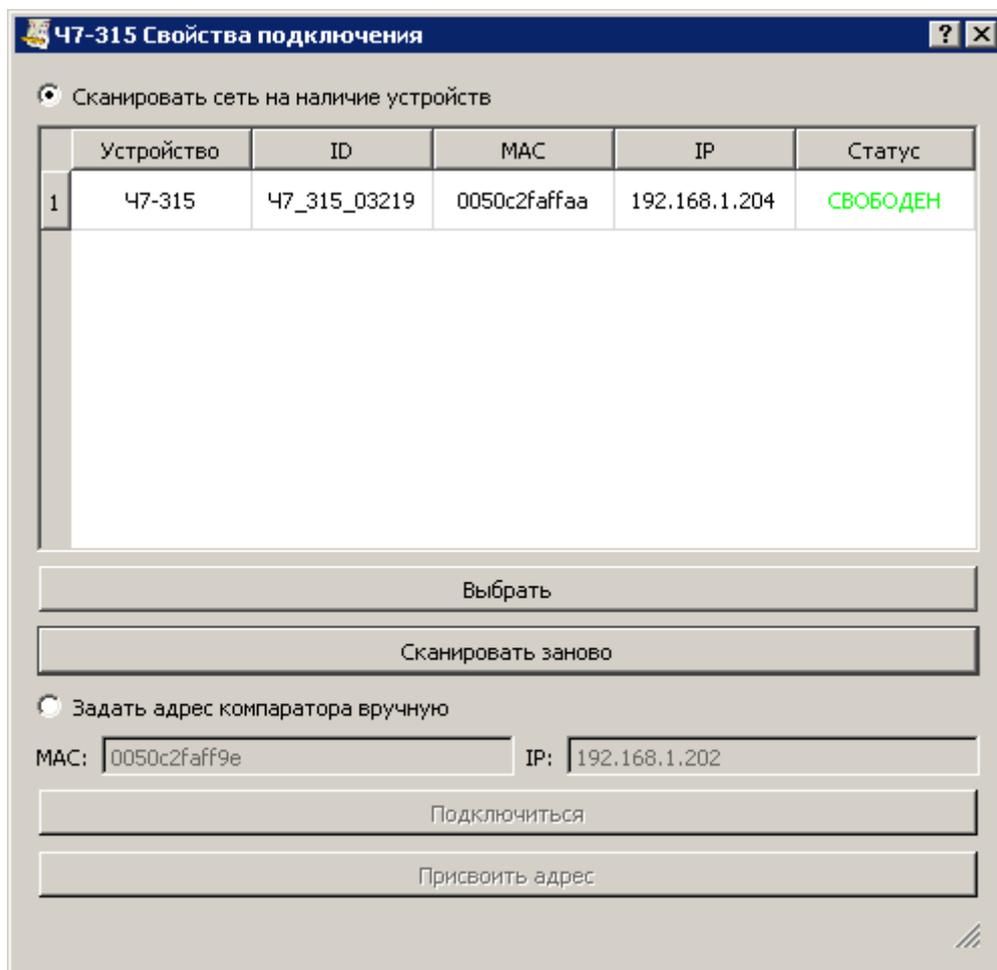


Рисунок 5.1 – Окно выбора типа соединения

После выбора LAN и любой из доступных моделей открывается окно «Свойства подключения» (рисунок 5.2). В окне «Свойства подключения» можно провести сканирование сети для получения списка компараторов (пункт «сканировать сеть на наличие устройств»). После выбора этого пункта с ПК отправляется специальная широкоовеща-

Интв. № подкл.	Подп. и дата
Взамен интв. №	Подп. и дата
Интв. № дубл.	Подп. и дата

тельная посылка, в ответ на которую компараторы отправляют свою адресную информацию – IP, MAC, и ID. На основе этой информации формируется таблица, где каждая строка соответствует единственному Компаратору в сети.



