

L CARD MEASUREMENT STUDIO (LMS)

ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО L CARD MEASUREMENT STUDIO (LMS)

*Ревизия 0.0.9
Февраль 2023*

Автор руководства:

Борисов Алексей

ООО “Л Кард”

117105, г. Москва, Варшавское ш., д. 5, корп. 4, стр. 2

тел.: +7 (495) 785-95-25

факс: +7 (495) 785-95-14

Адреса в Интернет:

<http://www.lcard.ru>

E-Mail:

Отдел продаж: sale@lcard.ru

Техническая поддержка: support@lcard.ru

Отдел кадров: job@lcard.ru

Таблица 1: Ревизии текущего документа

Ревизия	Дата	Описание
0.0.1	25.11.2019	Первая предварительная ревизия данного документа.
0.0.2	03.12.2019	Добавлен третий и четвертый урок обучения, дополнено описание понятий.
0.0.3	10.02.2020	Добавлен пятый и шестой урок обучения, добавлено описание способа сохранения данных эксперимента на диске.
0.0.4	14.04.2020	Добавлен седьмой и восьмой уроки обучения.
0.0.5	15.01.2021	Добавлено общее описание программы и поддерживаемых возможностей, добавлено описание клонирования и импорта эксперимента.
0.0.6	09.02.2021	Добавлена информация о демонстрационной версии программы, о лицензиях и пользовательском соглашении. Добавлен урок обучения по подключению модуля E-502 по сети.
0.0.7	02.02.2022	Добавлено описание новых возможностей программы версии 1.1. Включены уроки по вводу с данных с дискретных входов и асинхронному выводу на дискретные выходы.
0.0.8	21.09.2022	В список возможностей добавлен экспорт в формат мега (WinПОС) и задание формата чисел при экспорте в CSV.
0.0.9	16.02.2023	В список возможностей добавлена поддержка модулей LTR51 и LTR210, подсчета событий, графика спектра, отображения скорости передачи устройств.

Оглавление

1	Общие сведения	6
1.1	Описание возможностей программы	6
1.2	Бесплатная демонстрационная версия и лицензии	13
1.3	Системные требования	14
1.4	Установка программного обеспечения для ОС Windows	14
1.4.1	Установка программы	14
1.4.2	Установка необходимого ПО для работы с устройствами	18
1.4.3	Обновление программы	18
1.4.4	Удаление программы	19
1.5	Основные понятия	19
1.5.1	Сценарий эксперимента	20
1.5.2	Эксперимент	20
1.5.3	База экспериментов	20
1.5.4	Функция преобразования данных	21
1.5.5	Преобразователь сигналов	22
1.5.6	Канал	22
1.5.7	Ссылка на каналы	22
1.5.8	Модуль обработки	22
1.5.9	Расчетный канал	23
1.5.10	Кадр	23
1.5.11	Селектор кадра	23
1.5.12	Событие	23
1.5.13	Интерфейс визуализации	24
1.5.14	Элемент визуализации	24
1.6	Режимы работы программы	24
2	Примеры работы с программой или быстрый старт	25
2.1	Введение	25
2.2	Предварительная подготовка	25
2.3	Урок 1. Типичные шаги работы с программой на примере простейшего сценария	26
2.3.1	Введение	26
2.3.2	Создание первого сценария	26
2.3.3	Настройка используемых устройств	28
2.3.4	Настройка интерфейса отображения данных	33
2.3.5	Настройка сохранения данных	36
2.3.6	Проведение эксперимента	37
2.3.7	Просмотр данных проведенного эксперимента	39
2.3.7.1	Отображение значения графиков под курсором	40

	2.3.7.2	Изменение отображаемого диапазона значений	41
	2.3.8	Сохранение результатов проведения эксперимента	42
	2.3.9	Повторный просмотр результатов эксперимента	43
2.4	Урок 2.	Добавление нескольких устройств и нескольких графиков	44
	2.4.1	Введение	44
	2.4.2	Добавление устройств в конфигурацию	44
	2.4.3	Добавление графиков в интерфейс визуализации	46
	2.4.4	Настройка расположения графиков на странице	48
	2.4.5	Назначения каналов графикам	50
	2.4.6	Группы отслеживания значений под курсором	54
2.5	Урок 3.	Преобразование данных в физические величины	56
	2.5.1	Введение	56
	2.5.2	Пример 1. Преобразование данных для подключения датчика с выходом 4-20 мА к АЦП общего назначения	57
	2.5.3	Пример 2. Преобразование данных для подключения термопары через усилитель к АЦП общего назначения	62
	2.5.4	Пример 3. Использование преобразователя LPW25	65
	2.5.5	Настройки осей графиков	68
2.6	Урок 4.	Добавление расчетных каналов и страниц визуализации	70
	2.6.1	Введение	70
	2.6.2	Добавление селектора кадра	71
	2.6.3	Добавление модулей обработки данных	74
	2.6.4	Добавление расчета параметров по спектру сигнала	78
	2.6.5	Отображение расчетных параметров на графиках и создание нескольких страниц визуализации	82
2.7	Урок 5.	Вывод простых сигналов на ЦАП	90
2.8	Урок 6.	Синхронный старт сбора данных с нескольких модулей	97
	2.8.1	Введение	97
	2.8.2	Запуск сбора для нескольких модулей без аппаратной синхронизации старта	98
	2.8.3	Синхронный запуск сбора для нескольких модулей одного крейта по метке СТАРТ	101
	2.8.4	Синхронный запуск сбора для модулей из разных крейтов по стартовой метке	104
2.9	Урок 7.	Особые случаи настройки используемых устройств	110
	2.9.1	Использование удаленной службы ltrd	110
	2.9.2	Подключение модуля E-502 по сети	117
	2.9.2.1	Сетевые настройки модуля	117
	2.9.2.2	Подключение по сетевому имени при автоматическом получении IP-адреса	119
	2.9.2.3	Подключение по фиксированному IP-адресу	120
2.10	Урок 8.	Тарировка измерительных каналов	125
	2.10.1	Аппаратная тарировка тензометрических модулей	126
	2.10.1.1	Введение	126
	2.10.1.2	Аппаратная тарировка для модуля LTR216	127
	2.10.1.3	Аппаратная тарировка для модуля LTR212	132
2.11	Урок 9.	Ввод и отображение дискретных данных	134
	2.11.1	Введение	134
	2.11.2	Настройка сценария	135

2.11.3	Настройка генерируемых сигналов	138
2.11.4	Результат выполнения эксперимента	145
2.11.5	Использование логических операций с дискретными каналами	146
2.11.6	Добавление вывода данных на светодиодные индикаторы	155
2.12	Урок 10. Управление асинхронным выводом	161
2.12.1	Введение	161
2.12.2	Управление выводом с помощью элемента переключатель	161
2.12.3	Использование дискретных входов и выходов на примере контроля и управления клапаном	174
3	Описание интерфейса программы	190
3.1	Диалог выбора операции	190
3.2	Диалог просмотра лицензий	194
3.3	Конфигурация сценария	196
3.4	Выполнение эксперимента	196
3.5	Промотр данных эксперимента	196
4	Дополнительная информация о программе	197
4.1	Формат сохраняемых на диск данных эксперимента	197

Глава 1

Общие сведения

1.1 Описание возможностей программы

Программный комплекс “**L Card Measurement Studio**” предназначен для проведения измерительных экспериментов и решения задач автоматизации на базе оборудования компании “Л Кард”.

“**L Card Measurement Studio**” позволяет из одной программной оболочки без необходимости запуска отдельных программ выполнять все действия, которые необходимы на разных стадиях выполнения измерительных задач, такие как:

- полная конфигурация (создания сценария) всего эксперимента, включая используемое измерительное оборудование, настройки его режимов, задание способа обработки, сохранения и отображения данных эксперимента;
- проведение экспериментов с одновременным отображением измеряемых параметров;
- просмотр данных ранее проведенных экспериментов;
- экспорт данных проведенных экспериментов для дальнейшей их обработки в других программах.

Ключевые возможности программы:

1. Работа с базой сценариев экспериментов:

- возможность полной настройки всех параметров, необходимых для проведения требуемого пользователю типа экспериментов, в виде [сценария проведения эксперимента](#);
- создание произвольного количества различных сценариев проведения экспериментов для различных измерительных задач;
- все создаваемые сценарии сохраняются в общей базе для быстрого просмотра списка созданных сценариев и выбора нужного;
- по каждому сценарию в базе сохраняется информация о всех проведенных [экспериментах](#) в соответствии с данным сценарием для быстрого перехода к просмотру данных;
- экспорт и импорт сценариев для переноса на другой компьютер.

2. Работа с измерительным оборудованием:

- поддержка работы со следующим оборудованием “Л Кард”:
 - все крейты системы **LTR**, а также модули **LTR11**, **LTR12**, **LTR22**, **LTR24**, **LTR25**, **LTR27**, **LTR34**, **LTR35**, **LTR41**, **LTR42**, **LTR43**, **LTR51**, **LTR114**, **LTR210**, **LTR212**, **LTR216**;
 - модуль **E-502** и плата **L-502**;
 - преобразователи **LPW25**, подключаемые к модулям **LTR25** или **LTR24-2**, с поддержкой автоматического чтения данных из TEDS-памяти при подключении к **LTR25**;
 - датчики уровня ультразвуковые **ДТУ** (датчики уровня топлива). Для работы требуется крейт **LTR-EU-8/LTR-EU-16**, модуль **LTR43**;
 - счетчики электрической энергии постоянного и переменного тока СЭППТ и делители напряжения ДНЕ-25. Для работы требуется крейт **LTR-EU-8/LTR-EU-16**, модуль **LTR43**.
- работа одновременно в рамках одного эксперимента с произвольным количеством крейтов **LTR** с произвольным количеством и составом модулей каждый, а также одновременно с произвольным количеством отдельных модулей и плат (количество ограничивается только лицензией);
- возможность как выбора измерительных устройств из списка автоматически определенного подключенного оборудования, так и добавления и изменения списка используемых устройств вручную;
- выполнение всех действий, не требующих явного доступа к оборудованию, без непосредственно наличия подключенного измерительного оборудования;
- возможность задать все настройки, поддерживаемые модулем, с учетом различных особенностей различных модулей, в том числе:
 - возможность задать индивидуально для каждого модуля свою частоту дискретизации данных;
 - для каждого модуля выбрать произвольный набор используемых каналов для ввода или вывода (как аналоговых, так и дискретных);
 - для каждого канала АЦП задать свой диапазон измерения, режим измерения (в зависимости от модуля), а также способ перевода значений измерений в пользовательские единицы измерения (подробнее описано ниже);
 - возможность для АЦП с настройкой каналов в дифференциальном режиме или режиме с общей землей выбрать свой режим индивидуально для каждого канала;
 - настройка аппаратного усреднения для модуля **E-502** и платы **L-502**;
 - возможность одновременного измерения частоты и подсчета числа импульсов для модуля **LTR51**;
 - возможность работы с модулем **LTR210** в режиме непрерывного сбора, в режиме покадрового сбора с использованием аппаратных возможностей синхронизации модули или в режиме покадрового сбора по программным событиям;
- кроме ввода данных с каналов АЦП также поддерживаются следующие функции ввода-вывода:

- потоковый ввод данных с дискретных входов для платы L-502 и модулей E-502, LTR35, LTR41, LTR43 (последний без возможности одновременного вывода на том же модуле);
- синхронный вывод сигналов заданной формы на ЦАП для для платы L-502 и модулей E-502, LTR34, LTR35;
- синхронный вывод сигналов заданной формы на дискретные выходы для платы L-502 и модулей E-502, LTR35;
- асинхронный вывод на дискретные выходы по событиям или состоянию дискретного входа для платы L-502 и модулей E-502, LTR42, LTR43 (последний без возможности одновременного потокового ввода на том же модуле);
- возможность одновременного запуска ввода по синхрометке для модулей в рамках одного или нескольких крейтов LTR, так и с использованием собственных входов синхронизации отдельных модулей;
- работа с крейтами LTR как через локальную службу ltrd, так и с произвольным количеством удаленных служб ltrd;
- подключение модулей E-502 по сети как по вручную заданным параметрам подключения (IP-адрес и порт), так и по сетевому имени автоматически обнаруживаемого в локальной сети модуля;
- выполнение встроенной тарифовки каналов для модулей LTR212 и LTR216;
- возможность задания произвольного пользовательского имени для каждого устройства и каждого канала для удобной их идентификации в сценарии;
- отображение при настройке эксперимента скорости приема и передачи данных для текущей конфигурации по каждому модулю, а также по каждому крейту LTR.

3. Перевод из измеряемых АЦП электрических величин в пользовательские величины:

- назначение индивидуально на каждый канал АЦП способа преобразования данных в пользовательские величины;
- возможность для каждого канала задать произвольное количество функций преобразования, применяемых последовательно к данным измерения данного канала;
- справочник типов преобразователей, позволяющий однократно определить функции преобразования для однотипных датчиков, используемых в системе;
- справочник преобразователей, позволяющий задать информацию о конкретном экземпляре датчика заданного типа, для удобного хранения информации о назначении конкретных датчиков конкретным каналам измерительного оборудования;
- поддержка следующих функций преобразования:
 - линейное преобразование как по заданным коэффициентам (множитель и смещение), так и по сопоставлению величин в двух заданных точках, а также упрощенное задание функций преобразования для токового шунта или преобразования между единицами измерения;

- стандартные функций преобразования для термосопротивлений по ГОСТ 6651-2009 и термопар по ГОСТ Р 8.585-2001;
- показательная функция для датчиков с логарифмической шкалой;
- поддержка функций преобразования для преобразователей LPW25 с учетом коррекций их АЧХ и ФЧХ.

4. Синхронный вывод сигналов заданной формы:

- возможность задать для каждого канала ЦАП или канала цифрового вывода свои параметры выводимого сигнала;
- для каналов ЦАП поддерживаются следующие формы сигнала:
 - постоянное значение;
 - синус с заданной амплитудой, частотой, смещением нуля и начальной фазой;
 - пила с заданием частоты, начального и конечного значения;
 - прямоугольные импульсы с заданием уровня импульса, паузы, частоты и скважности;
 - кусочно-линейная функция, задаваемая по произвольному количеству точек, определяющих соответствие времени и значения;
- для каналов дискретного вывода поддерживаются следующие формы сигнала:
 - постоянное значение;
 - прямоугольные импульсы с заданием частоты и скважности;
 - произвольное задание сигнала со сменой уровня в заданные моменты времени;
- использование как циклического, так и потокового режима вывода;

5. Расчетные каналы:

- возможность задания произвольного количества дополнительных расчетных каналов, данные которых получаются с помощью расчетной функции на основе данных каналов ввода или других расчетных каналов;
- возможность для параметров, вычисляемых по части сигнала за ограниченный интервал времени (кадру), задать произвольное количество настроек выделения кадров из непрерывных исходных данных;
- поддержка следующих параметров, вычисляемых за кадр:
 - среднее значение;
 - RMS переменной составляющей (с использованием окна);
 - значение постоянной составляющей (с использованием окна);
 - размах;
 - коэффициент пульсаций;
 - частота и амплитуда максимальной гармоники спектра;
 - коэффициент нелинейных искажений;
- поддержка получения данных нового канала с помощью линейного преобразования данных исходного;

- поддержка расчета параметров по всем данным от начала эксперимента до заданного момента, включая:
 - среднее значение;
 - максимальное значение;
 - минимальное значение;
- поддержка получения данных новых каналов с помощью попарного сложения, вычитания, умножения или деления значений двух других каналов;
- поддержка получения данных нового дискретного канала по данным других дискретных каналов с помощью логических операций: “НЕ”, попарное “И”, “ИЛИ”, “ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ”.
- поддержка получения аналоговой величины, пропорциональной количеству событий
 - возможность подсчета программных событий, фронтов и/или спадов дискретного сигнала или значений счетчиков от [LTR51](#);
 - возможность назначения события для сброса счетчика в начальное состояние;
 - возможность назначения события/дискретного входа для определения направления счета;
 - возможность назначения события/дискретного входа для разрешения счета;
 - возможность задания начального значения, приращения результирующей величины на один импульс и интервал обновления результатов;

6. Сохранение данных эксперимента:

- возможность задания общей базовой директории, используемой по умолчанию для сохранения данных экспериментов определенного сценария;
- автоматическое создание директории нового эксперимента с возможностью ее изменения по завершению проведения эксперимента;
- ручное включение и останов записи данных во время эксперимента без прекращения отображения измеряемых параметров;
- возможность задания начальной задержки записи для автоматического исключения из записи начального неустановившегося сигнала;
- возможность задания максимального времени записи как для всего эксперимента, так и отдельного непрерывного блока записи;
- продолжение ранее остановленного эксперимента, в том числе и после выключения машины, с продолжением записи с места останова;
- возможность задания формата записи отсчетов для выбора между малым размером записанных данных на диске (2 байта на отсчет) и максимальной точностью представления (8-байт с плавающей запятой) как индивидуально для каждого канала, так и для группы каналов;
- произвольный выбор каналов, данные по которым будут записываться из общего набора каналов, используемых в эксперименте;
- возможность сохранения данных как аналоговых, так и дискретных каналов;

- сохранение счетчиков синхрометок для каждого модуля крейтовой системы LTR для привязки к ним данных в сторонних программах;
- сохранение пользовательского описания для каждого проведенного эксперимента;
- включение управления записью командами, передаваемыми в сети с помощью UDP-пакетов, а также передачу этих команд самой программой при включении/отключении записи.

7. Графический интерфейс представления данных:

- графический интерфейс для отображения данных эксперимента полностью определяется пользователем в конфигурации конкретного сценария;
- поддержка нескольких окон, с привязкой каждого окна к заданному монитору, для возможности использования всех подключаемых к рабочему месту мониторов;
- поддержка нескольких страниц (закладок) в каждом окне, для группировки одновременно отображаемых параметров, в случае если их количество не позволяет их удобно отобразить все одновременно;
- содержимое каждой страницы произвольно задается пользователем и может включать в себя произвольное число следующих элементов отображения:
 - временной бегущий график для отображения данных аналоговых или дискретных каналов;
 - график спектра с возможностью отображения значений как в линейной шкале, так и децибелах относительно максимальной гармонике сигнала, диапазона канала или пользовательского уровня;
 - панель цифровых индикаторов;
 - панель с рамкой и заголовком для группировки дополнительных визуальных элементов:
 - * текстовое поле с фиксированным настроенным текстом;
 - * цифровой индикатор для отображения вещественных значений;
 - * светодиодный индикатор для отображения состояния дискретных каналов или событий;
 - * переключатель с двумя положениями для генерации событий пользователем с возможностью ограничения времени нахождения в активном состоянии и принудительным запретом по событию;
- для задания позиции элементов каждая страница или группа элементов представляется таблицей с произвольным числом строк и столбцов (аналогично таблице в Word). Каждый визуальный элемент может занимать свою ячейку таблицы, а также занимать сразу несколько рядом расположенных ячеек;
- назначение каналов для отображения задается произвольным образом: каждый канал может быть назначен одновременно произвольному количеству визуальных элементов, а также элементу, поддерживающему отображение нескольких данных, может быть назначено произвольное число каналов каналов;
- поддержка отображения как относительного, так и абсолютного времени на графиках;

- поддержка произвольного числа осей значений на графиках с расположением их справа или слева;
- для каждой оси значений может быть задан как фиксированный диапазон шкалы, так и автоматическое определение диапазона по отображаемым данным;
- возможность настройки формата отображения чисел, а также разрешения отображения их физических величин, для графиков и цифровых индикаторов;
- возможность задания для каждого цифрового индикатора интервала обновления значений во время проведения эксперимента, а также момента отображения при просмотре данных (конец или начало просматриваемого блока данных, либо конец всего эксперимента);
- возможность настроить параметры внешнего вида (все цвета, шрифты, тестовые поля и т.п.) для каждого элемента визуализации.

8. Просмотр данных эксперимента:

- выполнение просмотра данных любого ранее проведенного эксперимента, данные которого были сохранены в базе;
- произвольное управление интервалом времени при просмотре данных на графика;
- отслеживание значений сигналов в точках по курсору;
- создание нескольких фиксированных курсоров с сохранением их с данными эксперимента;
- возможность производить измерения параметров между курсорами с сохранением их с данными эксперимента;

9. Экспорт данных

- экспорт записанных сигналов в табличной форме для просмотра и обработки сторонними программами;
- поддержка следующих форматов для экспорта:
 - текстовый файл формата `csv` с возможностью задания формата значений, символа для разделения полей и кодировкой файла (CP-1251 или юникод UTF-8 с опциональным добавлением BOM)
 - файл `xlsx` для прямого экспорта в документ **Excel** (2007 и выше)
 - файл `meara` для возможности постобработки в сторонней программе **WinПОС**
- произвольный выбор набора каналов, данные по которым будут экспортированы;
- включение произвольно задаваемых заголовков в первой строке результирующего файла;
- экспорт данных как за все время эксперимента, так и за заданный вручную интервал времени;
- возможность вручную выбрать шаг времени для экспорта сигналов.

1.2 Бесплатная демонстрационная версия и лицензии

Программу “L Card Measurement Studio” возможно использовать бесплатно без приобретения лицензии исключительно в демонстрационном режиме. В этом режиме доступны все функции программы, что позволяет изучить все ее возможности, но ограничено максимальное количество используемых модулей и каналов ввода-вывода. Общее количество каналов ввода-вывода (каналов АЦП, ЦАП, дискретного ввода или дискретного вывода), разрешенных в сценарии эксперимента, не может превышать 2, а общее число модулей ввода-вывода (для которых разрешен хотя бы один канал) также не должно быть больше 2.

При запуске программы, если не будет обнаружен ни один действительный файл лицензии, будет выведено соответствующее сообщение (рисунки 1.1) и программа перейдет в демонстрационный режим работы, что также отобразится в названии основного окна программы.

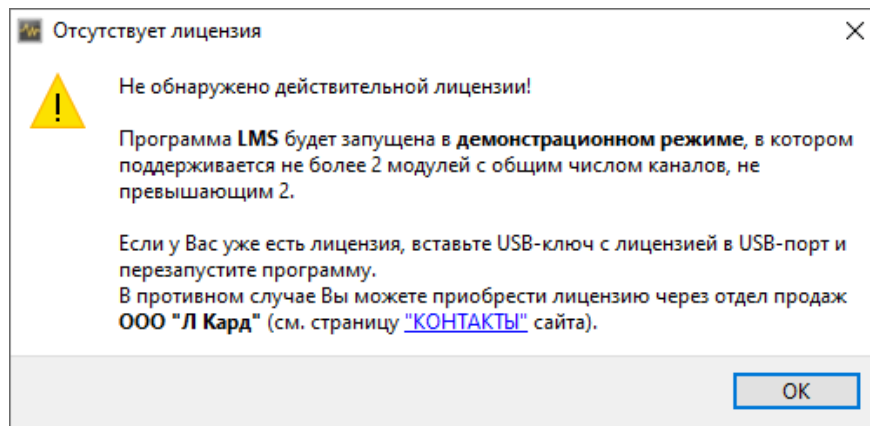


Рис. 1.1: Предупреждении программы о работе в демонстрационном режиме

Для того, чтобы снять данное ограничение, необходимо приобрести лицензию через отдел продаж “Л Кард”. Лицензия поставляется в виде USB-ключа с файлом лицензии, который необходимо вставить в USB-порт машины, на которой будет запущена программа. Ключ должен быть подключен в течение всего времени работы с программой.

Лицензии разделяются на типа в зависимости от устройств, с которыми они позволяют работать:

- Лицензия **Pro** позволяет работать с многоместным крейтом [LTR-EU-8](#) или [LTR-EU-16](#).
- Лицензия **Duo** позволяет работать с двухместным крейтом [LTR-EU-2](#).
- Лицензия **Single** позволяет работать с одноместным крейтом [LTR-CEU-1](#), либо с отдельным модулем [E-502](#) или платой [L-502](#).
- Лицензия **DSD** позволяет работать с датчиком уровня ультразвуковым [ДТУ](#) (датчиком уровня топлива) или счетчиком электрической энергии постоянного и переменного тока [СЭППТ](#), или делителем напряжения [ДНЕ-25](#).

Лицензия автоматически позволяет работать со всеми LTR-модулями в крейте, на который она распространяется.

Для лицензий **Pro**, **Duo** и **Single**, каждая лицензия позволяет работать либо с одним устройством соответствующего уровня, либо может использоваться как две лицензии

более низкого уровня, на случай, если у клиента есть несколько разных конфигураций оборудования. При этом любое количество лицензий более низкого уровня не позволяет работать с оборудованием, требующем лицензию более высокого уровня.

Один USB-ключ может включать произвольное количество лицензий разного уровня. Например, если ключ содержит 2 лицензии **Pro** и 3 лицензии **Single**, то “**L Card Measurement Studio**” с данным USB-ключом может работать с любым набором оборудования из следующего списка:

- 2x [LTR-EU-8/LTR-EU-16](#), 3x [LTR-CEU-1/E-502/L-502](#)
- 1x [LTR-EU-8/LTR-EU-16](#), 2x [LTR-EU-2](#), 3x [LTR-CEU-1/E-502/L-502](#)
- 1x [LTR-EU-8/LTR-EU-16](#), 1x [LTR-EU-2](#), 5x [LTR-CEU-1/E-502/L-502](#)
- 1x [LTR-EU-8/LTR-EU-16](#), 7x [LTR-CEU-1/E-502/L-502](#)
- 4x [LTR-EU-2](#), 3x [LTR-CEU-1/E-502/L-502](#)
- 3x [LTR-EU-2](#), 5x [LTR-CEU-1/E-502/L-502](#)
- 2x [LTR-EU-2](#), 7x [LTR-CEU-1/E-502/L-502](#)
- 1x [LTR-EU-2](#), 9x [LTR-CEU-1/E-502/L-502](#)
- 11x [LTR-CEU-1/E-502/L-502](#)

Таким образом, при приобретении лицензионного USB-ключа необходимо определить состав записываемых лицензий в соответствии с используемым оборудованием.

Узнать информацию об обнаруженных лицензиях можно в диалоговом окне “[Просмотр лицензий](#)”.

1.3 Системные требования

Для работы программы необходим компьютер с операционной системой Windows 7 или выше (32-битная или 64-битная версия). Также по запросу может быть предоставлена версия для операционной системы Linux.

Требования к характеристикам компьютера в первую очередь зависят от измерительной задачи, т.к. программа “**L Card Measurement Studio**” может использоваться для широкого спектра задач, как в небольших проектах медленного сбора, использующих всего несколько измерительных каналов, так и в проектах сбора с сотнями измерительных каналов и/или с каналами сбора с высокими частотами дискретизации.

1.4 Установка программного обеспечения для ОС Windows

1.4.1 Установка программы

Для установки программы “**L Card Measurement Studio**” необходимо запустить последнюю версию установщика [lms_setup.exe](#), которая установит все необходимые компоненты, за исключением штатного ПО для работы с используемыми устройствами, указанного в [разделе 1.4.2](#).

Для запуска установщика требуются права администратора.

После запуска **lms_setup.exe** откроется окно приветствия (рисунок 1.2) стандартного мастера установки, в котором следует нажать кнопку “Далее”.

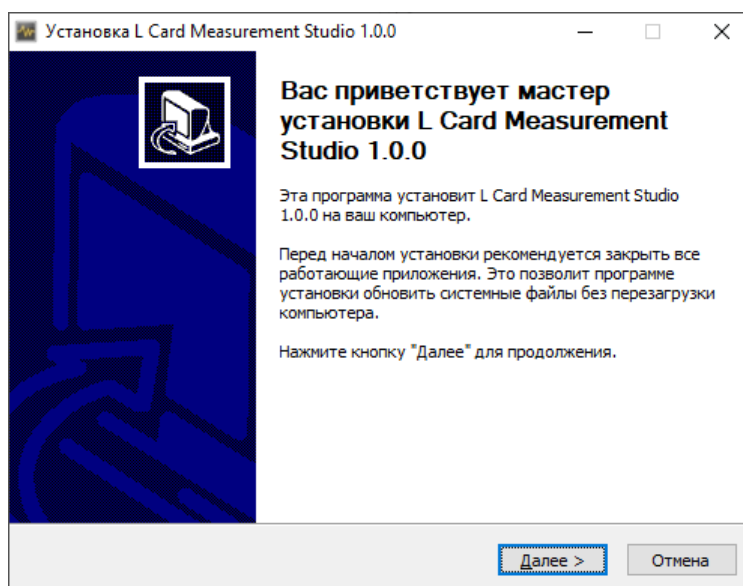


Рис. 1.2: Начальная страница установки

После этого откроется окно, в котором будет отображено пользовательское соглашение. Для дальнейшей установки программы необходимо полностью прочитать данное соглашение, после чего нажать кнопку “Принимаю”.

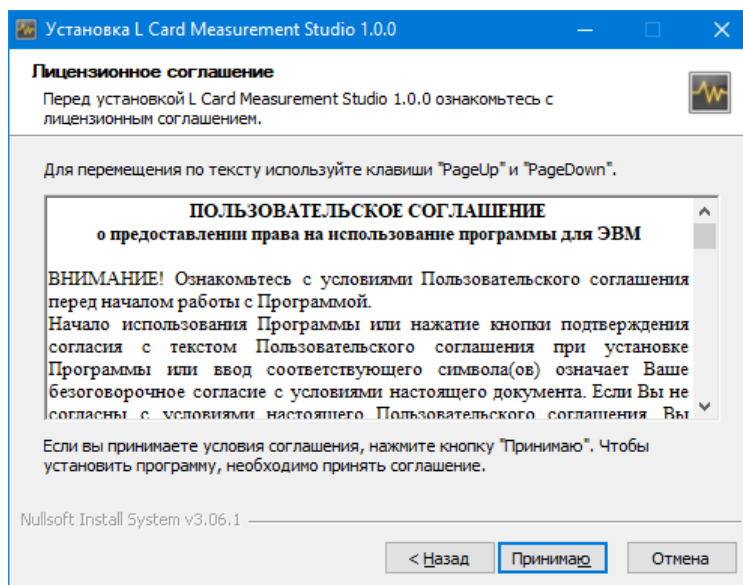


Рис. 1.3: Окно принятия пользовательского соглашения

На следующей странице (рисунок 1.4) выбирается директория, в которую будет установлена программа. По умолчанию используется штатная директория для установленных в Windows программ (“Program Files” на 32-битных системах и “Program Files (x86)” на 64-битных). Изменение предложенной директории не требуется, если у пользователя нет собственных предпочтений по расположению установленных программ.

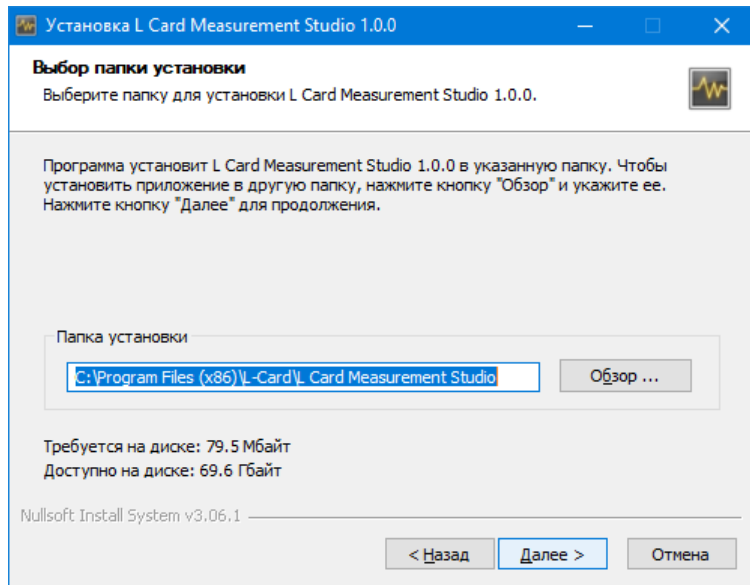


Рис. 1.4: Выбор директории установки программы

По нажатию кнопки “Далее” установщик переходит к странице выбора компонент программы (рисунок 1.5), которые будут установлены.

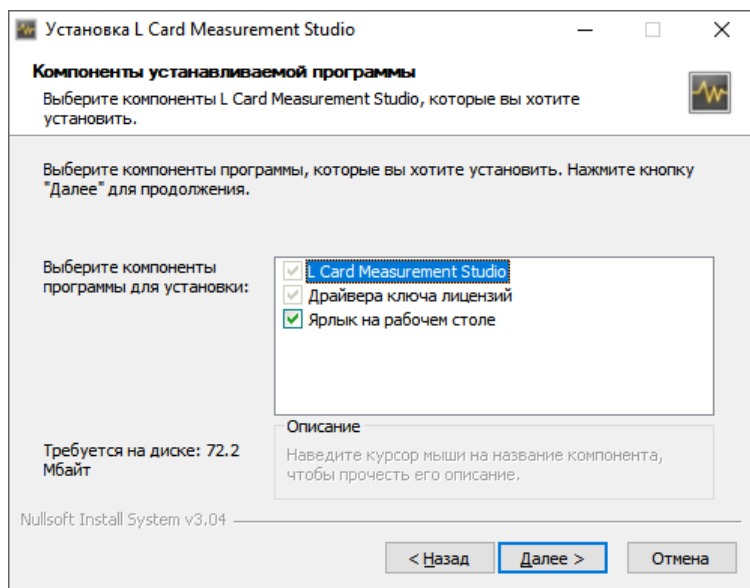


Рис. 1.5: Выбор устанавливаемых компонент

В этом окне будут отображены следующие компоненты:

- **“L Card Measurement Studio”** — сама программа, устанавливается всегда
- **Драйвера ключа лицензий** — драйвера для работы с аппаратным USB-ключом с лицензией на программу. Устанавливается всегда, но используется только в случае подключения USB-ключа.
- **Ярлык на рабочем столе** — создание ярлыка на рабочем столе Windows для запуска программы. Можно снять выбор, если ярлык на рабочем столе не требуется.

По нажатию кнопки “Далее” произойдет переход к следующей странице (рисунок 1.6), на которой настраивается директория, в которую будет установлена база

экспериментов для хранения информации о созданных сценариях и о проведенных в соответствии с ними экспериментах. При этом данная база не используется для хранения самих измеренных данных проведенного эксперимента, поэтому она как правило имеет относительно небольшой размер.

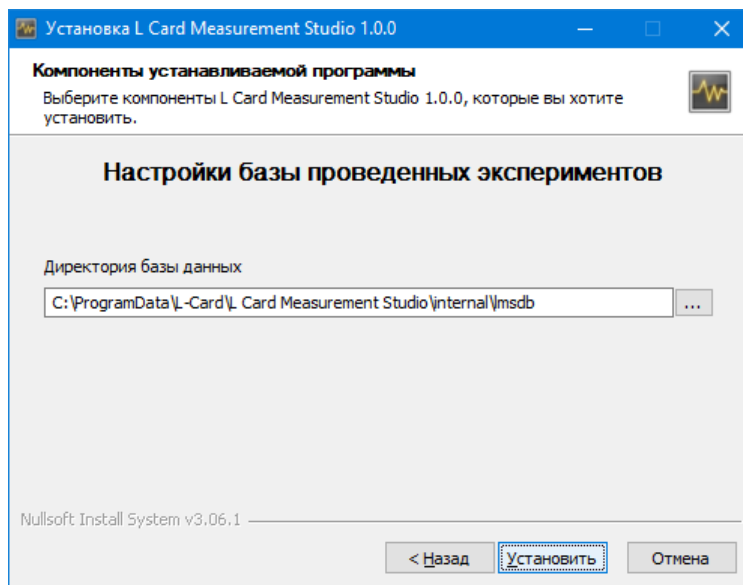


Рис. 1.6: Выбор директории установки базы экспериментов

По умолчанию данная база устанавливается в поддиректорию в **ProgramData** на ОС Windows. Данный путь может быть оставлен без изменений, если у пользователя нет собственных предпочтений.

По нажатию кнопки “Установить” начнется собственно сам процесс установки программного обеспечения (рисунок 1.7).

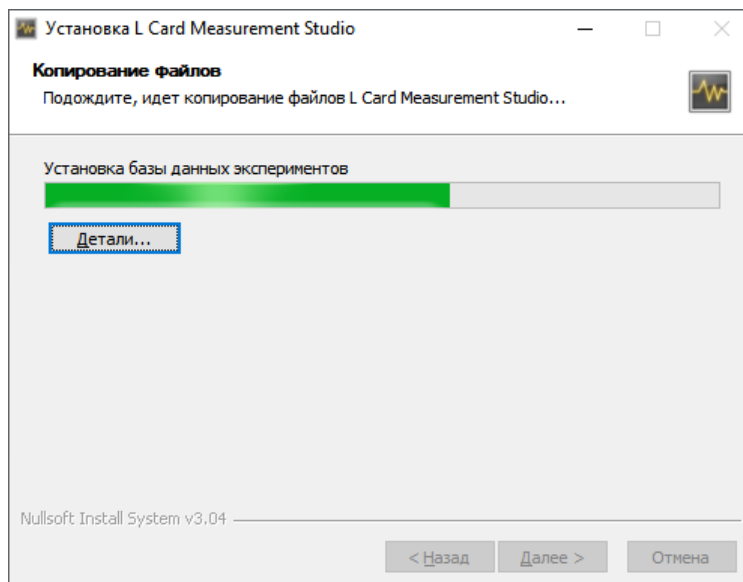


Рис. 1.7: Процесс установки программы

Появление окна завершения установки (рисунок 1.8) означает, что все необходимые компоненты были успешно установлены на компьютер и осталось только нажать кнопку “Готово” для закрытия мастера установки. Если была отмечена галочка “Запустить L Card Measurement Studio”, то по закрытию окна мастера будет запущена сама установленная программа.

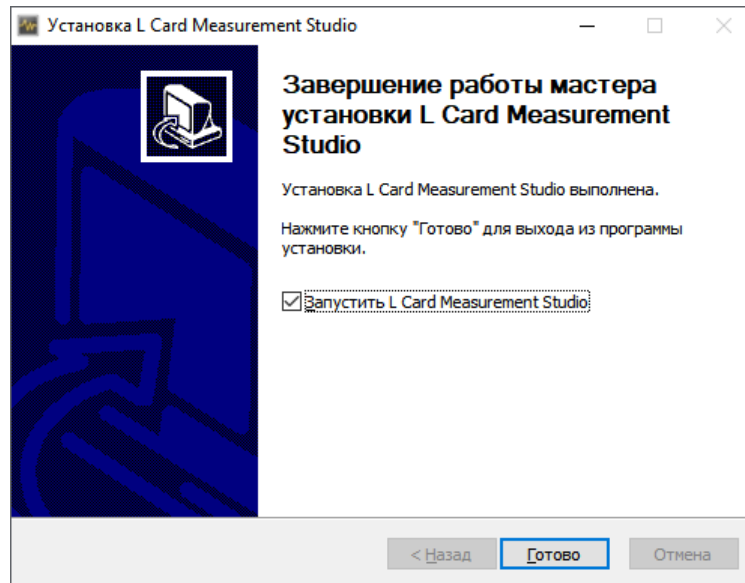


Рис. 1.8: Окно завершения установки

1.4.2 Установка необходимого ПО для работы с устройствами

Для работы с устройствами сбора данных необходимо также установить следующее штатное программное обеспечение от “Л Кард”, свое для каждого типа поддерживаемых устройств:

- Для работы с крейтовой системой **LTR** необходимо (подробнее описано в документе “Начиная работать с крейтовой системой LTR. Вопросы по программному обеспечению”):
 - Установить драйвера USB из библиотеки **lcomp** (<http://www.lcard.ru/download/lcomp.exe>). В случае возникновения ошибки при установке драйверов на 64-битную Windows 7 (ошибка -52 в “Диспетчере устройств”) необходимо установить обновление Windows KB3033929.
 - Установить службу **ltrd** (<http://www.lcard.ru/download/ltrd-setup.exe>).
 - Установить программу **LTR Manager** (http://www.lcard.ru/download/ltrmanager_setup.exe). Для крейтов подключенных по Ethernet в данной программе необходимо добавить IP-адреса крейтов и установить с ними соединение (при работе по USB это происходит автоматически).
- Для работы с модулями **E-502** или платами **L-502** необходимо установить “**L Card L-502, E-502 SDK**” (http://www.lcard.ru/download/lpcie_setup.exe).

1.4.3 Обновление программы

Для обновления программы “**L Card Measurement Studio**” достаточно запустить более новую версию установщика, как и при первой установке, описанной в [разделе 1.4.1](#). Перед обновлением следует закрыть программу, если она была запущена. В отличие от первой установки часть страниц (в частности с выбором путей установки и пользовательским соглашением) не отображается, т.к. используются параметры, указанные при начальной установке.

Все настройки программы и база данных экспериментов сохраняется при обновлении программы.

1.4.4 Удаление программы

Удаление программы “**L Card Measurement Studio**” во многом аналогично удалению любой другой программы Windows. Для того чтобы удалить программу, достаточно зайти на страницу установленных программ (“Пуск” → “Параметры” → “Приложения” → “Приложения и возможности” для Windows 10 или “Пуск” → “Панель управления” → “Программы. Удаление программы” для Windows 7). В списке программ найти “**L Card Measurement Studio**” и в меню выбрать “Удалить”, после чего запустится мастер удаления “**L Card Measurement Studio**”.

Особенностью удаления “**L Card Measurement Studio**”, которую необходимо помнить, является то, что есть два режима удаления программы:

- В первом случае удаляется только сама программа, но при этом сохраняются все данные в [базе экспериментов](#). При последующей повторной установке и запуске программы “**L Card Measurement Studio**” на этой же машине новая программа будет использовать уже установленную базу со всей информацией о проведенных экспериментах из нее.
- Во втором случае выполняется полное удаление программы вместе с [базой проведенных экспериментов](#) и все данные из базы будут безвозвратно потеряны. При этом зарегистрированные данные экспериментов на диске сохраняются (и их можно при необходимости импортировать в новую базу). Для полной очистки пользователь сам должен удалить файлы из настроенных в [сценариях экспериментов](#) директорий сохранения данных.

Мастер удаления выведет соответствующий вопрос во время процесса удаления, нужно ли удалять базу проведенных экспериментов, с указанием ее текущего расположения ([рисунок 1.9](#)).

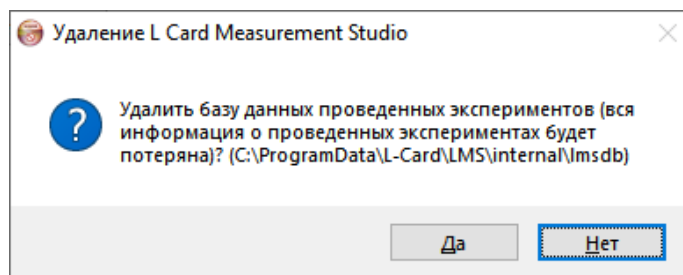


Рис. 1.9: Запрос на удаления базы экспериментов

Вариант “Да” следует выбирать только при абсолютной уверенности, что в базе не содержится нужной в дальнейшем информации.

1.5 Основные понятия

В данной главе описаны специальные понятия, имеющие свое значение в контексте использования программы “**L Card Measurement Studio**”. Они многократно используются в данном документе с гиперссылками на соответствующие подразделы данного раздела. Знание смысла этих понятий в программе “**L Card Measurement Studio**” необходимо для понимания принципа работы самой программы.

1.5.1 Сценарий эксперимента

Сценарий эксперимента в программе “**L Card Measurement Studio**” представляет собой полную конфигурацию всех параметров работы программы для выполнения одного типа пользовательских задач. Сценарий эксперимента определяет в частности:

- список используемых устройств ввода-вывода и все их настройки;
- способ пересчета измерений в физические величины;
- вычисляемые производные параметры (расчетные каналы) ;
- форму генерируемых сигналов для устройств вывода;
- условия асинхронного вывода;
- пользовательский интерфейс (набор окон, страниц и графиков, назначение отображаемых каналов графикам и т.д.);
- параметры сохранения регистрируемых данных.

Любое проведение измерений программой “**L Card Measurement Studio**” всегда выполняется в соответствии с одним из настроенных сценариев, поэтому настройка сценария является всегда первым шагом при работе с данной программой.

Созданный сценарий на одной машине всегда может быть экспортирован и перенесен на другую машину. При создании сценарию автоматически присваивается его уникальный глобальный идентификатор, позволяющий при переносе сценария на другую машину определить соответствие сценариев.

1.5.2 Эксперимент

Экспериментом в программе “**L Card Measurement Studio**” называется конкретная проведенная задача измерения, имеющая свое время начала и окончания, а также сохраненные данные с результатами проведения эксперимента.

Эксперимент всегда выполняется в соответствии с ранее настроенным [сценарием](#).

Эксперимент может быть не обязательно непрерывен во времени. Программа “**L Card Measurement Studio**” допускает приостановку эксперимента с возможностью дальнейшего его продолжения позже (в том числе и в другой день после перезапуска программы или машины).

Просмотр результатов всегда выполняется по выбранному проведенному эксперименту.

1.5.3 База экспериментов

Программа “**L Card Measurement Studio**” ведет базу данных, в которой сохраняются последние версии всех [сценариев](#) проведения экспериментов, которые были созданы или импортированы программой, а также список всех [проведенных экспериментов](#) по каждому [сценарию](#) с временем их проведения.

Сами файлы данных с результатами измерений, полученными во время эксперимента, хранятся отдельно в директории на диске, указанной при сохранении результатов проведения эксперимента в соответствии с настройками сценария. В базе экспериментов хранится лишь общая информация о проведенном эксперименте и ссылка на место сохранения результатов.

Место расположения файлов базы экспериментов указывается при первой установке программы.

Т.к. вся работа с базой ведется из программы, пользователю нет необходимости работать с ней напрямую и знать точное ее расположение или способ ее организации.

1.5.4 Функция преобразования данных

Функции преобразования данных позволяют получить на основе значений первичной электрической величины, измеренной непосредственно на входе канала АЦП, значения физической величины, для измерения которой предназначен данный канал.

Каждый тип устройства сбора данных позволяет проводить измерения конкретной электрической величины на своих входах. Каждый его канал откалиброван при производстве, чтобы учесть разброс параметров элементов конкретного канала и измеренные значения могли быть получены с точностью, указанной в характеристиках устройства. Программа **“L Card Measurement Studio”** всегда использует программные или аппаратные возможности модуля для получения этой первичной электрической величины из кодов АЦП с учетом необходимых калибровок.

Однако в большинстве случаев канал АЦП используется для измерения физической величины отличной от первичного электрического сигнала. В этом случае канал АЦП измеряет электрическую величину на выходе схемы преобразования измеряемой пользователем физической величины в электрическую величину, соответствующую характеристикам АЦП. Эта схема может состоять из датчиков, усилителей, токовых шунтов и различных других [преобразователей сигналов](#).

Для получения значений интересующей пользователя физической величины на входе всей системы необходимо выполнить преобразование, соответствующее обратному преобразованию для подключенной к каналу АЦП схемы. Это преобразование и выполняется в программе **“L Card Measurement Studio”** с помощью назначения каналу АЦП соответствующих функций преобразования данных.

На один канал может быть назначено несколько функций преобразования данных, которые последовательно применяются к каждому измеренному значению электрической величины на входе АЦП. Соответственно, если аппаратно схема преобразования состоит из нескольких узлов, то каждому узлу может соответствовать своя функция преобразования данных, при этом функции должны быть назначены в обратном порядке относительно пути прохождения сигнала, т.е. первым идет функция преобразования, соответствующая узлу, непосредственно подключаемому ко входу АЦП, последним — соответствующая узлу, на который подается измеряемая физическая величина.

Функции преобразования могут как реализовывать заданную математическую операцию, так и быть предназначены для конкретного типа [преобразователя сигналов](#), учитывая различные его особенности, а также в некоторых случаях специальные функции для управления [преобразователем сигналов](#). Например, функция преобразования данных для преобразователя LPW25 учитывает коэффициент передачи преобразователя, корректирует его влияние на ФЧХ сигнала, учитывает его выходное сопротивление, а также обеспечивает доступ к его TEDS-памяти с информацией о преобразователе, включая его индивидуальные калибровочные коэффициенты, если устройство сбора данных, к которому подключен LPW25, поддерживает этот режим.

Учет поправочных тарировочных коэффициентов каждого канала также может быть реализован назначением отдельной функции преобразования, добавленной в конец списка.

Следует отметить, что некоторые модули ([LTR212](#) и [LTR216](#)) поддерживают аппаратную пользовательскую тарировку. При ее использовании модуль АЦП возвращает уже оттарированную величину, для которой нулевое значение и максимальное значение предела измерения соответствуют двум воздействиям, поданным пользователем в момент тарировки. В этом случае остается только выполнить перевод единиц измерения из единиц модуля в физические величины, для чего можно использовать линейную функцию преобразования по двум точкам: ноль соответствует первому поданному при тарировке воздействию, а напряжение предела измерения — второму.

Каждая функция преобразования и ее параметры могут назначаться как явно в параметрах канала АЦП, так и могут быть назначены на основе информации о типе преобразователя или конкретном экземпляре преобразователя из справочника.

В отличие от [модулей обработки](#) функции преобразования данных заменяют исходные данные канала АЦП, не создавая новых источников данных.

Примеры использования функций преобразования данных приведены в [разделе 2.5](#) обучения.

1.5.5 Преобразователь сигналов

Под преобразователем сигналов в данном документе подразумевается любой аппаратный узел, предназначенный для преобразования одной физической или электрической величины в другую. Частным случаем преобразователя являются датчики, преобразующую интересующую пользователя физическую величину в соответствующий ей электрический сигнал, который может быть измерен с помощью АЦП.

1.5.6 Канал

Каналом в общем случае называется любой источник (канал ввода) или приемник (канал вывода) изменяющихся во времени данных.