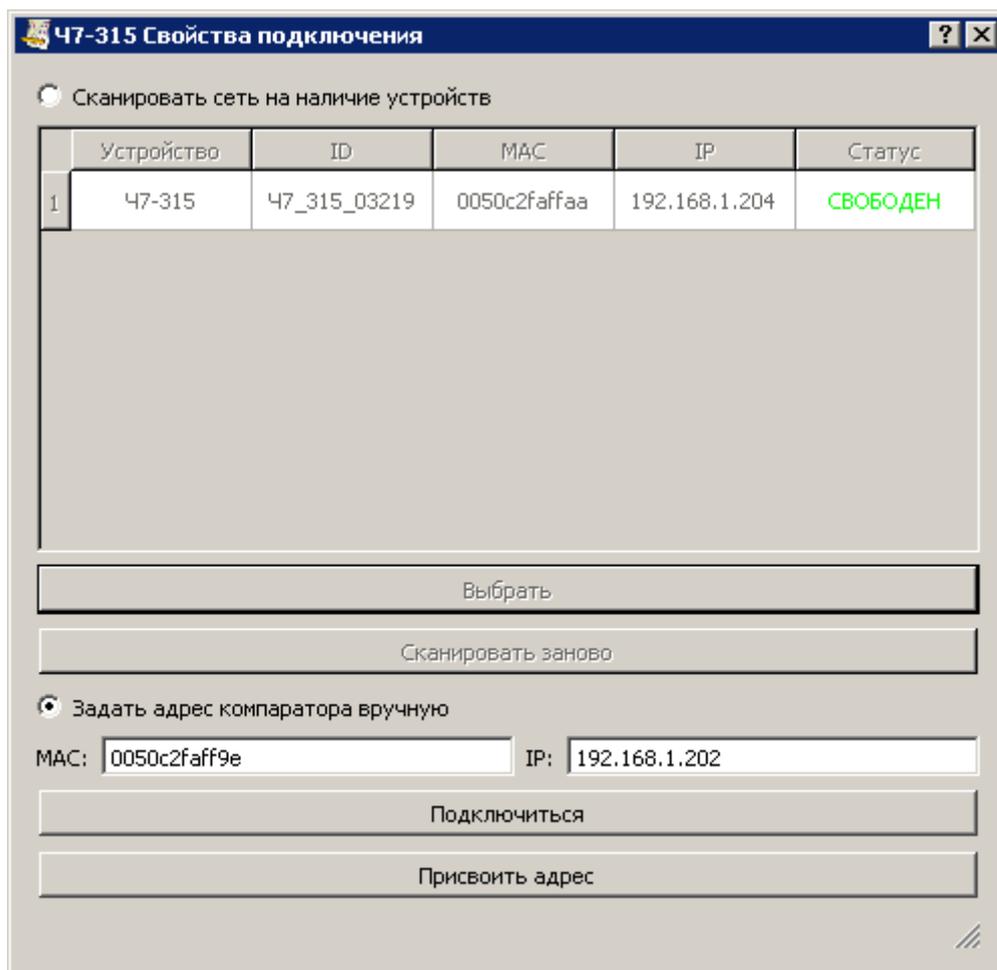
**Рисунок 5.2** – Окно «Свойства подключения»

В каждой строке таблицы помимо адресной информации имеется также столбец «Статус», по которому можно определить: доступен ли конкретный прибор в данный момент времени. Для работы с Компаратором необходимо, чтобы он имел статус «СВОБОДЕН», выделенный зеленым цветом (знак «\*» после статуса «СВОБОДЕН» означает, что полученный тип прибора не совпадает с выбранным типом при старте Программы, и выбрать данный прибор нельзя до перезапуска Программы и выбора корректного типа прибора). Если эти условия выполнены, то для запуска измерений достаточно нажать на нужную строку таблицы и затем нажать на кнопку «Выбрать». При

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

этом имеется возможность просканировать сеть заново нажатием на кнопку «Сканировать заново».

Кроме того, в окне «Свойства подключения» можно вручную задать параметры подключения к прибору (пункт «Задать адрес компаратора вручную» и кнопка «Подключиться», рисунок 5.3) или присвоить прибору нужный адрес (кнопка «Присвоить адрес», рисунок 5.3). Присвоение прибору адреса **отключает его взаимодействие с DHCP-сервером.**



**Рисунок 5.3** – Окно «Свойства подключения». Задание адреса Компаратора вручную

После выбора нужного прибора открывается главное окно Программы. В этом окне в разделе «Опции» продублировано окно параметров подключения с дополнительной кнопкой «Использовать DHCP». При вводе MAC- и IP-адреса прибора в пункте «Задать адрес компаратора вручную» и нажатии на кнопку «Использовать DHCP» воз-

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

вращается взаимодействие прибора с DHCP-сервером. Взаимодействие с DHCP-сервером также можно вернуть перезапуском самого прибора.

После выбора COM и любой из доступных моделей прибора (рисунок 5.1) появляется окно «Автоподключение...», отображающее процесс соединения с прибором (рисунок 5.4). Окно «Автоподключение...» отображается, а процесс анализа портов и подключения к прибору запускается при старте, если выделен пункт «Анализировать порты при каждом запуске программы» в окне «Автоподключение...» или в окне «Соединение с прибором» (пункт меню «Опции>Соединение», смотрите раздел 6.2).

Программа осуществляет автоматический поиск COM портов, доступных операционной системе (включая виртуальные порты USB, LAN), к которым подключены компараторы. Если ни одного Компаратора не найдено, то Программа выдаст соответствующее сообщение и продолжит сканирование портов.

Если пункт «Анализировать порты при каждом запуске программы» не выделен, то при запуске Программа попытается установить соединение по COM-порту с номером, который был использован при предыдущем включении Программы, данный номер указан в ini-файле в каталоге Программы.

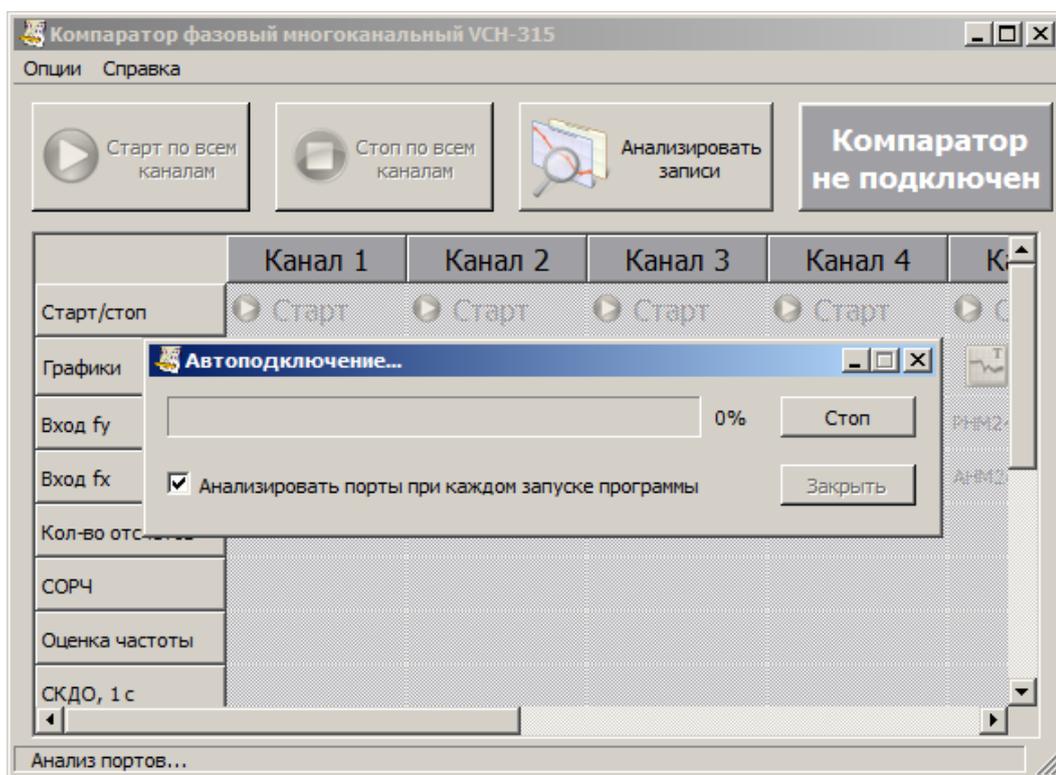


Рисунок 5.4 – Главное окно Программы после её запуска

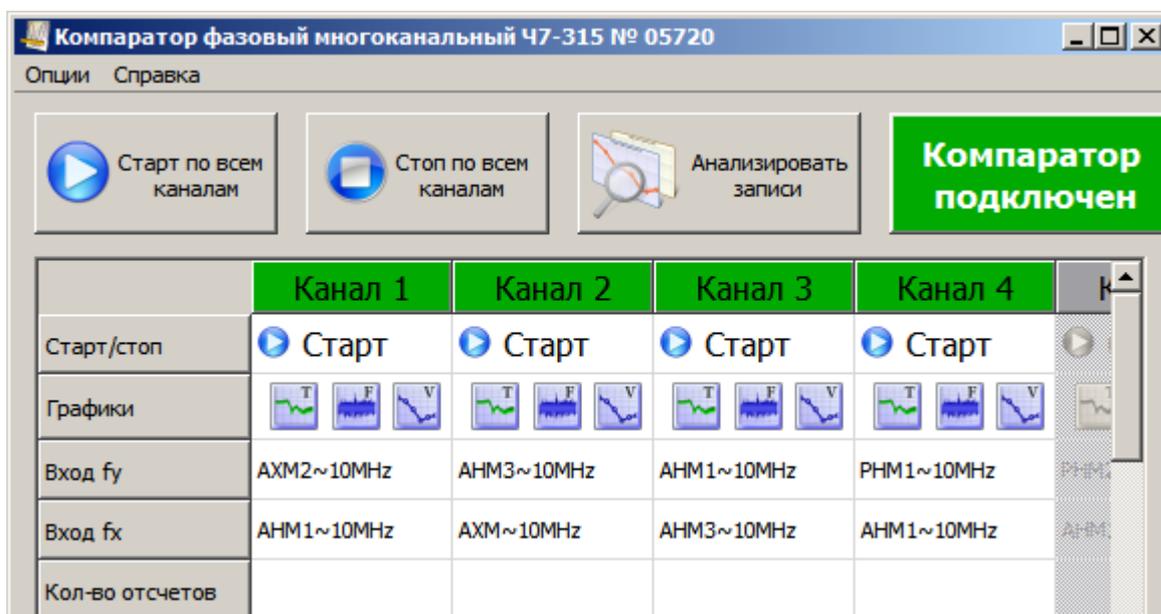
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взамен инв.№	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Подп. и дата	RU.ЯКУР.00106-01 34 01	Лист
							21
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

Название главного окна Программы содержит название Компаратора и его серийный номер.