Каналы в программе “**L Card Measurement Studio**” могут соответствовать как непосредственно каналам ввода (каналы АЦП и дискретного ввода) или вывода (каналы ЦАП и дискретного вывода) устройств, так и результатам расчетов [модулей обработки](#).

1.5.7 Ссылка на каналы

Ссылка на каналы представляет собой заданное определенным образом подмножество [каналов](#). Способ определения этого подмножества зависит от выбранного типа ссылки. Ссылке может соответствовать как фиксированный набор вручную заданных каналов, так и автоматически определяемое подмножество каналов, выделенных из всех каналов сценария или другого его подмножества по определенному признаку.

Ссылки на канал используются при назначении каналов [селекторам кадров](#), [модулям обработки](#) или [элементам визуализации](#), для определения над данными каких каналов необходимо произвести определенные расчеты или данные каких каналов должны быть отображены в интерфейсе элемента.

1.5.8 Модуль обработки

Модулем обработки называется программный модуль, который принимает данные с одного или нескольких [каналов](#) и на их основе рассчитывает значения производных

параметров в соответствии со своим алгоритмом работы и настройками. Значения рассчитанных модулем параметров представляются в программе как данные созданных модулем обработки [расчетных каналов](#).

1.5.9 Расчетный канал

Расчетными каналами называются [каналы](#), данные которых получаются как результат расчетов, выполняемых [модулем обработки](#).

1.5.10 Кадр

Кадром в программе “**L Card Measurement Studio**” называется последовательность данных, представляющих собой набор из ограниченного числа отсчетов, отстающих друг от друга на фиксированный шаг по времени. В случае данных канала АЦП кадр представляет собой набор непрерывно снятых отсчетов сигнала на входе канала АЦП за ограниченный интервал времени.

Следует отметить, что в некоторых документах при описании модулей АЦП с коммутацией каналов используется другое понятие кадра, как набора отсчетов АЦП, соответствующего одному циклу опроса всех разрешенных каналов. В программе “**L Card Measurement Studio**” понятие кадр в данном значении не используется.

1.5.11 Селектор кадра

Селектором кадра называется программный модуль, который разбивает непрерывную временную последовательность отсчетов [канала](#) на набор ограниченных по времени блоков, называемых [кадрами](#).

1.5.12 Событие

Событие представляет собой возникновение отслеживаемого условия или изменение отслеживаемого состояния.

События могут быть двух типов:

- “*Событие с состоянием*”. В этом случае событие в каждый момент времени может быть в одном из двух состояний (активном и неактивном) и отслеживаются моменты изменения этого состояния (активация и деактивация события). Примером может быть событие, генерируемое элементом визуализации “Переключатель”, который находится в одном из положений (“Включен” или “Выключен”).
- “*Мгновенные события (без состояния)*”. В данном случае у события нет текущего состояния в любой момент времени. Событие лишь имеет момент возникновения и активно лишь в одно мгновение во времени (деактивация происходит сразу же в момент активации). Примером может быть нажатие на кнопку без фиксации ее состояния.

Отслеживаемому событию может соответствовать свой канал событий, который отвечает для передачи событий другим элементам. В отличие от других каналов по каналу события данные не передаются постоянно, а лишь только в момент возникновения или изменения состояния события.

1.5.13 Интерфейс визуализации

Интерфейсом визуализации называется пользовательский интерфейс, созданный в соответствии с настройками в [сценарии проведения эксперимента](#) и служащий для отображения данных проводимого [эксперимента](#) или сохраненных результатов уже проведенного [эксперимента](#).

Также интерфейс визуализации может включать графические элементы для управления пользователем ходом выполнения эксперимента.

Интерфейс визуализации состоит из одного или нескольких графических окон (последнее может использоваться на машинах с несколькими мониторами), каждое из которых может содержать одну или несколько страниц (закладок). Каждая страница при этом содержит набор определенным образом расположенных [элементов визуализации](#).

1.5.14 Элемент визуализации

Отдельный элемент графического [интерфейса визуализации](#) определенного типа, служащий для отображения части данных [эксперимента](#), информации о его выполнении или для управления ходом эксперимента пользователем.

1.6 Режимы работы программы

Существует три основных режима работы “L Card Measurement Studio”:

- “*Конфигурация*”. В данном режиме производится редактирование всех параметров выбранного или созданного [сценария](#).
- “*Проведение эксперимента*”. В данном режиме происходит выполнение измерений в соответствии с выбранным сценарием. По останову эксперимента его результаты могут быть сохранены в базу или отброшены.
- “*Просмотр результатов проведенного эксперимента*”. В данном режиме выполняется просмотр данных выбранного ранее проведенного сохраненного эксперимента с возможностью экспорта данных.

Переход между режимами осуществляется через диалог “[Выбор операции](#)”, либо с помощью действий прямого перехода между режимами.

Глава 2

Примеры работы с программой или быстрый старт

2.1 Введение

В данной главе последовательно представлен набор уроков, в которых на примерах демонстрируется и описывается работа с программой “**L Card Measurement Studio**”. Эти уроки предназначены, чтобы пользователь относительно быстро смог понять основные возможности и принципы работы с программой по основным сценариям использования.

Детальное же описание интерфейса и всех возможностей программы приведены в последующих главах, начиная с [Главы 3](#).

Уроки данной главы расположены последовательно, начиная от самого простого [сценария](#), к которому будут постепенно добавляться новые возможности. В этом случае явно указывается, что в для работы используется созданный сценарий из определенного урока.

В уроках последовательно описывается создание всех используемых [сценариев](#) проведения эксперимента, однако при желании они представлены также и в виде файлов с конфигурациями сценариев в поддиректории `tutorial/configs` директории установки “**L Card Measurement Studio**”, которые можно импортировать в [базу данных](#) программы и редактировать уже готовый сценарий. Для этого необходимо в стартовом [диалоге выбора операции](#) на панели действий с экспериментами выбрать “*Импортировать сценарий из файла*” (📁) и выбрать соответствующий файл с настройками сценария, после чего перейти к его редактированию с помощью действия “*Настроить сценарий*” (⚙️).

2.2 Предварительная подготовка

Перед выполнением данных уроков необходимо выполнить следующие действия:

- установить программу “**L Card Measurement Studio**” на используемый компьютер ([раздел 1.4.1](#)) и ПО для работы с используемым оборудованием ([раздел 1.4.2](#));
- подключить используемое оборудование к компьютеру;
- подключить ко входам АЦП источники сигналов в соответствии с руководством для используемого оборудования;

- вставить аппаратный USB ключ с лицензией на программу “L Card Measurement Studio” в один из USB-портов компьютера;

2.3 Урок 1. Типичные шаги работы с программой на примере простейшего сценария

2.3.1 Введение

В данном разделе будет рассмотрен полный цикл работы с программой на примере простейшей задачи измерения с использованием одного модуля АЦП с отображением сигналов на одном временном графике. В примере используется модуль **LTR11**, однако последовательность действий схожа для любого модуля АЦП за исключением специфичных для устройства сбора данных аппаратных настроек.

2.3.2 Создание первого сценария

При запуске программы “L Card Measurement Studio” будет открыт начальный диалог выбора операции (рисунок 2.1). Если это первый запуск программы, то таблицы в данном диалоге будут пустыми.

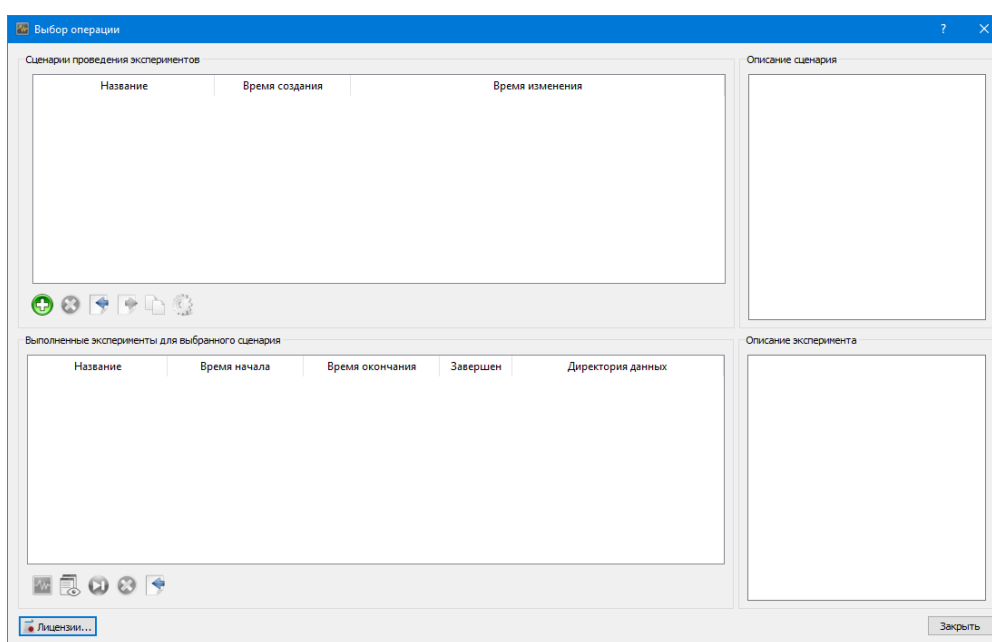


Рис. 2.1: Начальная страница выбора операции при первом запуске

В первую очередь необходимо создать новый **сценарий** для проведения эксперимента, для чего нажимаем на кнопку “Добавить новый сценарий” (+) на панели под таблицей раздела “Сценарии проведения экспериментов” (также можно импортировать уже имеющийся сценарий из файла с помощью кнопки “Импортировать сценарий из файла” (📁)).

При добавлении нового сценария программа переходит в режим редактирования его настроек (рисунок 2.2). Настройки сценария сгруппированы по разным страницам по своему назначению.

Информация	
Идентификатор	{d37d1b44-359e-41a8-9cdb-f1b072e04eac}
Название сценария	Новый сценарий
Описание	

Рис. 2.2: Начало конфигурации сценария

При создании нового сценария откроется закладка “*Информация*” первой страницы конфигурации (“*Общие*”), в которой можно ввести название сценария, а также более подробное его описание. Идентификатор сценария присваивается автоматически при его создании и будет отличаться от указанного на рисунке, т.к. при создании сценария он генерируется каждый раз новый.

Общие	Устройства	Обработка данных	Визуализация	Сохранение данных	Удаленное управление
Информация	Справочники				
Идентификатор	{d37d1b44-359e-41a8-9cdb-f1b072e04eac}				
Название сценария	Урок 1				
Описание	Создание простейшего сценария с одним устройством сбора данных				

Рис. 2.3: Заполнение информации о сценарии

2.3.3 Настройка используемых устройств

После ввода информации о сценарии следующим этапом является выбор и настройка устройств, которые будут использованы в сценарии, для чего следует перейти на страницу “Устройства” (рисунок 2.4).

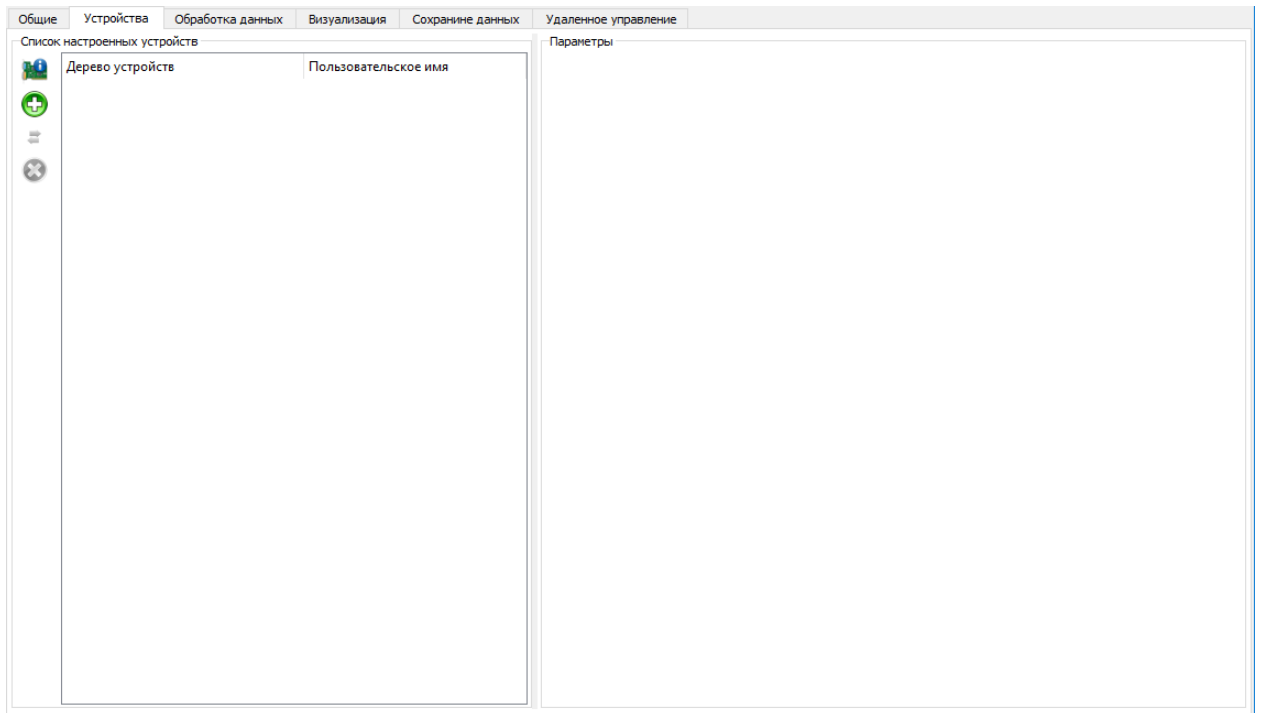


Рис. 2.4: Страница настройки устройств

Если нужные устройства сбора данных подключены к ПК, на котором выполняется конфигурация, то их можно добавить в конфигурацию из списка обнаруженных подключенных устройств. Для этого на панели слева от таблицы “Список настроенных устройств” нужно нажать на кнопку “Синхронизация списка устройств” (🔄), в результате чего откроется диалог синхронизации подключенных устройств и устройств из конфигурации (рисунок 2.5).

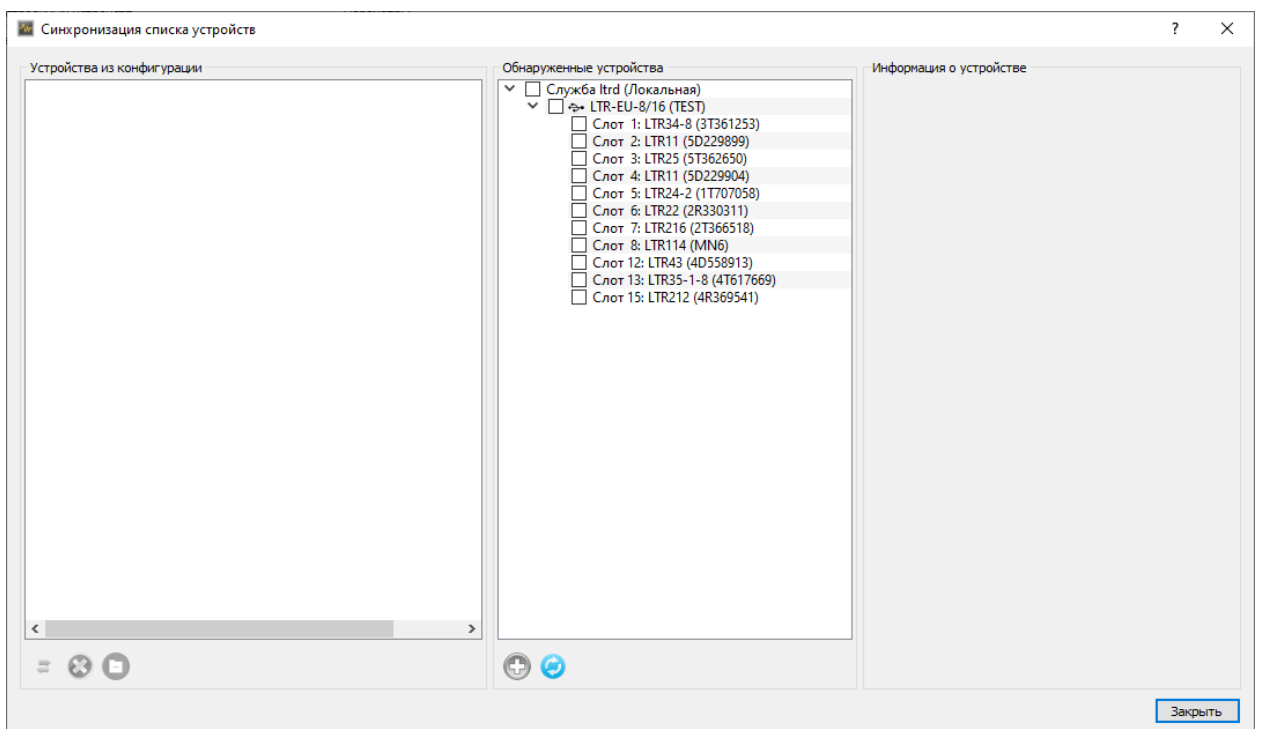


Рис. 2.5: Страница выбора устройств из обнаруженных

В средней части окна отображается дерево со всеми автоматически обнаруженными устройствами. Для крейтовой системы LTR модули отображаются как дочерние узлы дерева по отношению к крейту, в который они установлены, с указанием соответствующего слота в крейте. При этом сами крейты отображаются как дочерние узлы службы ltrd, используемой для доступа к крейту. Как правило используется локальная служба, установленная на той же машине, что и программа “L Card Measurement Studio”. Использование удаленной службы ltrd описывается в [уроке 7.1](#).

При выборе устройства в дереве обнаруженных устройств в разделе “Информация об устройстве”, расположенном в правой части окна, отображается дополнительная информация по этому устройству, зависящая от типа устройства.

Для добавления в сценарий необходимо отметить требуемые устройства (в данном примере отмечаем LTR11 во втором слоте, как показано на [рисунке 2.6](#)). Для крейтовой системы LTR достаточно отметить модули, крейты будут включены автоматически. Если же вручную отметить крейт, то будут отмечены и все модули, вставленные в данный крейт.

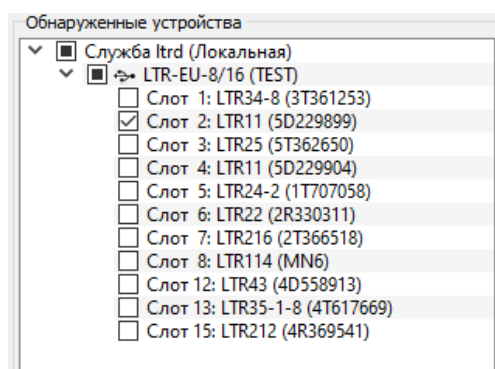


Рис. 2.6: Выбор устройств для добавления в конфигурацию

После того, как были отмечены требуемые устройства, добавляем их в сценарий нажатием кнопки “Добавить отмеченные обнаруженные устройства” (+) на панели под деревом обнаруженных устройств. В результате устройства появятся в дереве “Устройства из конфигурации” в левой части окна.

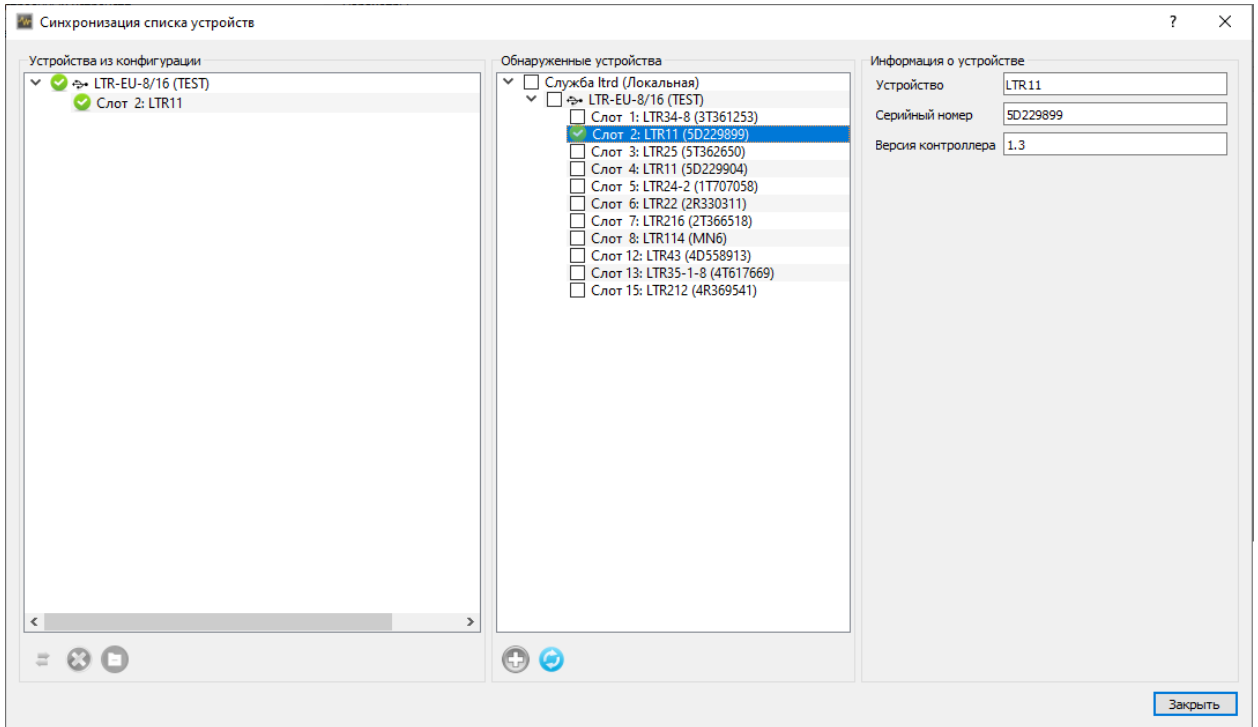


Рис. 2.7: Добавление устройства в конфигурацию

После того как все устройства добавлены в сценарий, нажимаем кнопку “Заккрыть” внизу диалогового окна, чтобы вернуться обратно на страницу конфигурации устройств сценария, в которой теперь присутствуют добавленные устройства (рисунок 2.8).

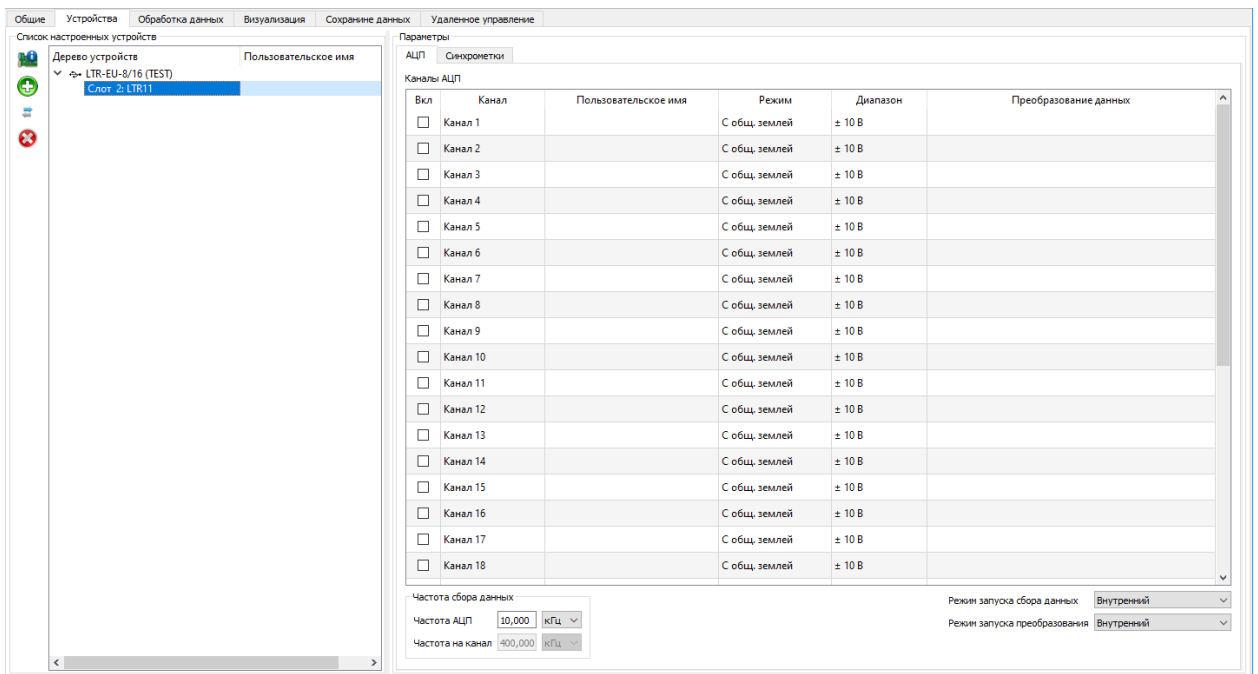


Рис. 2.8: Окно настроек добавленного устройства

При выборе устройства в правой части страницы в разделе “Параметры” отображаются все настройки этого устройства. Для каждого типа устройств данное окно выглядит по-разному, однако общие принципы совпадают.

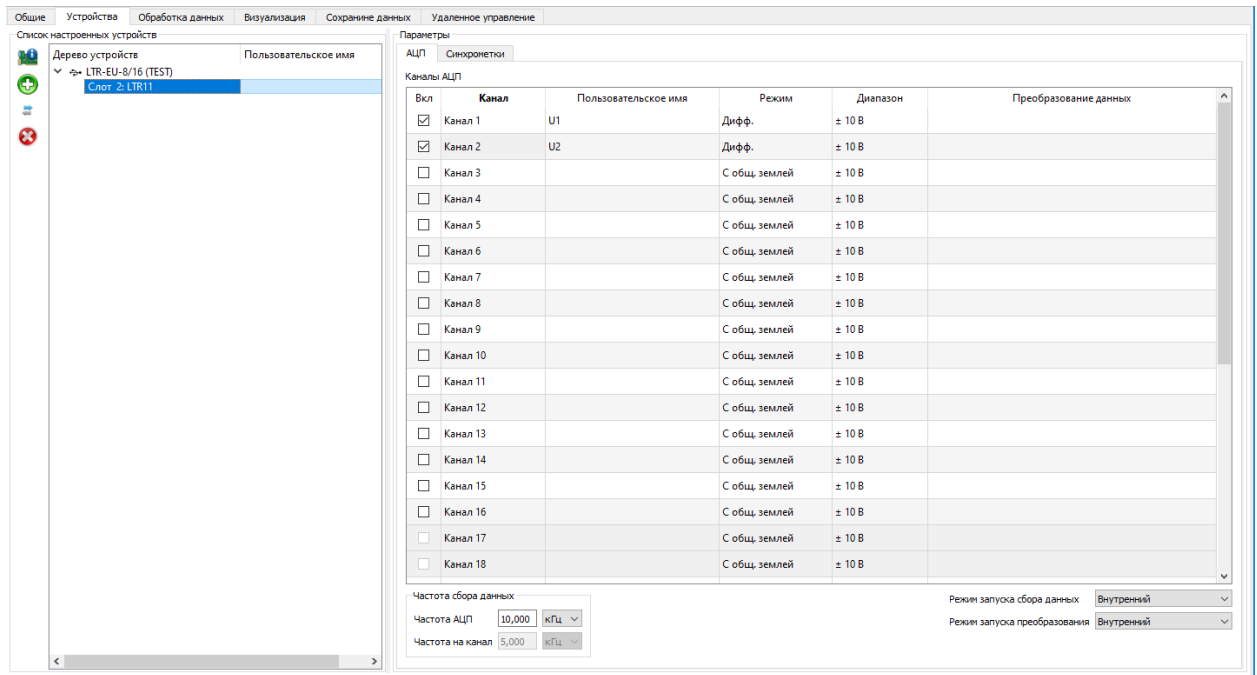


Рис. 2.9: Изменение настроек устройства

Для модулей АЦП как правило присутствует таблица с параметрами каналов. В столбце “Вкл” необходимо отметить все каналы, для которых должен выполняться сбор данных при проведении данного эксперимента (в данном примере отмечаем первые два канала).

В столбце “Канал” отображается неизменяемое название канала, определяемое устройством сбора данных, связанное с номером этого канала в устройстве.

Пользователь также может назначить каждому каналу свое произвольное имя, связанное с его назначением, введя его в столбце “Пользовательское имя”. Пользовательское имя канала должно быть уникально для всего сценария. Рекомендуется по возможности всегда давать созданным каналам говорящие относительно короткие имена, так как это позволит в дальнейшем легко понять назначение канала и сократит отображаемые названия каналов по сравнению с полным исходным названием, включающим название устройства и номер канала в нем. Для примера зададим имена “U1” и “U2”.

Далее идут настройки режима и диапазона канала, специфичные для конкретного устройства. Параметр “Преобразование данных” пока оставляем незаполненным, он будет рассмотрен в [уроке 2.5](#).

Кроме таблицы каналов также присутствуют общие настройки устройства. Среди них как правило присутствует частота АЦП, определяющая количество измерений, выполняемых АЦП в интервал времени. Кроме того, что для каждого модуля определена своя максимальная частота АЦП, также она не может иметь произвольное значение, а должно соответствовать значению сетки частот, своей для каждого модуля. Если в поле “Частота АЦП” ввести требуемое значение и нажать клавишу “Ввод”, то если введенное значение точно не совпадает с одной из допустимых частот, то значение поля будет автоматически скорректировано до ближайшего к введенному допустимого значения. Для некоторых типов модулей с небольшой сеткой частот АЦП, значение частоты не вводится, а выбирается из списка.

Также модуля LTR11, как и для остальных модулей АЦП с коммутацией каналов, частота АЦП делится между всеми разрешенными каналами. Таким образом, частота каждого канала, отображаемая в поле “Частота на канал”, будет в N раз меньше

введенной частоты АЦП, где N — число разрешенных каналов.

2.3.4 Настройка интерфейса отображения данных

После добавления в сценарий устройства сбора данных и настройки его параметров и используемых каналов, перейдем в данном примере сразу к странице “*Визуализация*” (рисунк 2.10), в которой настраивается пользовательский интерфейс для отображения данных как при проведении эксперимента, так и при последующем просмотре его результатов.

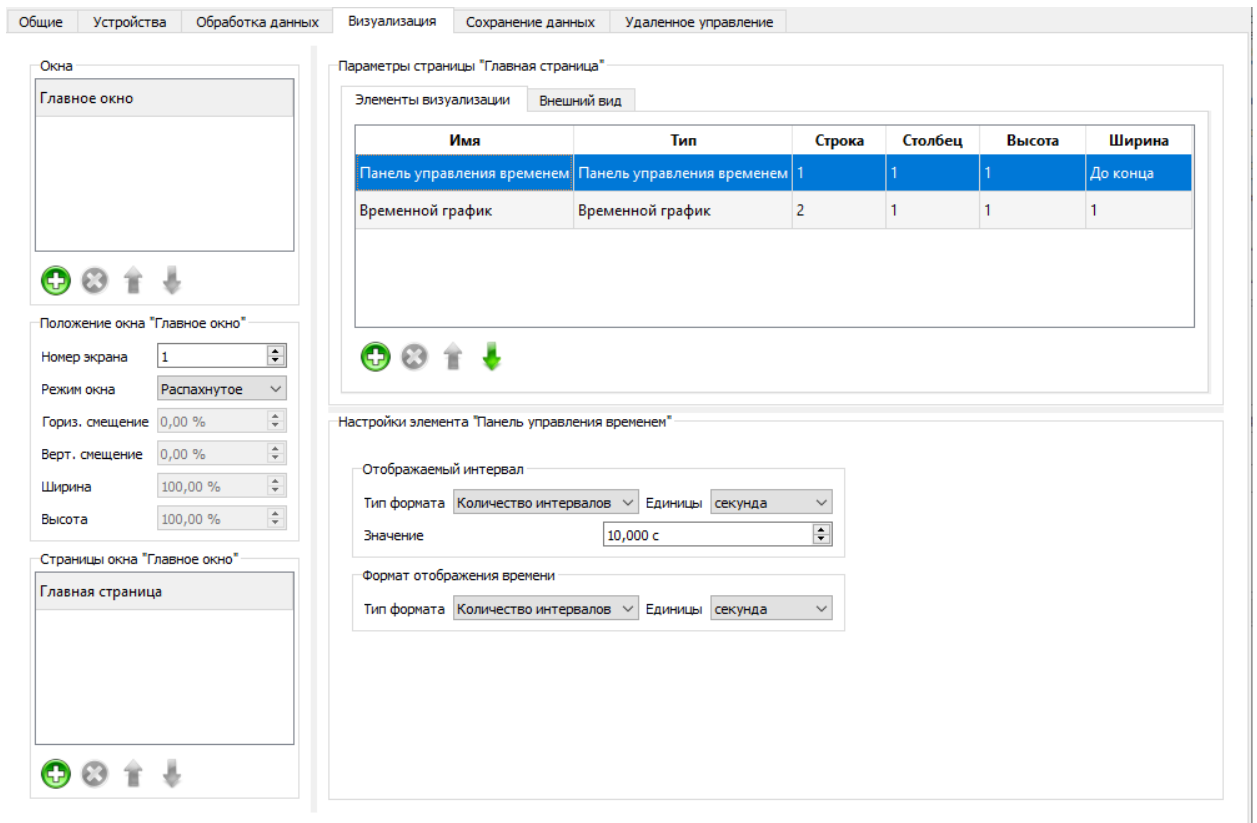


Рис. 2.10: Страница настроек визуализации

По умолчанию **интерфейс визуализации** состоит из одного окна, распахнутого на весь основной экран, на котором присутствует одна страница с двумя **элементами визуализации**: панелью времени и одним графиком для отображения данных. Для начального урока новых элементов добавлять не требуется, только выполним настройку параметров элементов, созданных по умолчанию.

Список элементов визуализации страницы отображаются в таблице на закладке “*Элементы визуализации*” в параметрах страницы. При выборе элемента визуализации в разделе “*Настройки элемента*” отображаются настройки, соответствующие выбранному элементу. Окно настроек отличается для каждого типа элемента визуализации.

Панель управления временем служит для отображения и изменения временного интервала, за который в настоящий момент отображаются данные. В разделе “*Отображаемый интервал*” настраивается начальная длительность отображаемого интервала (которая устанавливается при начале проведения эксперимента или просмотре данных), а также формат, в котором отображается эта длительность.

В разделе “*Формат отображения времени*” задается формат значения текущего времени, который также и определяет формат подписей на временной оси всех графи-

КОВ.

По умолчанию используется интервал в 10 секунд, задаваемый в секундах, и отображение времени как количество секунд с начала эксперимента. В данном уроке оставляем эти параметры без изменения.

При выборе элемента *“Временной график”* отображаются его параметры, сгруппированные на нескольких страницах (рисунок 2.11)

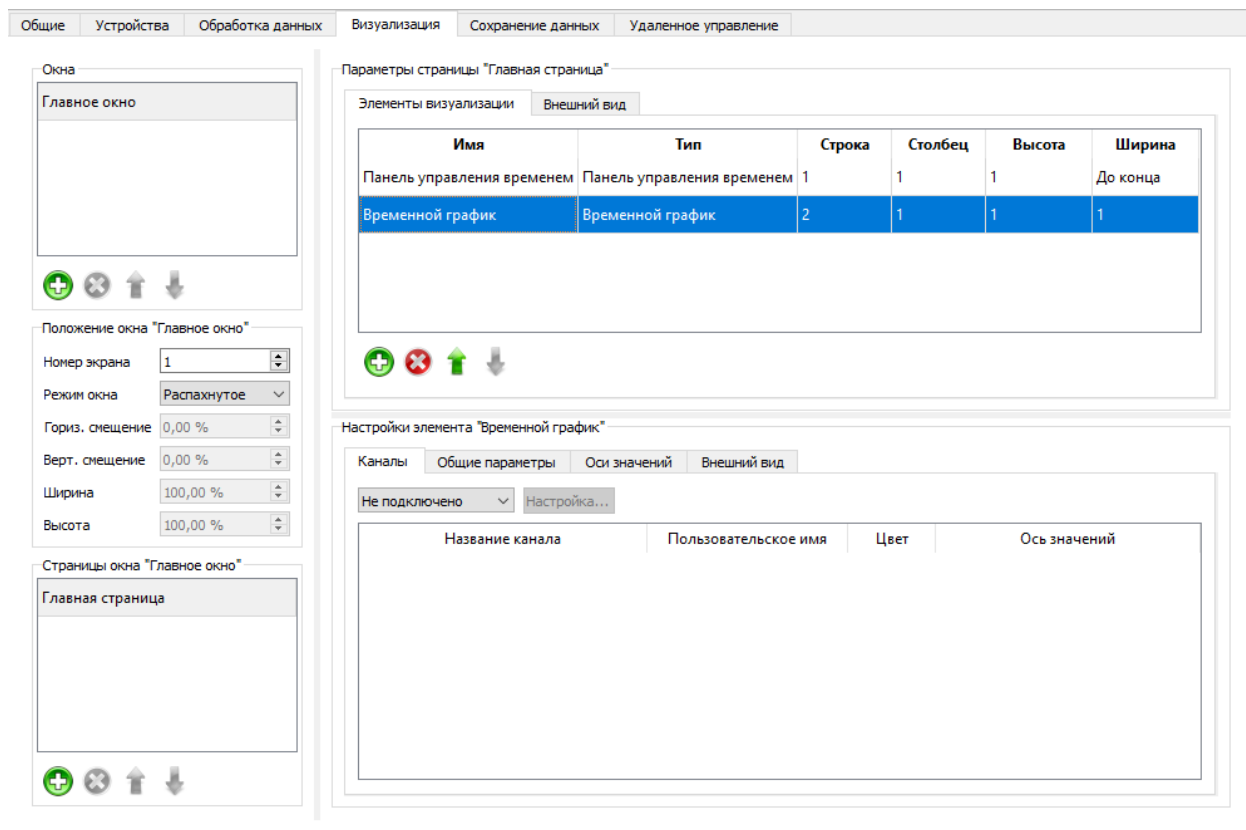


Рис. 2.11: Настройки временного графика

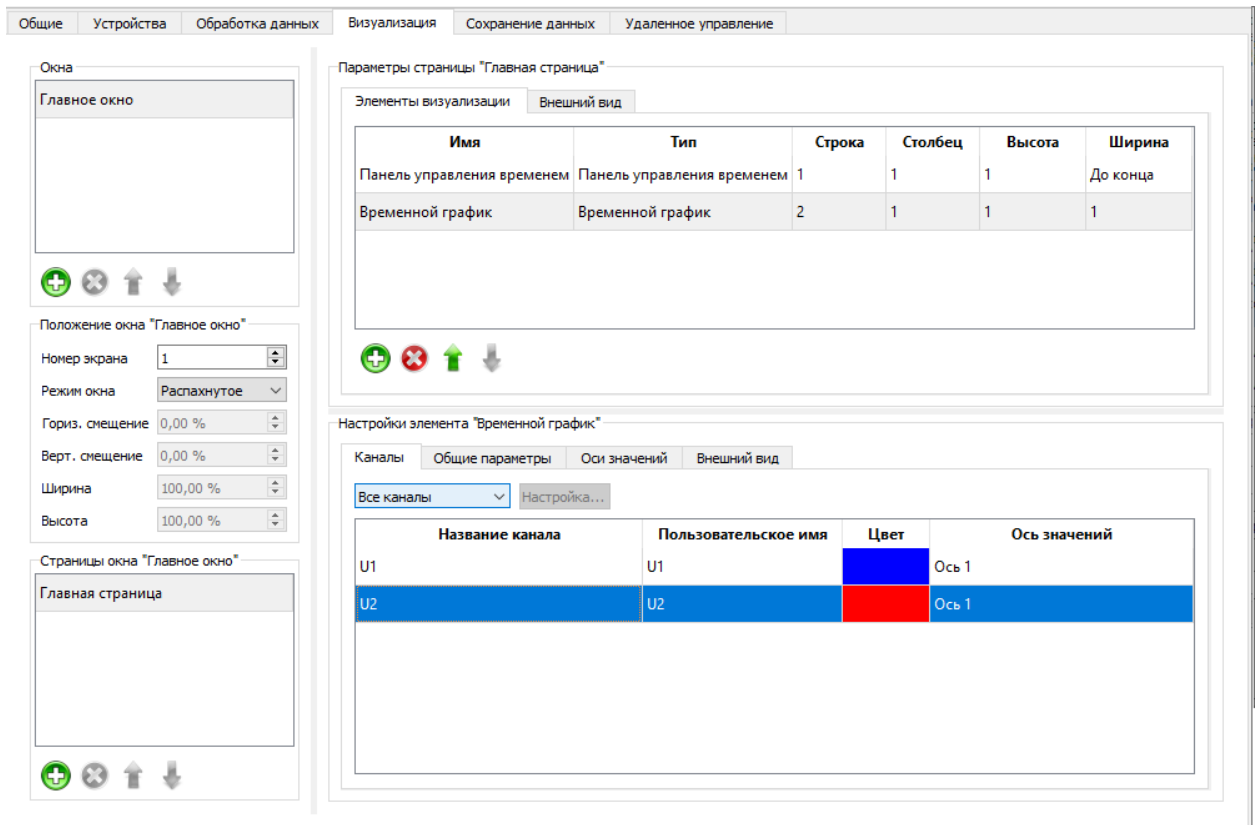


Рис. 2.12: Настройка каналов отображения графика

На странице “Каналы” (рисунок 2.12) настраивается список каналов, данные которых должны быть отображены на графике. В выпадающем списке выбирается способ задания [ссылки на используемые каналы](#). Для простого примера с одним графиком можно выбрать вариант “Все”, в результате чего все каналы ввода данных будут отображаться на данном графике. При этом, если в дальнейшем будет добавлен еще один канал, то он также автоматически будет добавлен к списку отображаемых каналов графика.

Все назначенные каналы и их параметры отображаются в таблице ниже списка задания ссылки на канала. После выбора типа ссылки оба разрешенных канала АЦП будут отображены в таблице. В данном примере оставляем параметры каналов без изменения.

Также можно перейти на страницу “Оси значений” (рисунок 2.13) и задать в окне диапазон отображаемых значений графика. В примере оставляем диапазон значений от -10 до 10 В.

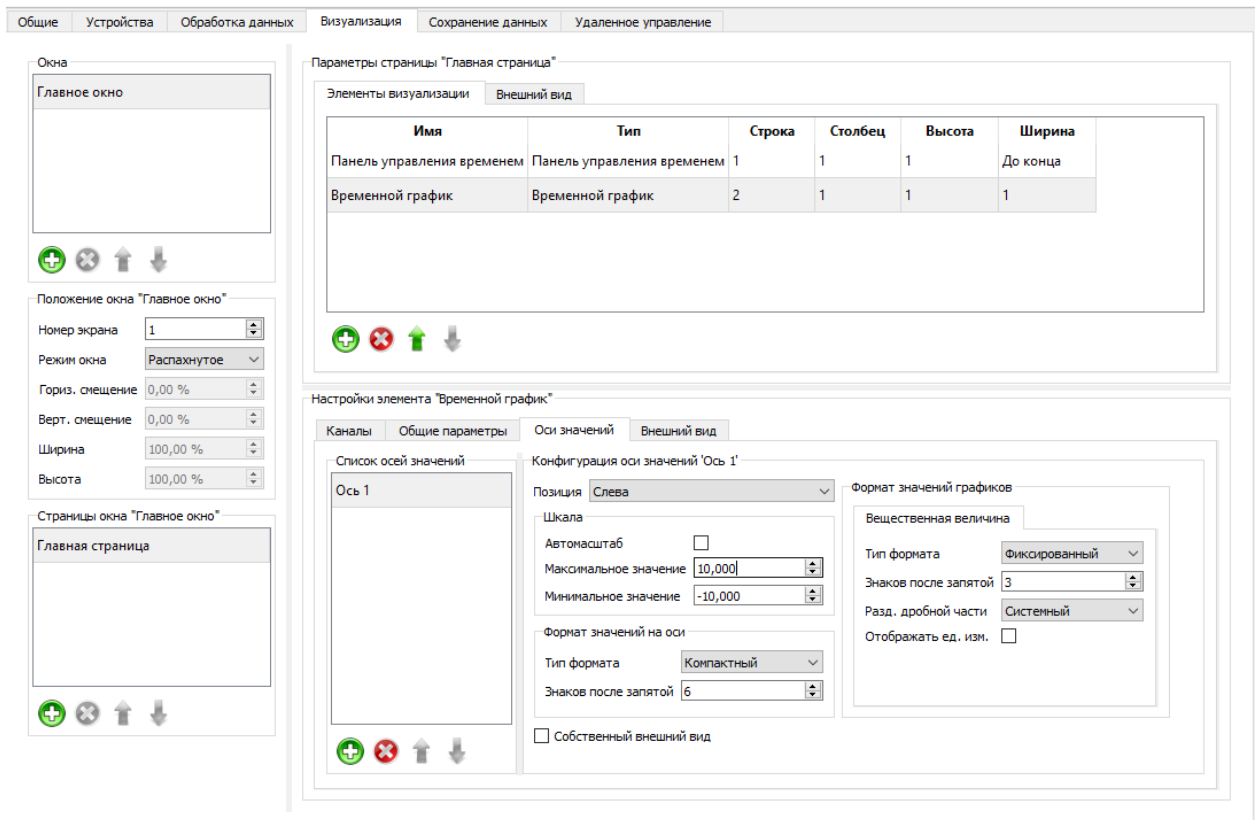


Рис. 2.13: Настройка осей значений графика

2.3.5 Настройка сохранения данных

Последним этапом настройки сценария в данном примере будет настройка сохранения данных на диск, для чего переходим на страницу “*Сохранение данных*” настроек сценария (рисунок 2.14).

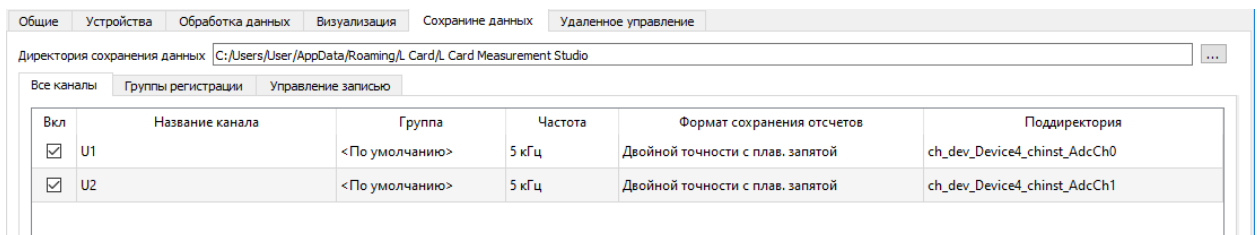


Рис. 2.14: Страница настроек сохранения данных

В верхней части страницы отображается базовая директория для сохранения данных данного эксперимента. При каждом запуске **эксперимента** в этой директории будет создана своя поддиректория (используется порядковый номер эксперимента в сценарии, не пересекающийся с уже созданными директориями). После завершения эксперимента при необходимости может быть указана вручную новая директория, куда будут перемещены данные.

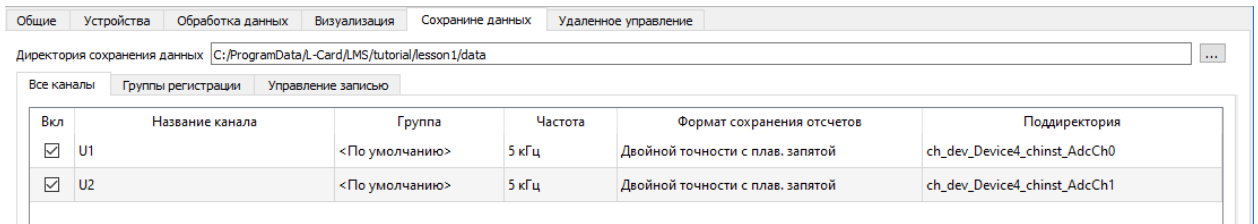


Рис. 2.15: Выбор директории сохранения данных

По умолчанию используется директория для данных приложений для текущего пользователя Windows. Для ее изменения можно либо нажать кнопку “...” справа от строки с директорией и в появившемся диалоге выбрать нужную директорию, либо напрямую в самом поле отображения директории ввести новое значение.

Пользователь может выбрать любую директорию, в которую ему разрешена запись. В примере выберем директорию `C:/ProgramData/L-Card/LMS/tutorial/lesson1/data`.

Следует отметить, что в качестве разделителя частей пути к директории программа “**L Card Measurement Studio**” может использовать как символ ‘\’ (специфичный для ОС Windows), так и ‘/’ (использующийся среди большого количества других ОС).

Ниже расположены закладки с различными параметрами сохранения данных. На закладке “Каналы” в таблице отображается список всех каналов, данные которых могут быть сохранены на диск и будет сохраняться, если отмечены в столбце “Вкл”. В нашем случае присутствуют оба используемых канала. Сами параметры для данного примера могут быть оставлены без изменения.

На этом конфигурация простейшего сценария может быть завершена. Необходимо сохранить изменения с помощью пункта меню “Правка” → “Сохранить изменения” (📁). После этого переходим к проведению эксперимента с помощью меню “Эксперимент” → “Выполнить новый эксперимент” (🔍).

Если попытаться закрыть программу, перейти к выполнению эксперимента или к другому действию, завершающему настройку параметров сценария, не сохранив сделанные изменения, то будет выдано соответствующее предупреждение с предложением либо сохранить изменения, либо их отбросить. Последнее вернет конфигурацию к последнему сохраненному состоянию.