Допускается включение Компаратора после запуска Программы.

Если Программе удалось обнаружить Компаратор, подсоединенный к компьютеру, то в строке состояния отображается надпись «Подключение компаратора».

В случае удачного установления связи с Компаратором в строке состояния отображается надпись, содержащая номер порта, через который установлено соединение, например: «Компаратор подключен (COM1)». При этом поле в правом верхнем углу главного окна становится зеленого цвета, надпись меняется на «Компаратор подключен». Каналы Компаратора, в которых присутствует измеряемый («Вход  $f_y$ ») и опорный («Вход  $f_x$ ») сигналы, отмечаются зеленым цветом в таблице в главном окне, соответствующие столбцы таблицы становятся активными (рисунок 5.5).



**Рисунок 5.5** – Главное окно Программы после установления связи с Компаратором

Если к компьютеру подключено несколько компараторов, то нужный Компаратор необходимо выбрать из списка в меню «Опции», в пункте «Соединение» (см. раздел 6.2). При следующем включении Программы соединение будет устанавливаться с Компаратором, выбранным ранее.

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

## 6 Экранный интерфейс, работа с Программой

Экранный интерфейс Программы выполнен в стандарте Windows приложения (рисунок 6.1). Внешний вид Программы может отличаться от представленного в данном Руководстве в зависимости от индивидуальных настроек пользователя. Главным элементом окна Программы является таблица, содержащая информацию о наличии сигналов в каждом канале, количество полученных отсчетов, среднюю относительную разность частот (СОРЧ), оценку текущей относительной разности частот, значения характеристики нестабильности частоты (СКО или СКДО). Выбор отображения в таблице и на графиках значений либо СКО, либо СКДО, осуществляется в пункте «Настройка вычислений» меню «Опции» (см. раздел 6.2).

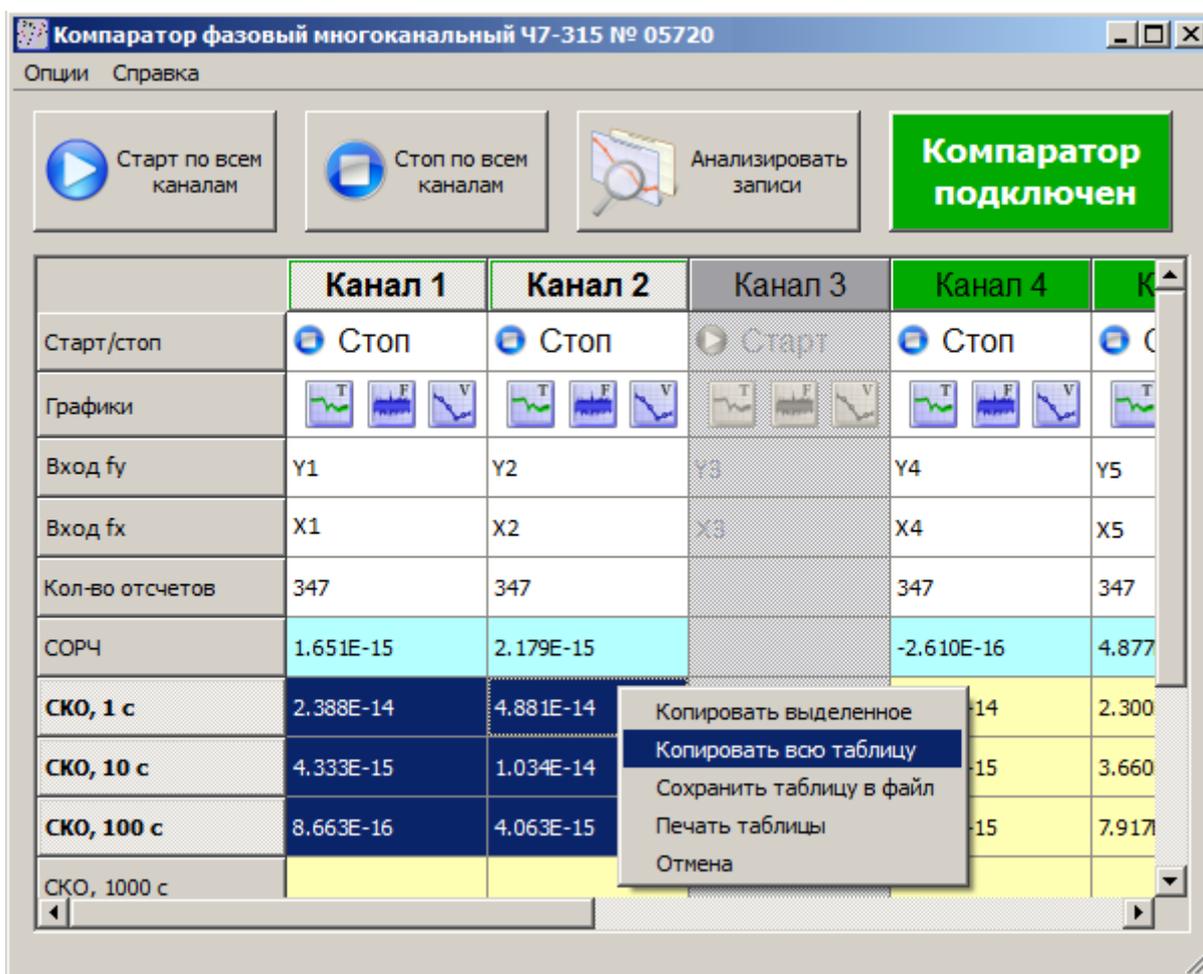


Рисунок 6.1 – Главное окно Программы

Для старта или остановки измерений в требуемом канале необходимо нажать на соответствующее поле в строке «Старт/стоп». Если необходимо запустить или остано-

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

вить измерения одновременно во всех каналах, в которых присутствуют сигналы, можно воспользоваться кнопками: «Старт по всем каналам», «Стоп по всем каналам». При попытке остановки измерений в одном или всех каналах всплывает окно, требующее подтвердить данную операцию.

При нажатии кнопки «Анализировать записи» запускается программа обработки данных частотно-временных измерений (см. Инструкцию пользователя RU.ЯКУР.00053-01 90 01), которая позволяет анализировать как данные текущих измерений, так и предыдущие записи. В открывшемся окне программы обработки автоматически загружаются записи для каналов, в которых запущены измерения в текущий момент времени.

Программа позволяет задавать названия для опорного (обозначен как «Вход  $f_x$ ») и измеряемого («Вход  $f_y$ ») сигналов каждого канала в соответствующих полях таблицы в строках «Опорный сигнал» и «Измеряемый сигнал». **Названия сигналам необходимо присвоить до запуска измерений, после запуска поля таблицы с именами сигналов будут недоступны для редактирования.** Названия сигналов будут отображаться при работе с записями в программе обработки данных частотно-временных измерений.

Текст таблицы целиком или только выделенный фрагмент может быть скопирован в буфер обмена, сохранен в файл или распечатан на принтере. Для этого в поле таблицы необходимо нажать правую кнопку мыши и выбрать необходимый пункт во всплывающем меню (см. рисунок 6.1).

**Если прибор содержит один или несколько датчиков температуры, то в таблице главного окна Программы становятся доступны дополнительные каналы для измерения температуры, выделенные оранжевым цветом (см. рисунок 6.2).**

Инв. № подл.	Подп. и дата				Инв. № дубл.	Подп. и дата				
	Взамен инв. №					Инв. № дубл.				
Инв. № подл.	Подп. и дата				Инв. № дубл.	Подп. и дата				
	Взамен инв. №					Инв. № дубл.				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	RU.ЯКУР.00106-01 34 01					Лист
										24



**Рисунок 6.2** – Главное окно Программы. Канал для записи измерений температуры

Измерения в канале для записи температуры запускаются и останавливаются так же, как и в других каналах. При нажатии кнопок «Старт по всем каналам» / «Стоп по всем каналам» в доступных каналах для записи температуры измерения также стартуют (останавливаются). В полях канала температуры можно изменить название записи. По умолчанию в поле «Вход  $f_x$ » содержится строка «КФМ», в поле «Вход  $f_y$ » – строка «Температура N», где N – номер датчика. При запущенных измерениях в поле «Кол-во отсчетов» отображается полученное количество отсчетов температуры. Остальные поля таблицы для данного канала остаются пустыми.

Аналогично измерениям разности фаз Программа позволяет строить текущие графики температуры, а также вариации температуры и зависимости средней вариации температуры от интервала времени измерения. Формулы для вычислений используются те же, что и при обработке фазовых измерений, вместо разности фаз в формулы подставляется температура.