2.3.6 Проведение эксперимента

При переходе к выполнению эксперимента программа проверяет наличие всех устройств, заданных в конфигурации сценария, и отображает окно (или несколько окон) в соответствии с параметрами визуализации сценария.

Для данного примера окно состоит из панели управления временем и одного графика, как показано на рисунке 2.16.

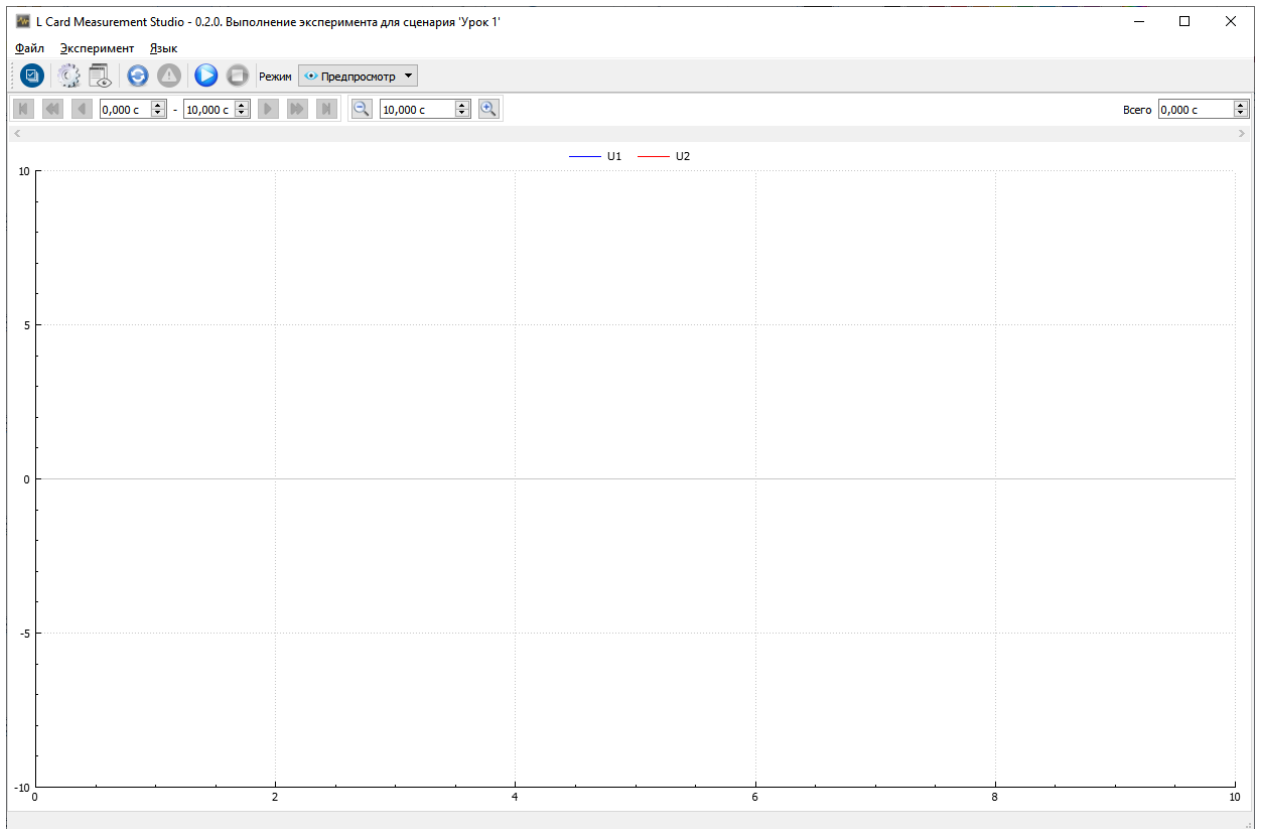




Рис. 2.16: Страница проведения эксперимента

На панели инструментов может быть выбран один из двух режимов:

- , “Предпросмотр”. В данном режиме происходит запуск эксперимента без сохранения данных на диск и без внесения информации в базу проведенных экспериментов. Данные отображаются только во время проведения измерений.
- , “Эксперимент”. Режим проведения эксперимента с записью данных на диск. Информация о запуске эксперимента сохраняется в базе данных. По завершению эксперимента идет переход к просмотру данных с последующим сохранением или удалением записанных данных.

Режим “Предпросмотр” предназначен для проверки правильности настроек и подключения источников сигнала. После того как данные на графиках будут соответствовать ожидаемым, можно перейти к режиму “Эксперимент”. Для быстрого перехода к редактированию настроек сценария эксперимента, чтобы исправить какие-то ошибки, выявленные на этапе предпросмотра, можно воспользоваться пунктом меню “Эксперимент” → “Конфигурация эксперимента” (⚙️).

Для запуска эксперимента в заданном режиме выбираем пункт меню “Эксперимент” → “Запуск эксперимента” (▶️). В результате будет запущен сбор и на графиках будут отображаться полученные данные (данные графиков будут зависеть от сигналов, поданных на соответствующие входы АЦП), а на панели времени изменятся значение текущего времени (рисунок 2.17)

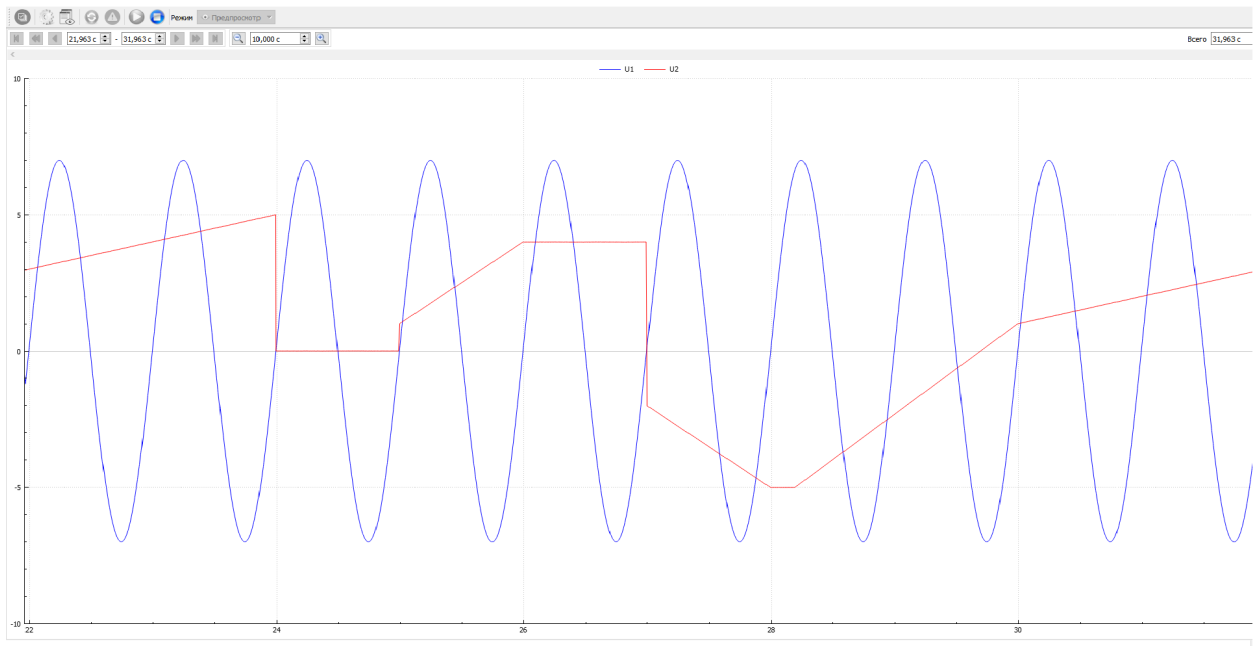


Рис. 2.17: Отображение сигналов во время эксперимента

Проведение эксперимента завершается по нажатию кнопки “Останов эксперимента” (⏏). Если был выбран режим эксперимента, а не предпросмотра, то как только проведение эксперимента будет завершено, программа перейдет к просмотру сохраненных данных эксперимента.

2.3.7 Просмотр данных проведенного эксперимента

В режиме просмотра данных (рисунок 2.18) экспериментальные данные отображаются в соответствии с теми же настройками интерфейса визуализации из сценария эксперимента, что и при его выполнении.

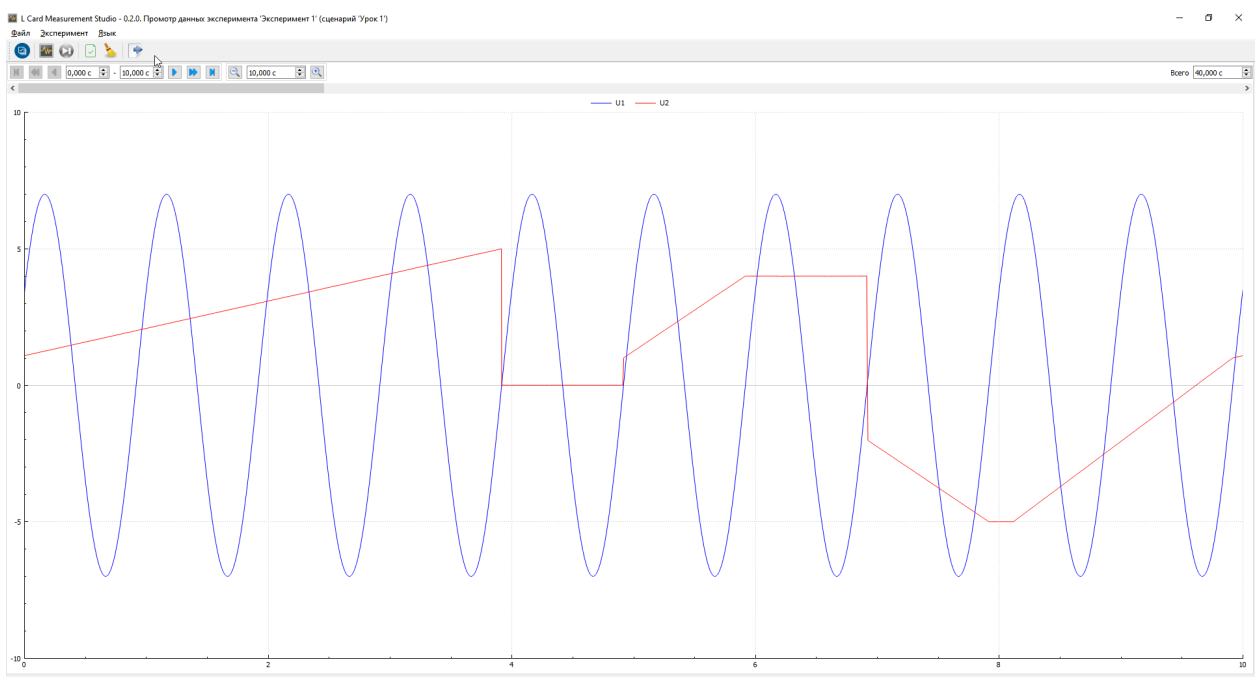


Рис. 2.18: Страница просмотра результатов эксперимента

Изначально будут отображены данные начала записи. В отличие от режима проведения эксперимента, при просмотре можно свободно перемещаться по данным с помощью панели управления времени одним из следующих способов:

- с помощью кнопок перемещения по оси времени на один шаг (◀, ▶) или на полный экран (◀◀, ▶▶) вперед или назад;
- перемещая ползунок прокрутки в нижней части панели времени;
- вручную вводя значения времени начала или конца отображаемого интервала на панели времени.

Также панель времени позволяет изменять длину отображаемого в настоящий момент интервала времени с помощью кнопок + и -, а также ввести значение длины отображаемого интервала вручную.

2.3.7.1 Отображение значения графиков под курсором

Для того чтобы узнать конкретное значение графика в заданный момент времени, можно включить режим отслеживания значений графиков под курсором мыши, нажав правой кнопкой мыши по графику и выбрав в контекстном меню *“Отслеживать значения по курсору”* (🖱) или комбинацию клавиш *“CTRL+SHIFT+T”*.

После этого курсор мыши при нахождении над графиком примет другой вид и через него будет проведена вертикальная линия для явного отображения момента времени на графике, которому соответствует положение курсора. Около курсора будут отображаться значение времени, соответствующего позиции курсора (в том же формате, что и на оси времени графика) и значения отображаемых сигналов (формат определяется параметрами *“Формат значений графиков”* в настройках оси значений), соответствующих этому времени, т.е. значение точки пересечения вертикальной линии и графиков данных канала.

Завершить работу режима отслеживания значений графиков можно повторив то же самое действие.

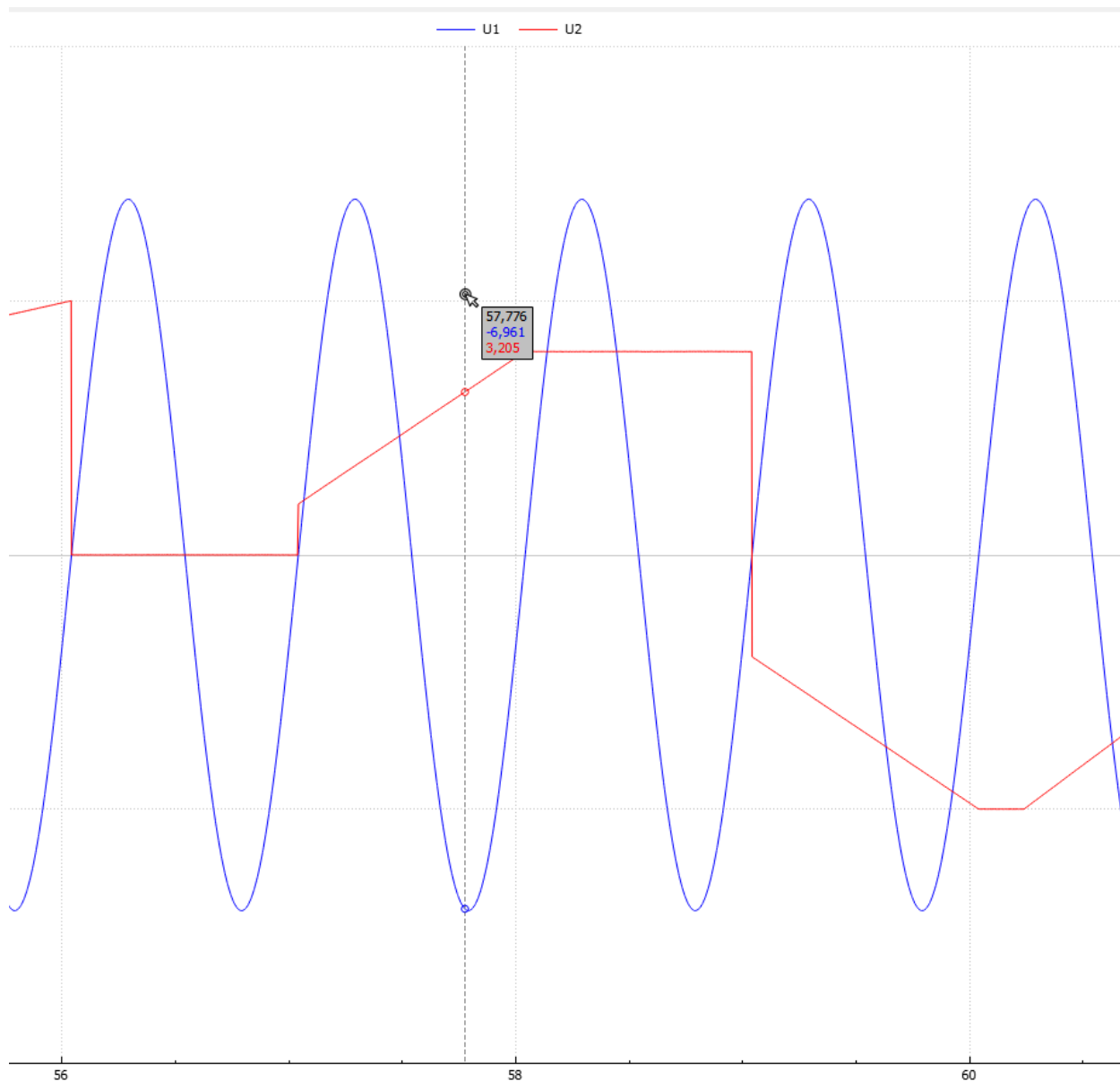


Рис. 2.19: Отслеживание значений сигнала на графике

2.3.7.2 Изменение отображаемого диапазона значений

При просмотре и запуске эксперимента отображаемый диапазон оси значений соответствует настроенным значениям в конфигурации [сценария](#), однако его можно изменить вручную во время просмотра данных.

Для этого необходимо нажать на график правой кнопкой мыши в контекстном меню выбрать пункт *“Изменить шкалу оси Y...”*. Откроется диалог ([рисунок 2.20](#)), в котором можно вручную задать максимальное и минимальное значение оси. После нажатия *“ОК”* график будет перерисован с новым диапазоном отображаемых значений.

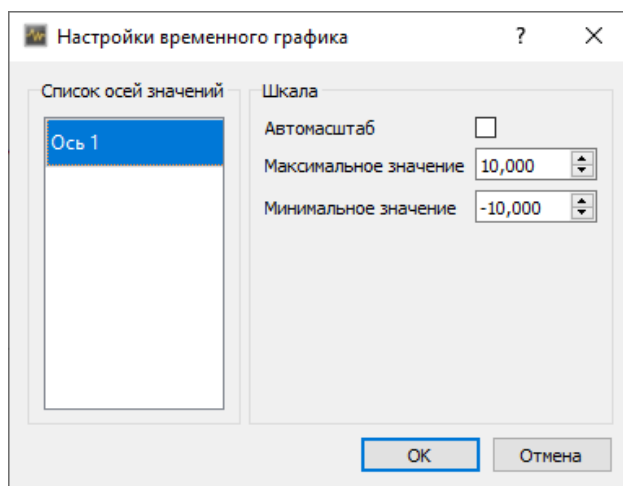


Рис. 2.20: Диалог изменения диапазона оси значений

2.3.8 Сохранение результатов проведения эксперимента

При просмотре данных только что проведенного эксперимента их необходимо подтвердить с сохранением в базу данных с помощью пункта меню “Эксперимент” → “Сохранить результаты эксперимента” (☑) или отбросить, выбрав “Эксперимент” → “Удалить результаты эксперимента” (🗑).

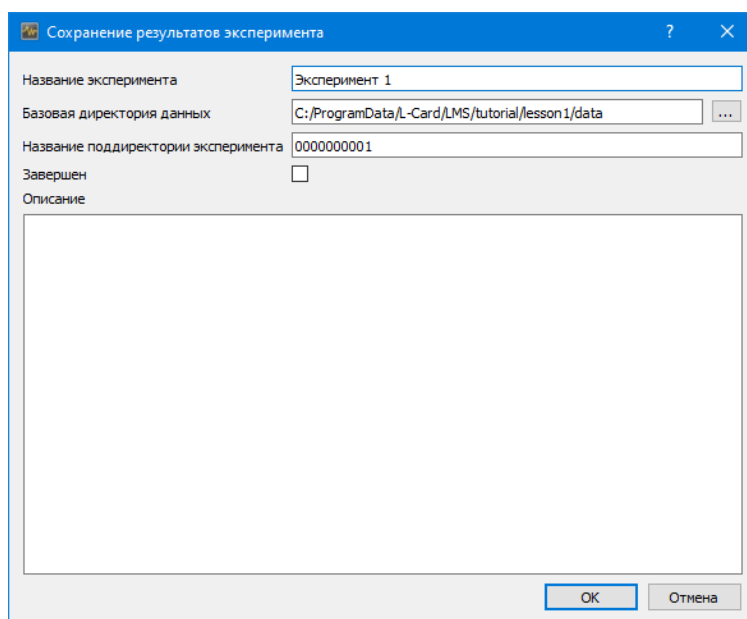


Рис. 2.21: Сохранение результатов эксперимента

При нажатии “Сохранить результаты эксперимента” откроется диалог сохранения результатов (рисунок 2.21), в котором можно ввести информацию о проведенном эксперименте и изменить место его сохранения.

В поле “Название эксперимента” можно ввести пользовательское название для конкретного проведенного эксперимента, которое будет отображаться в таблице проведенных экспериментов.

В поле “Базовая директория данных” указана директория из настроек сценария эксперимента. В базовой директории будет расположена поддиректория с данными проведенного эксперимента. При необходимости это значение можно изменить, в этом случае данные завершенного эксперимента будут перемещены в новую директорию (данные ра-

нее проведенных экспериментов из той же базовой директории перемещены не будут).

В поле *“Название поддиректории эксперимента”* отображается созданная поддиректория в базовой директории, в которой хранятся все данные только что проведенного эксперимента. Для первого проведенного эксперимента сценария имя поддиректории будет *“0000000001”*. Если изменить данное значение при сохранении, то поддиректория с данными эксперимента будет переименована.

Следует отметить параметр *“Завершен”*, чтобы указать, что все измерения для этого эксперимента завершены и он не может быть продолжен в дальнейшем.

В поле *“Описание”* можно добавить комментарий, содержащий дополнительную информацию о проведенном только что эксперименте.

После нажатия кнопки *“OK”* будет выведено сообщение об успешном сохранении данных.

На этом проведение первого эксперимента можно считать завершенным и работа с программой может быть завершена.

2.3.9 Повторный просмотр результатов эксперимента

В заключение рассмотрим как повторно перейти к просмотру данных уже проведенного эксперимента.

Перейдем снова в диалог выбора операции. Для этого можно воспользоваться действием *“Файл”* → *“Выбор операции”* (📁) или в него можно попасть при новом запуске программы после закрытия.

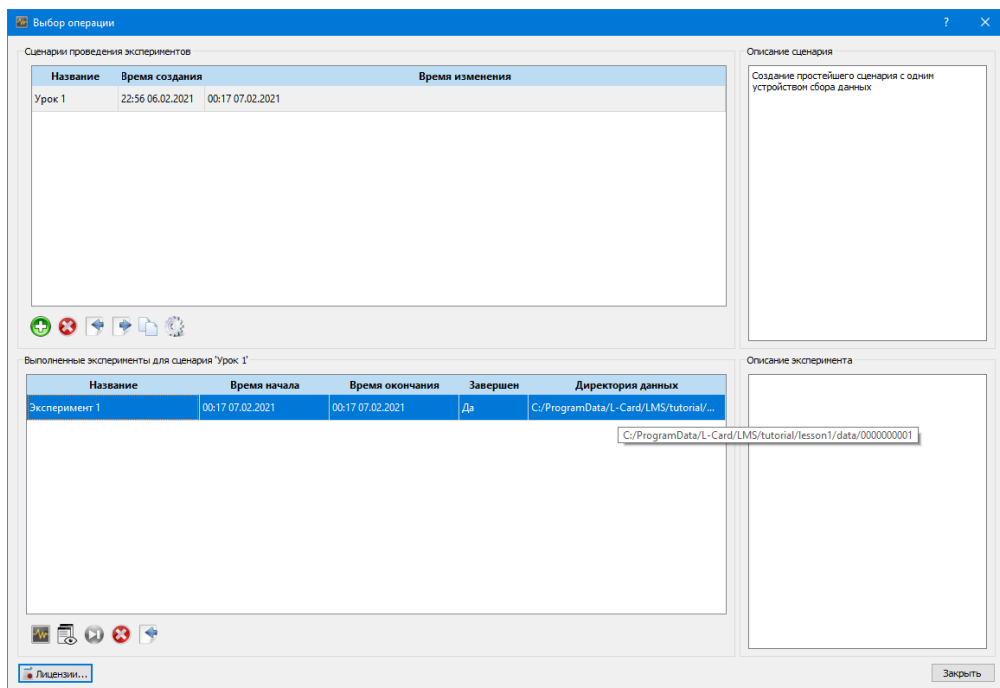


Рис. 2.22: Окно выбора операции с созданным сценарием и проведенным экспериментом

Теперь в данном окне должен отображаться созданный нами сценарий в верхней таблице. При его выборе в нижней таблице проведенных экспериментов отобразится один проведенный эксперимент.

Мы можем снова вернуться к просмотру данных проведенного эксперимента выбрав его в таблице и нажав кнопку *“Просмотр данных эксперимента”* (📄). В результате мы снова вернемся к окну просмотра из [раздела 2.3.7](#). Единственным отличием является

отсутствие действий для сохранения или удаления результатов, так как они уже были сохранены в базу данных.

2.4 Урок 2. Добавление нескольких устройств и нескольких графиков

2.4.1 Введение

В данном уроке будет показано, как создать сценарий эксперимента, использующий несколько устройств, на примере добавления модуля **LTR25** (сама процедура аналогична и для любого другого модуля), а также как добавить несколько графиков для визуализации данных от этих устройств.

В качестве основы используется сценарий из [предыдущего урока](#), в который уже будут внесены описываемые в данном уроке изменения.

2.4.2 Добавление устройств в конфигурацию

Перейдем к редактированию настроек созданного в первом уроке сценария. Для этого в начальном окне выбора операции нужно выбрать ранее созданный сценарий и нажать кнопку “*Настроить сценарий*” (⚙️).

Добавление нескольких устройств принципиально ничем не отличается от добавления одного устройства. Также переходим на страницу “*Устройства*” настроек сценария и с помощью действия “*Синхронизация списка устройств*” (🔄) снова открываем диалог синхронизации устройств.

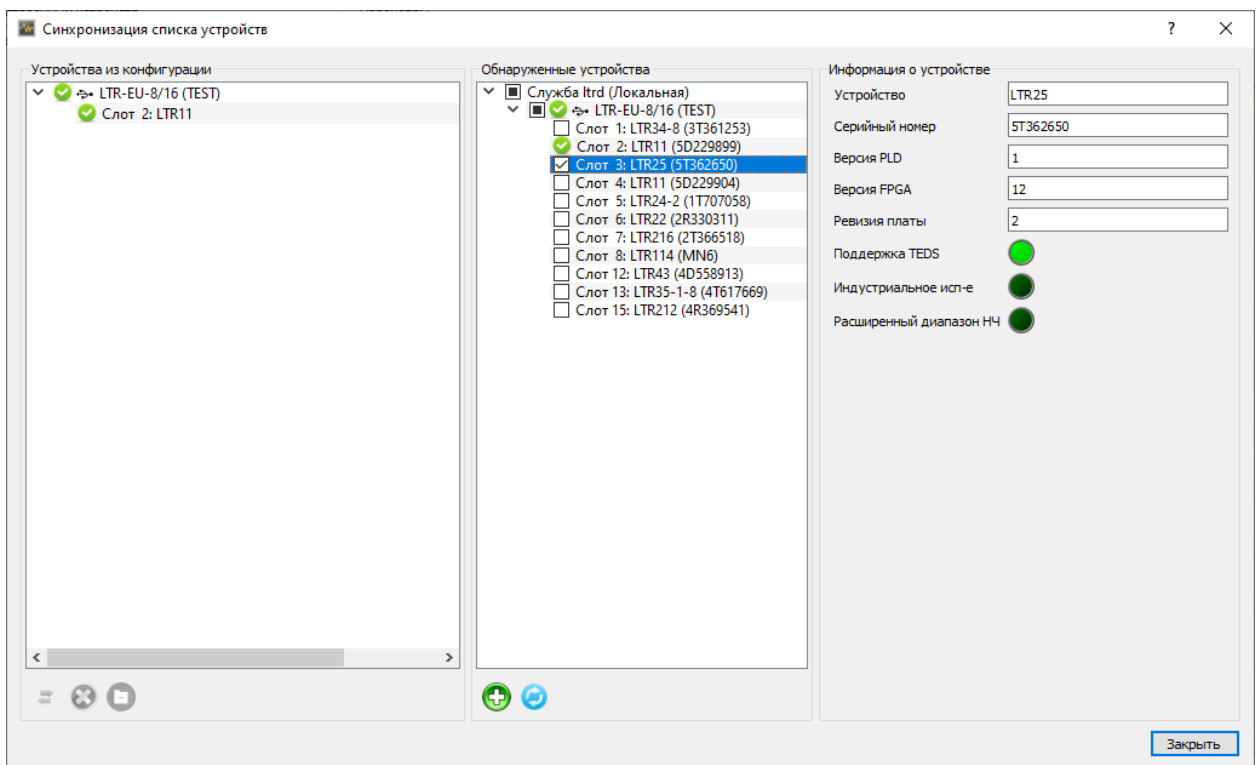


Рис. 2.23: Выбор дополнительных устройств для добавления в конфигурацию сценария

Уже добавленный в первом уроке модуль **LTR11** отмечен в дереве обнаруженных устройств символом ✓, указывающим, что устройство присутствует в сценарии. Отме-

чаем в дереве обнаруженных устройств новые устройства, которые хотим добавить. В данном примере отмечаем модуль **LTR25**, как показано на [рисунке 2.23](#).

Нажимаем кнопку “Добавить отмеченные обнаруженные устройства” (+) на панели под деревом обнаруженных устройств, в результате чего новое устройство будет также добавлено в сценарий ([рисунок 2.24](#)).

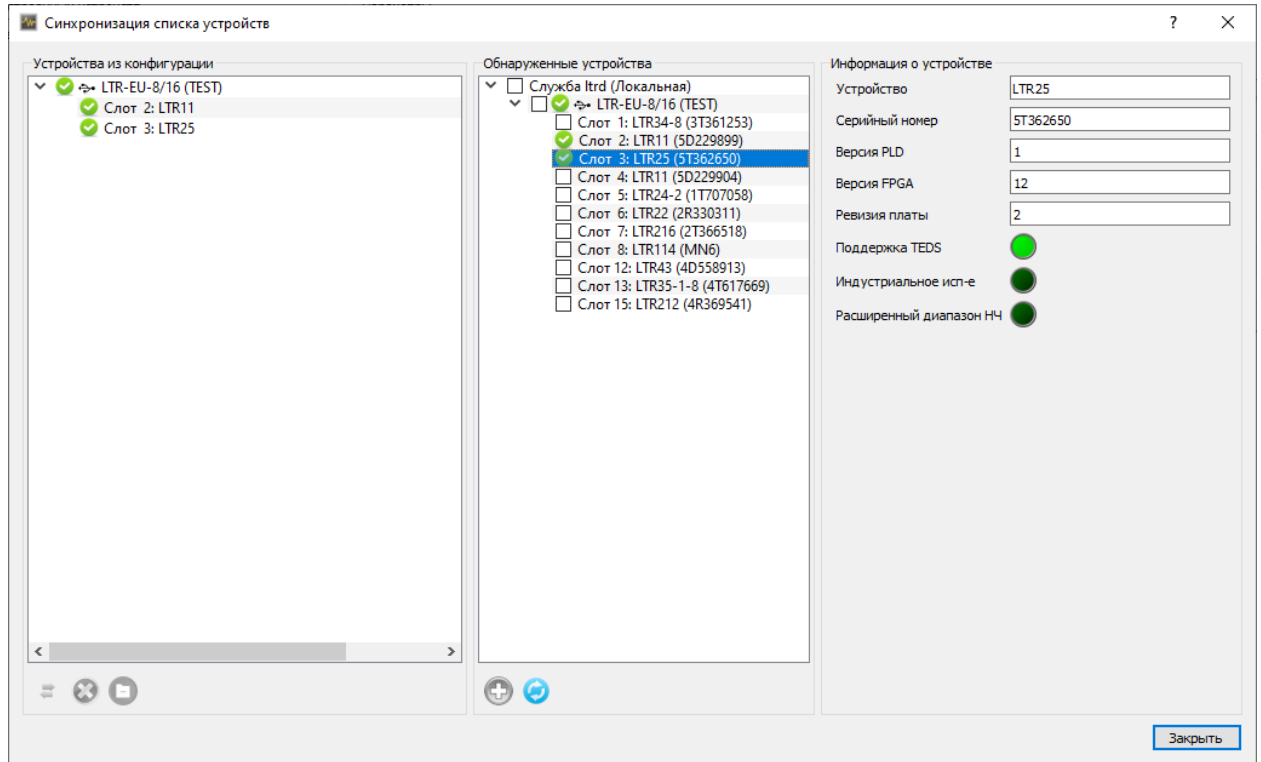


Рис. 2.24: Добавление дополнительных устройств в сценарий

Таким образом, действия по добавлению нескольких устройств ничем не отличаются от добавления одного. При необходимости можно одновременно добавить любое количество устройств в сценарий.

Программа явно не ограничивает количество используемых устройств в сценарии эксперимента, если этот набор устройств не противоречит используемой лицензии.

По нажатию кнопки “Закреть” возвращаемся к странице настройки устройств и выбираем новое добавленное устройство. Страница настроек модуля **LTR25** ([рисунок 2.25](#)) несколько отличается от настроек **LTR11**, хотя имеет и много общего.

В таблице каналов также разрешаем каналы, отмечаем их в столбце “Вкл”, и задаем их пользовательские имена (в данном примере U3 и U4).

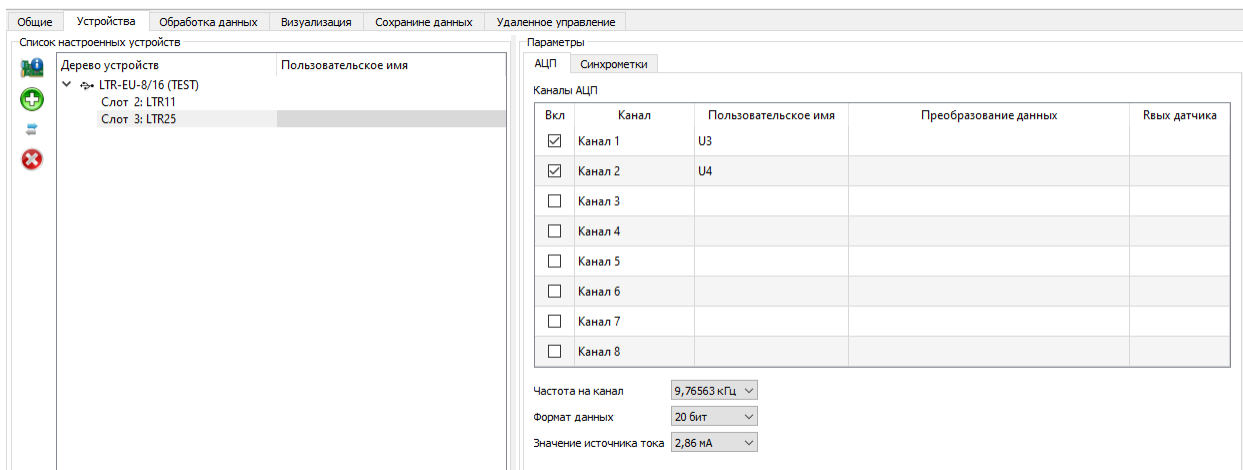


Рис. 2.25: Настройки модуля LTR25

В отличие от [LTR11](#) каналы в [LTR25](#) работают параллельно и задаваемая частота АЦП является и частотой на канал. Сама частота выбирается из набора предопределенных значений.

2.4.3 Добавление графиков в интерфейс визуализации

Далее перейдем на страницу “*Визуализация*” настроек сценария. В первом уроке использовался стандартный интерфейс из одного графика. Рассмотрим как создать дополнительные графики и использовать разные графики для отображения данных разных каналов.

В разделе “*Элементы визуализации страницы*” на панели инструментов под таблицей с элементами нажимаем кнопку “*Добавить элемент*” (+), в результате чего откроется диалог для выбора типа добавляемого элемента ([рисунок 2.26](#)).

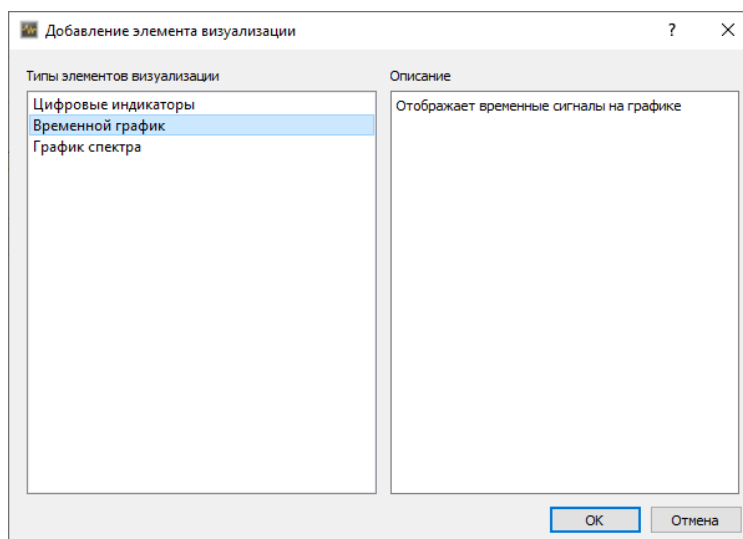


Рис. 2.26: Добавление элемента визуализации

Выбираем тип элемента визуализации “*Временной график*” и нажимаем “*ОК*”. Повторяем операцию для добавления еще одного графика. В результате получится список элементов визуализации из панели времени и трех графиков, как показано на [рисунок 2.27](#).

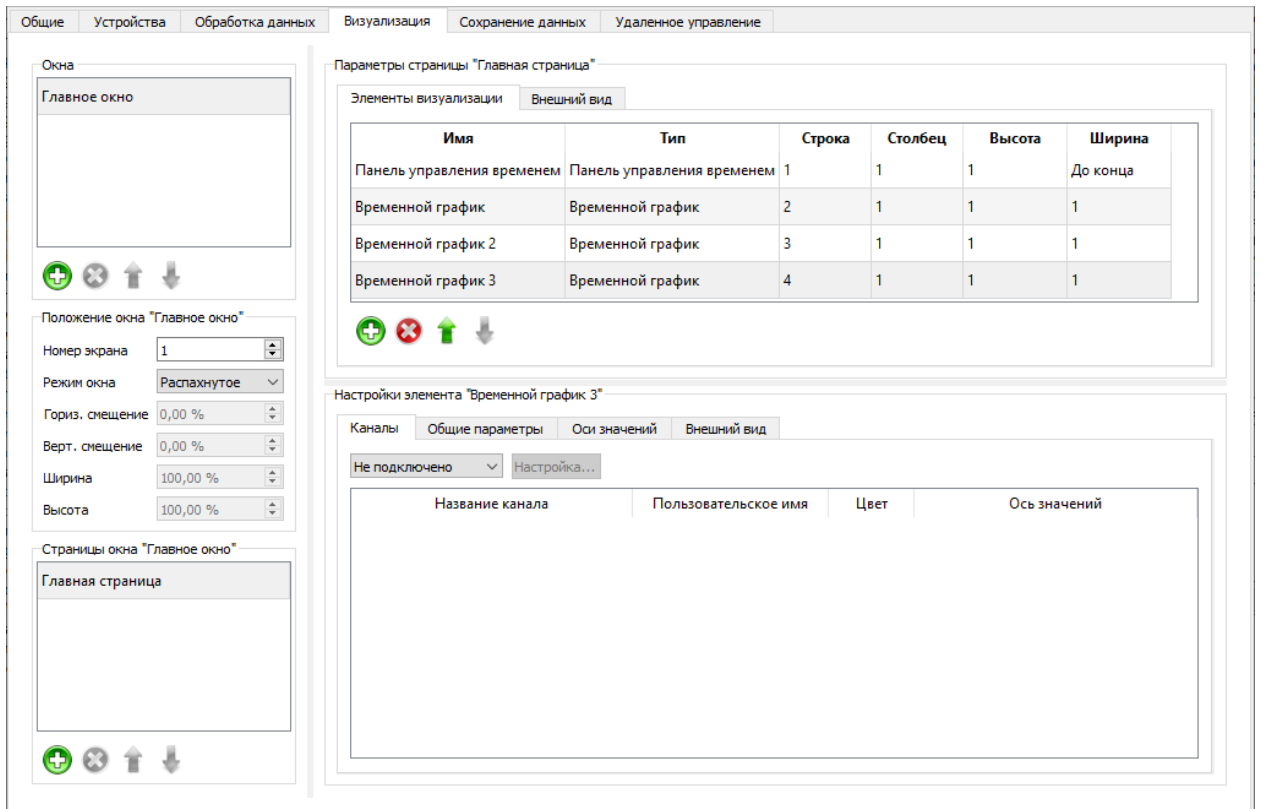


Рис. 2.27: Конфигурация страницы визуализации с тремя графиками

Для того, чтобы посмотреть, как будет выглядеть интерфейс визуализации, мы можем перейти к странице проведения эксперимента с помощью пункта меню “Эксперимент” → “Выполнить новый эксперимент” (🔍), не запуская при этом сбора данных. При переходе будет выведено сообщение о не сохраненных изменениях, в котором выбираем “Да” для их сохранения.

Окно визуализации будут выглядеть как на [рисунке 2.28](#).

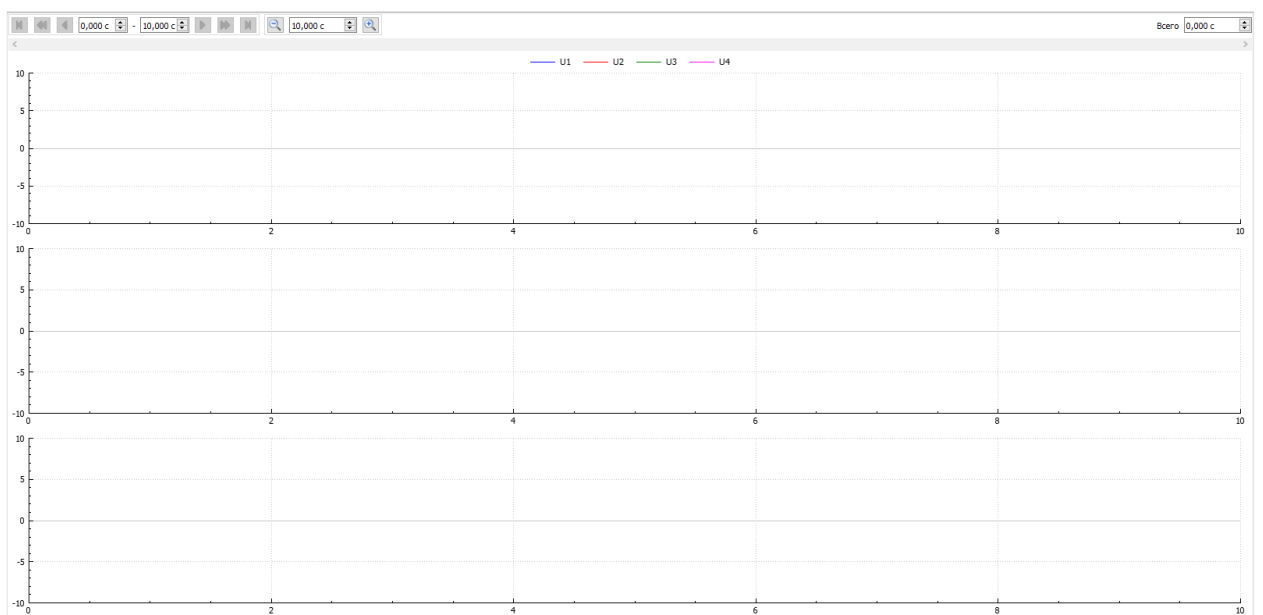


Рис. 2.28: Вид интерфейса визуализации с тремя графиками

2.4.4 Настройка расположения графиков на странице

Как мы убедились, по умолчанию графики располагаются друг под другом в одном столбце. Это не единственный способ расположения графиков на странице. В общем случае, страницу можно представить в виде условной невидимой таблицы с произвольным числом строк и столбцов, в каждой из ячеек которой может располагаться свой элемент визуализации. Положение каждого элемента визуализации, соответственно, определяется номером строки и столбца, в которых он расположен на странице визуализации. Они задаются одноименными параметрами в таблице добавленных элементов визуализации.

В текущей конфигурации номер строки каждого элемента увеличивается на единицу, а номер столбца у всех элементов равен 1.

Допустим, мы хотим расположить два новых графика в одной строке один правее другого. Попробуем вначале просто увеличить номер столбца последнего графика на единицу и уменьшить номер строки, чтобы он был в той же строке, что и предыдущий график (рисунок 2.29).

Снова сохраним изменения и запустим режим проведения эксперимента для просмотра получившегося интерфейса (рисунок 2.30).

Имя	Тип	Строка	Столбец	Высота	Ширина
Панель управления временем	Панель управления временем	1	1	1	До конца
Временной график	Временной график	2	1	1	1
Временной график 2	Временной график	3	1	1	1
Временной график 3	Временной график	3	2	1	1

Рис. 2.29: Конфигурация с переносом одного графика во второй столбец

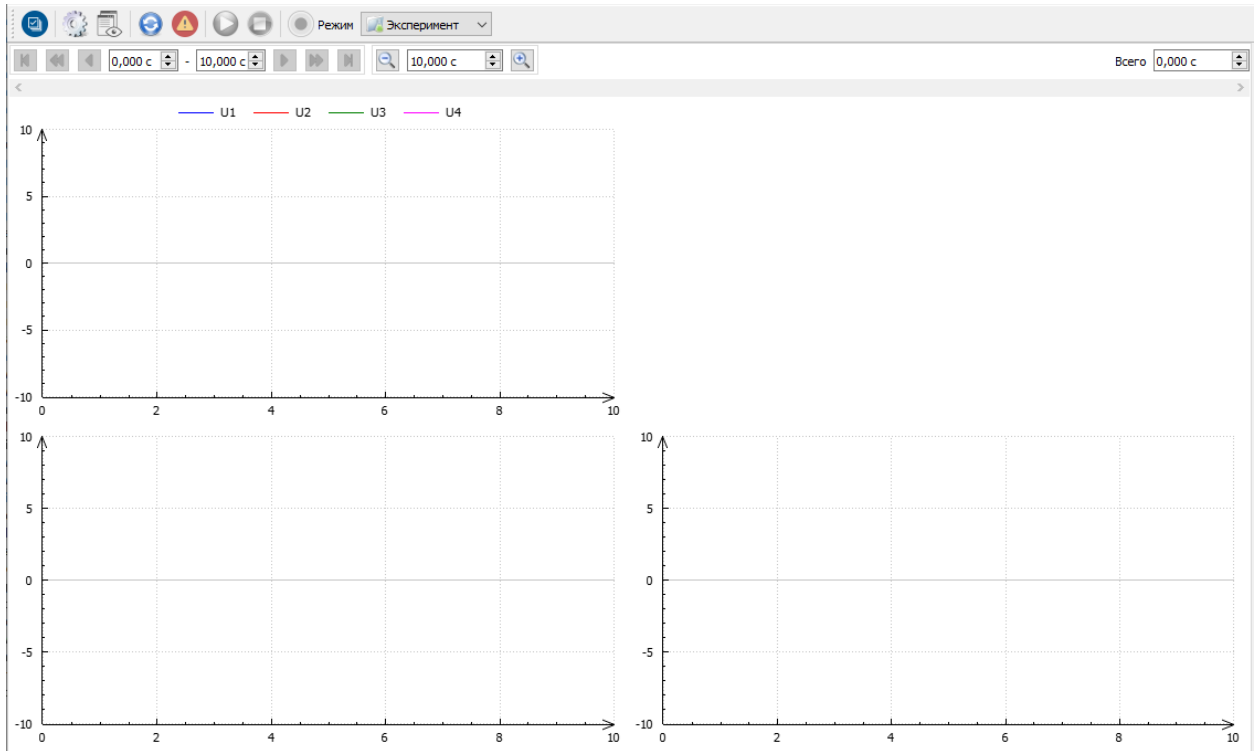


Рис. 2.30: Вид интерфейса с переносом одного графика во второй столбец

Два последних графика действительно стали один рядом с другим, как мы и хотели. Однако, так как теперь страница состоит из двух столбцов, а первый график находится в первом столбце, он занимает теперь в ширину только половину страницы, а вторая часть осталась не занятой.

Для того чтобы растянуть его на всю ширину строки, необходимо указать, что он занимают сразу два столбца, т.е. элемент по сути занимает две ячейки таблицы. Для этого используется параметр *“Ширина”*, задающий, сколько ячеек занимает элемент по горизонтали (аналогично, параметр *“Высота”* указывает, сколько ячеек занимает элемент по вертикали). Следует отметить, что этот параметр задает именно ширину в количестве ячеек (столбцов) и напрямую не связан с шириной элемента в пикселях или миллиметрах.

Для временной панели ширина установлена равной *“До конца”*, что означает, что она всегда занимает все столбцы от указанного и до конца страницы вне зависимости от количество столбцов на странице. Если требуется такое поведение, то в качестве ширины или высоты элемента можно ввести значение 0.

Устанавливаем для первого графика ширину равной 2 столбца (рисунок 2.31). В результате получится интерфейс, показанный на рисунке 2.32.