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

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



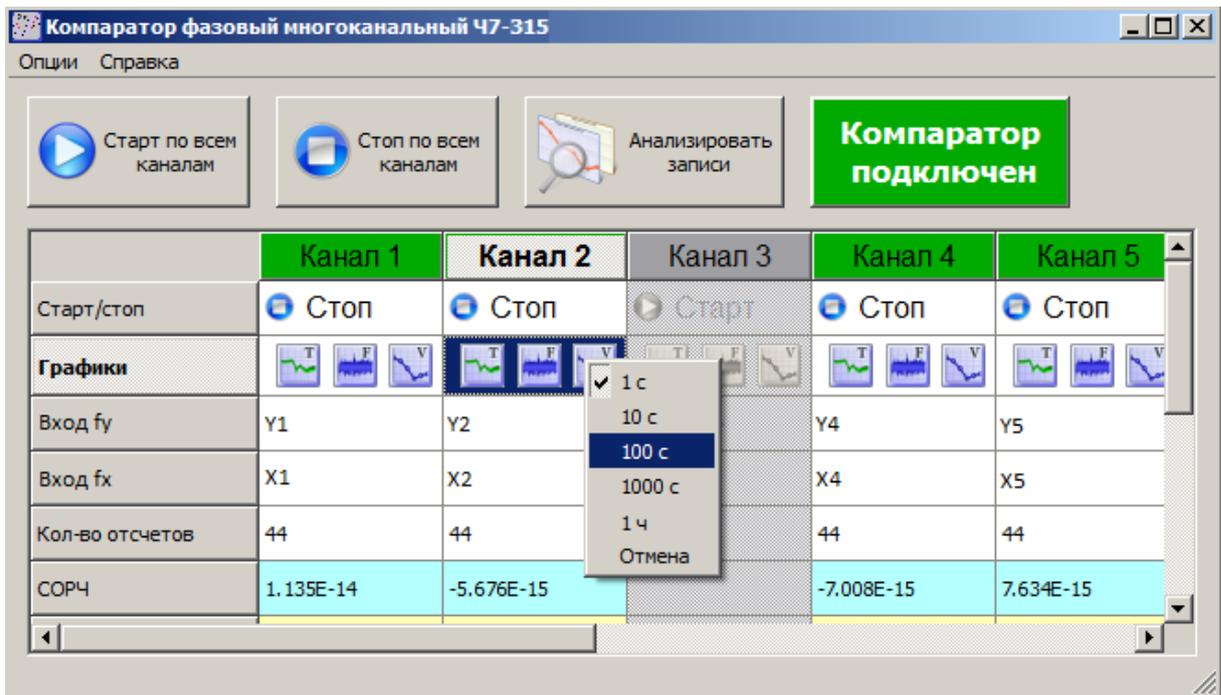


Рисунок 6.3 – Главное окно Программы. Выбор интервала времени измерения для графиков фазы и частоты

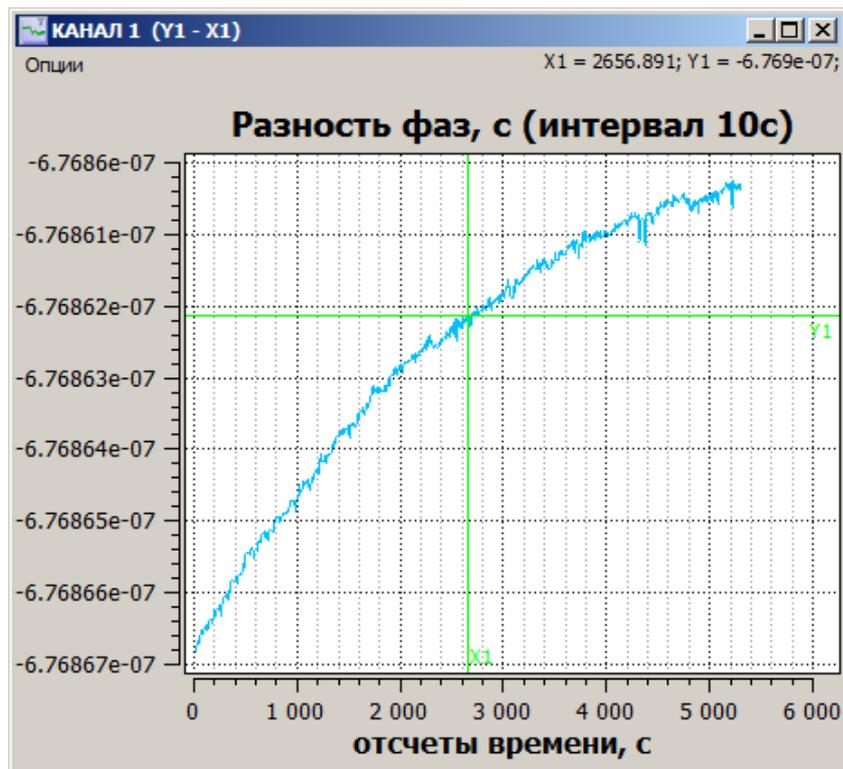


Рисунок 6.4 – График разности фаз, отсчеты с интервалом 10 с

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

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



Рисунок 6.5 – График относительной разности частот для интервала времени усреднения 100 с



Рисунок 6.6 – График SKO

Инва. № подкл.	Подп. и дата
Взамен инв. №	Подп. и дата
Инва. № дубл.	Подп. и дата

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

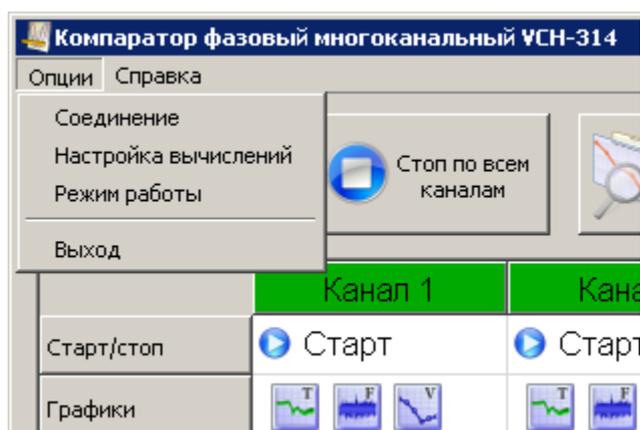
На рисунке 6.6 представлен пример графика СКО, который также содержит таблицу значений СКО.

Каждое окно графика содержит меню «Опции», через которое можно сохранить график в файле в формате «bmp» или «jpg» либо распечатать на принтере.

## 6.2 Меню главного окна Программы

На рисунке 6.7 представлено меню «Опции» главного окна Программы.

При нажатии на пункт «Соединение» открывается окно «Соединение с прибором» (рисунок 6.8). В данном окне отображается список доступных COM-портов (включая виртуальные COM-порты) компьютера. Если соединение с прибором установлено, то в списке выделен соответствующий COM-порт, а также указан серийный номер подключенного Компаратора.



**Рисунок 6.7** – Меню «Опции» главного окна Программы

При нажатии кнопки «Обновить и подключить», если в этот момент не ведутся измерения, произойдет разрыв текущего соединения с прибором (если оно было установлено), затем начнется анализ портов, поиск Компаратора и подключение к нему. Если в настоящий момент ведутся измерения, то выполнение данной процедуры невозможно.

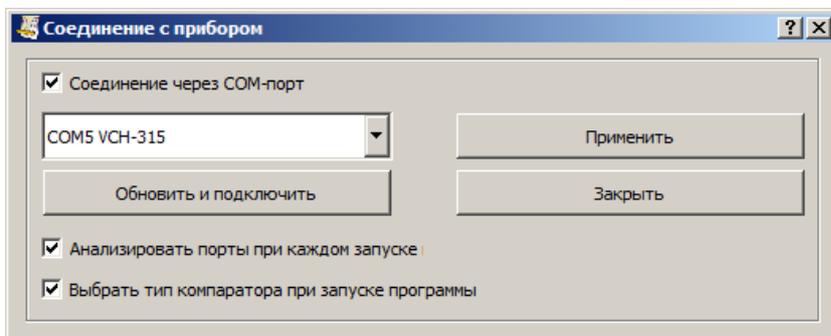
При нажатии кнопки «Применить» осуществляется попытка соединения по выбранному в списке COM-порту, если номер выбранного порта отличается от текущего.

Выделение пункта «Анализировать порты при каждом запуске» означает, что при следующем старте Программы будет заново проведен анализ портов и осуществлено подключение к Прибору, если он будет обнаружен (раздел 5). Если этот пункт не

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

выделен, то при следующем старте будет осуществлена попытка соединения по предыдущему выбранному СОМ-порту, указанному в ini-файле. Аналогичным образом, если не выделен пункт «Выбрать тип компаратора при запуске программы», то при следующем запуске Программа будет устанавливать соединение с типом Компаратора, с которым осуществлялась работа ранее, информация о типе Компаратора сохраняется в ini-файле.

Если к компьютеру, на котором запущена Программа, подключено несколько компараторов, то в списке СОМ-портов можно выбрать необходимый порт. Для соединения с Компаратором через выбранный порт необходимо нажать кнопку «Применить». При нажатии кнопки «Обновить и подключить» происходит разрыв текущего соединения с прибором, если оно было установлено, анализ портов компьютера и подключение к ранее выбранному Компаратору.



**Рисунок 6.8** – Окно «Соединение с прибором»

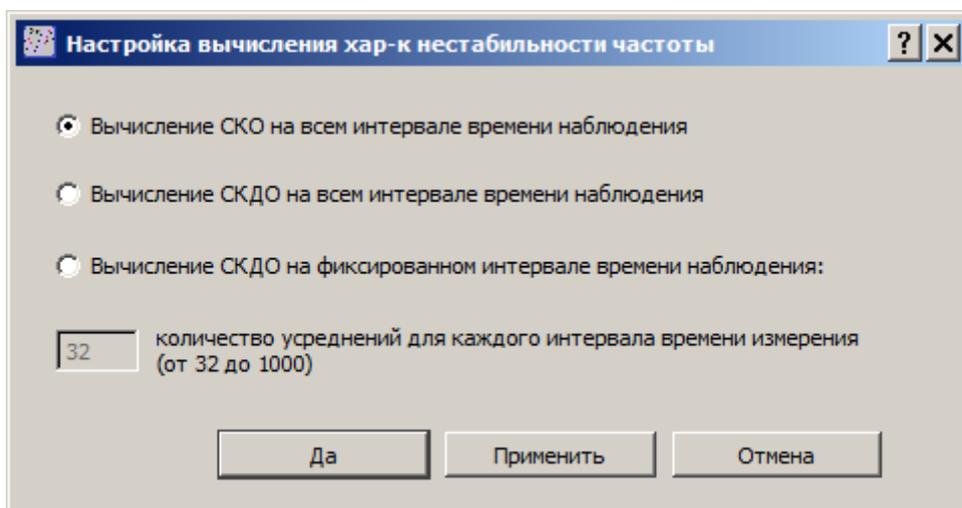
При нажатии на пункт меню «Настройка вычислений» (рисунок 6.7) открывается окно «Настройка вычисления характеристик нестабильности частоты» (рисунок 6.9). Возможен выбор статистических функций: СКО (среднее квадратическое относительное отклонение измеренного значения меры частоты для пары сигналов) и СКДО (среднее квадратическое относительное двухвыборочное отклонение измеренного значения меры частоты для пары сигналов). СКО всегда вычисляется на всем интервале времени наблюдения (начиная с запуска измерений). СКДО может вычисляться как на всем интервале времени наблюдения, так и на фиксированном интервале, предшествующем текущему моменту времени (в скользящем окне). При выборе расчета на фиксированном интервале требуется задать количество усреднений, т.е. размер скользящего окна. Количество усреднений может принимать значения от 32 до 1000. Например, при выборе количества усреднений, равным 100, время наблюдения СКДО для интервала