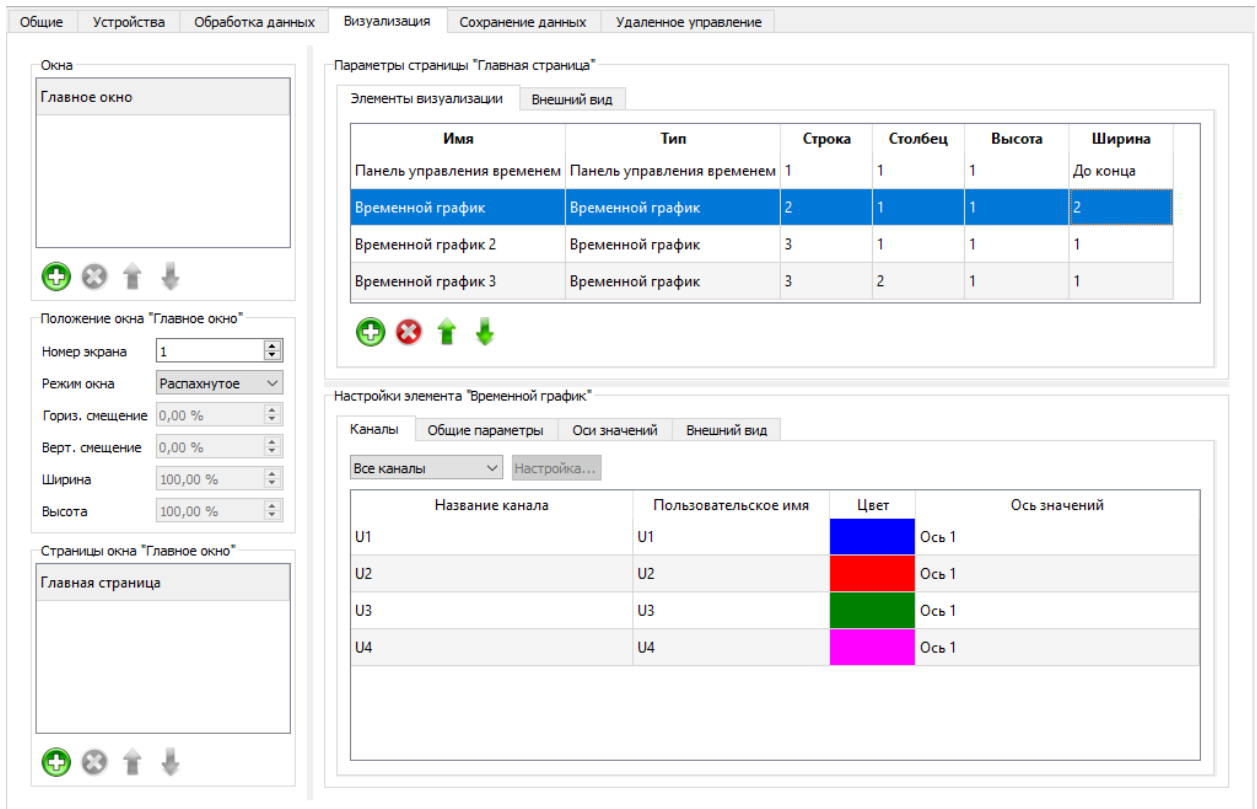


Рис. 2.31: Конфигурация с растяжением панели и первого графика на два столбца

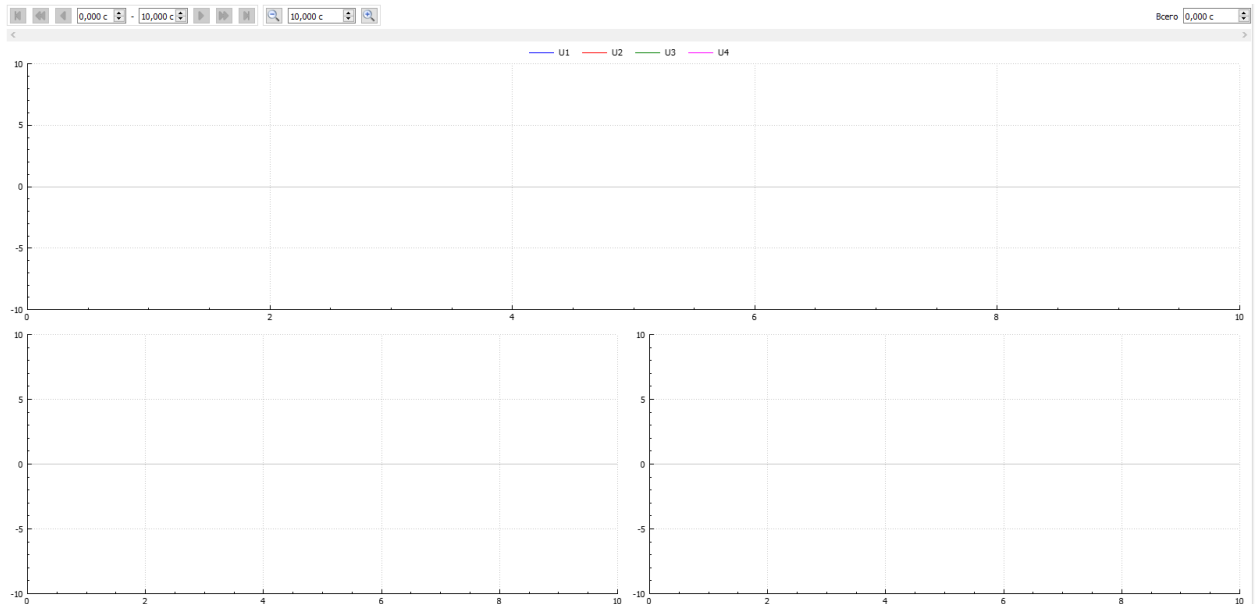


Рис. 2.32: Вид интерфейса с растяжением панели и первого графика на два столбца

2.4.5 Назначения каналов графикам

Следующим шагом распределим ранее добавленные каналы между графиками. Для примера, предположим, что мы хотим отображать оба канала **LTR11** на первом графике (как было в первом уроке), а для двух новых каналов **LTR25** будем использовать по одному только что созданному графику на каждый канал.

В общем случае нет никаких ограничений при назначении каналов графикам в зависимости от устройства. Все каналы в этом плане равнозначны. Кроме того, один канал может быть назначен и отображен сразу на нескольких графиках или не отображаться на графиках вообще.

Назначим вначале каналы нового устройства новым созданным графикам. Выбираем второй график и на странице “Каналы” его настроек выбираем тип ссылки “Выбранный канал”. В результате откроется диалог настройки подключения каналов (рисунок 2.33) со списком всех возможных каналов, в котором для данного типа ссылки мы можем выбрать только один требуемый канал. Выбираем первый канал модуля LTR25 (которому мы дали название “U3”) и нажимаем “ОК”.

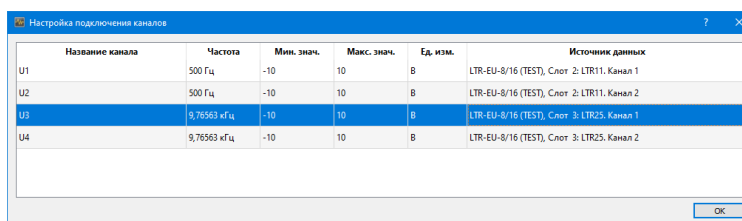


Рис. 2.33: Диалог настройки подключения одного канала

Выбранный канал появится в таблице назначенных каналов соответствующего графика (рисунок 2.34). Канал всегда может быть изменен с помощью кнопки “Настройка...” справа от элемента выбора типа ссылки на каналы графика.

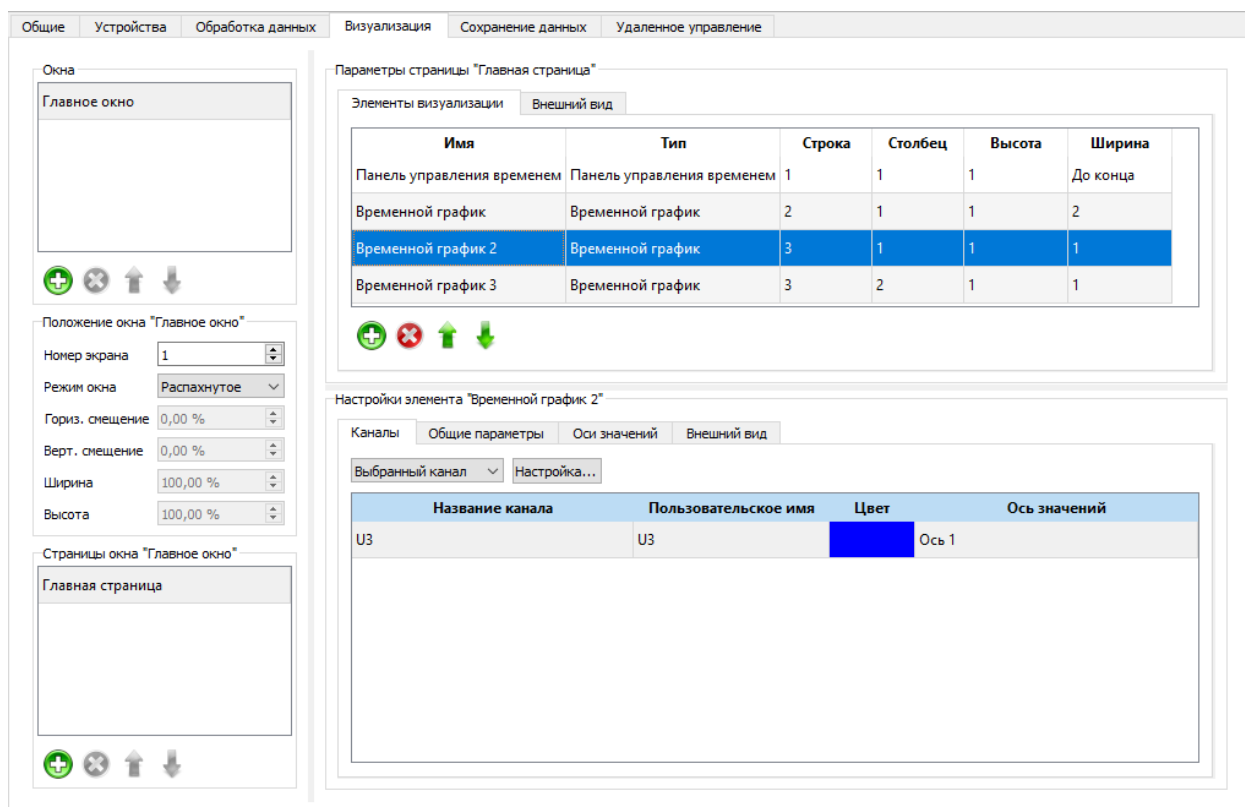


Рис. 2.34: График с настроенным подключением одного канала

Аналогично назначаем второй канал модуля LTR25, названный “U4”, третьему графику.

После этого вернемся к первому графику. Как мы видим, ему назначены все четыре канала конфигурации сценария. Это связано с тем, что в первом уроке в качестве типа

ссылки на каналы мы выбрали “Все”. Этому типу ссылки всегда соответствуют все подходящие каналы в текущей конфигурации сценария и этот список автоматически обновляется при изменении состава каналов сценария.

Если мы хотим оставить только изначальные два канала, то их необходимо задать вручную с помощью типа ссылки “Выбранные каналы”. В отличие от предыдущей ссылки типа “Выбранный канал”, этот тип позволяет выбрать вручную несколько каналов, а не только один.

Изменяем выбор типа ссылки с “Все” на “Выбранные каналы”. В результате откроется специфичный для данного типа ссылки диалог назначения каналов (рисунки 2.35).

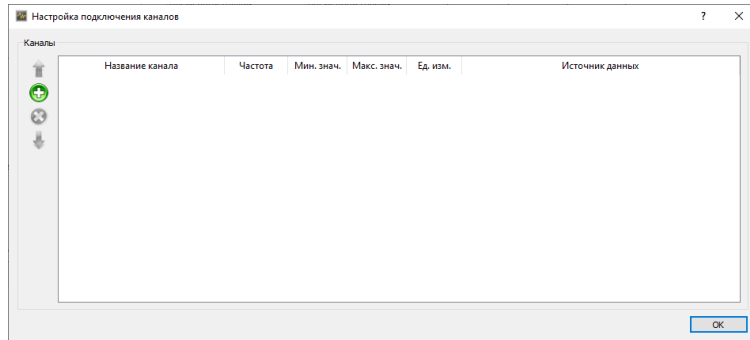


Рис. 2.35: Диалог настройки подключения нескольких каналов

Для добавления каналов нажимаем кнопку “Добавить каналы...” (⊕) на панели слева, в результате чего откроется диалог выбора каналов для добавления (рисунки 2.36). Выбираем два канала, относящиеся к LTR11, для чего можно последовательно выбрать несколько каналов с зажатой кнопкой “CTRL”, после чего нажимаем “ОК”.

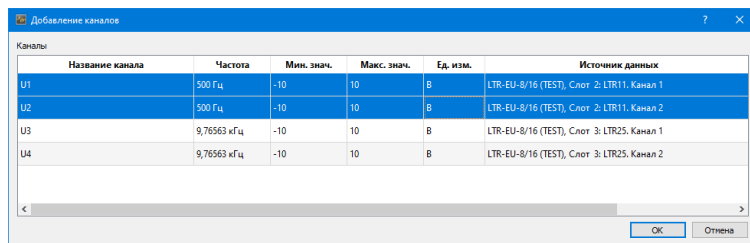


Рис. 2.36: Диалог добавления каналов к списку

В результате мы вернемся в предыдущий диалог с уже добавленными каналами (рисунки 2.37), в котором снова нажимаем “ОК” для завершения настройки. Убеждаемся, что графику назначены именно требуемые два канала (рисунки 2.38).

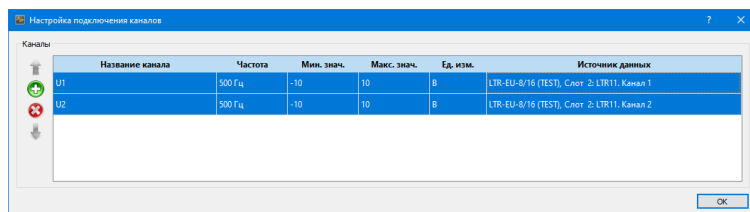


Рис. 2.37: Диалог настройки подключения нескольких каналов с добавленными каналами

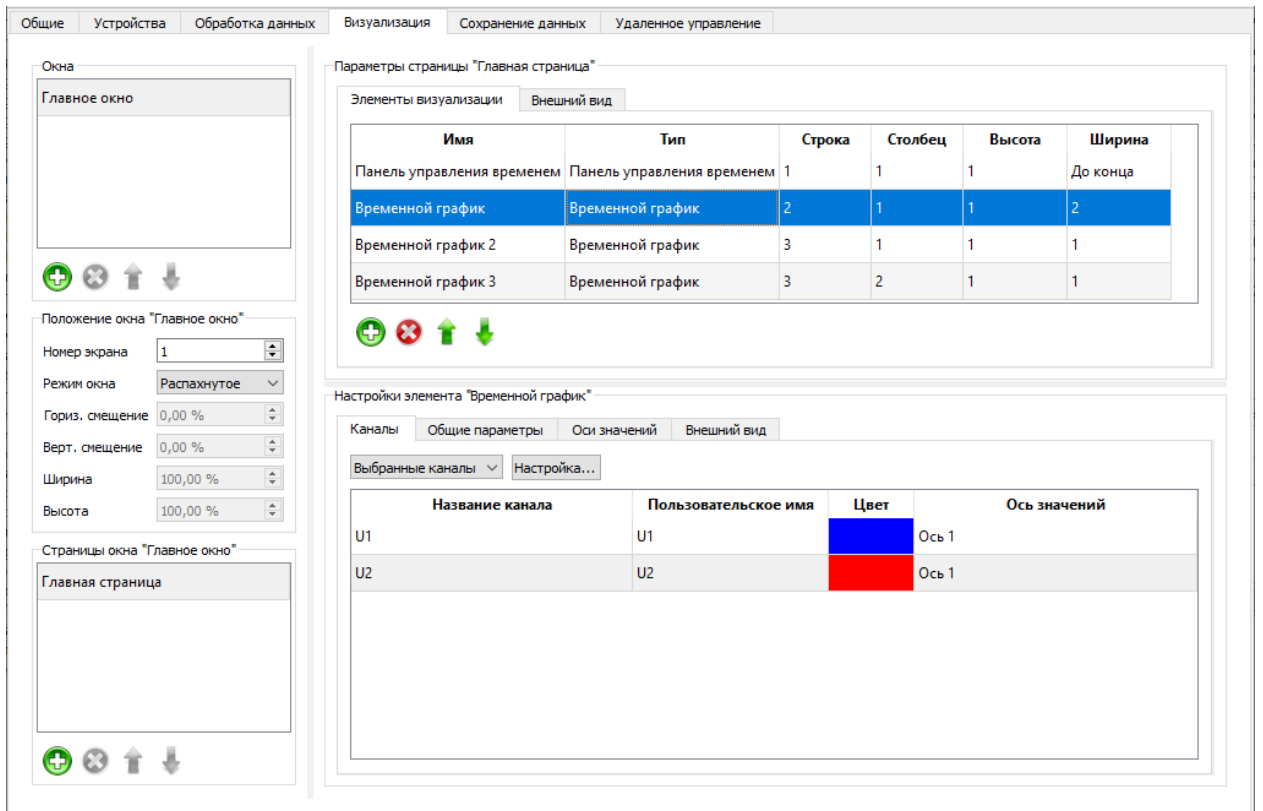


Рис. 2.38: График с настроенным подключением двух каналов

Теперь можем перейти в режим проведения эксперимента и убедимся по подписям графиков, что каналы распределены между графиками нужным образом.

Запустим эксперимент. Как и ожидалось, данные на всех графиках отображаются и графики соответствуют назначенным каналам.

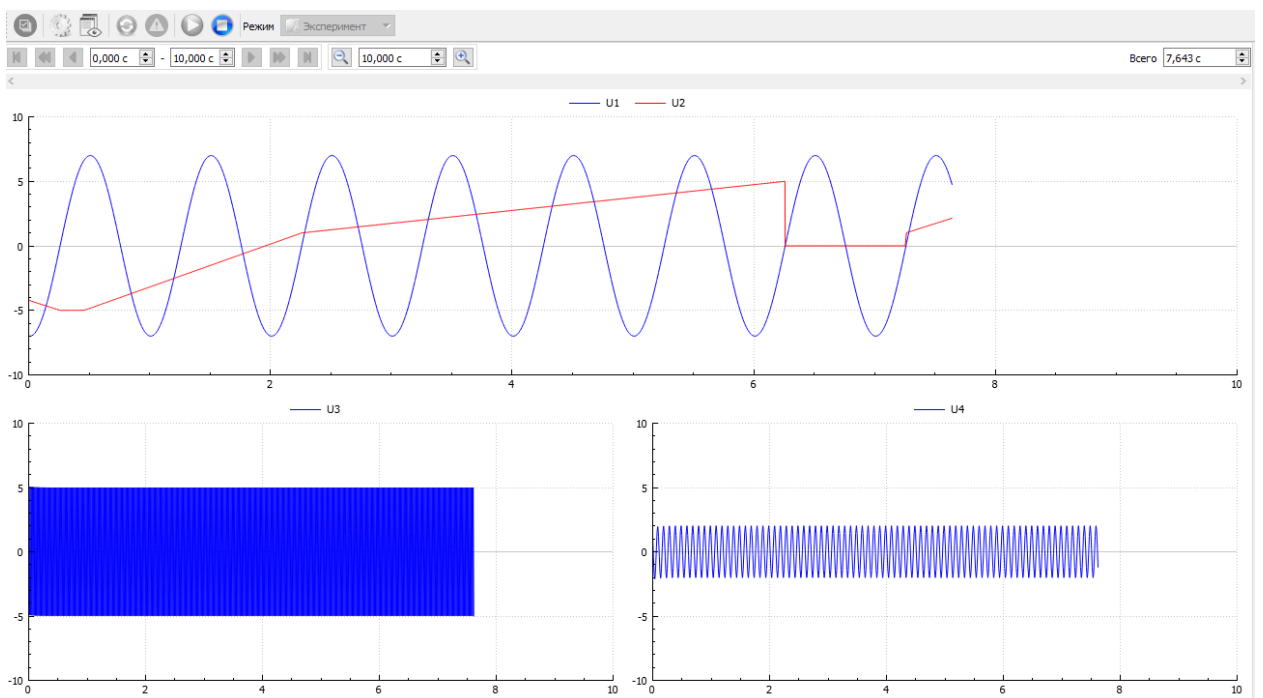


Рис. 2.39: Проведение эксперимента с тремя графиками отображения данных

2.4.6 Группы отслеживания значений под курсором

Если перейти в режим отслеживания значений под курсором, как было описано в разделе 2.3.7.1, мы заметим (рисунок 2.40), что всегда отслеживаются значения именно того графика, над которым в данный момент находится курсор.

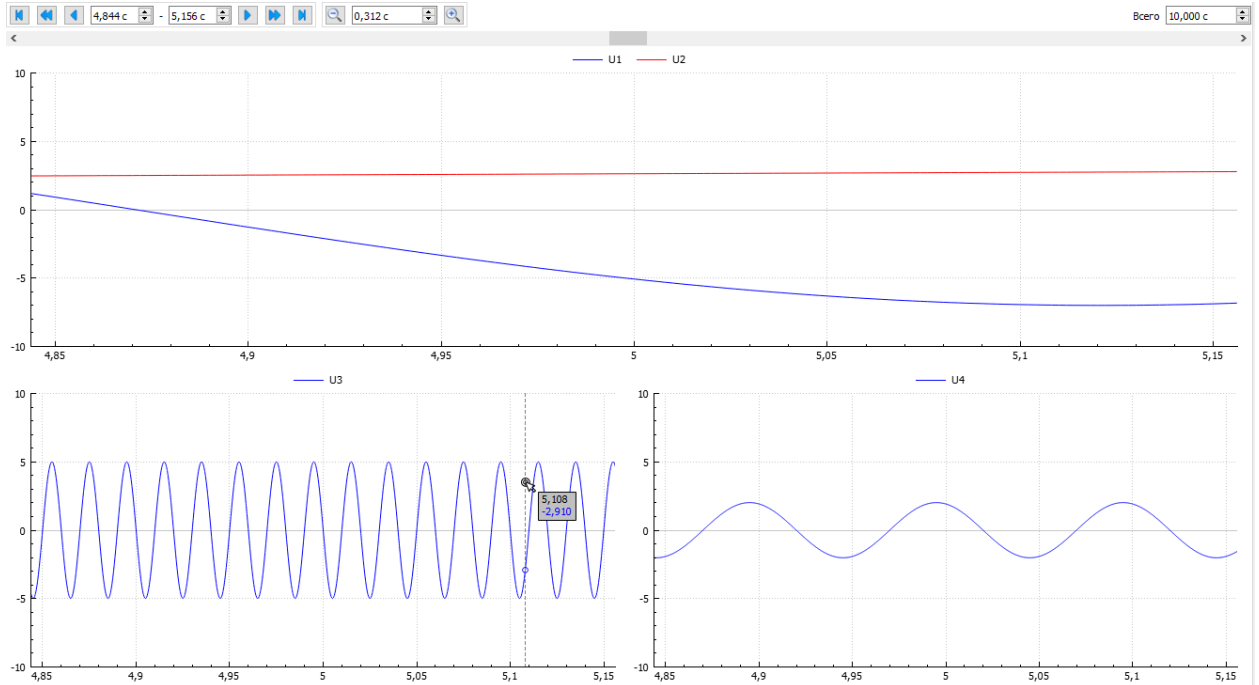


Рис. 2.40: Отслеживание значения курсора в случае нескольких графиков в интерфейсе

Если же имеется группа графиков, для которых мы хотим отслеживать значения одновременно, если курсор находится хотя бы над одним из них, то для этого можно использовать группы отслеживания значений. Необходимо создать такую группу и назначить ее всем графикам, значения которых должны отслеживаться одновременно.

Назначим общее отслеживание курсора для двух новых графиков из последней строки страницы. Для этого перейдем к странице “Общие параметры” настроек первого из интересующих нас графиков. В группе настроек “Режим отслеживания значений курсора” (рисунок 2.41) присутствует параметр “Группа”, в которой отображается название группы, которой назначен график. По умолчанию график не назначен ни одной группе, что соответствует индивидуальному отслеживанию значений для этого графика.

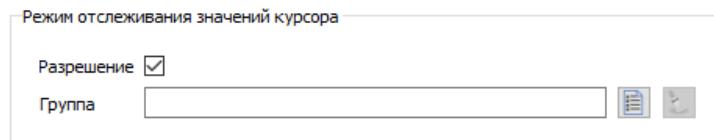


Рис. 2.41: Настройки отслеживания курсора графика

Нажимаем кнопку “Выбор группы отслеживания курсора...” (📄) справа от строки с названием группы, в результате чего откроется диалог выбора группы (рисунок 2.42).

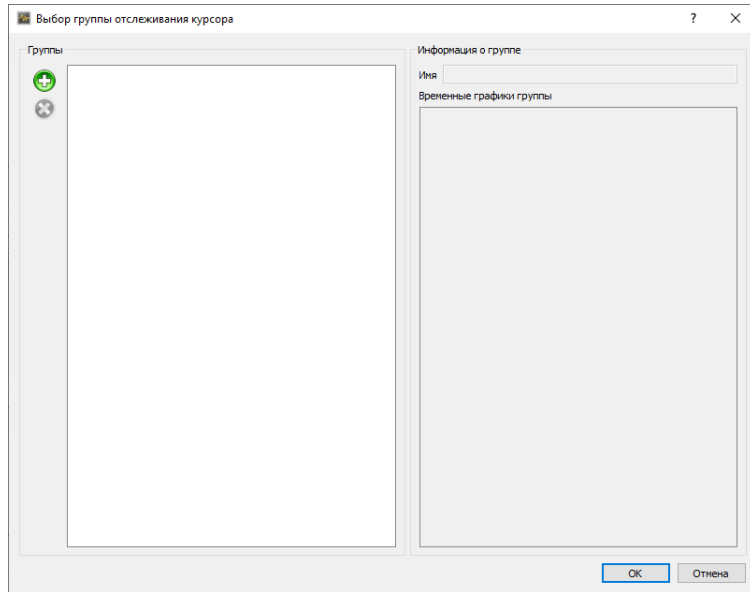


Рис. 2.42: Диалог управления группами отслеживания значений курсора

Для создания новой группы нажимаем кнопку *“Добавить группу”* (+) на панели слева, в результате чего будет добавлена новая группа в список (рисунок 2.43). При желании можно изменить ее название в поле *“Имя”* в разделе *“Информация о группе”*.

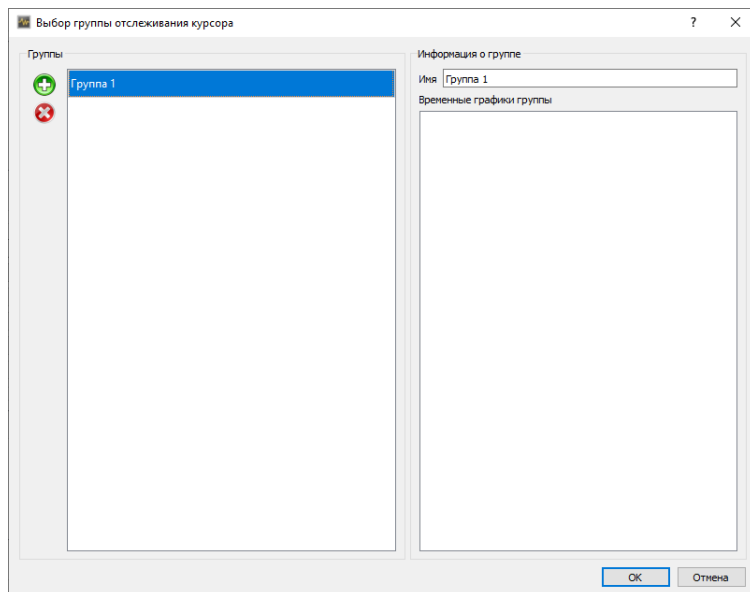


Рис. 2.43: Добавление группы отслеживания значений курсора

Выбираем группу и нажимаем *“OK”*, в результате чего название группы отразится в поле настроек графика (рисунок 2.44).

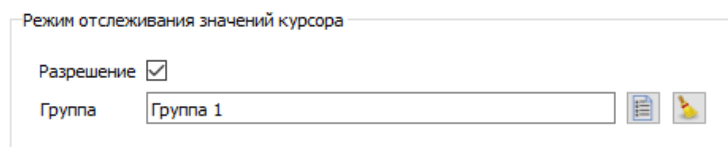


Рис. 2.44: Настройки графика после выбора группы отслеживания значений курсора

Переходим ко второму графику и также переходим к диалогу выбора группы через

кнопку “Выбор группы отслеживания курсора...” (📄). Так как группа уже создана, она присутствует в списке и добавлять снова ее уже не требуется. Достаточно только выбрать группу из списка и нажать “ОК”.

Полученный в результате вариант поведения в режиме отслеживания значений под курсором показан на [рисунке 2.45](#). При наведении курсора на любой из графиков нижней строки на обоих графиках отображается вертикальная полоса времени и значения времени (общее для обоих графиков) и графиков. При этом при наведении курсора на первый график отслеживаются только его значения.

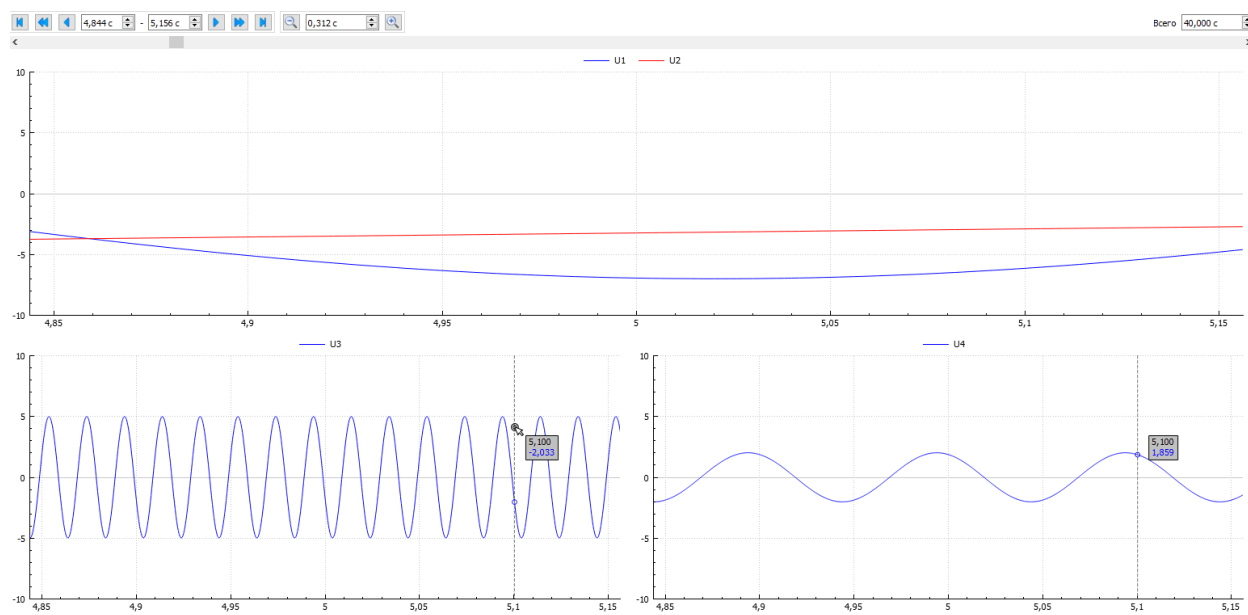


Рис. 2.45: Отслеживание значений под курсором для группы графиков

Можно произвольным образом назначать графики группам, которых в общем случае может быть более одной.

2.5 Урок 3. Преобразование данных в физические величины

2.5.1 Введение

В экспериментах предыдущих уроков осуществлялось измерение и отображение значений электрического сигнала на входах АЦП. Для используемых ранее модулей [LTR11](#) и [LTR25](#) это были значения напряжения в Вольтах.

В большинстве реальных экспериментов пользователя интересует не электрический сигнал непосредственно на входе АЦП, а значения измеряемых физических величин. В результате чего используются специальные датчики или другие преобразователи интересующей пользователя физической величины в электрический сигнал, совместимый со входом АЦП.

Для получения в программе “**L Card Measurement Studio**” измерений интересующей пользователя физической величины на входе всей системы необходимо назначить каналу АЦП одну или несколько [функций преобразования данных](#), с помощью которых будет выполнено обратное преобразование из значений электрических сигналов на входе АЦП в значения физической величины на входе всей измерительной системы.

Для назначения функций преобразования данных каналу предназначено поле “Преобразование данных” в таблице настроек каналов АЦП на странице настроек соответствующего устройства.

Рассмотрим использование функций преобразования данных на нескольких примерах.

Следует иметь в виду, что приведенные примеры призваны в первую очередь показать возможности и порядок настройки функций преобразования данных в программе “L Card Measurement Studio”. В данном документе не рассматриваются вопросы электрического подключения соответствующих датчиков/схем преобразования ко входам АЦП, их согласования, оптимальность выбора той или иной схемы преобразования и прочие вопросы, не относящиеся к интерфейсу и возможностям программы “L Card Measurement Studio”.

В качестве отправной точки будем использовать созданный в [предыдущем уроке](#) сценарий.

2.5.2 Пример 1. Преобразование данных для подключения датчика с выходом 4-20 мА к АЦП общего назначения

Предположим в качестве примера, что мы используем первый канал АЦП LTR11 для измерения сигнала с датчика со стандартным токовым выходом 4-20 мА. Пусть это будет датчик измерения избыточного давления с максимальным диапазоном измерения 100 МПа. Пусть для подключения токового выхода ко входу модуля LTR11, который измеряет падение напряжения, используется токовый шунт на 20 мА с номинальным значением сопротивления 100 Ом (например из продаваемого “Л Кард” [стандартного комплекта сопротивлений](#)).

Для начала изменим настройки канала самого модуля, чтобы они соответствовали подключаемому сигналу. Максимальное падение напряжения на шунте получается равным $100 \text{ Ом} * 20 \text{ мА} = 2000 \text{ мВ} = 2 \text{ В}$. В качестве диапазона измерения канала АЦП выбираем минимальный из доступных для LTR11, который покрывает диапазон измеряемого сигнала. В нашем случае это диапазон 2,5 В. Изменим также название канала в соответствии с его назначением на “Р изб” (рисунок 2.46).

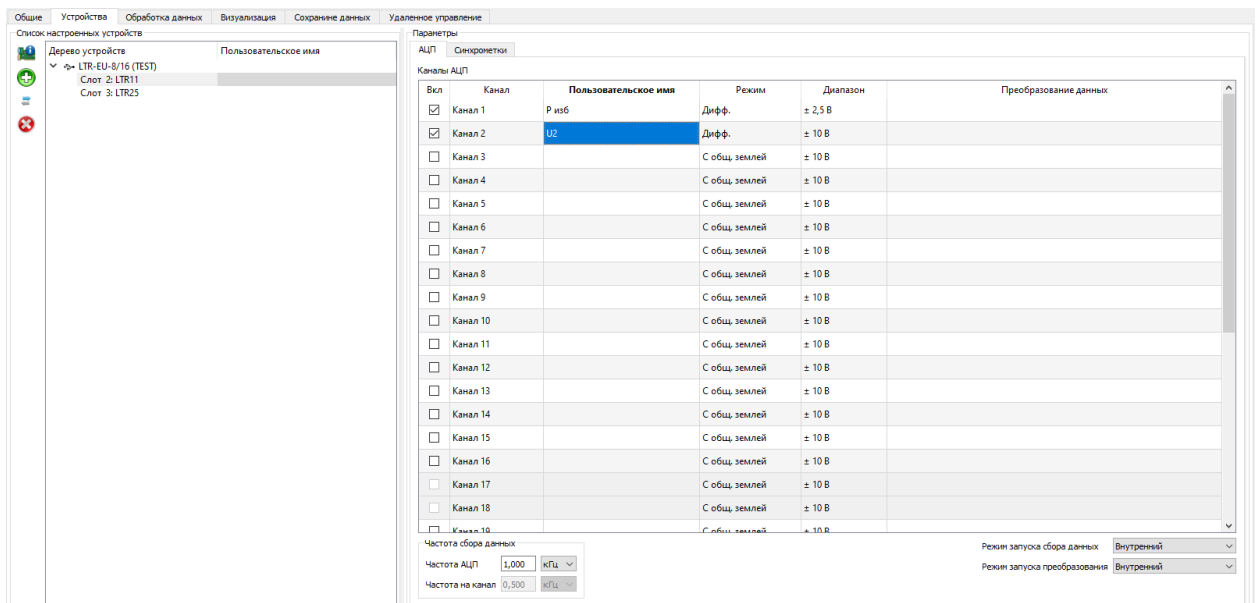


Рис. 2.46: Изменение диапазона и имени первого канала

Теперь перейдем собственно к настройке **функций преобразования данных** для данного канала. Двойным нажатием левой кнопки мыши по ячейке столбца “Преобразование данных” строки таблицы настроек каналов АЦП, соответствующей первому каналу, переходим к диалогу настройки функций преобразования (рисунок 2.47).

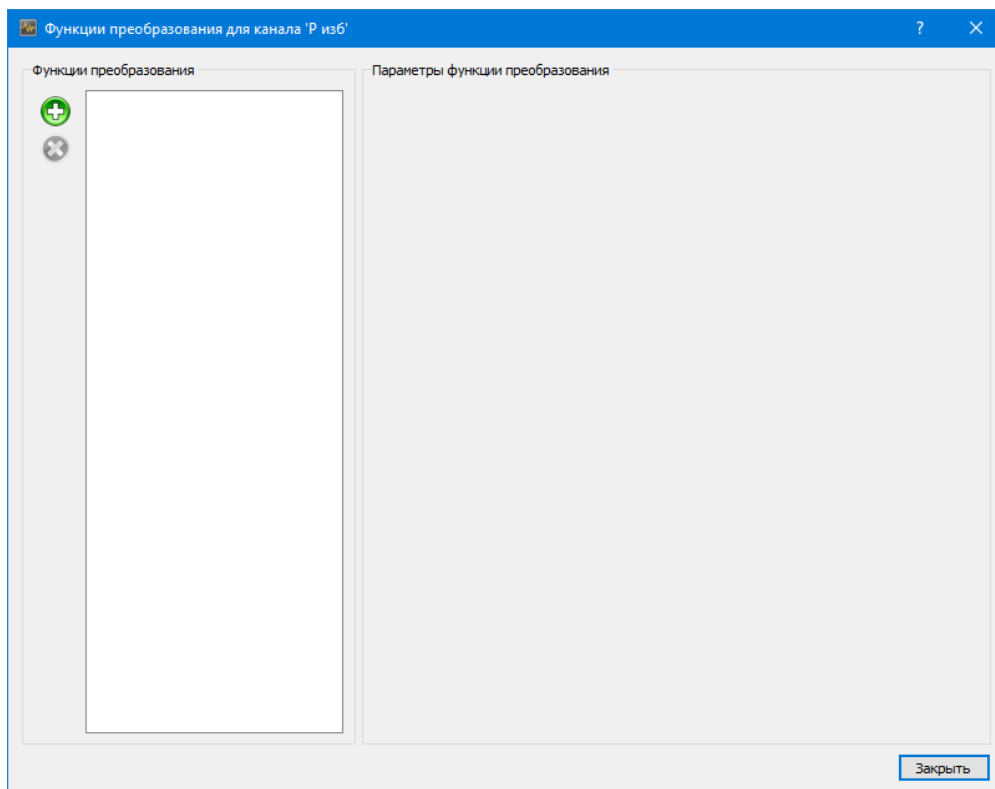


Рис. 2.47: Диалог настройки функций преобразования канала

Нажимаем кнопку “Добавить новую функцию преобразования...” (+) на панели слева, в результате чего откроется диалог выбора типа добавляемой функции (рисунок 2.48). Список функций преобразования ограничен только теми функциями, которые совместимы с текущим типом канала и типом измеряемой величины.

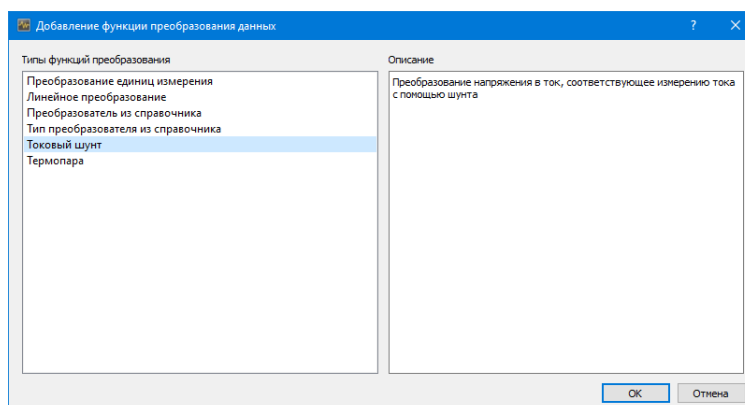


Рис. 2.48: Диалог выбора типа функции преобразования

В первую очередь необходимо добавить функцию преобразования данных, которая бы выполнила преобразование напряжения на входе АЦП в ток, протекающий через шунт. Выбираем тип “Токовый шунт” и нажимаем “ОК”, в результате чего возвращаемся в исходный диалог настройки функций преобразования, в котором теперь в таблице в левой части диалога присутствует добавленная нами функция (рисунок 2.49). В

правой части диалога в разделе “*Параметры функции преобразования*” отображаются настройки выделенной в таблице функции.

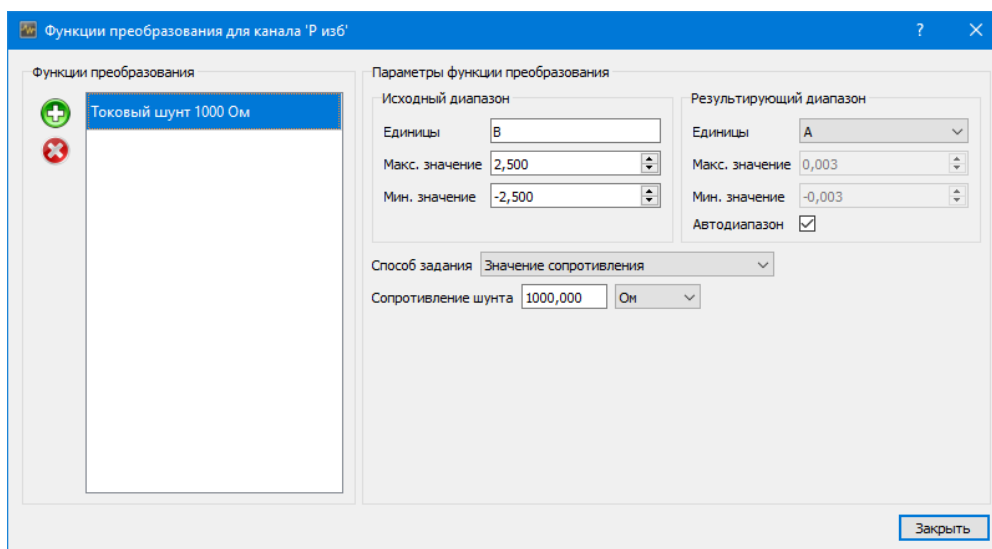


Рис. 2.49: Настройки функции преобразования “Токовый шунт”

В поле “*Сопротивление шунта*” вводим сопротивление подключенного ко входу АЦП шунта (в данном примере 100 Ом), после чего нажимаем на клавиатуре кнопку “Ввод”, чтобы интерфейс обновился в соответствии с введенным новым значением (рисунок 2.50).

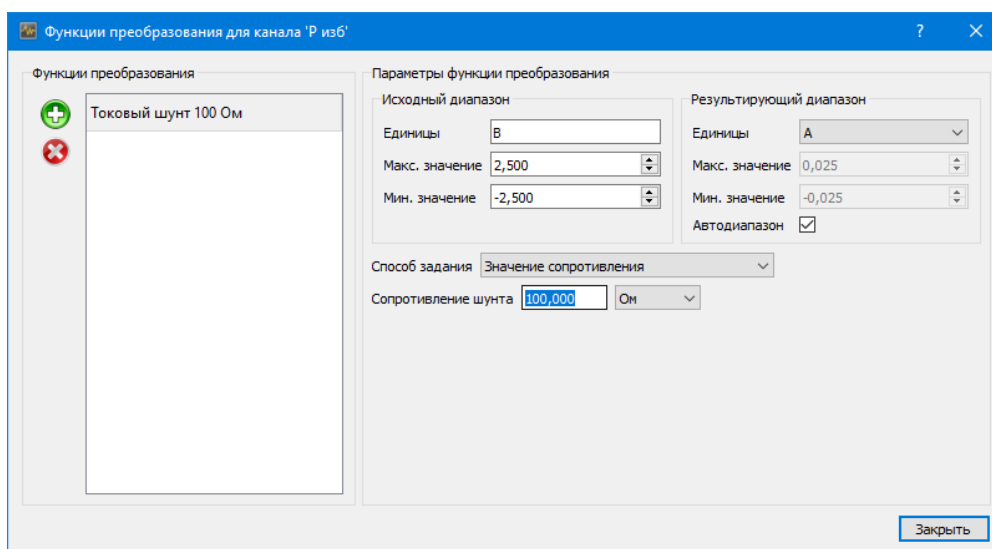


Рис. 2.50: Изменение сопротивления шунта

В верхней части настроек отображаются диапазоны и единицы измерения сигналов. Исходный диапазон соответствует диапазону сигнала до выполнения преобразования и в данном случае соответствует диапазону измеряемых напряжений непосредственно каналом АЦП.

Результирующий диапазон указывает максимальный диапазон сигнала после преобразования данных (в данном случае диапазон значения тока на шунте). По умолчанию включена опция “*Автодиапазон*”, в результате чего диапазон сигнала определяется автоматически в соответствии с исходным диапазоном и заданным сопротивлением. При этом можно изменить единицы измерения результирующего диапазона и данная функция преобразования автоматически переведет значение в выбранные единицы.

Если отключить опцию “Автодиапазон”, то можно задать результирующий диапазон явно. Так как в нашем случае диапазон ограничен выходным диапазоном подключаемого датчика в 4-20 мА, то мы можем вручную указать данный ограниченный диапазон, сняв флаг “Автодиапазон”, выбрав в качестве единиц мА и введя “Макс. значение” равным 20, а “Мин. значение” — 4, как показано на [рисунке 2.51](#). В настоящее время диапазон носит главным образом информационное значение для пользователя, чтобы он мог видеть в каком пределе может изменяться сигнал, в то время как в будущих версиях программы могут быть добавлены настройки, использующие заданные диапазоны сигналов.

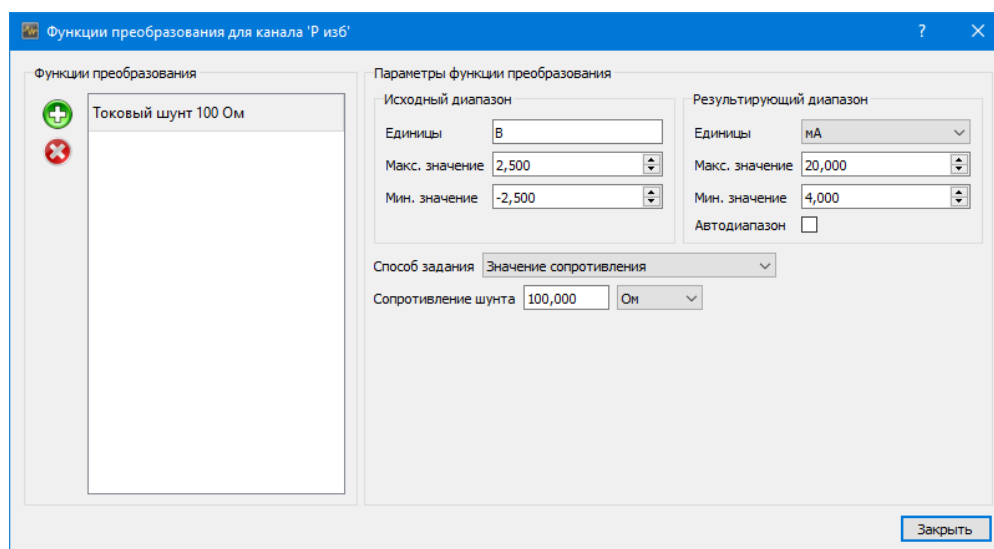


Рис. 2.51: Ручное изменение диапазона выходного сигнала функции преобразования

Вторым шагом мы можем добавить преобразование значения из тока, протекающего через шунт, в значение избыточного давления, измеряемого используемым датчиком. Для этого снова нажимаем на кнопку “Добавить новую функцию преобразования...” (⊕). Следует отметить, что теперь список доступных типов функций изменился ([рисунк 2.52](#)). Например, в списке отсутствует уже добавленный тип функции преобразования “Токовый шунт”, так как она может быть применена только для преобразования напряжения, в то время как наш канал после добавления первой функции преобразования данных измеряет уже ток.

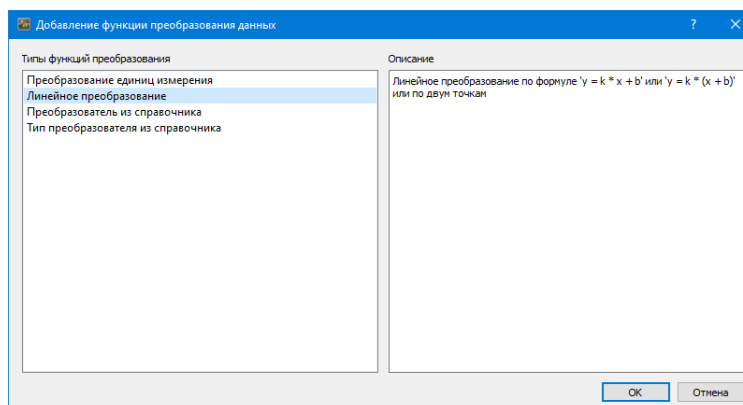


Рис. 2.52: Выбор типа второй функции преобразования после добавления шунта

Выбираем тип “Линейное преобразование” и нажимаем “ОК”, в результате чего новая функция преобразования данных будет добавлена в таблицу следующей строкой

(рисунок 2.53).

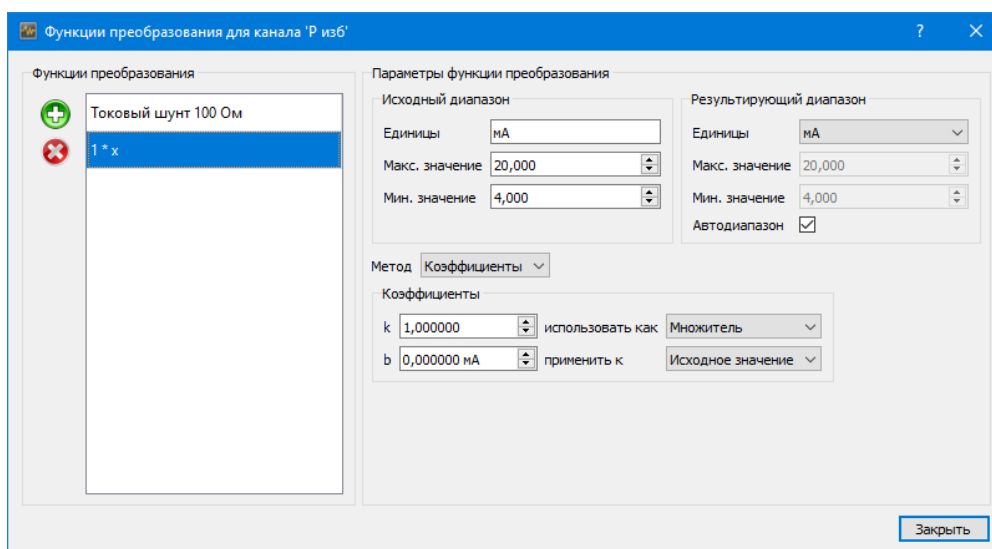


Рис. 2.53: Настройки линейного преобразования

“*Линейное преобразование*” позволяет задать характеристику преобразования как с помощью коэффициентов линейной функции, так и по двум точкам соответствия исходного и результирующего сигнала. Последний вариант удобен для случая, когда в характеристиках датчика указан его диапазон измерения физической величины, соответствующий выходному диапазону датчика. Выбираем в качестве значения параметра “*Метод*” вариант “*Точки*”. В разделе “*Результирующий диапазон*” выбираем единицы измерения на входе датчика (в нашем примере — МПа), что определяет в каких единицах будут задаваться значения точек. В разделе “*Точки*” задаем соответствие по двум границам диапазона: 4 мА соответствует минимальному значению (0 МПа), а 20 мА — максимальному (100 МПа). В результате окно настроек будет выглядеть, как изображено на рисунке 2.54.

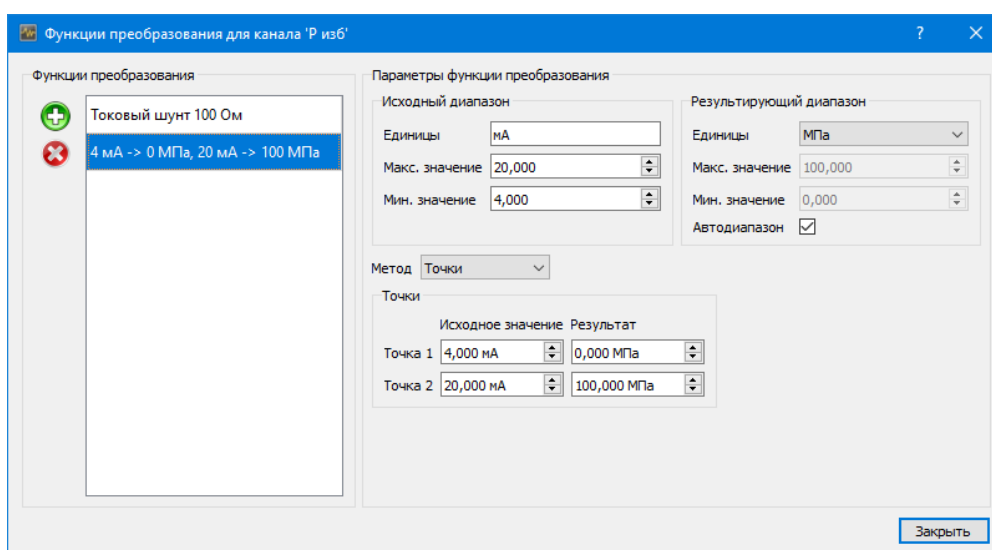


Рис. 2.54: Настройки линейного преобразования датчика давления 4-20 мА

На этом настройка функций преобразования для данного канала завершена. Нажимаем “*OK*” для возврата на страницу настроек устройства. В результате в поле “*Преобразование данных*” для настроенного канала появится описание параметров используемых функций. Если описание не умещается в ячейке таблицы, то полное описание

можно прочитать в подсказке, отображаемой при наведении на поле курсора мыши (рисунк 2.55).

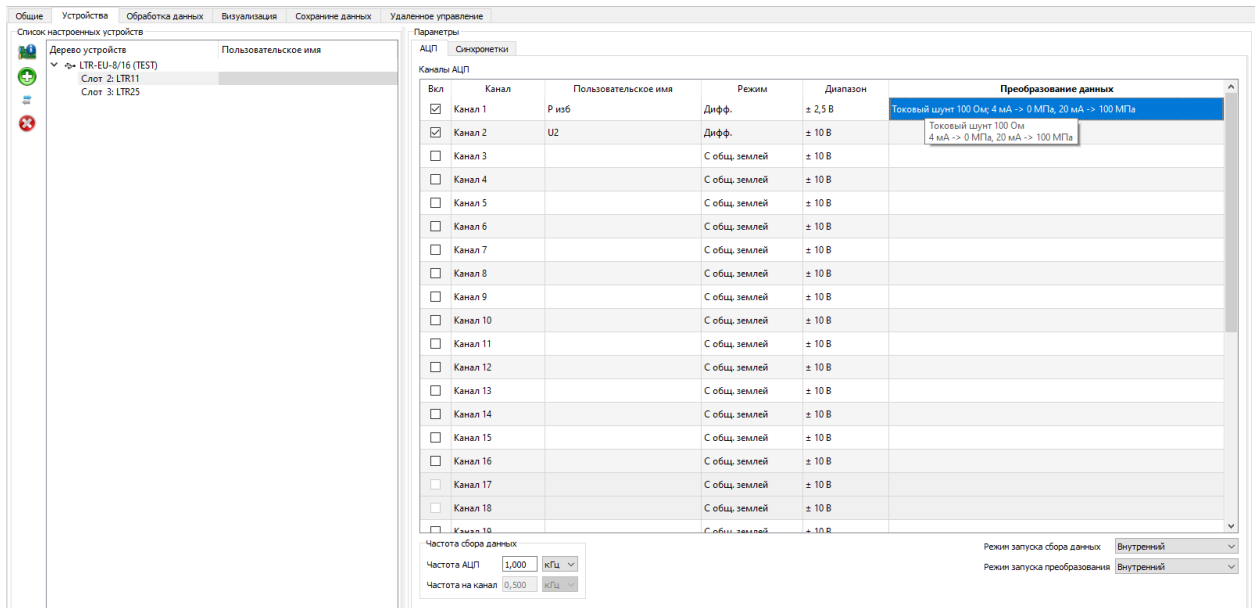


Рис. 2.55: Таблица каналов модуля LTR11 после настройки функций преобразования первого канала

2.5.3 Пример 2. Преобразование данных для подключения термопары через усилитель к АЦП общего назначения

Допустим второй канал модуля LTR11 используется для измерения температуры с помощью термопары. Пусть также для преобразования милливольтового сигнала с выхода термопары (максимальное значение зависит от типа характеристики термопары и измеряемого диапазона температур и как правило составляет десятки мВ) к вольтовым сигналам, измеряемым АЦП общего назначения, используется предусилитель сигнала. Пусть в качестве предусилителя используется LP-04-M с коэффициентом усиления 100.

Следует отметить, что в случае измерения медленно меняющейся температуры рекомендуется использовать модуль LTR27 со специально предназначенными для этого submodule H-27T, так как этот модуль имеет поканальную гальваноразвязку и не требует предусилителя. Настройка функций преобразования данных для этого случая будет аналогична описываемой в данном примере, за исключением того, что не потребуются добавлять отдельную функцию, соответствующий предусилителю. В то же время описываемый в данном варианте пример позволяет выполнять измерения на большей частоте, что может понадобиться для измерения быстро меняющейся температуры.

Оставляем диапазон измерения канала LTR11 равным 10 В, что соответствует максимальному сигналу на входе усилителя равному 100 мВ, что покрывает выходной диапазон для любого типа термопар (в случае, если используется тип термопары, для которого на интересующем диапазоне температур выходное напряжение находится в пределах 25 мВ, то можно использовать диапазон 2,5 В модуля LTR11). Также изменим название канала в соответствии с измеряемым параметром на “Температура” и перейдем снова к настройке функций преобразования данных путем двойного нажатия левой кнопкой мыши на соответствующей ячейке таблицы параметров каналов АЦП.

Сперва добавим функцию преобразования, соответствующую используемому преду-

силителю, для чего используем функцию типа “*Линейное преобразование*”. Так как мы хотим рассчитать сигнал на входе предусилителя по сигналу на его выходе, то нам нужно *разделить* значение с выхода усилителя на коэффициент усиления. Выбираем в качестве метода задания характеристики “*Коэффициенты*”, устанавливаем значение мультипликативного коэффициента “*k*” равным 100, а в “*использовать как*” выбираем “*Делитель*”. В результате настройки линейного преобразования должны соответствовать изображенным на [рисунке 2.56](#).

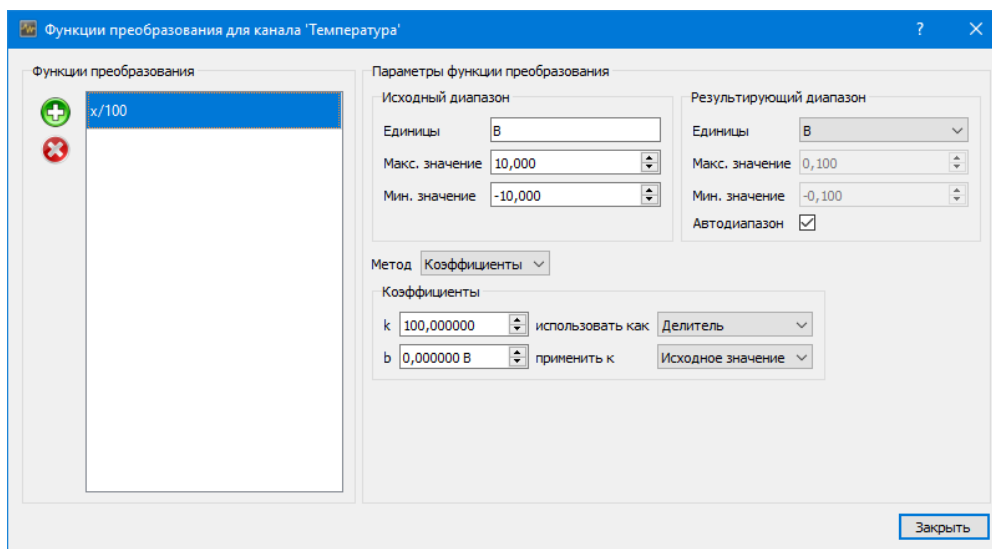


Рис. 2.56: Настройки линейного преобразования, соответствующие предусилителю сигнала

Обратим внимание, что строка с названием функции преобразования изменяется в соответствии с используемой формулой. При отмеченном флажке “*Автодиапазон*” результирующий диапазон автоматически обновляется в соответствии с формулой и в нашем случае составляет от -0,1 до 0,1 В. Следует отметить, что для линейного преобразования результирующие единицы могут быть выбраны произвольным образом и предполагается, что введенные коэффициенты соответствуют формуле перевода именно в выбранные единицы. Это отличается от специализированных функций преобразования, которые на основании выбранных единиц измерения могут автоматически изменять формулу преобразования, как мы могли увидеть ранее на примере токового шунта. Таким образом, если в данном случае мы бы выбрали в качестве выходных единиц мВ, то нужно было бы задать в качестве коэффициента k значение 10, которое бы использовалось как множитель, в результате чего результирующий диапазон был бы от -100 до 100 мВ. Оба варианта являются равнозначными, но в случае, если бы это была единственная функция преобразования, результирующие измерения были бы представлены в разных единицах. В нашем примере единицы будут автоматически учитываться при преобразовании напряжения в температуру.

Следующим шагом добавляем преобразование из напряжения на входе усилителя в температуру, измеряемую с помощью термопары. Добавляем функцию преобразования типа “*Термопара*”. В настройках функции выбираем используемый тип характеристики термопары. В результате, настройки будут выглядеть, как указано на [рисунке 2.57](#).

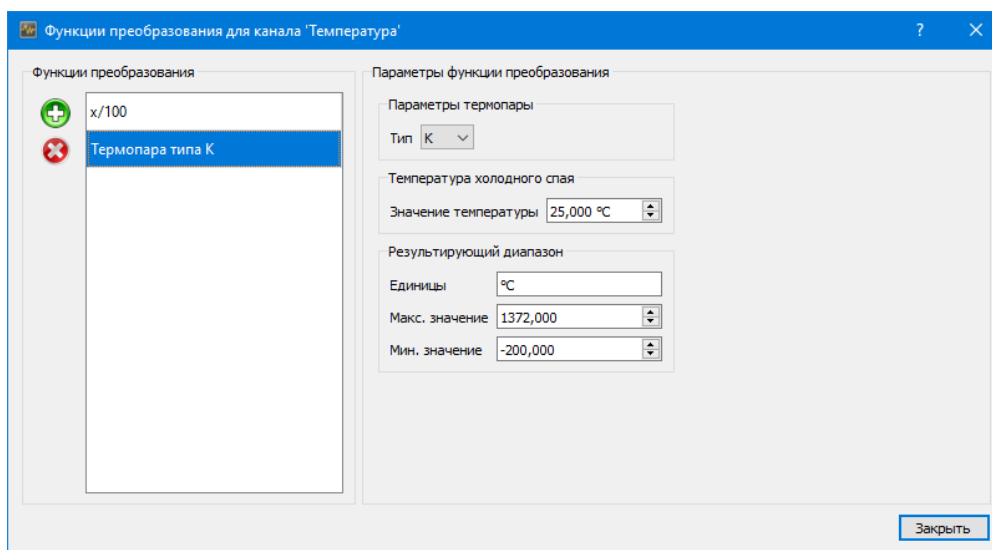


Рис. 2.57: Настройки функции преобразования данных, соответствующей термопаре

Следует отметить, что термопара измеряет не абсолютную температуру, а разность температур, между интересующей точкой и температурой холодного спая в точке подключения термопары к кабелю. Соответственно, для определения абсолютного значения необходимо добавить к результату температуру холодного спая. В данной версии программы **“L Card Measurement Studio”** она задается вручную как постоянное значение в параметрах функции преобразования. Если используется отдельный канал для измерения температуры холодного спая, то абсолютную температуру можно получить с помощью отдельного расчетного канала, получаемого как сумма двух каналов измерения температуры (расчетные каналы будут рассмотрены в [уроке 4](#)). В следующих версиях программы планируется добавить возможность задания температуры холодного спая как в начальных параметрах каждого эксперимента, так и использовать другой канал АЦП непосредственно в настройках функции преобразования.

На этом настройка функций преобразования для рассматриваемого случая завершена. Нажимаем **“OK”** и убеждаемся, что изменилось описание преобразования данных в таблице настроек второго канала.

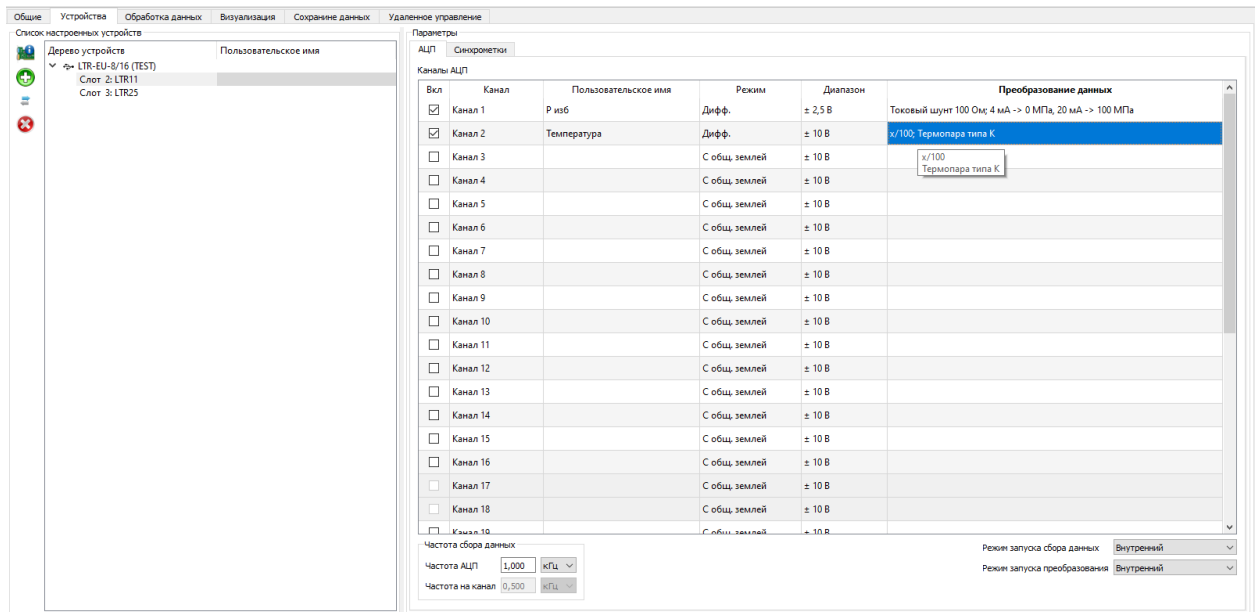


Рис. 2.58: Настройки модуля LTR11 после назначения функций преобразования для второго канала

2.5.4 Пример 3. Использование преобразователя LPW25

Предположим, что мы используем преобразователь [LPW25-U-2](#) для измерения сетевого напряжения, оба канала которого подключены к первым двум каналам модуля [LTR25](#). Данный преобразователь имеет выход, соответствующий выходу ICP-датчика, и может быть подключен только к специализированным АЦП ([LTR24-2](#) или [LTR25](#)), поддерживающим подключение данного типа датчиков, поэтому и выбор соответствующего типа функции преобразования данных доступен только для каналов соответствующих устройств (для [LTR24-2](#) также должен быть выбран режим “ICP” для соответствующего канала).

Переходим к настройке функции преобразования данных для канала модуля [LTR25](#) и добавляем функцию типа “*LPW25*”. Изначальная страница настроек данной функции показана на [рисунке 2.59](#).

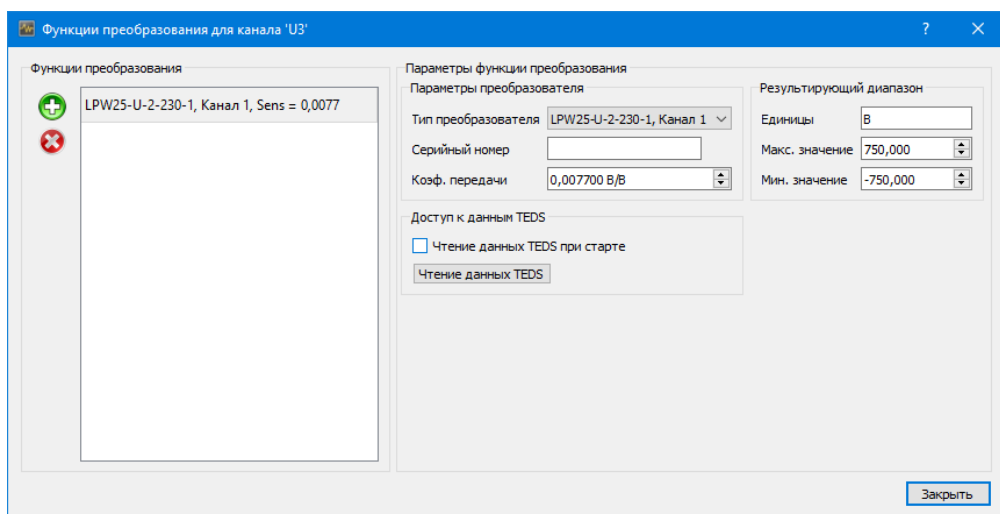


Рис. 2.59: Настройки функции преобразования LPW25

Преобразователи [LPW25](#) имеют встроенную энергонезависимую память, в которой

записана информация о данном преобразователе (электронная спецификация преобразователя — TEDS), включающая в себя тип преобразователя, его индивидуальный серийный номер, индивидуальные калибровочные коэффициенты и т.д.. Доступ к данной памяти может быть осуществлен по тем же проводам, что и измерение аналогового сигнала, но только в том случае, если АЦП поддерживает режим чтения данных из TEDS-памяти (LTR25 ревизии платы 2 или выше).

Если устройство поддерживает чтение из TEDS-памяти, то достаточно нажать кнопку “Чтение данных TEDS”, в результате чего все поля настроек функции будут заполнены на основе прочитанной информации. Пример окна параметров функции преобразования после чтения данных из TEDS-памяти приведен на рисунке 2.60.

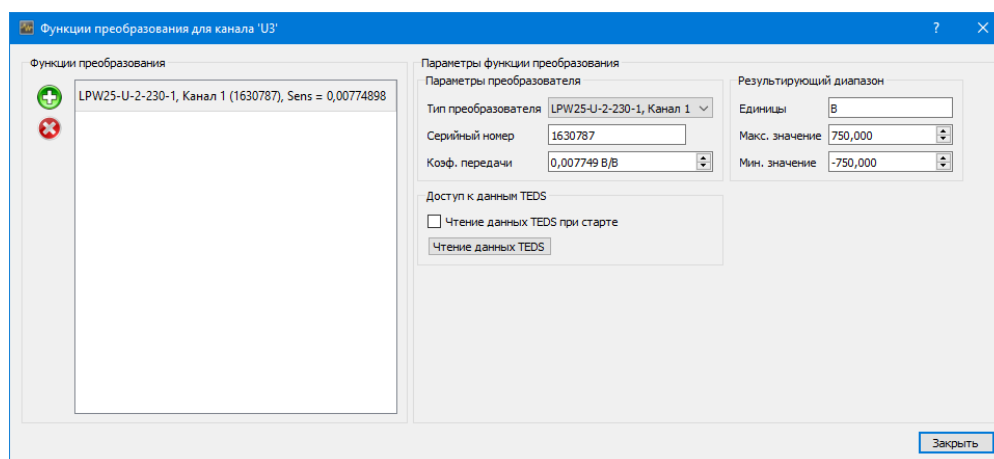


Рис. 2.60: Настройки функции преобразования LPW25 после чтения данных из TEDS-памяти

Также можно установить флаг “Чтение данных TEDS при старте”. В этом случае при переходе в режим проведения эксперимента программой будут автоматически прочитаны данные из памяти подключенного преобразователя LPW25 и обновлена информация о нем (включая индивидуальный коэффициент преобразования). Таким образом, если в дальнейшем при эксплуатации к данному каналу будет подключен другой экземпляр LPW25, то будет автоматически прочитан и применен новый коэффициент преобразования. Если же флаг не установлен, то при смене экземпляра необходимо снова зайти в конфигурацию параметров функции преобразования и заново прочитать информацию, нажав кнопку “Чтение данных TEDS”. Недостатком режима чтения данных TEDS при старте является то, что операция чтения содержимого памяти для каждого подключенного преобразователя может занимать заметное время при переходе в режим проведения эксперимента.

Если же чтение из TEDS-памяти не поддерживается модулем АЦП (LTR24-2 или LTR25 с ревизией платы 1), то раздел “Доступ к данным TEDS” отображаться не будет (рисунок 2.61).

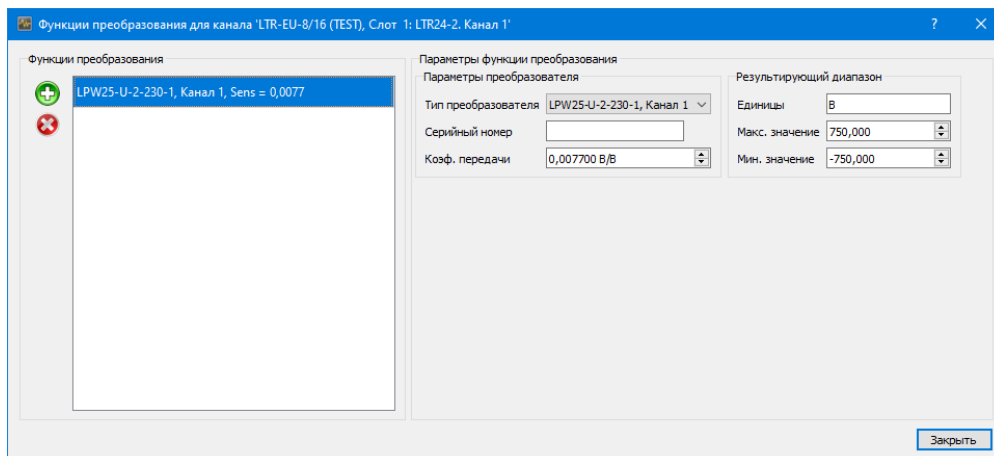


Рис. 2.61: Настройки функции преобразования LPW25 для неподдерживающего чтение TEDS-данных АЦП

В этом случае параметры преобразователя должны быть заданы вручную, а именно:

- Тип преобразователя, который подключен ко входу. От наименования типа зависит измеряемая преобразователем величина и способ обработки данных от преобразователя. В случае многоканального преобразователя также в названии типа указан номер канала, который носит главным образом информационный характер, чтобы знать какой номер канала преобразователя подключен к данному каналу АЦП. Номер канала преобразователя в отличие от типа не влияет на операцию преобразования.
- Серийный номер преобразователя в виде числа. Носит информационный характер. Может быть оставлен пустым.
- Коэффициент преобразования. Для каждого типа есть номинальный коэффициент преобразования, который устанавливается при ручном выборе типа. Однако, чтобы погрешности измерения укладывались в указанные пределы, необходимо использовать индивидуальный коэффициент преобразования для конкретного экземпляра подключенного преобразователя. При ручном заполнении он может быть взят из паспорта на преобразователь.

Нажимаем “OK” для завершения настройки и аналогично настраиваем второй канал модуля LTR25. В результате окно настроек модуля будет выглядеть, как показано на рисунке 2.62. Следует отметить, что при назначении функции преобразования данных типа “LPW25” автоматически было заполнено поле “Вых датчика” соответствующим значением выходного сопротивления LPW25 для выбранного значения тока модуля LTR25, в результате чего его влияние будет автоматически учитываться при обработке данных от модуля.

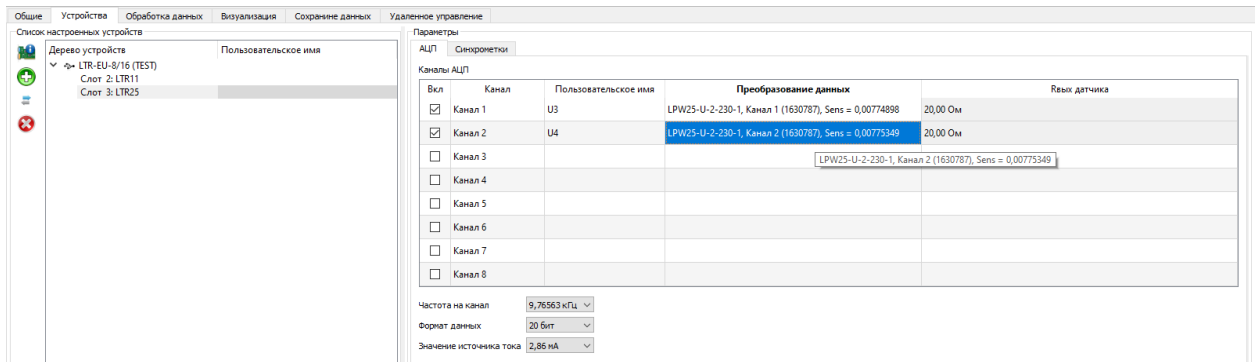


Рис. 2.62: Настройки модуля LTR25 после назначения функций преобразования LPW25

2.5.5 Настройки осей графиков

Назначение функций преобразования каналам не вводит новых измеряемых параметров, а только изменяет сами значения, измеряемые соответствующими каналами АЦП. Соответственно, сохранились все назначения каналов графикам и их изменение не требуется. Но, так как изменились диапазоны измеряемых величин, то нам нужно изменить и диапазоны осей графиков. Кроме того, каналы **LTR11**, назначенные одному графику, теперь используются для измерения разных физических величин. Для отображения разных физических величин на одном графике удобно использовать разные оси графика с разным диапазоном значений.

Соответственно, рассмотрим в данном примере как добавлять дополнительные оси значений для одного графика.

Перейдем на закладку “*Визуализация*”, выберем первый график и перейдем в окне его настроек на закладку “*Оси значений*”. Допустим, текущую ось мы хотим использовать для значений давления. Изменяем максимальное и минимальное значения оси на соответствующие диапазону измеряемого давления. Также для более простой идентификации осей по назначению мы можем ввести для каждой оси пользовательское имя. Для этого два раза нажимаем левой кнопкой мыши на имени оси в таблице осей и введем свое название (для данного примера — “Давление”) (рисунок 2.63).

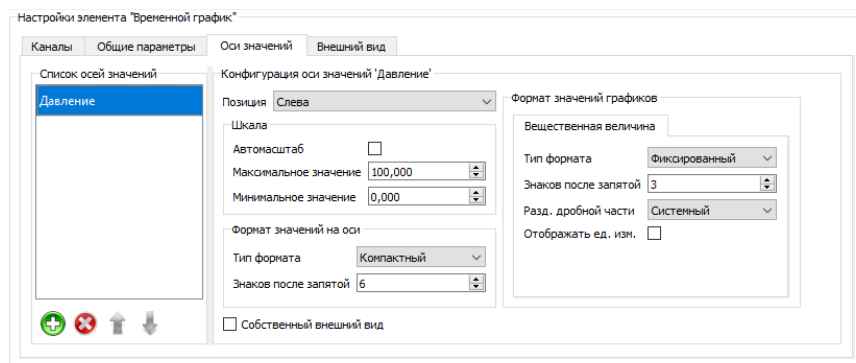


Рис. 2.63: Настройки диапазона оси значений графика

Для добавления второй оси значений нажимаем кнопку “*Добавить ось*” (+) на панели под таблицей осей, в результате чего новая ось появится второй строкой в таблице осей (рисунок 2.64).

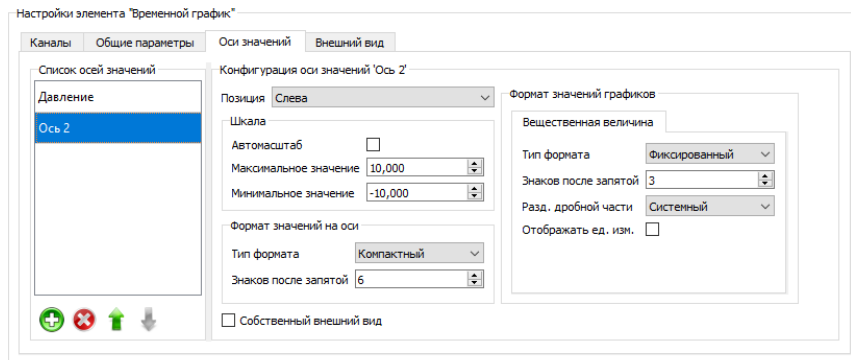


Рис. 2.64: Добавление оси значений графика

Чтобы новая ось отображалась с другой стороны графика, в качестве значения параметра *“Позиция”* выбираем *“Справа”*. Изменяем максимальное и минимальные значения в соответствии с диапазоном измеряемых температур, а также изменяем название оси на *“Температура”*.

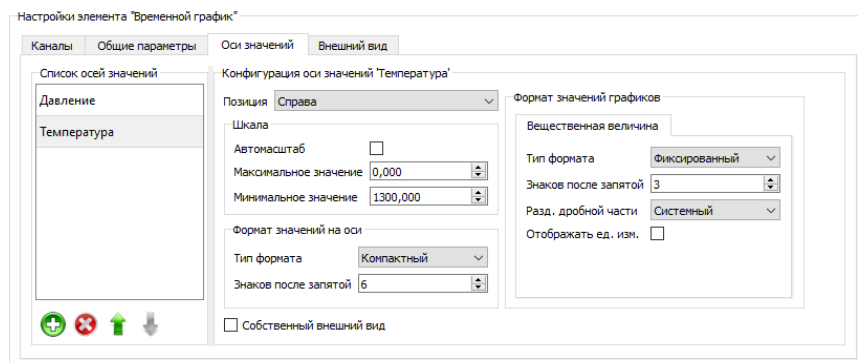


Рис. 2.65: Настройка параметров второй оси графика

Следующим шагом необходимо выполнить назначение, какие каналы будут использовать какую ось значений. Переходим к закладке *“Каналы”* настроек графика и в таблице каналов в столбце *“Ось значений”* выбираем для канала температуры ось *“Температура”*. (рисунок 2.66).

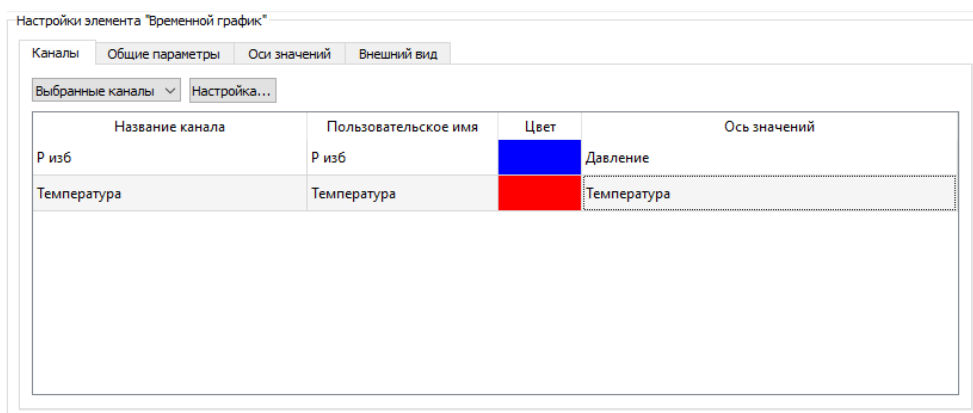


Рис. 2.66: Изменение назначения оси значений для каналов графика

Для двух других графиков в нашем примере дополнительных осей создавать не требуется, но необходимо таким же образом скорректировать диапазон значений осей в соответствии с диапазоном измеряемого напряжения сети.

На этом конфигурация сценария завершена. Можем сохранить изменения и перейти к выполнению эксперимента. Созданный интерфейс представлен на [рисунке 2.67](#).

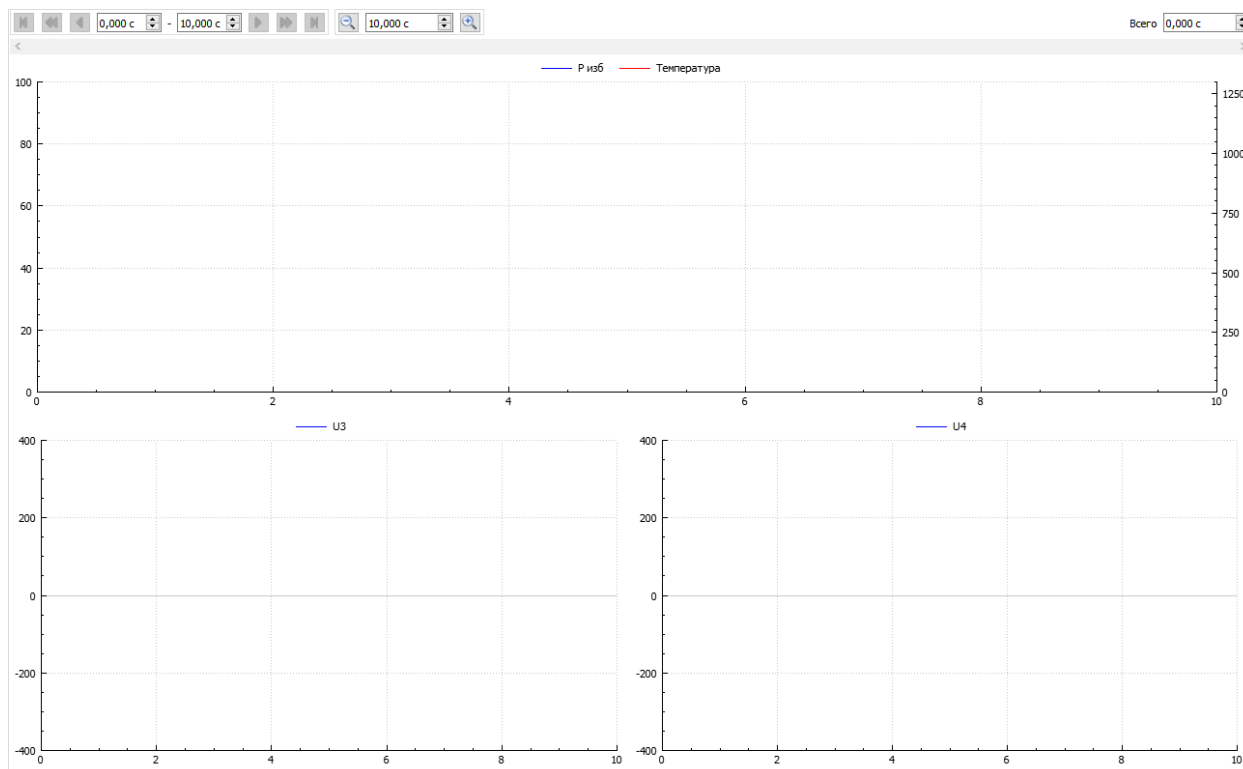


Рис. 2.67: Вид созданного пользовательского интерфейса

2.6 Урок 4. Добавление расчетных каналов и страниц визуализации

2.6.1 Введение

В предыдущих уроках мы работали с данными, которые соответствуют измерениям сигналов либо непосредственно на входе АЦП, либо измерениям величин на входе измерительной системы в целом, которые этим сигналам на входе АЦП соответствуют. Однако при проведении эксперимента нас может интересовать не только изменяющиеся во времени значения измеряемых величин, но и значения производных параметров, рассчитанных на основе этих величин.

Для этого в программе “**L Card Measurement Studio**” предусмотрена возможность добавлять **модули обработки**, которые выполняют расчеты на основе данных с заданных **каналов** и передают результаты своей обработки в виде данных новых созданных ими **расчетных каналов**.

Использование расчетных каналов в программе не отличается от использования рассматриваемых ранее каналов АЦП, то есть данные расчетных каналов могут быть сохранены на диск, выведены на график или переданы на обработку другому модулю обработки. Отличие заключается лишь в самих данных, передаваемых по этим каналам, т.к. они соответствуют изменению во времени результатов расчета заданного параметра, а не изменению во времени сигнала или физической величины на входе системы измерения

В данном уроке в качестве отправной точки будем использовать созданный в [предыдущем уроке](#) сценарий, для которого для каналов модуля **LTR25**, использовавшихся для измерения напряжения в сети, добавим расчет следующих параметров:

- Действующего значения (RMS) напряжения
- Частоты основной гармоники сигнала
- Коэффициента нелинейных искажений (КНИ), также называемого коэффициентом искажения синусоидальности (отношение корня из суммы квадратов действующих значений старших гармоник сигнала к действующему значению основной гармоники).

2.6.2 Добавление селектора кадра

Для некоторых модулей обработки расчет параметров выполняется не по каждому отсчету исходного сигнала, а по некоторому временному отрезку исходного сигнала, называемому **кадром**. Таким образом, в случае непрерывно оцифровываемого сигнала необходимо определить, каким образом из непрерывной последовательности отсчетов выделяются ограниченные по времени кадры.

Параметры выделения кадра зависят от задачи измерения и рассчитываемых параметров. Например, увеличение длительности кадра может позволить расширить нижнюю границу частот сигнала, которые могут быть корректно обработаны, а также увеличить точность расчетов и т.д., но в то же время приведет к увеличению времени реакции на изменение сигнала и невозможности отследить кратковременные изменения значений параметров.

При расчете параметров периодического сигнала также влияет факт, что длительность кадра как правило не может быть точно синхронизирована с целым числом периодов реального сигнала и для сглаживания эффекта от нецелого числа периодов применяется специальная оконная функция, которая при этом также накладывает ограничения на минимальное количество периодов сигнала в кадре. Для используемого по умолчанию 4-термового окна Блэкмана-Харриса рекомендуется размер кадра не менее 7 периодов минимальной частоты исследуемого сигнала.

Так как в эксперименте может вычисляться целый набор параметров, рассчитываемых по одному общему кадру, то для того чтобы можно было бы задать параметры кадра один раз на несколько модулей обработки, в программе **“L Card Measurement Studio”** реализован специальный тип программных модулей, ответственных за выделение кадра из сигнала, которые называются **селекторами кадров**.

Для добавления селектора кадра переходим в настройках сценария на страницу **“Обработка данных”** настроек сценария, на которой выбираем закладку **“Кадры”** ([рисунк 2.68](#)).

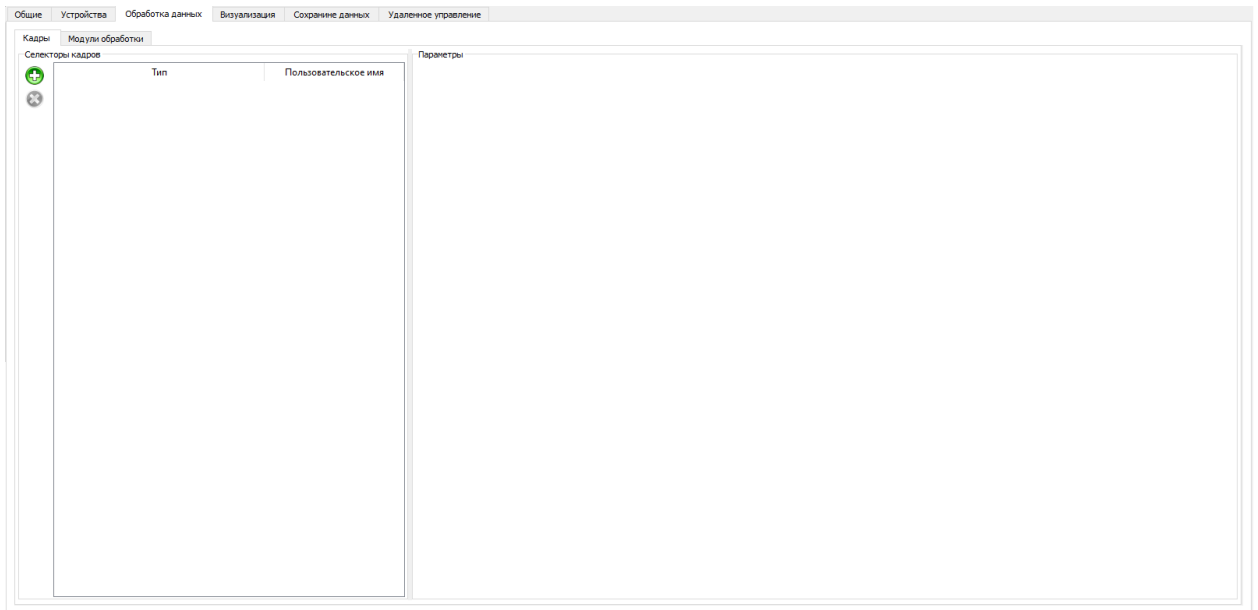


Рис. 2.68: Страница настройки селекторов кадров

На панели слева от таблицы селекторов кадров нажимаем кнопку “Добавить новый селектор кадров” (+), в результате чего откроется диалог выбора типа добавляемого селектора (рисунок 2.69). В текущей версии программы доступен только тип “Периодическая выборка кадров”, который выбираем в списке и нажимаем “ОК”.

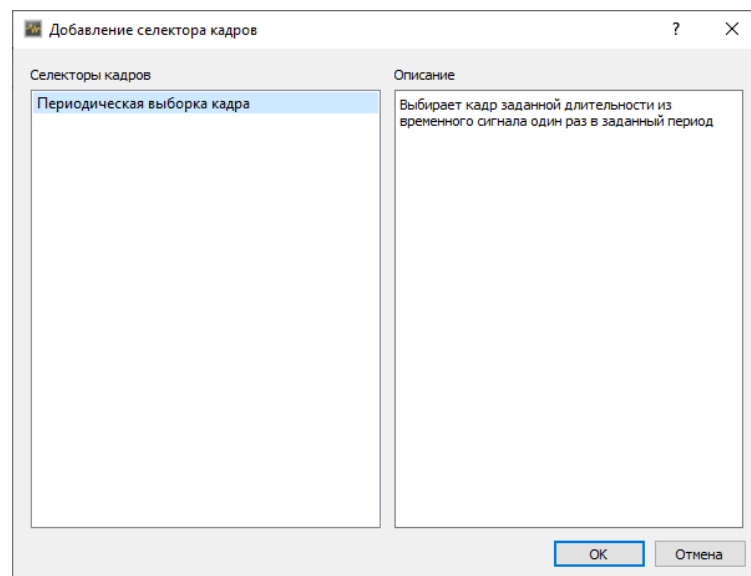


Рис. 2.69: Диалог выбора типа селектора кадров для добавления

В результате созданный селектор кадров будет добавлен в список, а при его выборе в правой части страницы в разделе “Параметры” будут отображены его настройки (рисунок 2.70).

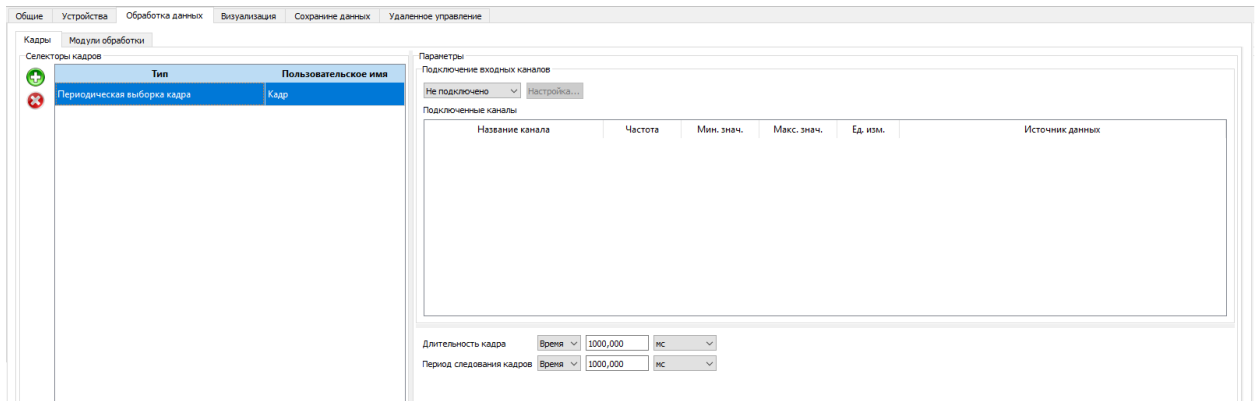


Рис. 2.70: Страница с настройками добавленного селектора кадров

В верхней части параметров находится раздел *“Подключение входных каналов”*, который позволяет выбрать каналы, данные которых будут разбиты на кадры данным селектором. Назначение каналов осуществляется настройкой [ссылки на каналы](#) точно таким же способом, как и назначение каналов для отображения на графиках, что уже демонстрировалось в предыдущих уроках ([раздел 2.4.5](#)). Выбираем тип ссылки *“Выбранные каналы”* и добавляем каналы, по которым требуется выполнить расчет параметров (оба канала [LTR25](#) в данном уроке).

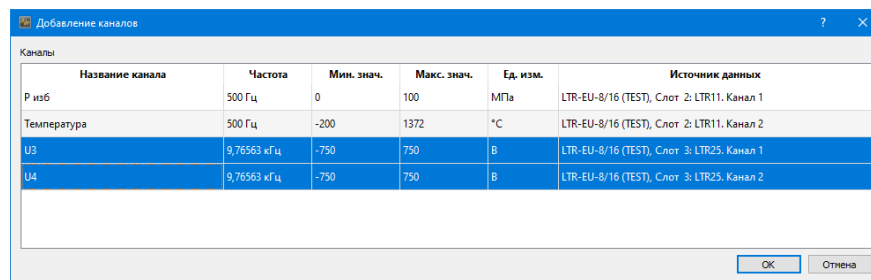


Рис. 2.71: Диалог добавления входных каналов для селектора кадров

Под данным разделом находятся настройки временных параметров выделения кадров из непрерывного сигнала: длительность каждого кадра и период между соседними кадрами (интервал времени между началом последовательно идущих кадров). Влияние длительности на результаты расчетов кратко обсуждалось в начале раздела. В качестве длительности выбираем для данного примера 200 мс, что соответствует 10 периодам исследуемой сетевой частоты в 50 Гц.

Параметр *“Период следования кадров”* определяет как часто будут следовать кадры и соответственно как часто будут обновляться значения параметров, вычисляемых по кадру, т.е. определяет частоту следования результирующих расчетных параметров. При этом он может быть равен длительности кадра (в этом случае каждый новый кадр следует сразу за предыдущим), превышать ее (в этом случае часть данных между кадрами не обрабатывается), так и быть меньше длительности (интервалы времени соседних кадров будут пересекаться). Следует учитывать, что уменьшение периода следования кадра по сравнению с длительностью ведет к увеличению вычислительной нагрузки, поэтому рекомендуется выбирать минимальное значение в соответствии с требуемой задачей измерения. Для примера предположим, что нам требуется обновление результатов 10 раз в секунду, поэтому выбираем период следования кадров равным 100 мс.

Полученные настройки селектора кадра изображены на [рисунке 2.72](#).