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

времени измерения  $t_i = 1$  с будет  $t_n = 100$  с, а для  $t_i = 3600$  с, будет равным  $t_n = 360000$  с.

Примечание - если при выбранном количестве усреднений 100 произошел скачок частоты, то через 101 секунду значение СКДО для  $t_i = 1$  с не будет содержать информацию об этом скачке.

Отметим, что изменять количество усреднений можно только при остановленных измерениях во всех каналах. Изменение типа вычисляемой функции возможно в ходе измерений. После выбора необходимой статистической функции требуется нажать «Да» или «Применить», после чего изменения вступят в силу, в таблице и на графиках будут отображаться значения выбранной характеристики.



**Рисунок 6.9** – Окно «Настройка вычисления характеристики нестабильности частоты»

В меню «Справка» содержится информация о версии Программы и версии встроенного программного обеспечения подключенного компаратора.

### 6.3 Файлы записей

Программа осуществляет сохранение данных измерений отсчетов разностей фаз  $t_{ух,i}$  в двух каталогах «samples» и «ASCII» в своей корневой папке.

В каталоге «samples» данные записаны в формате, предназначенном для программы обработки данных частотно-временных измерений Analyser. Для каждого канала создается два файла с расширениями «\*.inf» и «\*.dat» и с именем в формате YYMMDD\_n, где YY – год, MM – месяц, DD – день, n – номер канала. Если измерений за сутки не было, то файлы для этих суток не создаются.

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

Программа обработки данных может быть запущена с помощью нажатия кнопки «Анализировать» в главном окне Программы (см. раздел 6). Кроме того, Программа обработки может быть запущена на другом компьютере, соединенном через локальную сеть с компьютером, на котором выполняется Программа «Компаратор фазовый многоканальный». В Программе обработки необходимо указать путь к каталогу «samples» для работы с записями (см. Инструкцию пользователя RU.ЯКУР.00053-01 90 01).

В каталоге «ASCII» содержатся записи с данными измерений в формате ASCII для каждого канала в отдельности. Запись в данном формате может быть выключена, если в ini-файле установить значение ASCII=0 в поле Settings. Имя файла содержит время и дату начала записи: YYYYMMDD\_hh\_mm\_ss\_n, где YYYY – год, MM – месяц, DD – день, hh – час, mm – минуты, ss – секунды, n – номер канала.

Записи делятся на файлы по суткам. Если запись продолжается на следующие сутки, то создается новый файл, имя которого содержит дату следующих суток и время 00:00:00 (например, 20200312\_00\_00\_00\_1).

На рисунке ниже представлен пример файла в ASCII-формате. Первый столбец содержит время измерения, соответствующее времени компьютера, на котором запущена Программа. Второй столбец содержит отсчеты компараторного времени в секундах. Третий столбец содержит отсчеты Компаратора  $t_{yx,i}$  в мкс. Для получения отсчетов разностей фаз в единицах секунд необходимо поделить  $t_{yx,i}$  на коэффициент умножения флуктуаций частоты компаратора  $K$ , равный  $10^6$ , а также изменить знак (3.1.1).

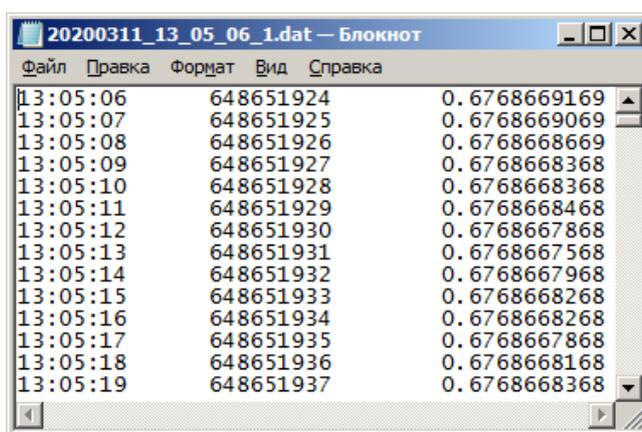


Рисунок 6.10 – Пример записи, сохраненной в ASCII-формате

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