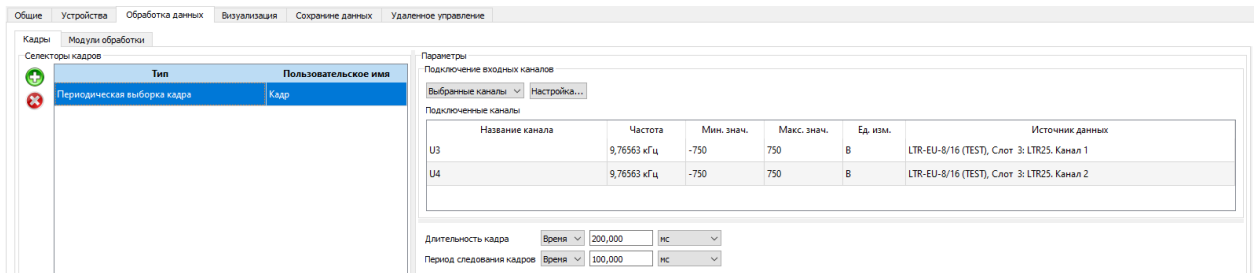


Рис. 2.72: Полученные настройки селектора кадров

2.6.3 Добавление модулей обработки данных

Для расчета параметров нам необходимо добавить соответствующие **модули обработки** данных. Для этого переходим на закладку “*Модули обработки*” страницы “*Обработка данных*” настроек сценария (рисунок 2.73).

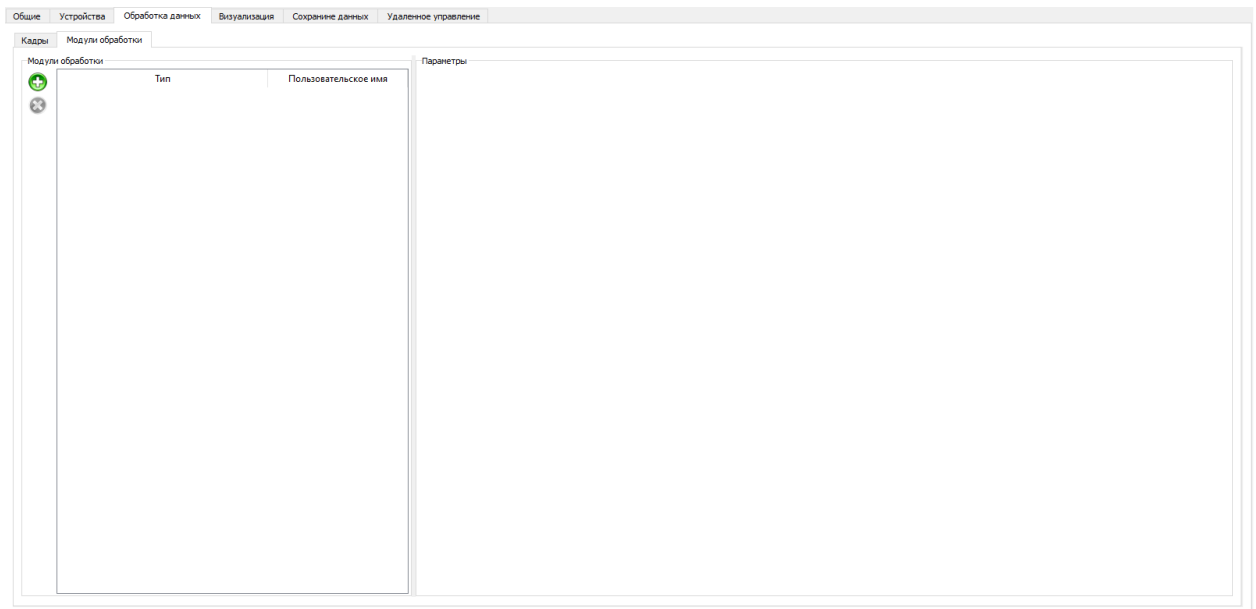


Рис. 2.73: Страница настройки модулей обработки

На панели слева от таблицы модулей обработки выбираем действие “*Добавить новый модуль обработки*” (+), в результате чего откроется диалог выбора типа добавляемого модуля (рисунок 2.74). Выбираем модуль “*АС/DC*” и нажимаем “*ОК*”.

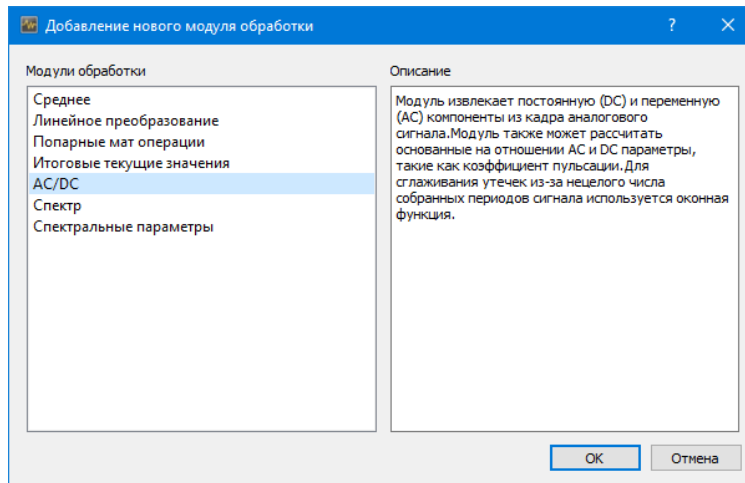


Рис. 2.74: Диалог добавления модуля обработки

В результате модуль будет добавлен в список модулей и при его выборе в правой части страницы в разделе “*Параметры*” будут отображены его настройки (рисунки 2.75).

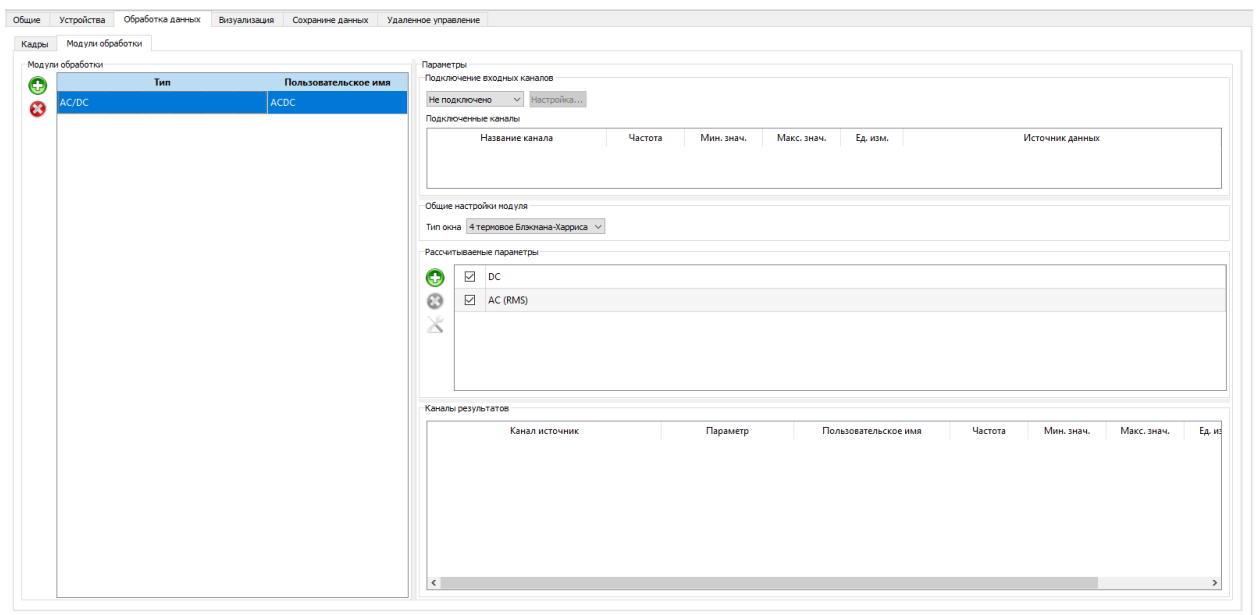


Рис. 2.75: Страница настроек модуля обработки AC/DC

Как и в случае с настройкой селектора кадров в верхней части расположен раздел “*Подключение входных каналов*”, в котором настраивается ссылка на каналы, данные от которых должен обработать модуль. Выбираем тип “*Выбранные каналы*” и переходим к диалогу добавления каналов (рисунки 2.76). Следует обратить внимание на то, что список каналов теперь отличается от того, что был при назначении каналов для селектора кадров. Так как данный модуль обработки работает с кадрами, то будут доступны только каналы, данные которых разбиты на кадры, т.е. каналы с результатами добавленного селектора кадров. В поле “*Источник данных*” показывается путь получения данных этих каналов, включающий исходный канал АЦП и селектор кадров. Выбираем оба доступных канала.

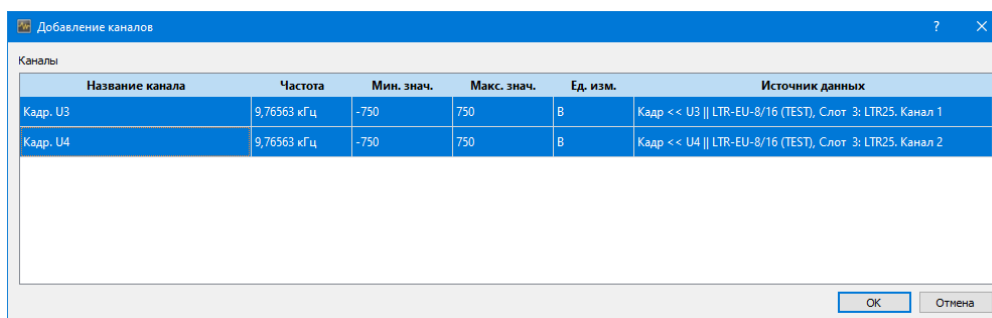


Рис. 2.76: Добавление каналов для обработки модулем AC/DC

В результате окно с параметрами модуля обработки будет выглядеть, как показано на [рисунке 2.77](#).

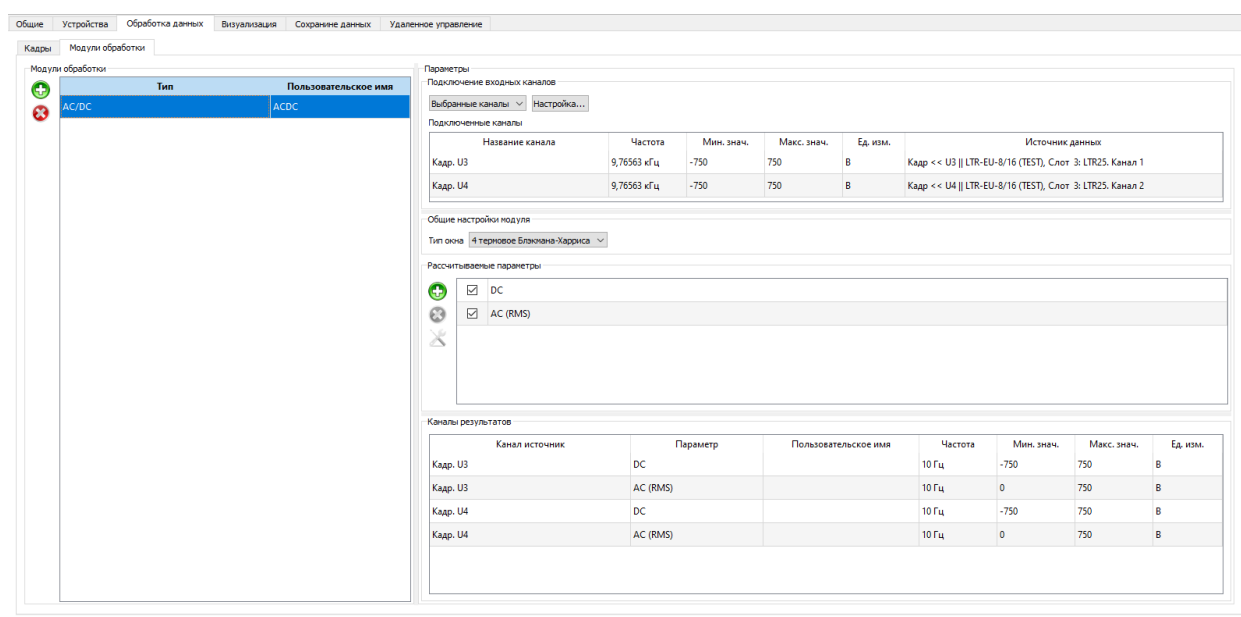


Рис. 2.77: Страница настроек модуля обработки AC/DC после настройки входных каналов

Обратим внимание на нижнюю таблицу из раздела *“Каналы результатов”*, в которой отображаются созданные модулем обработки **расчетные каналы**. Модуль обработки для каждого настроенного входного канала создает по одному расчетному каналу на каждый рассчитываемый модулем параметр. Входной канал и параметр, которому соответствует расчетный канал, отображены в столбцах *“Канал источник”* и *“Параметр”* таблицы *“Каналы результатов”* соответственно. Так как по умолчанию модуль рассчитывает два параметра — *“DC”* (значение постоянной составляющей) и *“AC”* (RMS переменной составляющей), то на выходе мы получаем четыре расчетных канала.

Список параметров, которые рассчитывает модуль обработки, отображается в таблице *“Рассчитываемые параметры”*. Так как в сигнале с ИСР-датчика информационной является только переменная составляющая, то расчет постоянной составляющей нам в любом случае не требуется и мы можем удалить параметр *“DC”*. Для этого выбираем строку с данным параметром и нажимаем кнопку *“Удалить параметр”* (✖) на панели слева от таблицы параметров. В результате останется только параметр *“AC”* и только два канала в таблице *“Каналы результатов”* ([рисунок 2.78](#)).

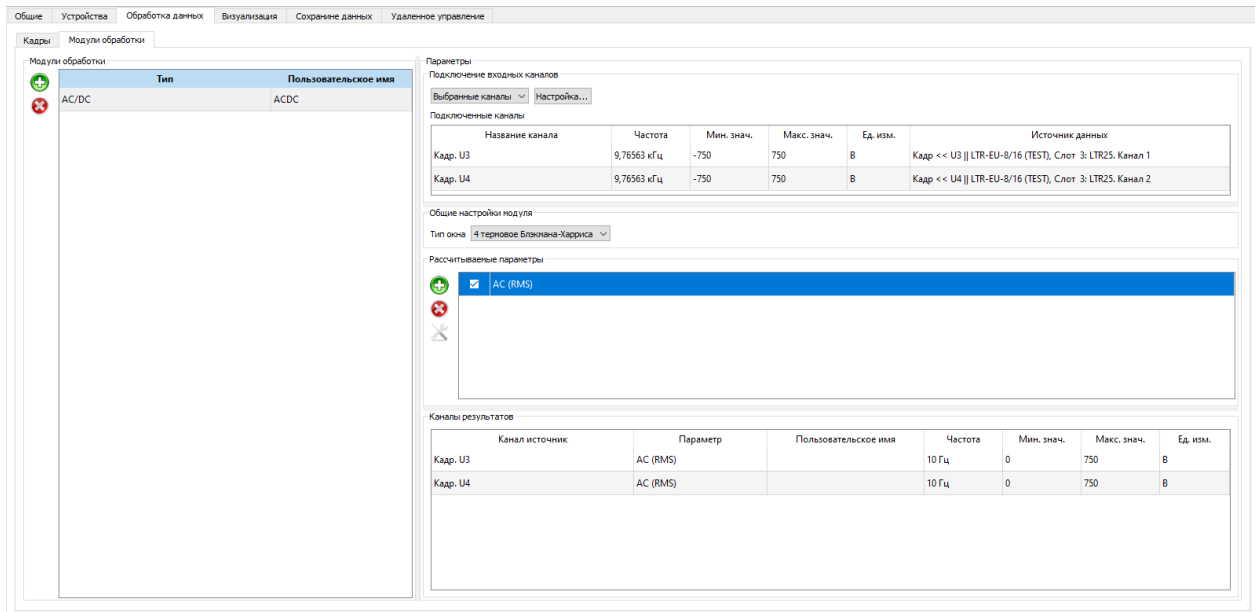


Рис. 2.78: Страница настроек модуля обработки AC/DC после удаления параметра DC

Далее дадим свои пользовательские названия результирующим расчетным каналам, аналогично тому, как уже [давали названия каналам АЦП](#) в первом уроке. Для этого вводим нужную строку в поле “Пользовательское имя” таблицы “Каналы результатов”. В данном примере введем названия “U3. RMS” и “U4. RMS”, как показано на [рисунке 2.79](#).

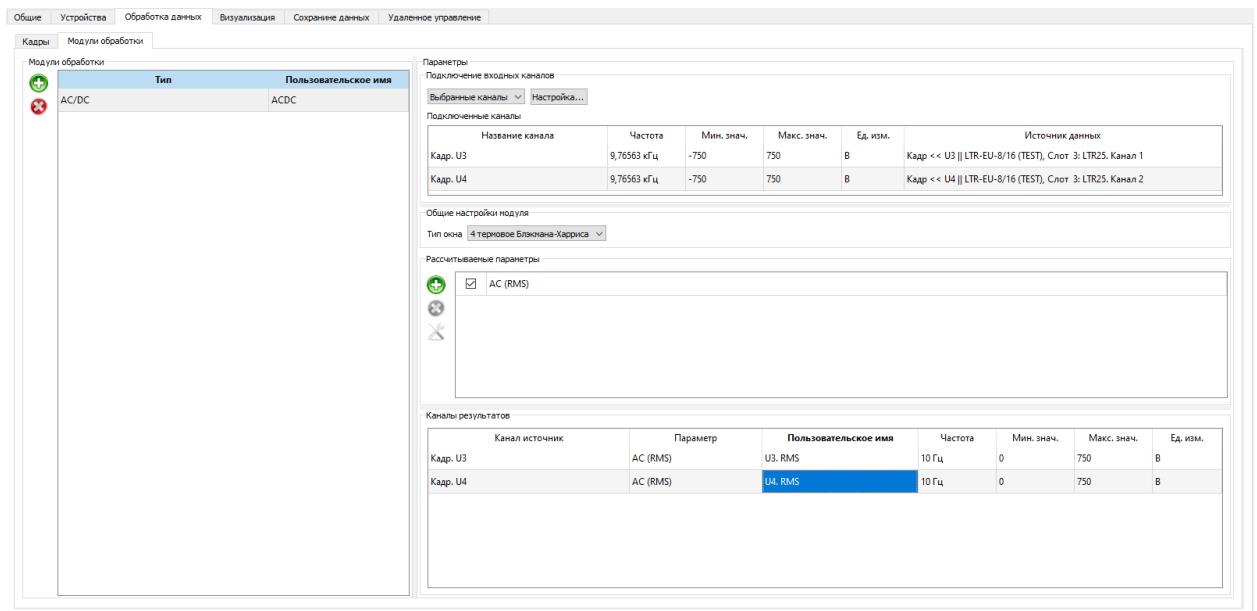


Рис. 2.79: Переименование результирующих расчетных каналов

Следует также обратить внимание в таблице каналов, что частота данных в результирующих каналах соответствует частоте следования кадров, т.е. определяется значением периода следования кадров, заданного при настройке селектора кадров (100 мс соответствует частоте 10Гц).

Параметр “Тип окна” в разделе “Общие настройки” определяет окно, которое будет применено к сигналу для избежания негативных эффектов, связанных с нецелым числом периодов сигнала в кадре, о чем говорилось в начале данного урока. В примере мы

оставляем этот параметр без изменения.

На этом настройка данного модуля обработки закончена. В результате мы имеем два новых канала, соответствующих действующим значениям напряжения с двух каналов АЦП LTR25.

2.6.4 Добавление расчета параметров по спектру сигнала

В этом разделе рассмотрим добавление расчета параметров, для которых расчет выполняется не по временным отсчетам сигнала, а по его частотным составляющим — частотному спектру сигнала. Добавление этих параметров принципиально не отличается от добавления расчета действующего значения, показанного в [предыдущем разделе](#), за исключением того, что перед добавлением модуля обработки для расчета данных параметров нам нужно добавить собственно модуль обработки для расчета спектра сигнала.

Расчет спектра вынесен в отдельный модуль для возможности в дальнейшем использовать его результаты и в других модулях обработки или для вывода спектра на графики [интерфейса визуализации](#) (в текущей версии не реализовано).

Для добавления расчета спектра снова нажимаем “Добавить новый модуль обработки” (+) слева от таблицы с модулями обработки и выбираем тип модуля “Спектр”, в результате чего новый модуль обработки добавится следующей строкой таблицы ([рисунок 2.80](#)).

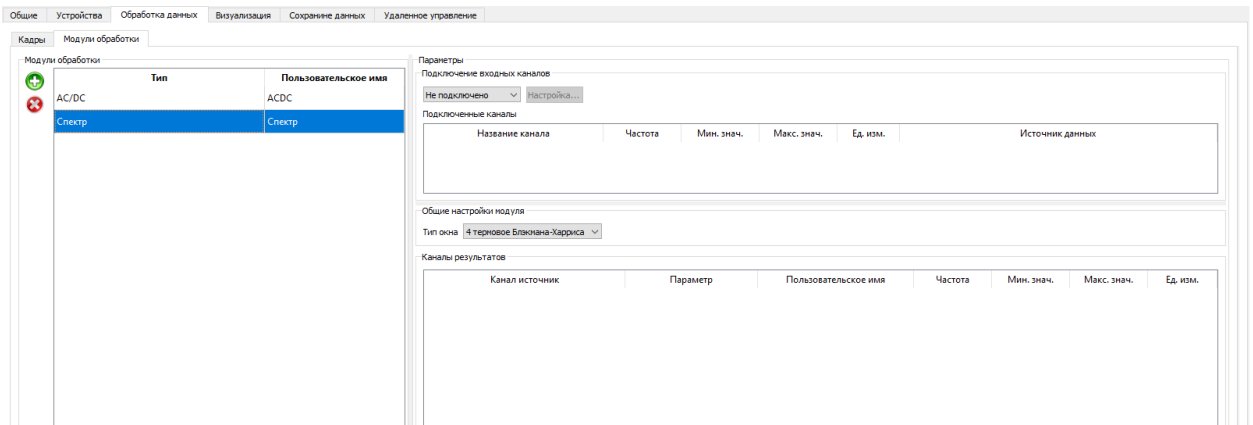


Рис. 2.80: Страница настроек модуля обработки “Спектр”

Как и для расчета действующего значения назначаем в качестве каналов, для которых следует выполнить расчет спектра, два канала модуля LTR25, в результате чего будет создано два соответствующих расчетных канала ([рисунок 2.81](#)). На этом настройку этого модуля можем завершить.

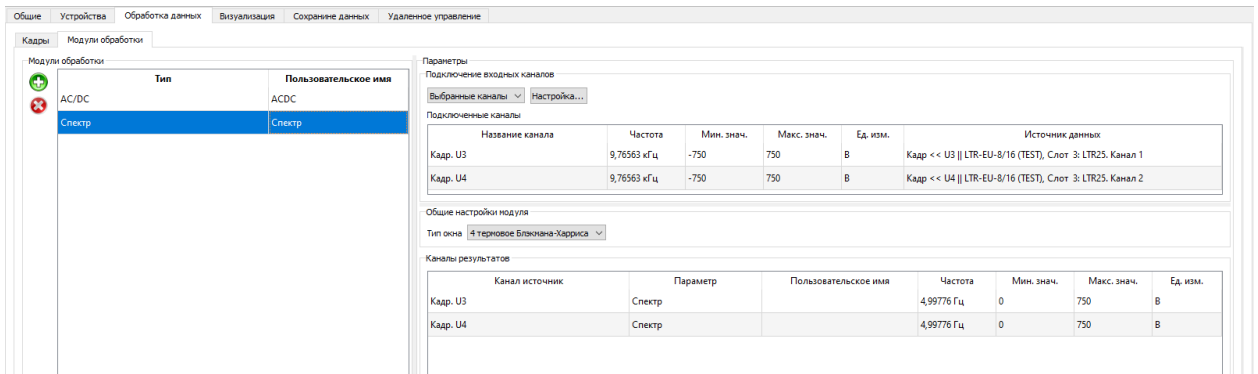


Рис. 2.81: Страница настроек модуля обработки “Спектр” после назначения каналов

Добавляем аналогичным образом следующий модуль обработки с типом “Спектральные параметры”. Окно его настроек по большей части уже нам знакомо (рисунок 2.82).

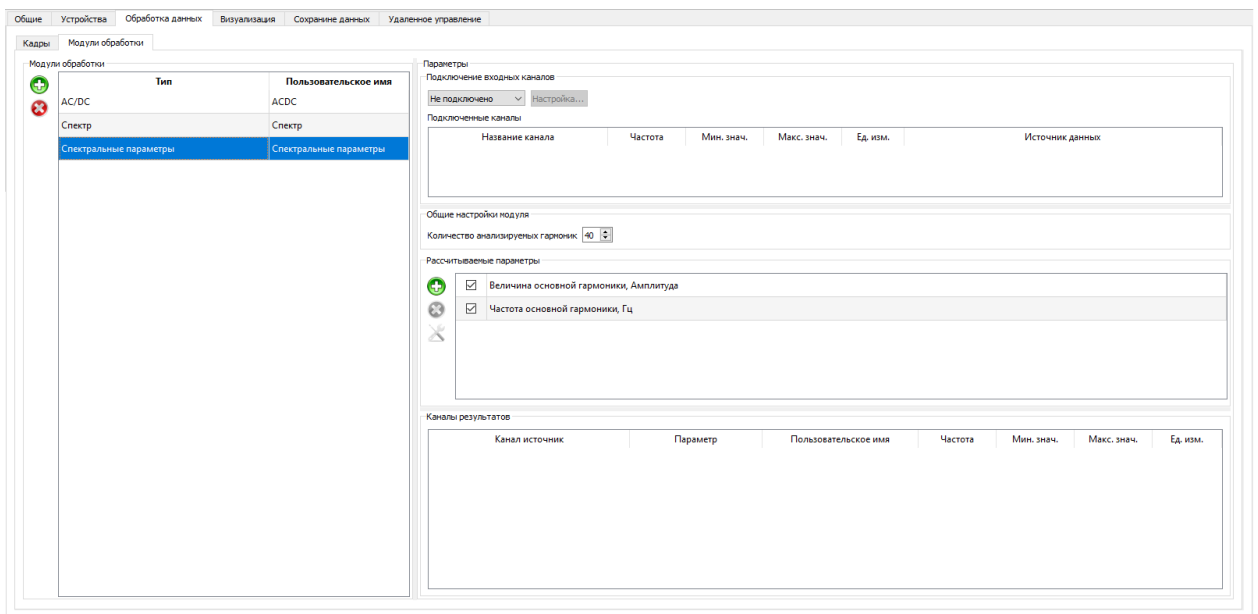


Рис. 2.82: Страница настроек модуля расчета спектральных параметров

Снова в первую очередь назначаем каналы, по которым необходимо рассчитать параметры. Так как расчет этих параметров выполняется по спектру сигнала, а не временным отсчетам, выбор каналов будет ограничен только расчетными каналами с выхода модуля обработки “Спектр” (рисунок 2.83). Обращаем внимание на добавление спектра к пути получения данных каналов в разделе “Источник данных”.

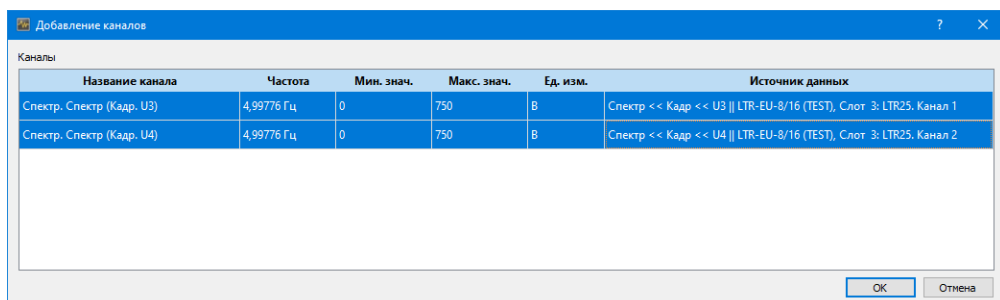


Рис. 2.83: Добавление каналов для модуля расчета спектральных параметров

По умолчанию для этого модуля включены параметры вычисления амплитуды и частоты основной гармоники спектра. Заметим, что вычисление основной частоты именно по спектру, а не по временному представлению сигнала, позволяет избежать влияния шумов и других частот в сигнале на определение частоты основной гармоники, хотя и требует дополнительные ресурсы на вычисление спектра сигнала.

По условиям примера нас будет интересовать из этих двух параметров только вычисление частоты, поэтому удаляем расчет амплитуды, выбрав данный параметр в таблице “*Рассчитываемые параметры*” и нажав кнопку “*Удалить параметр*” (✖) на панели слева от таблицы.

Также в изначальной задаче нам требовалось получить значение коэффициента искажения синусоидальности сигнала или коэффициента нелинейных искажений (КНИ). Модуль обработки может рассчитывать не только те параметры, которые добавляются по умолчанию, но также может иметь и список дополнительных параметров, доступных для ручного добавления. Для добавления нужного параметра нажимаем кнопку “*Добавить параметр*” на панели слева от таблицы “*Рассчитываемые параметры*”, в результате откроется диалог со списком параметров, которые можно добавить (рисунк 2.84).

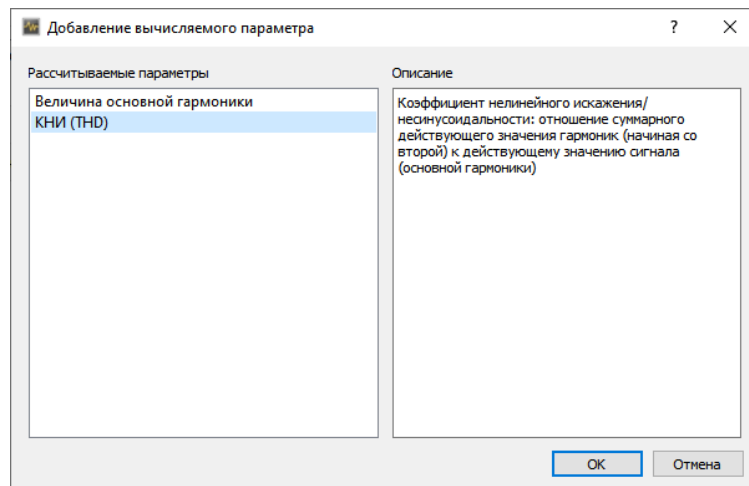


Рис. 2.84: Диалог добавления рассчитываемых параметров

Выбираем параметр “*КНИ (THD)*” и нажимаем “*OK*”. Откроется диалог с дополнительными настройками выбранного параметра (рисунк 2.85).

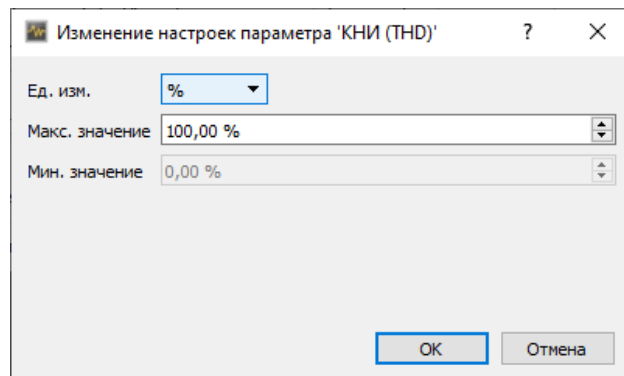


Рис. 2.85: Диалог настройки расчета параметра КНИ

Для “*КНИ (THD)*” мы можем выбрать в каких единицах будет посчитано значение КНИ (проценты или децибелы), а также задать диапазон возможных значений параметра, что аналогично заданию результирующего диапазона при настройке функций

преобразования данных. Оставляем настройки без изменения и нажимаем “OK”. В результате параметр КНИ появится в таблице “Рассчитываемые параметры” и добавятся соответствующие результирующие каналы.

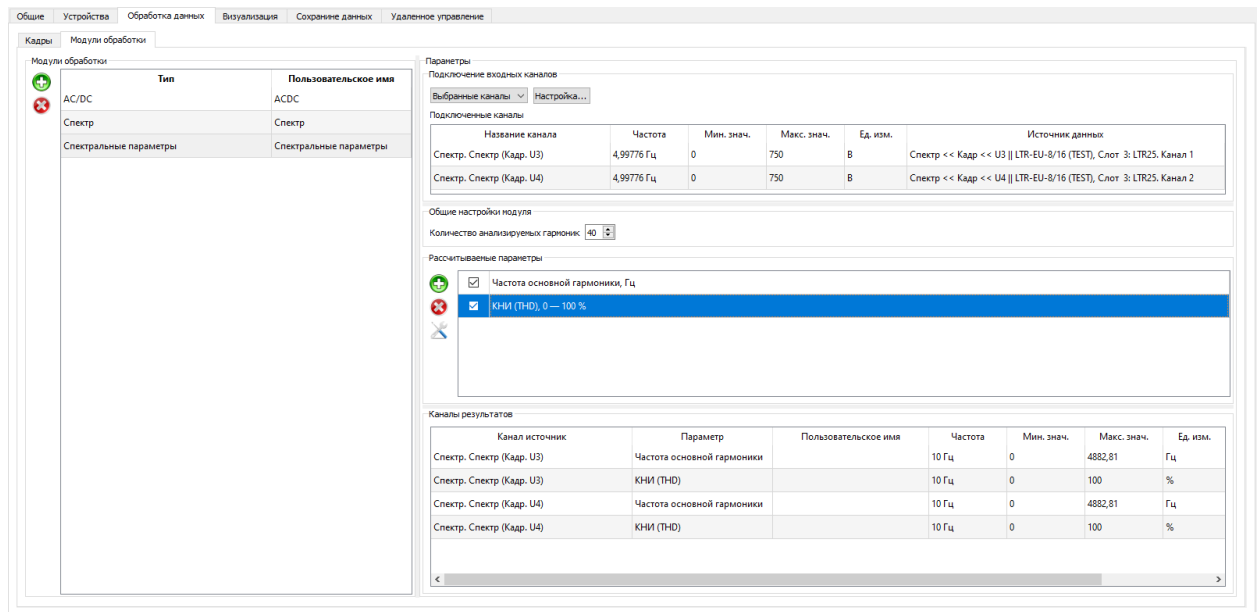


Рис. 2.86: Страница настроек модуля расчета спектральных параметров после добавления параметра КНИ

Параметр “Количество анализируемых гармоник” в разделе “Общие настройки модуля” указывает количество гармоник, действующие значения которых будут учитываться при расчете КНИ. Так как эта настройка может учитываться и в других рассчитываемых модулем параметрах (которые будут добавлены в дальнейшем), она задается в настройках модуля обработки, а не в настройках самого параметра.

Как и в случае с модулем расчета действующего значения в конце мы задаем пользовательские имена для созданных расчетных каналов, как показано на рисунке 2.87.

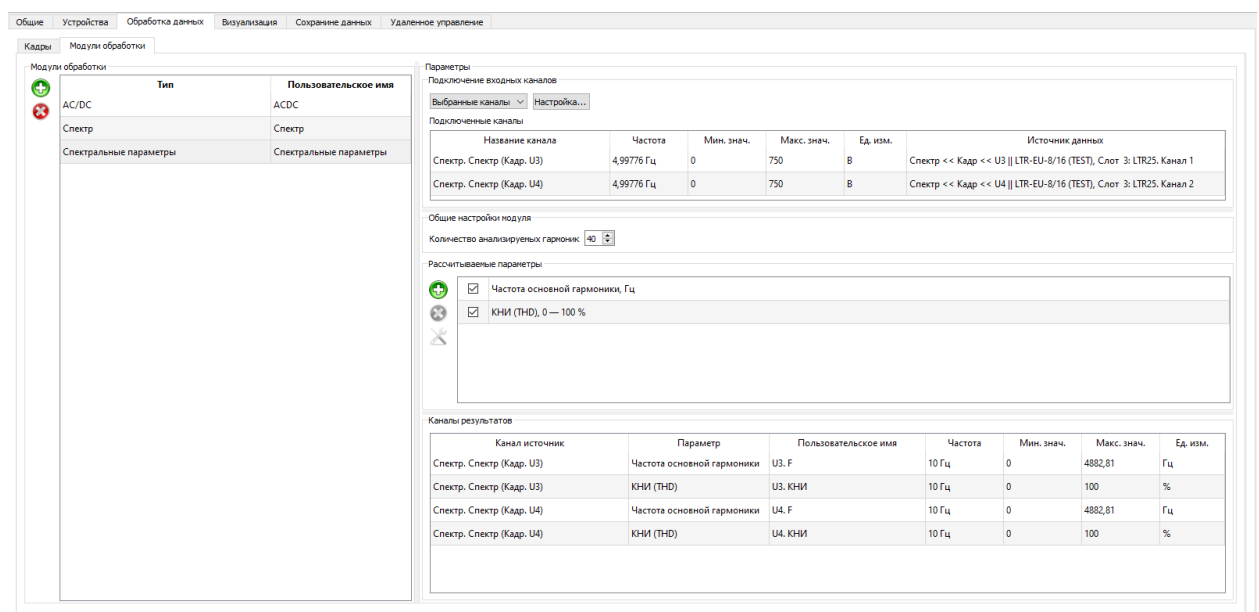


Рис. 2.87: Страница настроек модуля расчета спектральных параметров после переименования каналов результатов

На этом добавление расчетных модулей закончено и мы можем перейти к настройке визуального интерфейса для отображения результатов расчета.

2.6.5 Отображение расчетных параметров на графиках и создание нескольких страниц визуализации

Созданные расчетные каналы принципиально не отличаются от каналов АЦП и точно таким же способом могут быть назначены любым графикам интерфейса визуализации.

В данном разделе мы рассмотрим также возможность создания дополнительных страниц окна визуализации и создадим отдельную страницу для вывода графиков изменения во времени созданных в этом уроке расчетных параметров.

Переходим на страницу “Визуализация” настроек сценария. В разделе “Страницы окна “Главное окно”” отображается таблица со списком страниц выбранного окна, состоящим из одной страницы. Нажимаем кнопку “Добавить страницу” (+) на панели под таблицей, в результате чего добавится новая строка с названием новой страницы (рисунок 2.88).

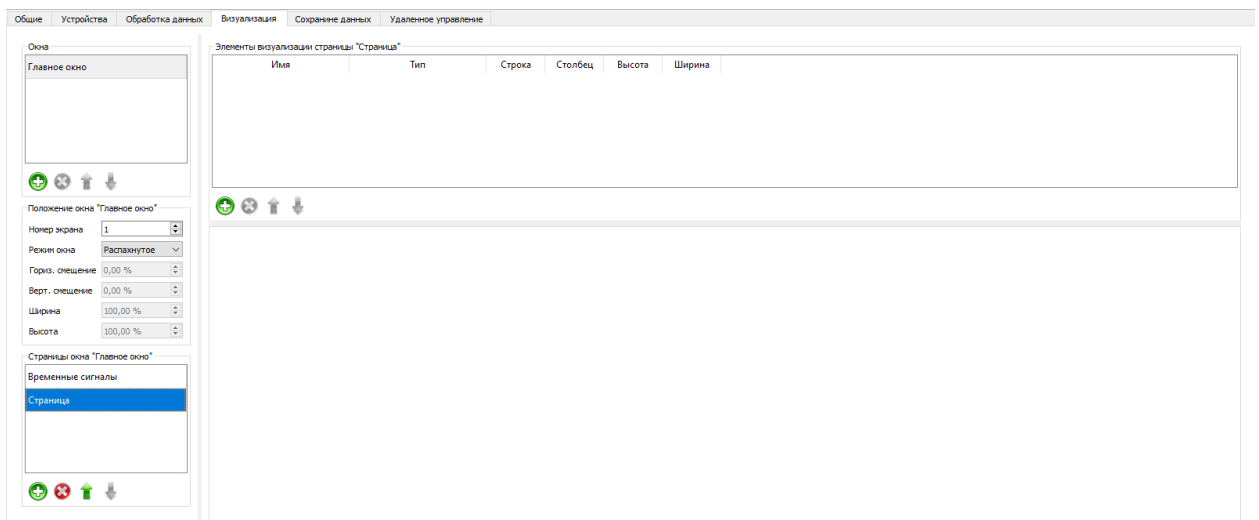


Рис. 2.88: Добавление новой страницы визуализации

Дадим пользовательские имена каждой странице, для чего достаточно выбрать нужную строку и ввести новое название. Для примера назовем первую страницу “Временные сигналы”, а вторую — “Параметры”.

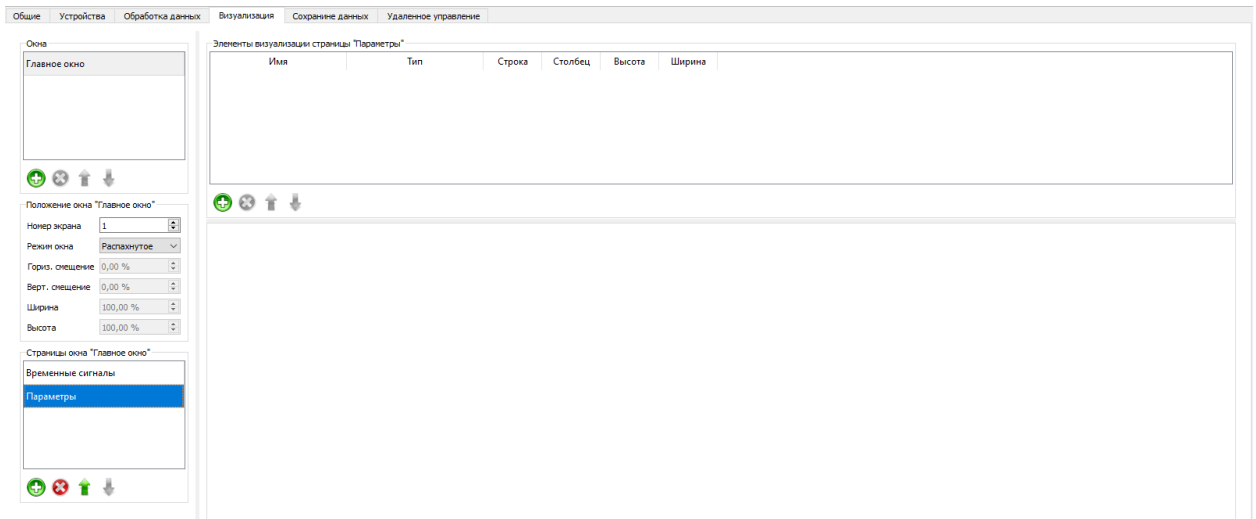


Рис. 2.89: Переименование страниц визуализации

В разделе “Элементы визуализации страницы ...” отображаются только элементы выбранной страницы (название выбранной страницы указывается также и в названии раздела). Новая страница сейчас не содержит никаких элементов визуализации. Создадим по графику на каждый тип добавленных параметров.

Добавляем снова элемент визуализации “Временной график” и переходим к назначению выбранных каналов. Как видим, список каналов значительно расширился (рисунк 2.90).

Название канала	Частота	Мин. знач.	Макс. знач.	Ед. изм.	Источник данных
Р изб	500 Гц	0	100	МПа	LTR-EU-8/16 (TEST), Слот 2: LTR11. Канал 1
Температура	500 Гц	-200	1372	°C	LTR-EU-8/16 (TEST), Слот 2: LTR11. Канал 2
U3	9,76563 кГц	-750	750	В	LTR-EU-8/16 (TEST), Слот 3: LTR25. Канал 1
U4	9,76563 кГц	-750	750	В	LTR-EU-8/16 (TEST), Слот 3: LTR25. Канал 2
U3. RMS	10 Гц	0	750	В	ACDC. AC (RMS) << Кадр << U3 LTR-EU-8/16 (TEST), Слот 3: LTR25. Канал 1
U4. RMS	10 Гц	0	750	В	ACDC. AC (RMS) << Кадр << U4 LTR-EU-8/16 (TEST), Слот 3: LTR25. Канал 2
U3. F	10 Гц	0	4882,81	Гц	Спектральные параметры. Частота основной гармоники << Спектр << Кадр << U3 LTR-EU-8/...
U3. КНИ	10 Гц	0	100	%	Спектральные параметры. КНИ (THD) << Спектр << Кадр << U3 LTR-EU-8/16 (TEST), Слот 3: ...
U4. F	10 Гц	0	4882,81	Гц	Спектральные параметры. Частота основной гармоники << Спектр << Кадр << U4 LTR-EU-8/...
U4. КНИ	10 Гц	0	100	%	Спектральные параметры. КНИ (THD) << Спектр << Кадр << U4 LTR-EU-8/16 (TEST), Слот 3: ...

Рис. 2.90: Выбор каналов для отображения на графике после добавления расчетных каналов

В списке каналов помимо разрешенных каналов АЦП присутствуют и все созданные в данном уроке расчетные каналы, за исключением только каналов спектра, т.к. спектр не может быть отображен на временном графике. При этом в поле “Источник данных” отображается полный путь сигнала от исходного канала АЦП через все модули обработки и селекторы кадра, которые использовались для получения конечного результата.

Допустим, на первом графике мы хотим отобразить рассчитанные действующие значения обоих каналов. Выбираем каналы “U3. RMS” и “U4. RMS” и добавляем в список каналов графика.

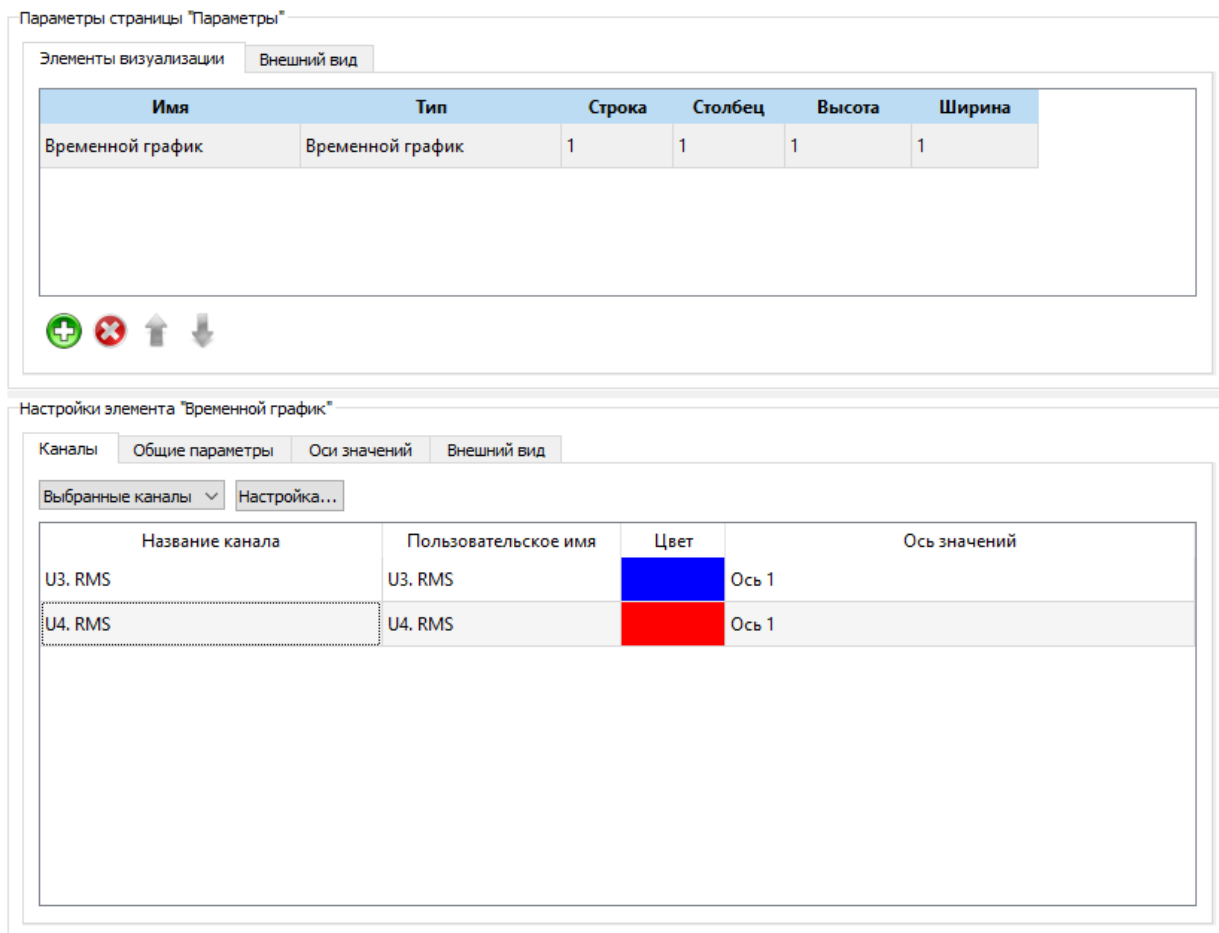


Рис. 2.91: Назначение графику каналов расчета действительных значений

Обратим внимание, что в таблице с параметрами отображения каналов на графике есть также поле *“Пользовательское имя”*. Это поле позволяет изменить название канала при отображении на графике и это название может отличаться от пользовательского имени самого канала, хотя по умолчанию совпадает. Это может быть полезно, например, если мы хотим дать каналу сокращенное название, чтобы идентифицировать его только в контексте графика, а не всего сценария проведения эксперимента. Например, т.к. график у нас предназначен только для вывода действующих значений, то мы можем опустить часть *“.RMS”* в названии выводимых каналов и для краткости оставить названия оригинальных сигналов *“U3”* и *“U4”*, введя эти названия вручную, как показано на [рисунке 2.92](#).

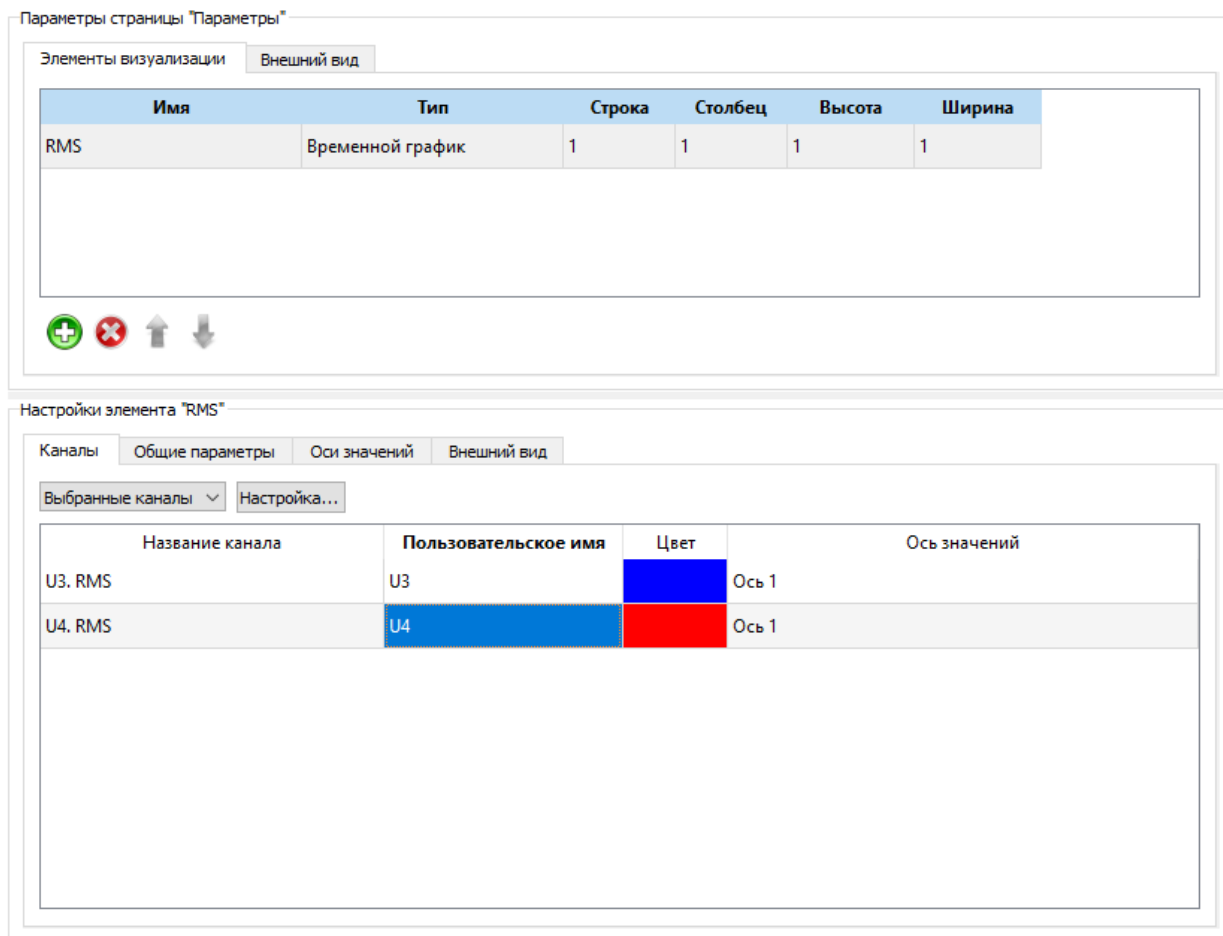


Рис. 2.92: Изменение названия каналов для вывода на графике

Чтобы проще было ориентироваться среди созданных визуальных элементов мы также можем изменить их названия в таблице визуальных элементов страницы. Дадим только что созданному графику название “RMS” (рисунок 2.92). Это название влияет лишь на то, как отображается график в списке визуальных элементов в настройках, но никак не отображается во время проведения эксперимента.

Чтобы добавить подпись с названием графика в самом интерфейсе визуализации эксперимента, сперва перейдем на страницу настроек графика “Общие параметры” (рисунок 2.93) и поле “Заголовок” введем текст заголовка (в данном случае “RMS”).

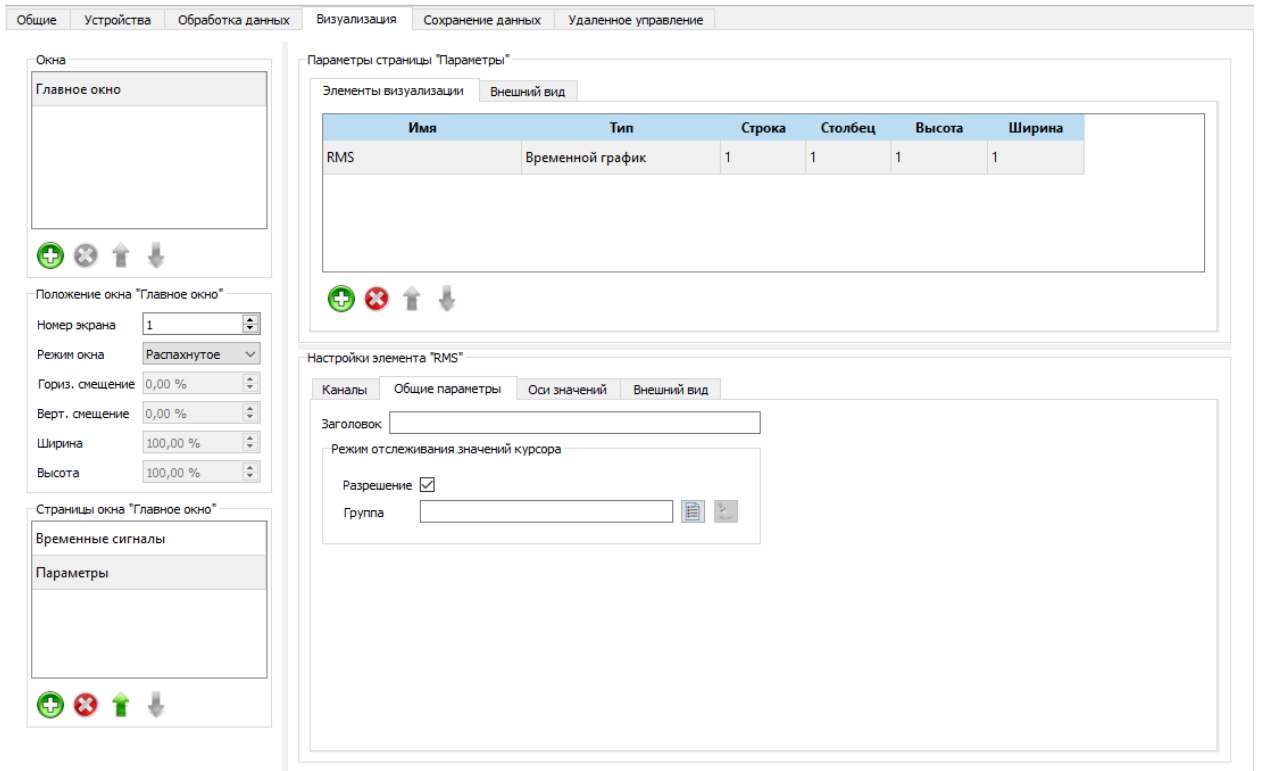


Рис. 2.93: Страница общих настроек графика

После этого переходим на страницу “*Внешний вид*” настроек графика (рисунок 2.94).

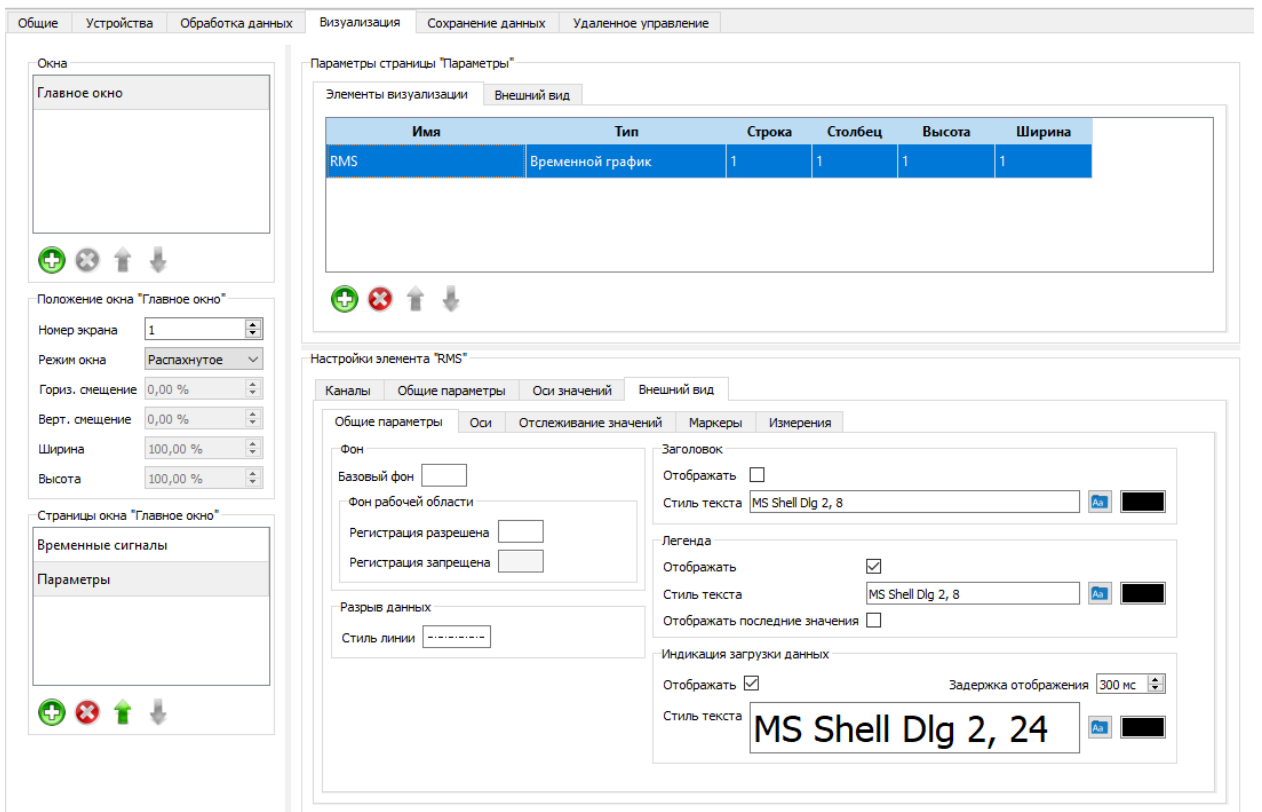


Рис. 2.94: Страница настроек внешнего вида графика

В разделе “*Заголовок*” разрешим отображение заголовка, включив флаг “*Отб-*

ражать”. Также мы можем изменить шрифт заголовка, нажав кнопку “Изменить шрифт...” (Aa) и выбрав нужные параметры в стандартном диалоге выбора шрифта. При желании также можно изменить цвет текста нажав на закрашенную цветом кнопку справа от кнопки выбора шрифта. В результате настройки заголовка будут выглядеть, как показано на [рисунке 2.95](#).

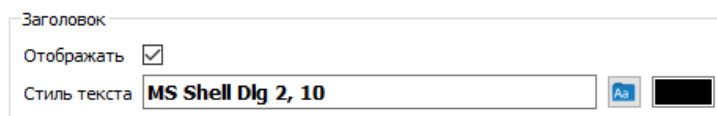


Рис. 2.95: Настройки заголовка графика

Для относительно медленно меняющихся параметров может быть также удобно включить отображение их последних значений в легенде. Для этого отмечаем флаг “Отображать последние значения” в разделе “Легенда” ([рисунок 2.96](#)).

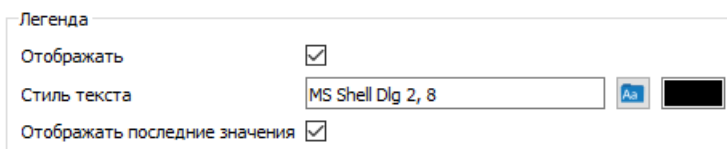


Рис. 2.96: Настройки отображения значений в легенде

Также следует настроить диапазон оси значений на странице настроек графика “Оси значений”, аналогично тому как это [делалось в предыдущих уроках](#) для остальных графиков.

Добавим аналогично еще два графика для отображения измеренных значений частоты и измеренных значений КНИ соответственно. Результирующие настройки станции визуализации показаны на [рисунке 2.97](#).

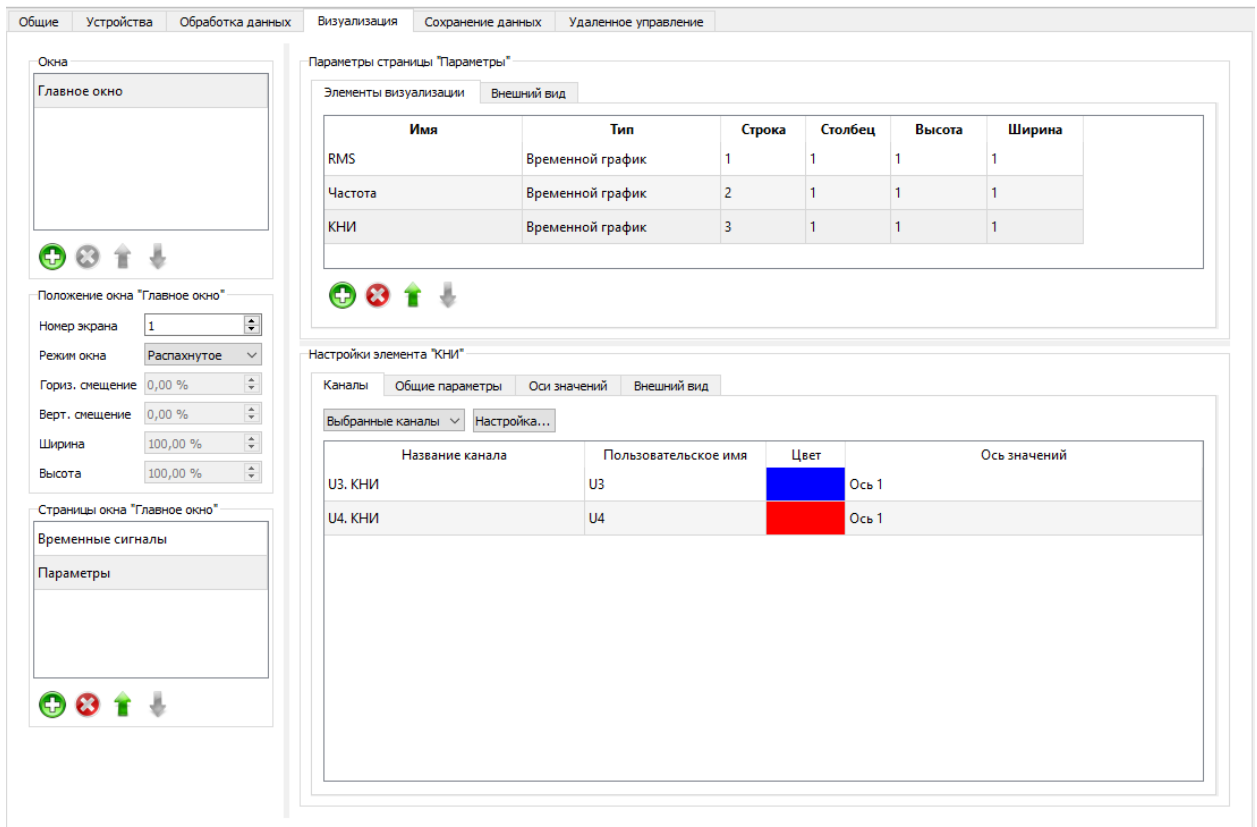


Рис. 2.97: Настройки страницы визуализации после добавления трех графиков отображения параметров

Перейдем в режим выполнения эксперимента (меню “*Эксперимент*” → “*Выполнить новый эксперимент*” (Ⓜ)), чтобы посмотреть на получившийся интерфейс. Начальная страница (рисунок 2.98) интерфейса ничем не отличается от созданной в предыдущих уроках, за исключением того, что теперь в верхней части присутствуют две закладки для переключения между страницами с названиями этих страниц.

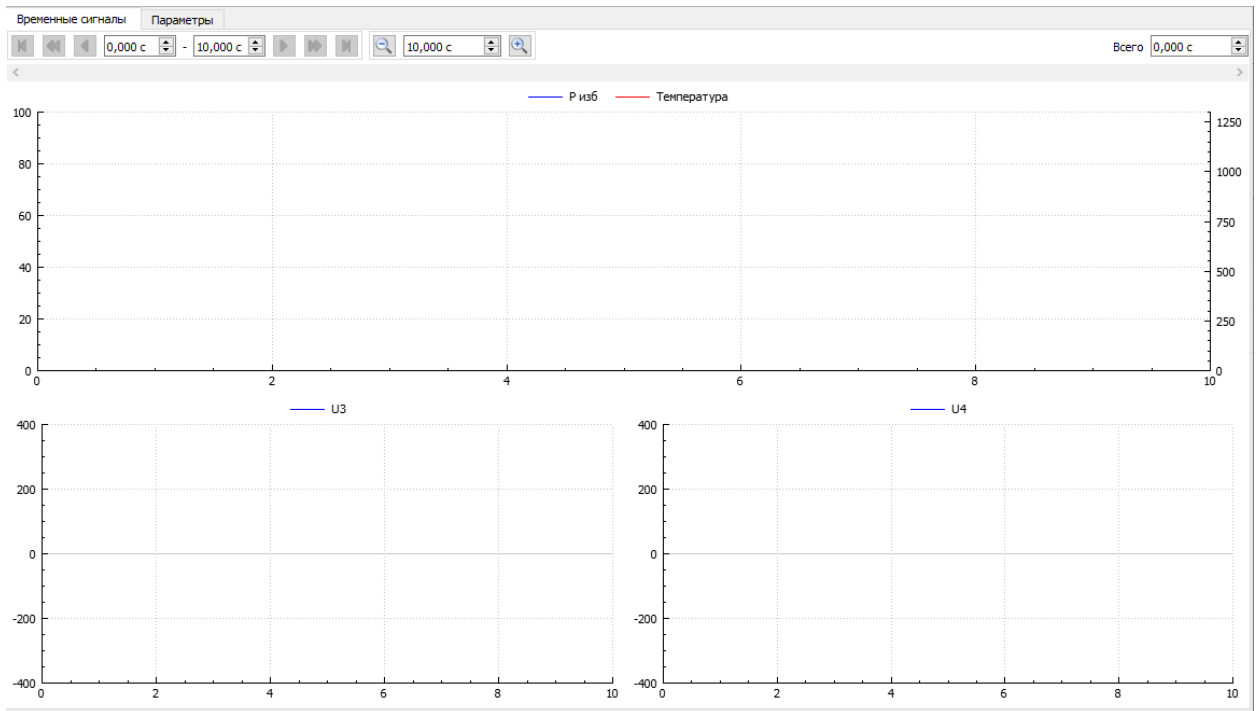


Рис. 2.98: Первая страница интерфейса визуализации

Нажав на закладку “*Параметры*” переходим на вторую созданную страницу, на которой видим три созданных новых графика под три рассчитываемых параметра с заголовками (рисунок 2.99). В легенде после названия каналов отображается строка “---”, что означает, что еще нет действительного текущего значения каналов.

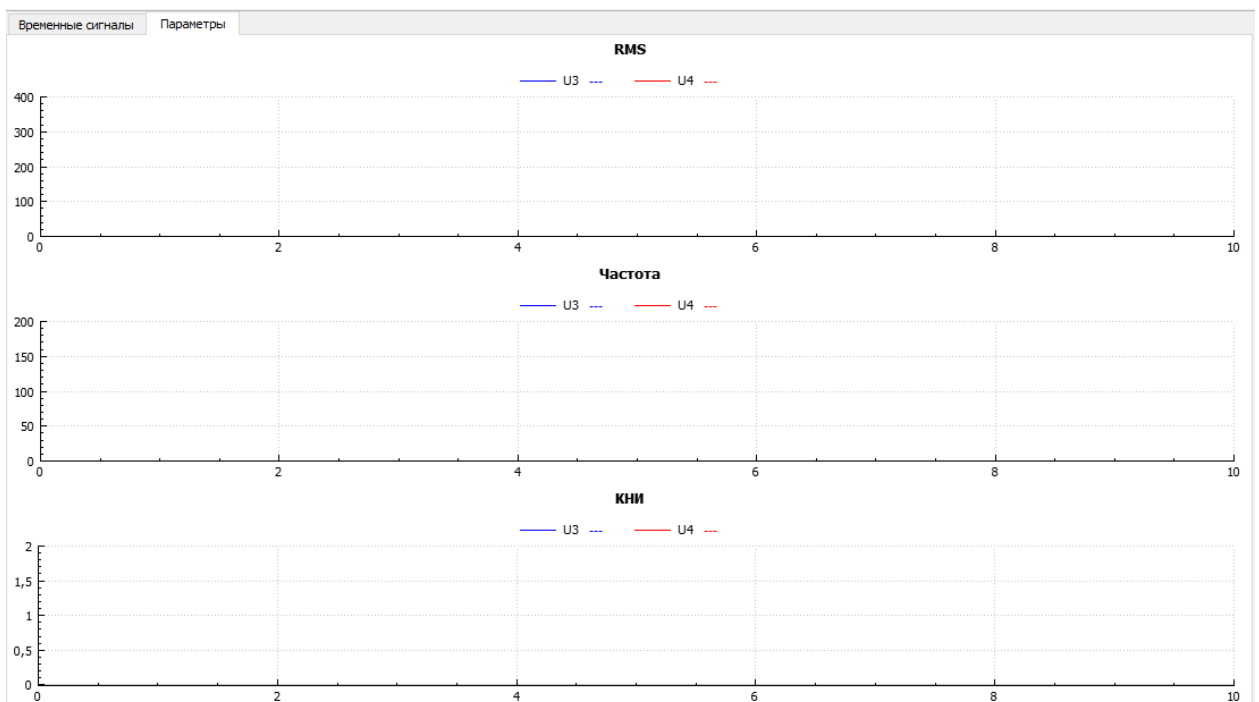


Рис. 2.99: Вторая страница интерфейса визуализации

При запуске эксперимента убеждаемся, что графики с параметрами отображаются аналогично временным графикам отображения каналов АЦП. Значения в легенде меняются в соответствии с последним значением на графике.

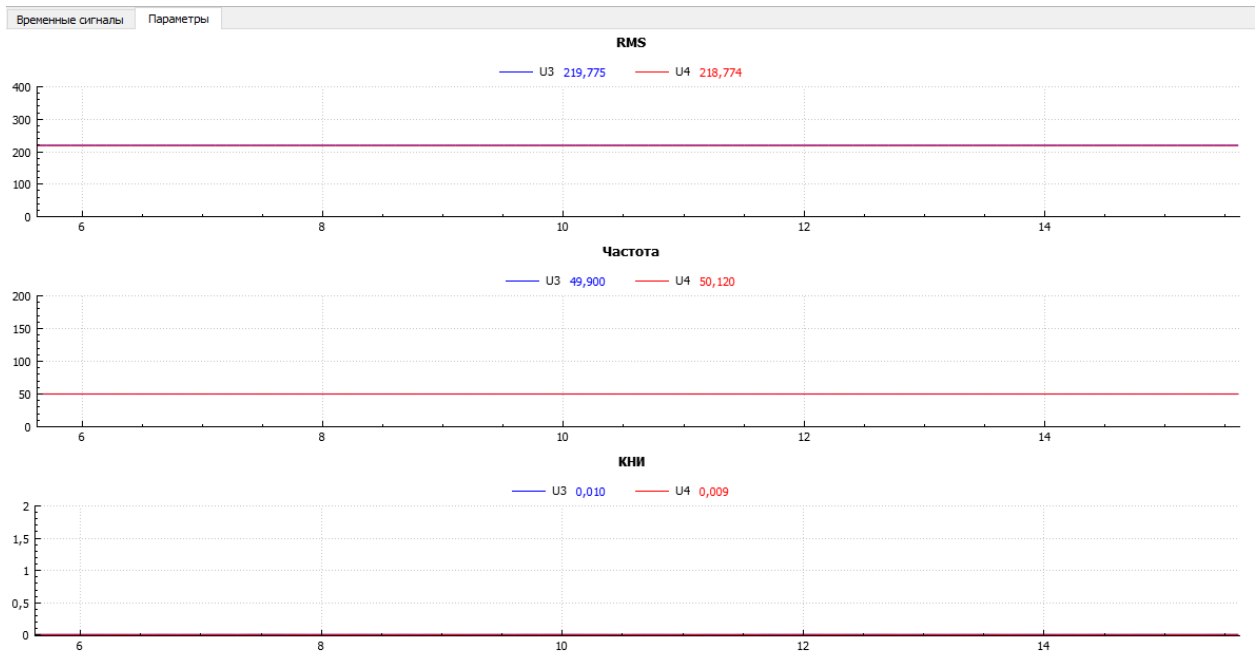


Рис. 2.100: Вторая страница интерфейса визуализации во время проведения эксперимента

2.7 Урок 5. Вывод простых сигналов на ЦАП

Помимо ввода данных АЦП программа “L Card Measurement Studio” также может управлять выводом сигналов на каналы ЦАП. В текущей версии программы поддерживается вывод заданного в настройках сценария сигнала одного из стандартных типов.

В данной главе будет рассмотрен способ задания генерируемых сигналов на примере модуля LTR34 с измерением выводимого сигнала с помощью модуля LTR11. При этом подразумевается, что первый и второй каналы модуля LTR34 подключены к первому и второму каналам модуля LTR11 в режиме с общей землей соответственно, то есть соединены следующие контакты разъемов (LTR34 -> LTR11):

- OUT1 1:1 (контакт 4) с X1 (контакт 16)
- OUT2 1:1 (контакт 6) с X2 (контакт 15)
- AGND (контакт 3, 21, 23, 25, 27, 29, 30, 32, 34 или 36) с AGND (контакт 37 или 19) и GND32 (контакт 36)

В первую очередь создадим новый эксперимент и добавим используемые модули, для чего (как уже описывалось в предыдущих примерах) переходим на страницу “Устройства” настроек сценария, нажимаем кнопку “Синхронизация списка устройств” (🔄), отмечаем в обнаруженных устройствах требуемые и нажимаем кнопку “Добавить отмеченные обнаруженные устройства” (+), в результате чего устройства будут добавлены в конфигурацию (рисунок 2.101)

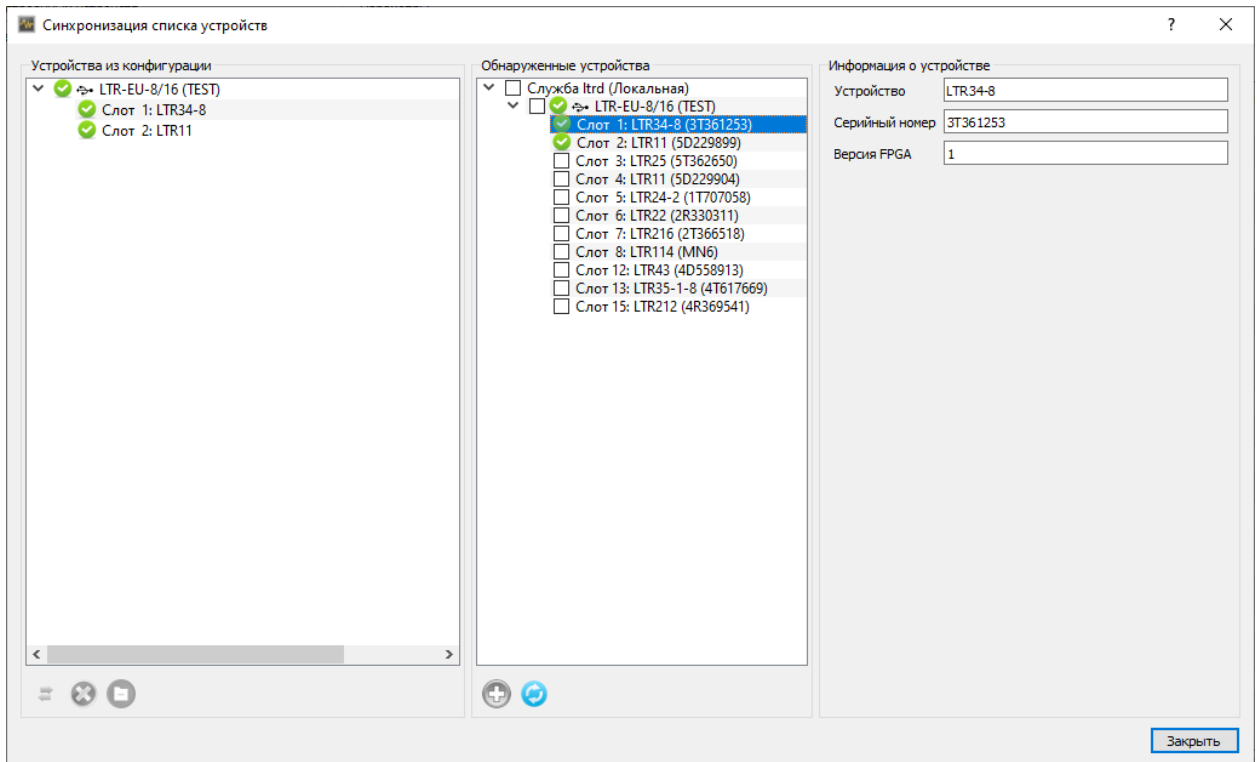


Рис. 2.101: Добавление модулей LTR34 и LTR11 в конфигурацию

Закрываем диалог и выбираем модуль **LTR34** в дереве устройств, в результате чего справа отобразится страница с его настройками (рисунки 2.102).

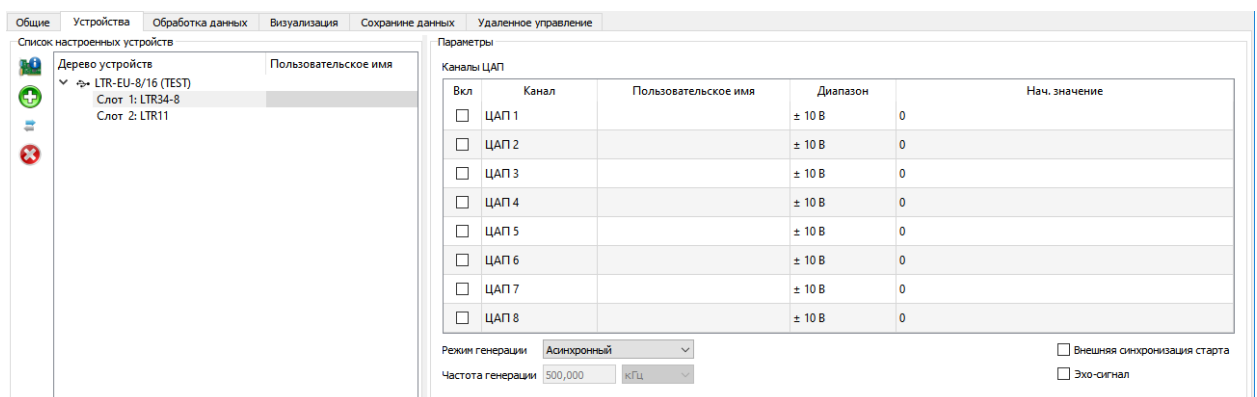


Рис. 2.102: Страница настроек модуля LTR34

Страница настроек модуля ЦАП похожа на страницу настроек АЦП. Также в верхней части идет таблица настроек каналов, а в нижней — общие настройки модуля. В первую очередь выбираем “Режим генерации”, который определяет способ вывода сигнала для всего модуля. Доступны для выбора следующие режимы:

- Изначально установленный режим “Асинхронный” предполагает вывод уровней сигналов в произвольный момент времени по команде из программы. В текущей версии программы доступен только выбор начального значения, устанавливаемого при старте эксперимента. Управление по условиям будет добавлено в последующих версиях “L Card Measurement Studio”.
- В режиме “Синхронный циклический” сигнал записывается один раз в буфер модуля, после чего по старту происходит постоянная генерация этого сигнала аппара-

турой модуля, повторяя сигнал по кругу. Ограничением данного режима является то, что можно выводить только периодические сигналы, сигналы всех каналов должны иметь некий общий период и все точки этого периода должны укладываться в размер внутреннего буфера модуля.

- В режиме “Синхронный потоковый” точки постоянно передаются в модуль для вывода. Этот режим не имеет ограничений циклического режима, но требует постоянный поток передачи данных в модуль.

Для текущего примера выбираем режим “Синхронный циклический”, в результате чего вместо параметра “Нач. значение” в таблице каналов станет доступен параметр “Сигнал”, а также станет доступной настройка частоты генерации точек (рис. 2.103).

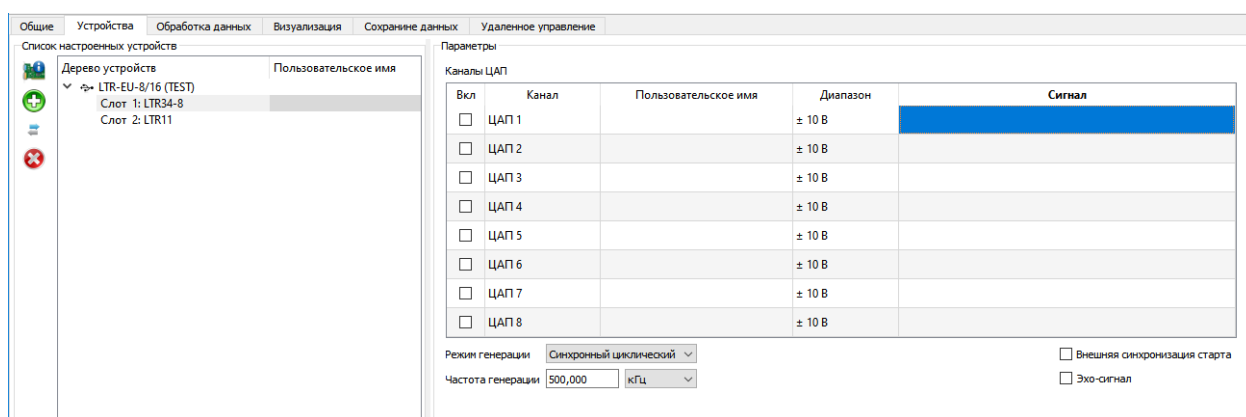


Рис. 2.103: Страница настроек модуля LTR34 в синхронном режиме

Два раза нажимаем левой кнопкой мыши по ячейке столбца “Сигнал” первого канала, в результате чего будет открыт диалог для задания параметров выводимого сигнала, в котором в первую очередь необходимо выбрать тип генерируемого сигнала (рис. 2.104). Остальные параметры зависят уже от выбранного типа.

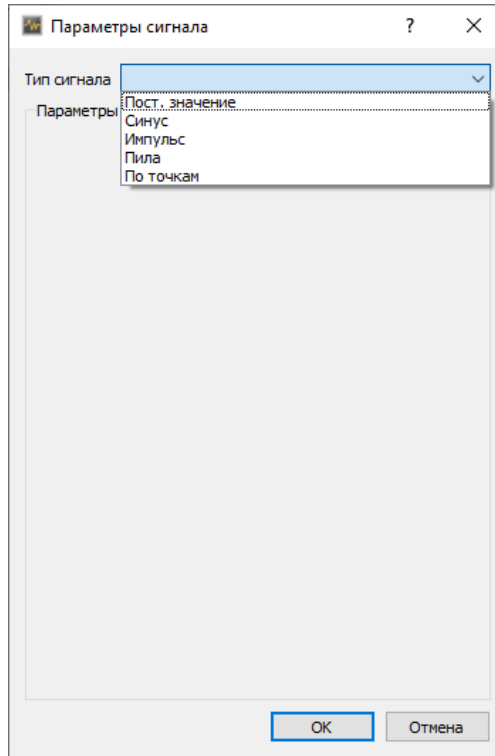


Рис. 2.104: Выбор типа генерируемого сигнала

Выбираем тип сигнала “Синус” и заполняем его параметры, такие как частота, амплитуда, смещение (нулевой уровень), начальная фаза (рисунки 2.105).

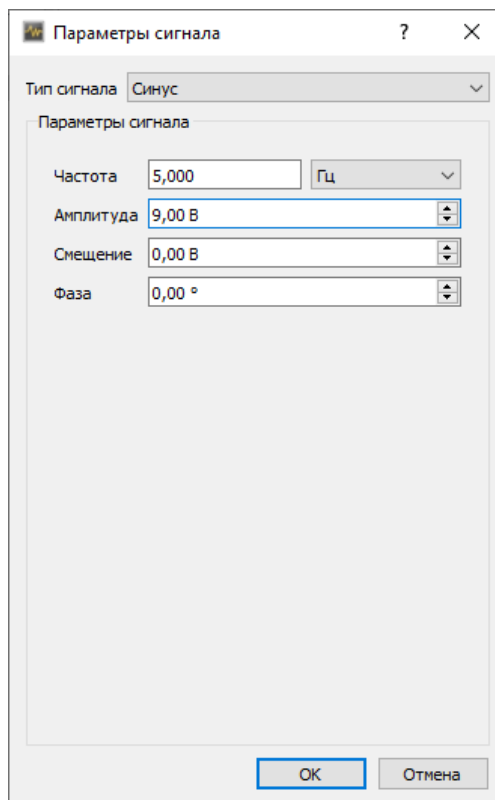


Рис. 2.105: Параметры генерируемого синусоидального сигнала

После заполнения параметров генерируемого сигнала нажимаем “ОК” и возвращаемся

емя на страницу настроек модуля. Следует отметить, что в поле “Сигнал” теперь отображается описание установленного сигнала (рисунки 2.106).

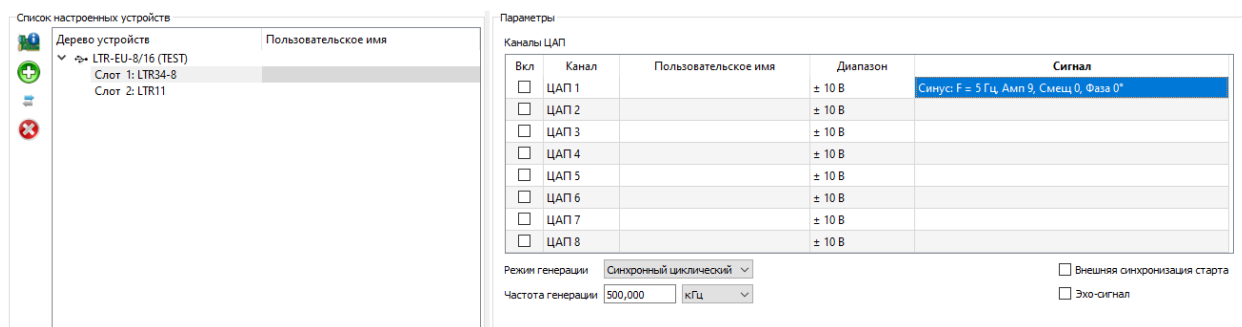


Рис. 2.106: Отображение настроек сигнала на странице конфигурации модуля

В данном примере будем использовать два канала. Таким же образом задаем параметры сигнала и для второго канала. Для примера зададим сигнал в виде периодической последовательности импульсов (рисунки 2.107).

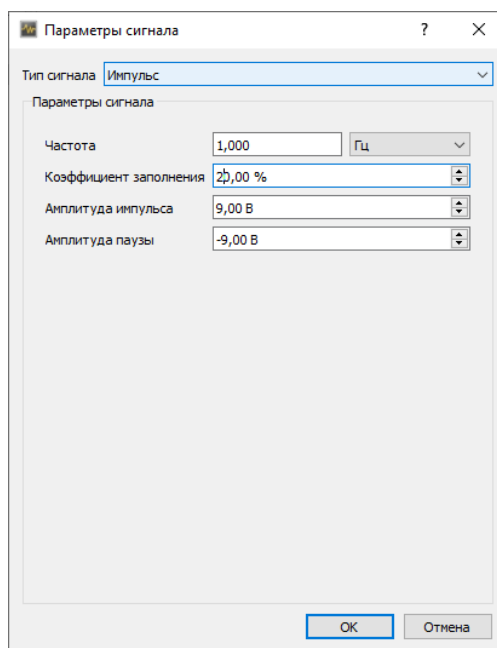


Рис. 2.107: Параметры генерируемого сигнала в виде последовательности импульсов

Разрешаем используемые каналы, отмечая их в столбце “Вкл.”, и дадим также каналам пользовательские названия для их отличия (рисунки 2.108). На этом конфигурация модуля LTR34 для данного примера закончена.

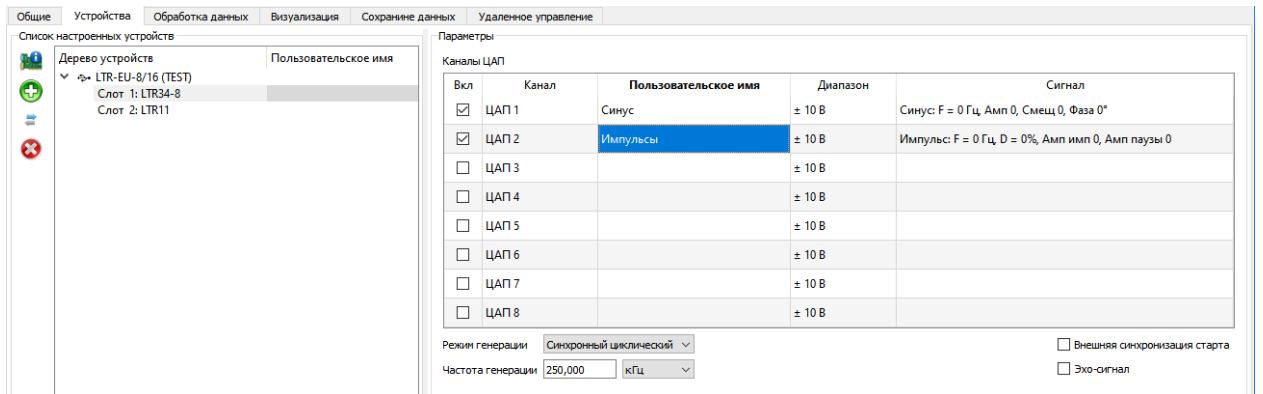


Рис. 2.108: Страница конфигурации модуля LTR34 после завершения настройки

Выбираем теперь модуль **LTR11** в конфигурации и настраиваем его параметры. Включаем первые два канала в режиме с общей землей и дадим им также пользовательские имена (рисунок 2.109).

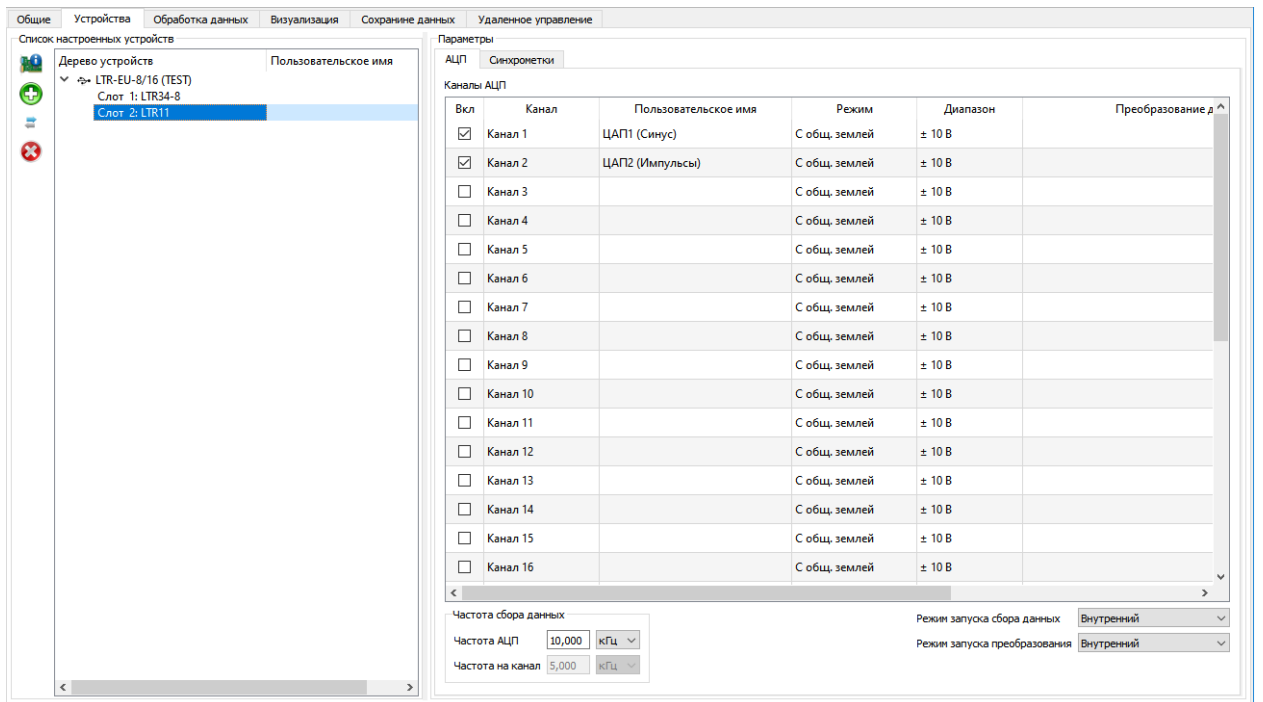


Рис. 2.109: Страница конфигурации модуля LTR11 после завершения настройки

Также задаем на странице *“Визуализация”* параметры отображения измеряемых сигналов. Добавим второй график нажав *“Добавить элемент”* (+) и каждому графику назначаем свой канал с помощью выбора ссылки на каналы типа *“Выбранный канал”* (рисунок 2.110).

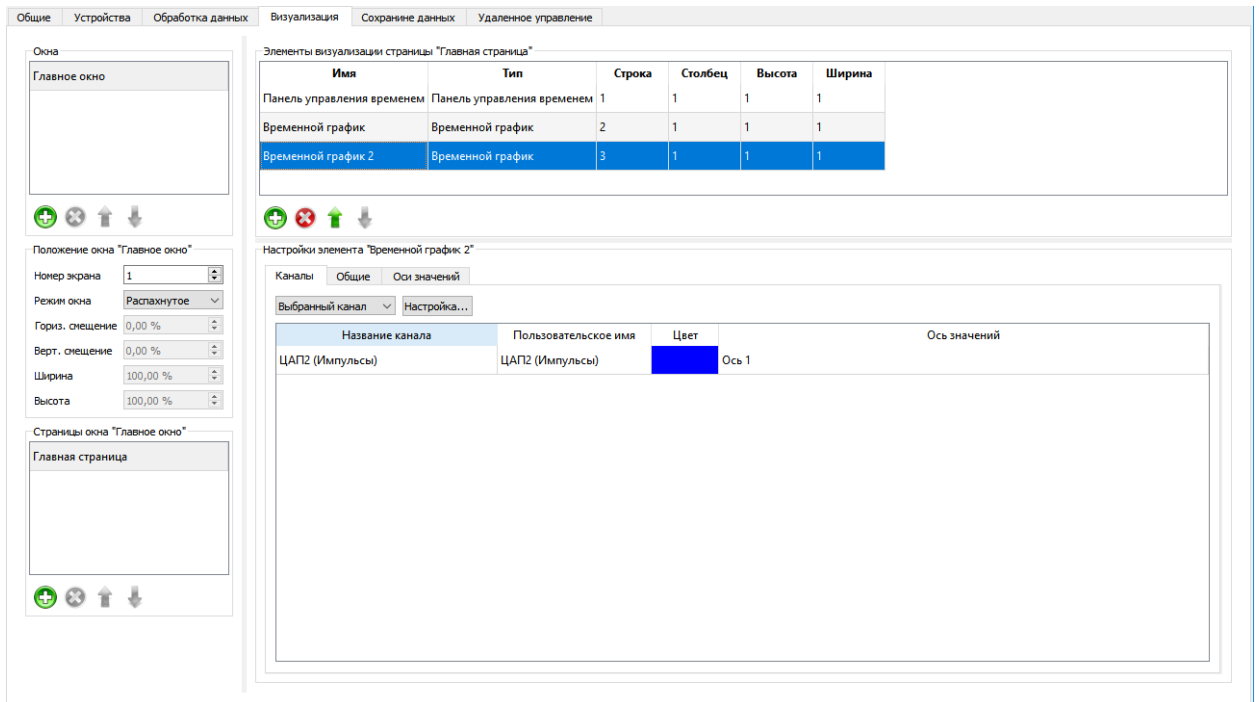


Рис. 2.110: Настройки отображения данных

Сохраняем конфигурацию с помощью кнопки “Сохранить изменения” (📁) и переходим к выполнению эксперимента, нажав “Выполнить новый эксперимент” (🏠). При запуске эксперимента на графиках отображается измеренный сигнал с помощью каналов АЦП, который соответствует генерируемым сигналам ЦАП в соответствии с настроенными параметрами сигналов в сценарии. Измерение АЦП запускается раньше начала генерации, в результате чего на графиках мы видим переход от начальных уровней к генерации заданного сигнала (рисунок 2.111).

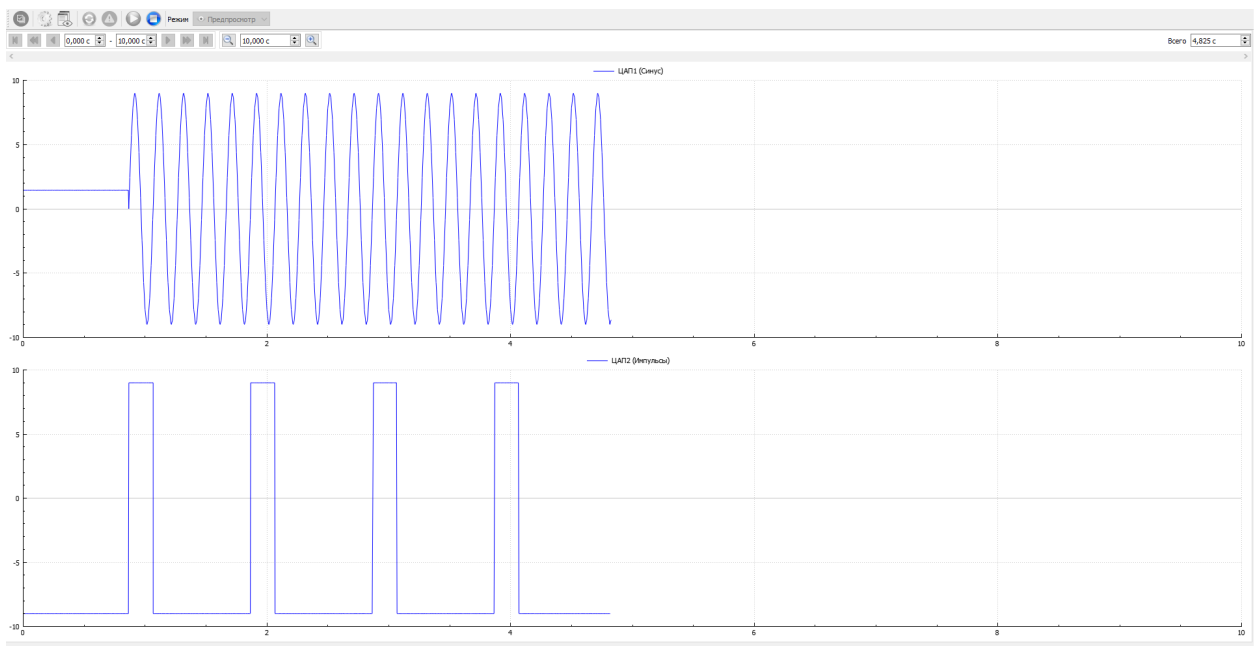


Рис. 2.111: Отображение измеряемого генерируемого сигнала

2.8 Урок 6. Синхронный старт сбора данных с нескольких модулей

2.8.1 Введение

При сборе данных с нескольких модулей АЦП, если требуется достаточно точное сопоставление по времени принятых с разных модулей данных, возникает проблема одновременного запуска сбора с разных модулей. Дело в том, что в случае, если сбор данных модулем АЦП запускается командой из программы с ПК, то невозможно обеспечить чисто программными средствами (по крайней мере, если ПК работает под управлением ОС общего назначения, такой как Windows или Linux) одновременный приход этих команд в разные модули, т.к. ОС может вносить задержки при посылке каждой команды. Кроме того, эти задержки случайны и варьируются от запуска к запуску, что может быть неприемлемо для ряда задач.

Синхронный запуск нескольких модулей может быть осуществлен несколькими способами:

- Некоторые модули (например [LTR11](#) или [E-502](#)) имеют специальный вход для подачи сигнала внешнего старта. При настройке запуска по сигналу на данном входе по команде запуска модуль не начинает сразу выполнять измерения, а переходит в режим ожидания фронта или спада сигнала на данном входе, и только при его обнаружении запускает сбор данных. Соответственно, необходимо подключить данный вход у всех модулей, которые необходимо запустить синхронно, к общему источнику сигнала старта, который нужно подать после запуска эксперимента в программе.

Для некоторых модулей (например [E-502](#)) сам модуль может быть источником данного импульса. В этом случае достаточно только соединить все входы синхронного старта необходимых модулей вместе и настроить один модуль на работу в качестве ведущего (мастера), а остальные модули на работу в качестве ведомых (подчиненных).

Преимуществом данного метода является наиболее точная синхронизация старта. Однако этот способ не является универсальным, так как возможность старта по внешнему сигналу присутствует не во всех измерительных модулях, а требуемые характеристики данного сигнала могут отличаться в зависимости от используемого модуля. Кроме того, если модуль сам не поддерживает генерацию сигнала общего старта, то необходимо использовать внешний источник данного сигнала.

- Синхронизация старта по синхрометке крейта. Данный способ может использоваться в крейтовой системе [LTR](#). При его использовании после старта сбора данных всех модулей крейт генерирует по команде синхрометку, которая вставляется в поток данных. В результате программа “**L Card Measurement Studio**” может привязать поток данных каждого модуля к общему моменту времени, соответствующему приходу данной метки. Если модули находятся в разных крейтах, то для их синхронизации крейты могут быть соединены через разъем синхронизации крейта по принципу мастер-ведомый, когда один крейт генерирует метку по команде из программы и транслирует сигнал остальным, которые уже генерируют свою метку по приходу сигнала от мастера.

Преимуществом данного способа является то, что он может использоваться для всех типов модулей крейтовой системы [LTR](#). Также в случае, если все модули

находятся в одном крейте, этот способ не требует вообще никаких внешних соединений. Недостатком же является то, что точность данного метода ограничена максимальным периодом опроса АЦП из синхронизируемых модулей, так как момент прихода синхрометки можно определить только с точностью до интервала передачи отсчетов из модуля в крейт.

В данном разделе мы рассмотрим синхронизацию старта модулей LTR по синхрометкам как в рамках одного, так и нескольких крейтов.

2.8.2 Запуск сбора для нескольких модулей без аппаратной синхронизации старта

Для начала рассмотрим запуск сбора с нескольких модулей с точки зрения соответствия времени измеренных сигналов разных модулей без синхронизации момента старта. Это позволит наглядно продемонстрировать описанную проблему и сравнить полученные результаты после использования синхронизации.

Для этого воспользуемся примером из [предыдущего урока](#), добавив еще один модуль LTR11, на первые два канала которого будет также подан сигнал с первых двух каналов ЦАП LTR34.

Переходим на страницу “Устройства” настроек сценария и нажимаем кнопку “Синхронизация списка устройств” (📁) и, аналогично тому как было описано ранее, добавляем еще один модуль LTR11, также разрешив два первых канала в его настройках. Изменим также пользовательские названия каналов. В данном примере дадим каналам первого модуля LTR11 названия “DEV1.CH1” и “DEV1.CH2”, а второго — “DEV2.CH1” и “DEV2.CH2” ([рисунок 2.112](#)).

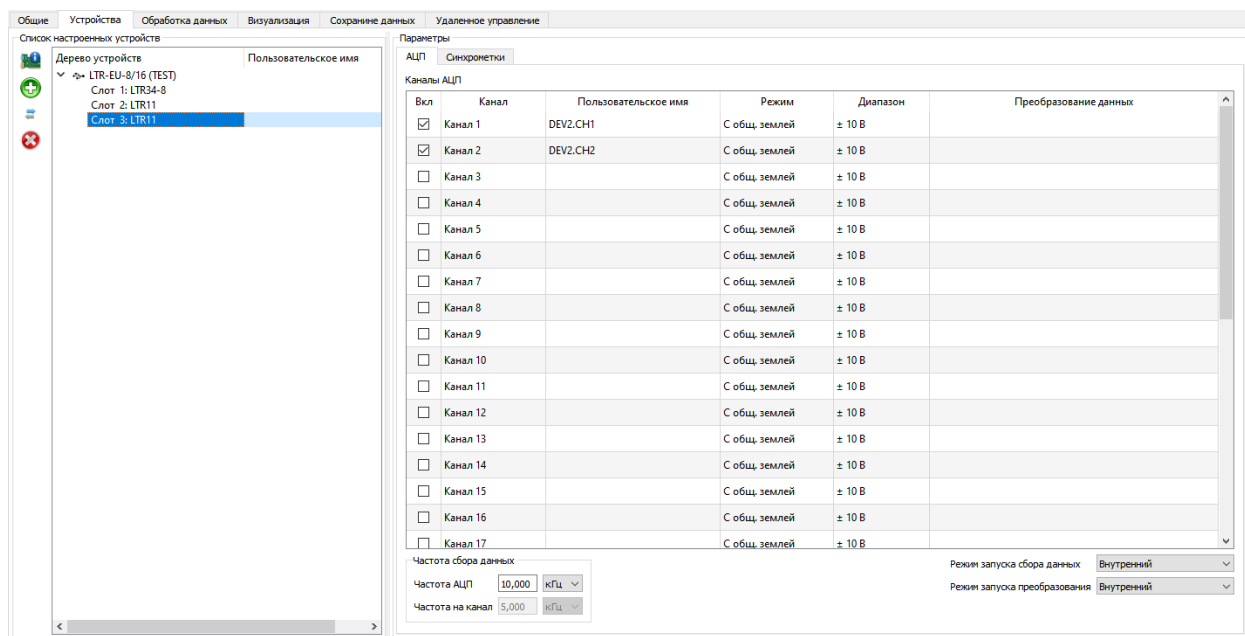


Рис. 2.112: Настройки второго модуля LTR11

На странице “Визуализация” с помощью ссылки “Выбранные каналы” назначим первому графику по первому каналу каждого модуля, а второму графику — по второму каналу ([рисунок 2.113](#)). Это позволит нам на каждом графике наглядно увидеть расхождения по времени измеренных сигналов на одних и тех же каналах разных модулей.

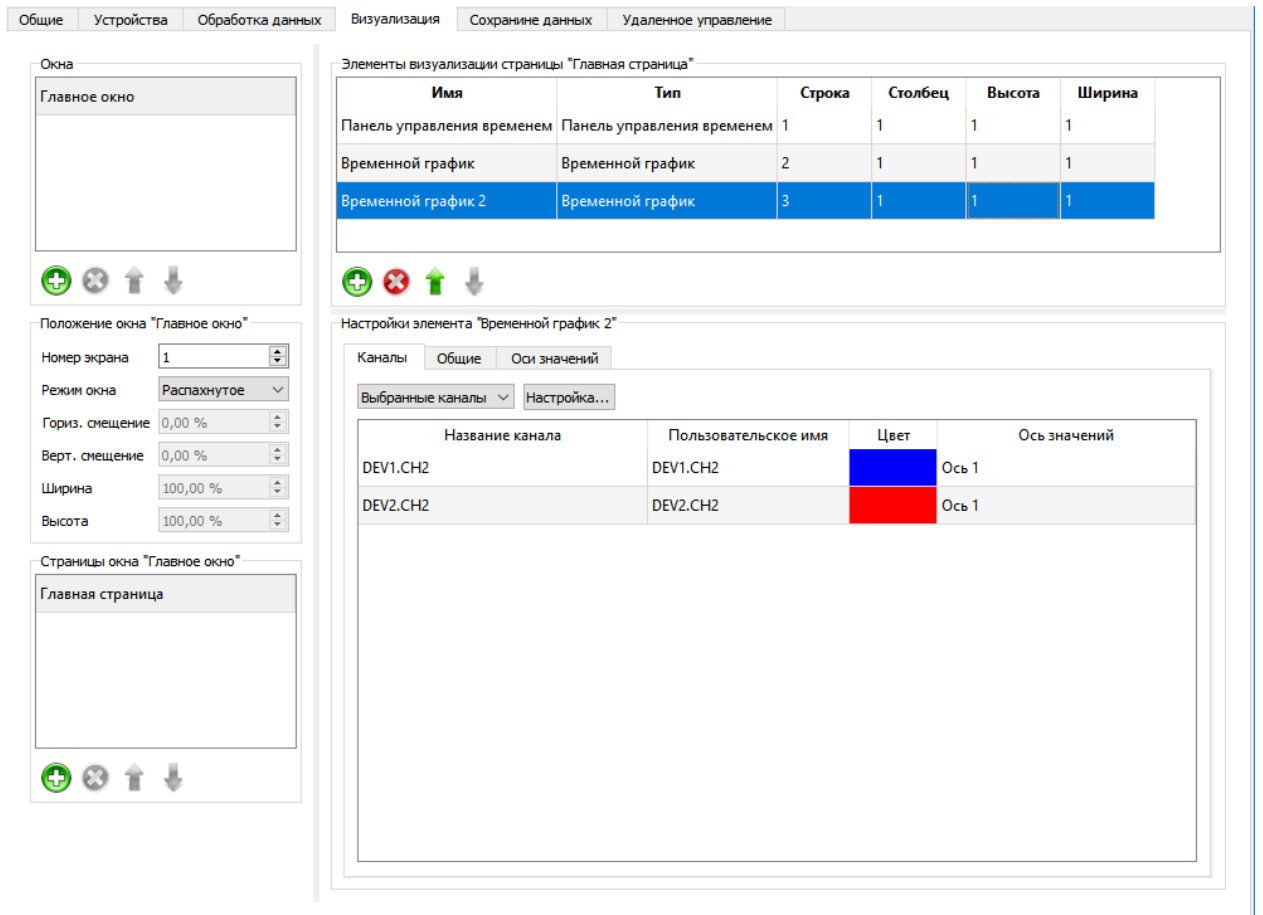


Рис. 2.113: Настройки визуализации каналов

Для различия графиков также зададим им заголовок, разрешив его отображение, на странице "Общие" настроек каждого графика (рисунок 2.114).

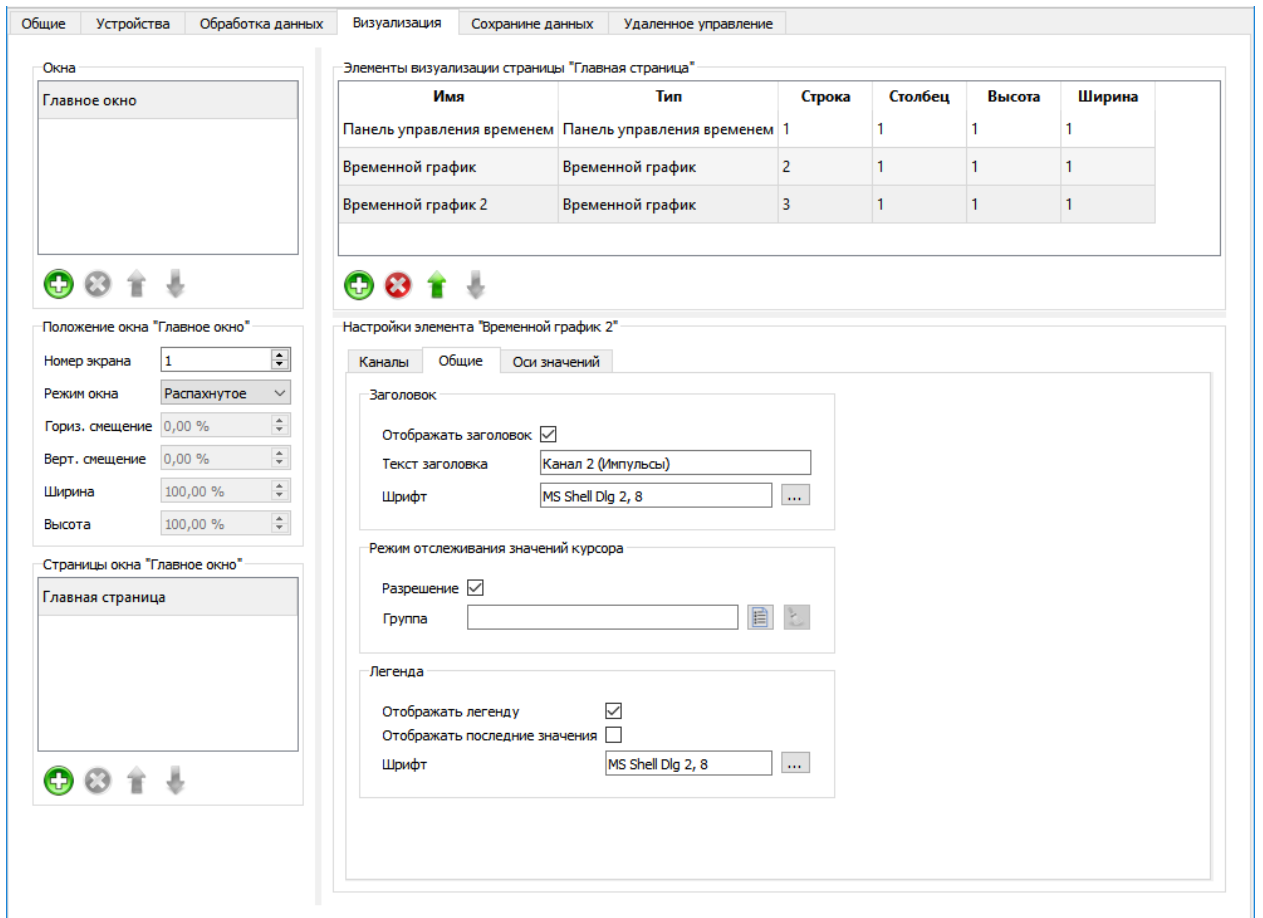


Рис. 2.114: Настройки заголовков графиков

Сохраняем конфигурацию с помощью кнопки "Сохранить изменения" (📁) и переходим к выполнению эксперимента, нажав "Выполнить новый эксперимент" (🔍).

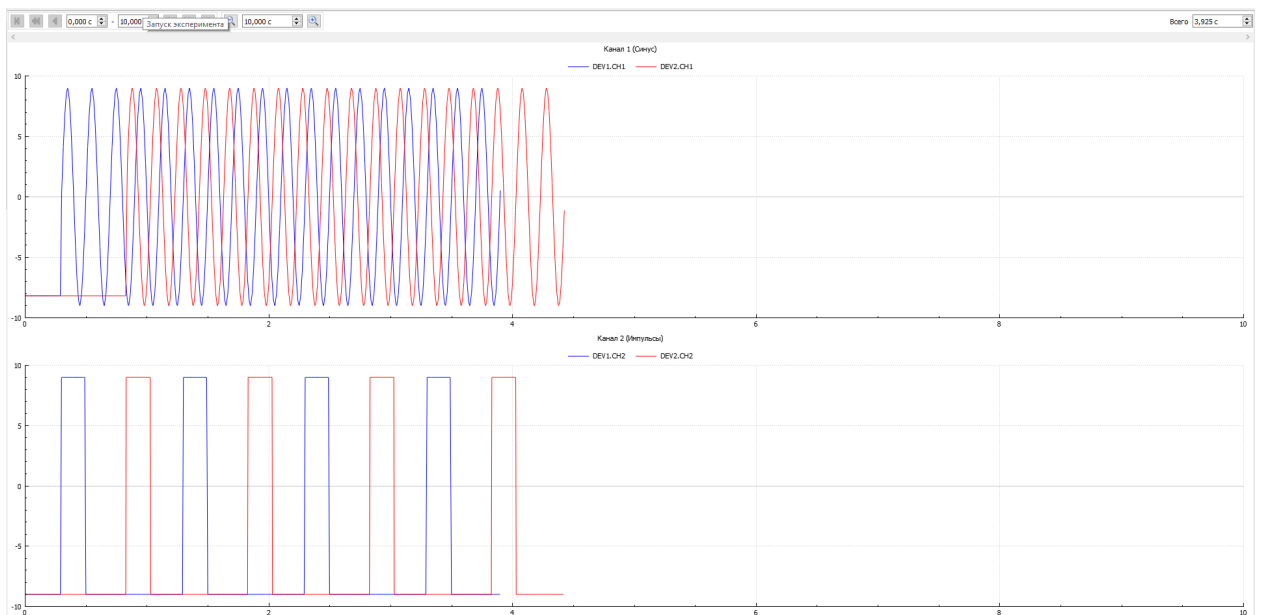


Рис. 2.115: Просмотр сигналов с двух модулей без синхронизации старта

Как мы можем убедиться (рисунок 2.115), что хотя на каждый модуль подается один и тот же сигнал и его форма соответствует действительности, но данные для каналов

разных модулей имеют существенный временной сдвиг относительно друг друга.

2.8.3 Синхронный запуск сбора для нескольких модулей одного крейта по метке СТАРТ

Для начала рассмотрим синхронизацию старта модулей, расположенных в одном крейте, с помощью синхрометки. Как уже говорилось, в этом случае нам не понадобится никаких дополнительных аппаратных подключений, только изменение настроек в программе “L Card Measurement Studio”.

Переходим на страницу “Устройства” настроек сценария и выбираем крейт в дереве устройств, в результате чего будет отображена страница настроек крейта (рисунок 2.116)

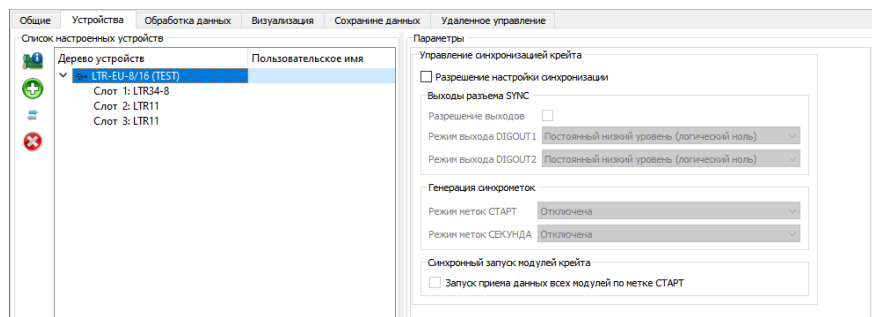


Рис. 2.116: Страница настроек синхронизации крейта

В разделе “Управление синхронизацией крейта” отмечаем “Разрешение настройки синхронизации”, в результате чего остальные параметры становятся доступны для изменения. В подразделе “Генерация синхрометок” устанавливаем параметр “Режим меток СТАРТ” равным “Однократная при старте”. После разрешения генерации метки СТАРТ становится доступной опция “Запуск приема данных всех модулей по метке СТАРТ”, которая разрешает синхронизацию для всех модулей данного крейта. Отмечаем эту опцию, на чем конфигурацию крейта можно считать законченной для данного случая (рисунок 2.117).

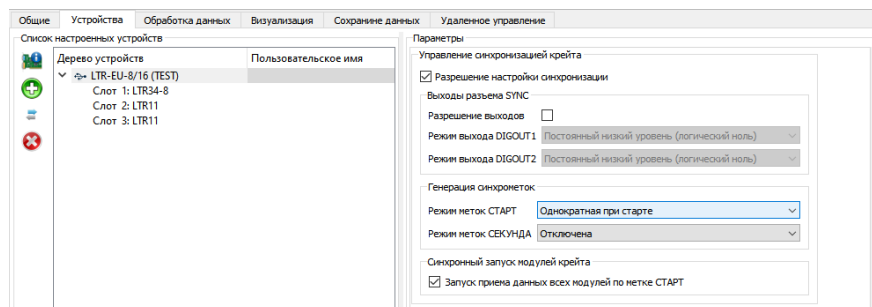


Рис. 2.117: Настройка генерации метки СТАРТ для синхронизации старта модулей одного крейта

Следует отметить также, что у каждого модуля, для которого реализована возможность работы с метками, есть своя страница настроек “Синхрометки”. Перейдем на эту страницу для одного из модулей LTR11 (рисунок 2.118).

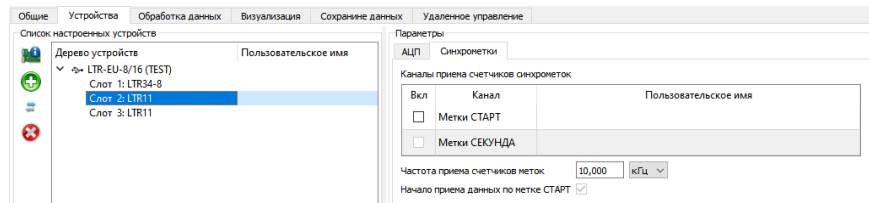


Рис. 2.118: Страница настроек приема синхрометок модуля LTR11

Верхняя часть также состоит из настроек специальных каналов, данные которых соответствуют значениям счетчиков синхрометок для каждого принятого измерения от модуля. Данное разрешение никак не требуется для синхронизации старта и в данном примере мы можем не разрешать данные каналы. В текущей версии программы данные каналы могут использоваться только для записи данных со счетчиками в файл (для чего требуется также разрешение записи данных этих каналов на странице *“Сохранение данных”* настроек сценария), в результате чего эти значения можно использовать в сторонней программе, анализирующей записанные данные. Однако в следующих версиях программы возможности по использованию меток будут расширены.

Следует отметить, что для разрешения каналов доступны только каналы меток, генерация которых разрешена в настройках самого крейта. Всего в крейтовой системе LTR используется два типа меток: СТАРТ и СЕКУНДА. Мы настроили только генерацию метки СТАРТ, поэтому канал с метками СЕКУНДА не доступен.

Отображаемая *“Частота приема счетчиков меток”* определяет частоту следования отсчетов со значением счетчиков меток для этих каналов и также определяет по сути точность привязки момента прихода стартовой метки при синхронизации старта. Эта частота определяется настройками АЦП и не может быть изменена вручную.

Так как в настройках крейта уже включена синхронизация всех модулей по метке, то данный параметр на странице модуля уже принудительно отмечен.

Таким образом, для данного примера нам не требуется изменение каких-либо настроек на данной странице.

Снова запускаем выполнение эксперимента. Как можно увидеть графики сигналов с разных модулей теперь совпадают по времени (рисунок 2.119).

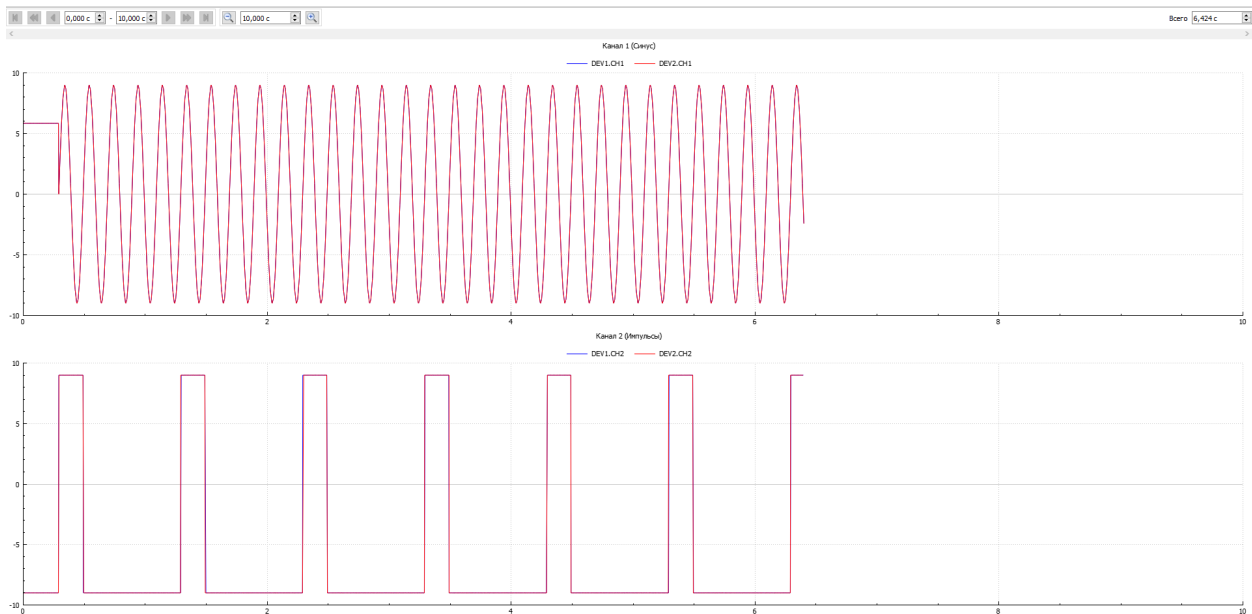


Рис. 2.119: Просмотр сигналов с двух модулей с синхронизацией старта по синхрометкам

Для проверки точности совпадения мы можем увеличить момент фронта импульса при просмотре записанного сигнала (рисунок 2.120). Длительность фронта каждого сигнала соответствует одному периоду дискретизации канала. Так как модуль LTR11 является модулем с коммутацией каналов, то частота АЦП делится между всеми каналами и при использовании двух каналов в два раза больше частоты каждого канала (а период опроса АЦП в два раза меньше периода дискретизации каждого канала). Соответственно, расхождение на графике составило половину времени фронта, т.е. точно один период опроса АЦП. При разных запусках графики могут либо точно совпасть, либо может быть сдвиг на то же время в другую сторону.

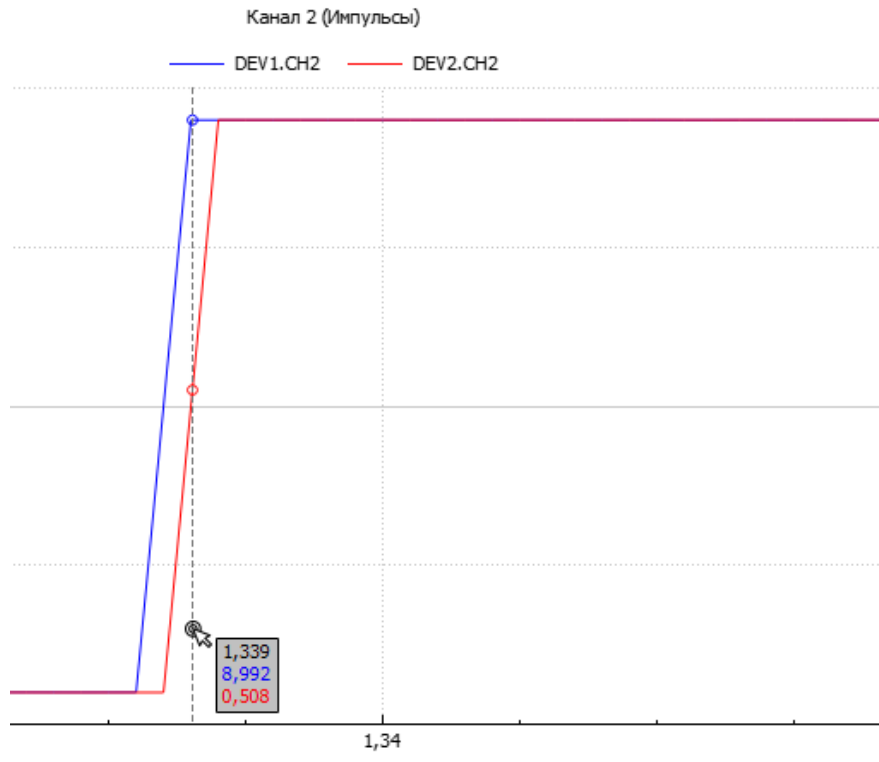


Рис. 2.120: Сравнение момента фронта сигнала разных модулей

2.8.4 Синхронный запуск сбора для модулей из разных крейтов по стартовой метке

Для синхронизации запуска модулей из разных крейтов по метке необходимо выполнить соответствующие соединения для разъемов синхронизации (SYNC) крейтов. Данный разъем крейта имеет два выхода (DIGOUT1 и DIGOUT2), которые могут использоваться в том числе и для генерации импульсов при возникновении меток заданного типа, а также два входа (DIGIN1 и DIGIN2), которые могут использоваться для генерации нужных меток по фронту или спаду сигнала на данных входах. Таким образом для синхронизации генерации меток разных крейтов нужно соединить выходы DIGOUT одного крейта (мастера) с входами DIGIN другого (подчиненного). Также необходимо выполнить соединение земли (GND). Если необходимо синхронизировать только момент старта и будет использован только один тип меток, то достаточно соединить лишь один из выходов DIGOUT с одним из входов DIGIN.

При синхронизации более двух крейтов можно использовать как топологию звезда, когда выходы одного крейта соединяются со входами всех подчиненных, так и последовательную цепочку крейтов, где разъем SYNC каждого крейта в цепочке, за исключением первого и последнего, используется как для приема сигналов генерации меток от предыдущего крейта, так и для их трансляции следующему.

Также для данной цели может использоваться стандартный кабель [RS-485/422-UART](#) (по кабелю на каждый крейт). Преимуществом данного кабеля является то, что в нем реализована гальваническая развязка линий и крейты остаются гальванически не связанными, а также реализовано преобразование уровней сигнала в соответствии со стандартом RS-485, который обеспечивает передачу сигналов на сотни метров. Недостатком же является то, что данный кабель может использоваться для трансляции только одного типа меток, так как выход DIGOUT2 в нем используется для разрешения

передачи, а вход DIGIN2 не подключен.

Так как в данном примере мы используем только метку СТАРТ для реализации синхронного старта модулей, то мы можем воспользоваться данным кабелем. Для этого необходимо иметь два таких кабеля (по одному на крейт). Необходимо соединить контакты 5 и 6 разъема DB-25F кабеля, который будет подключен к мастеру, с контактами 8 и 7 разъема DB-25F кабеля, предназначенного для подключения к подчиненному крейту, соответственно (подключение нагрузочных резисторов в данном документе не рассматривается). После этого можно подключить кабели к разъемам SYNC соответствующих крейтов при выключенном питании крейта.

После подключения второго крейта к ПК необходимо изменить список устройств в настройках сценария, для чего снова переходим в диалог синхронизации устройств, нажав кнопку “Синхронизация списка устройств” (🔄) на странице “Устройства” настроек сценария (рисунок 2.121).

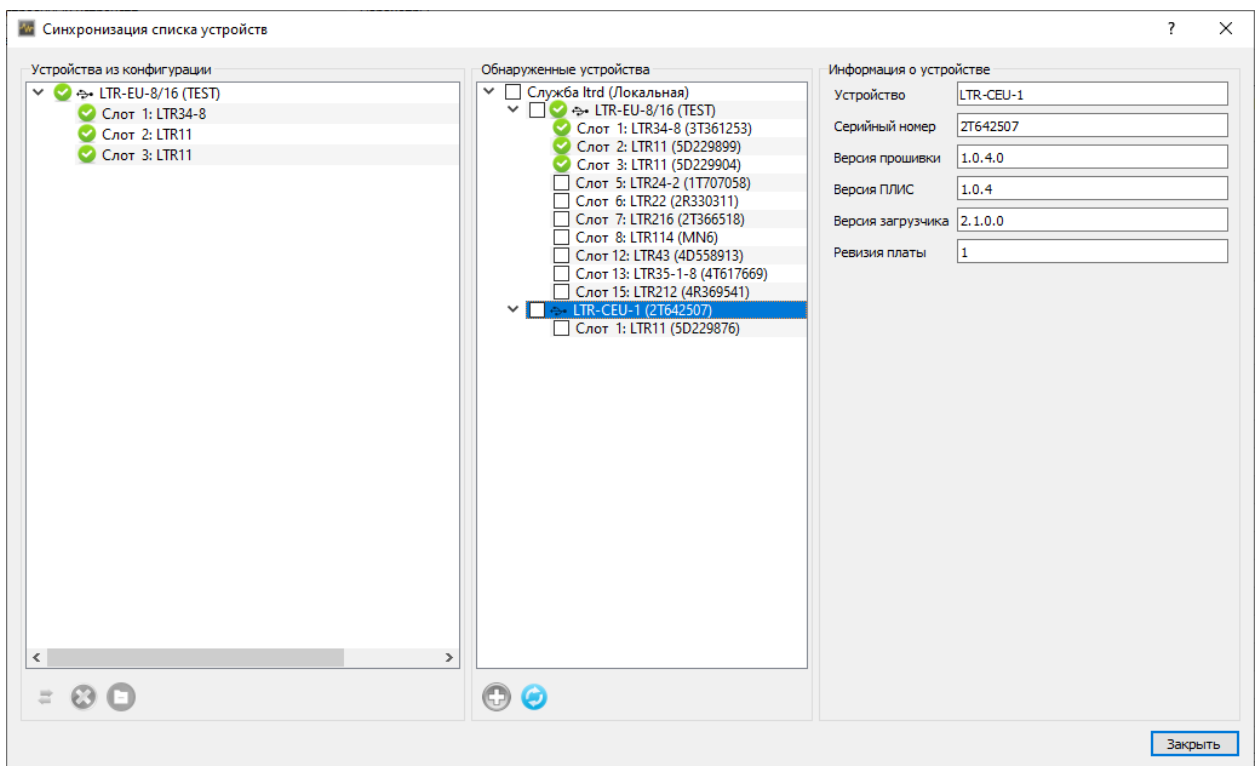


Рис. 2.121: Список обнаруженных модулей при нескольких крейтах

В нашем случае мы хотим использовать модуль **LTR11** из второго крейта в качестве второго модуля для сравнения. Следует отметить, что если мы хотим только изменить, какому подключенному модулю будет соответствовать наше устройство в конфигурации, не меняя остальных настроек, то мы можем изменить ссылку на устройство для выбранного устройства в конфигурации вместо того, чтобы удалять устройство и добавлять новое с последующей его повторной настройкой. Это возможно только если замена происходит на модуль того же типа.

Для смены ссылки на устройство нажимаем правой кнопкой мыши на устройство в дереве устройств из конфигурации и выбираем пункт “Изменить ссылку на устройство...” (рисунок 2.122).

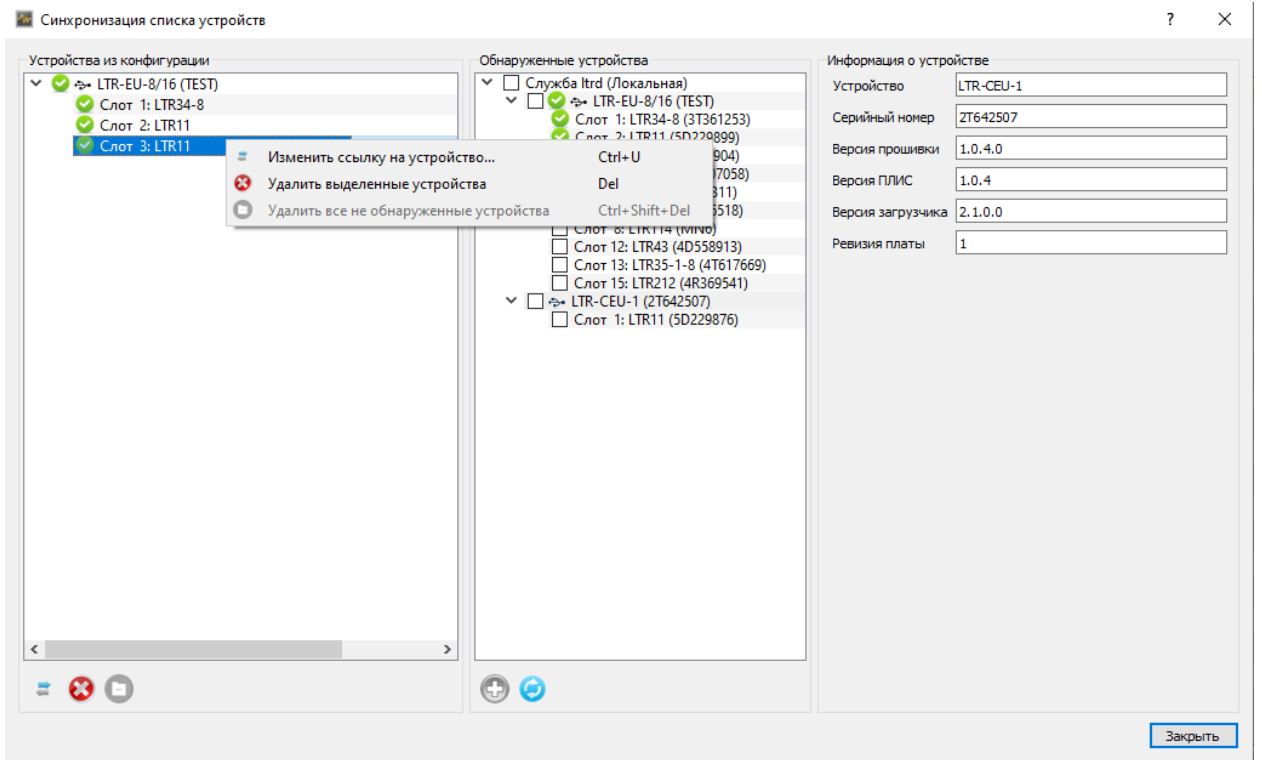


Рис. 2.122: Изменение ссылки на модуль из меню

В открывшемся диалоге (рисунок 2.123) нам будет предложено выбрать новое устройство из подходящих обнаруженных (текущее выбранное устройство и все устройства того же типа, не использующиеся еще в нашей конфигурации).

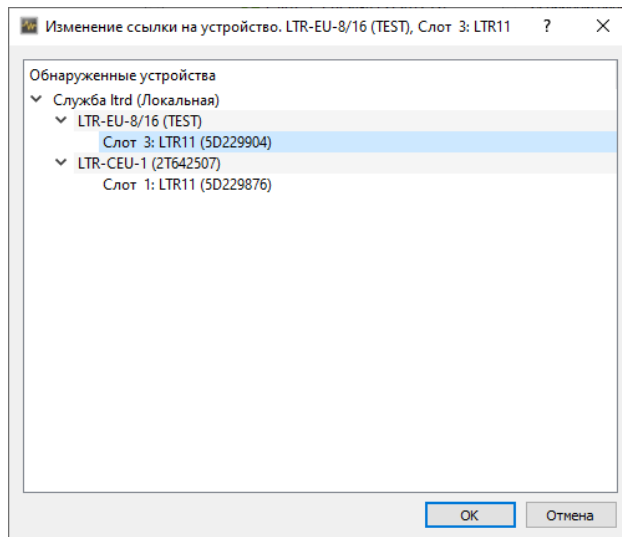


Рис. 2.123: Диалог изменения ссылки на модуль

Выбираем нужный нам модуль **LTR11** из второго крейта и нажимаем “OK”. Так как в конфигурации еще нет крейта, которому принадлежит новый модуль, то будет выведено сообщение о том, что его необходимо также добавить в конфигурацию для продолжения операции (рисунок 2.124). Подтверждаем добавление нажатием кнопки “Да”.

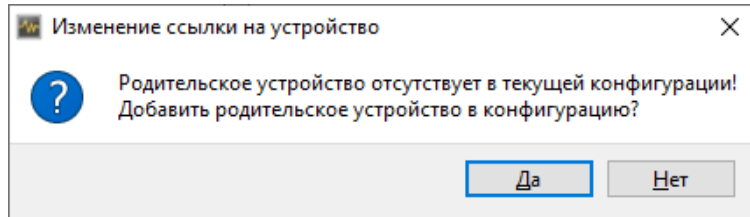


Рис. 2.124: Предупреждение о добавлении крейта для завершения операции

В результате ранее используемый модуль **LTR11** будет заменен на новый с добавлением нового крейта (рисунок 2.125). Нажимаем “Закрывать” для завершения добавления и возврата к настройкам сценария.

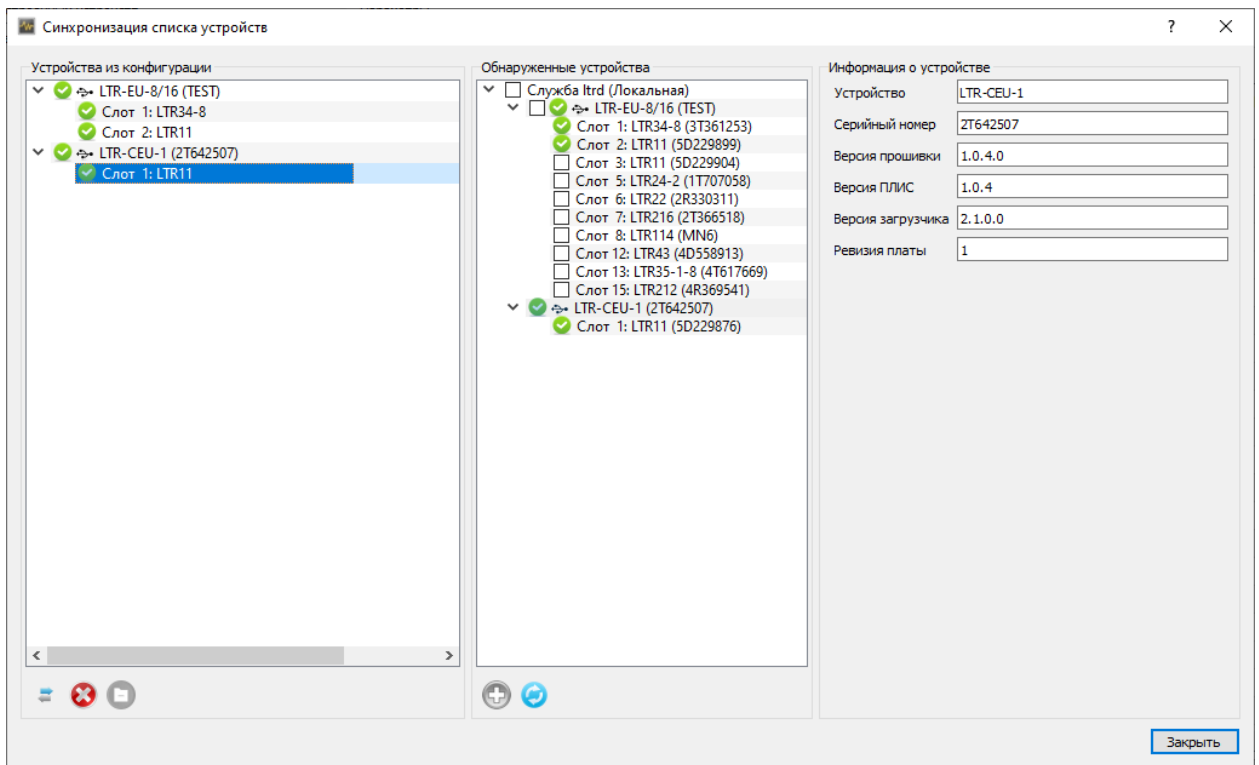


Рис. 2.125: Полученный список модулей конфигурации после изменения ссылки

Как мы можем убедиться, настройки модуля полностью сохранились (рисунок 2.126), как и сохранилось назначение его каналов графикам. Т.е. с точки зрения нашей конфигурации данное устройство осталось тем же устройством, только поменялась его привязка к реальному модулю.

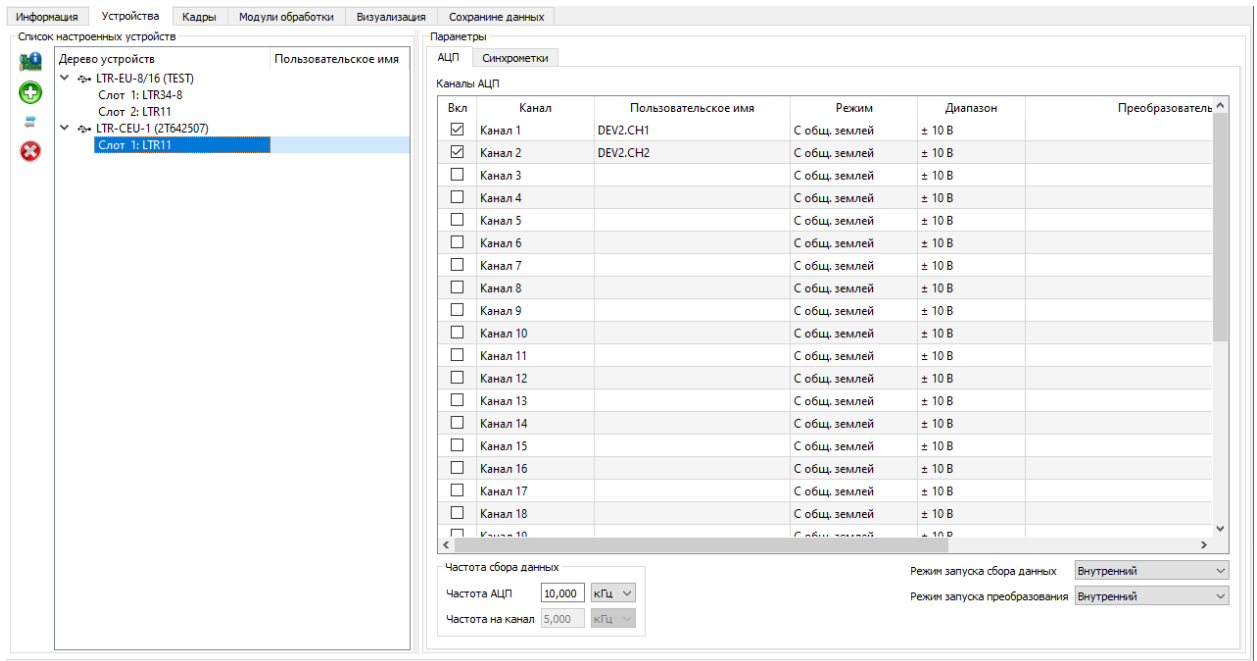


Рис. 2.126: Страница настройки модуля второго крейта

Далее нам нужно соответствующим образом изменить настройки генерации меток крейтов. Пусть мастером в нашем случае будет первый крейт (LTR-EU-8/16). Переходим на его страницу настроек. Нам необходимо выполнить настройку его выходов DIGOUT для трансляции импульсов по метке СТАРТ второму крейту. Изначально выходы DIGOUT находятся в третьем состоянии. Для их разрешения отмечаем “*Разрешение выходов*” в подразделе “*Выходы развема SYNC*”, в результате чего становятся доступны настройки режимов каждого выхода. Для выхода DIGOUT1 выбираем режим “*Трансляция метки СТАРТ*” для передачи импульса по метке старт подчиненному. Для выхода DIGOUT2 выбираем “*Постоянный высокий уровень (логическая единица)*”, так как в используемом нами кабеле RS-485/422-UART этот выход используется для разрешения передачи, а в нашем случае она всегда должна быть разрешена.

Режим генерации меток СТАРТ и синхронный запуск модулей уже были настроены в предыдущем разделе.

В результате настройки крейта будут выглядеть так, как показано на [рисунке 2.127](#)

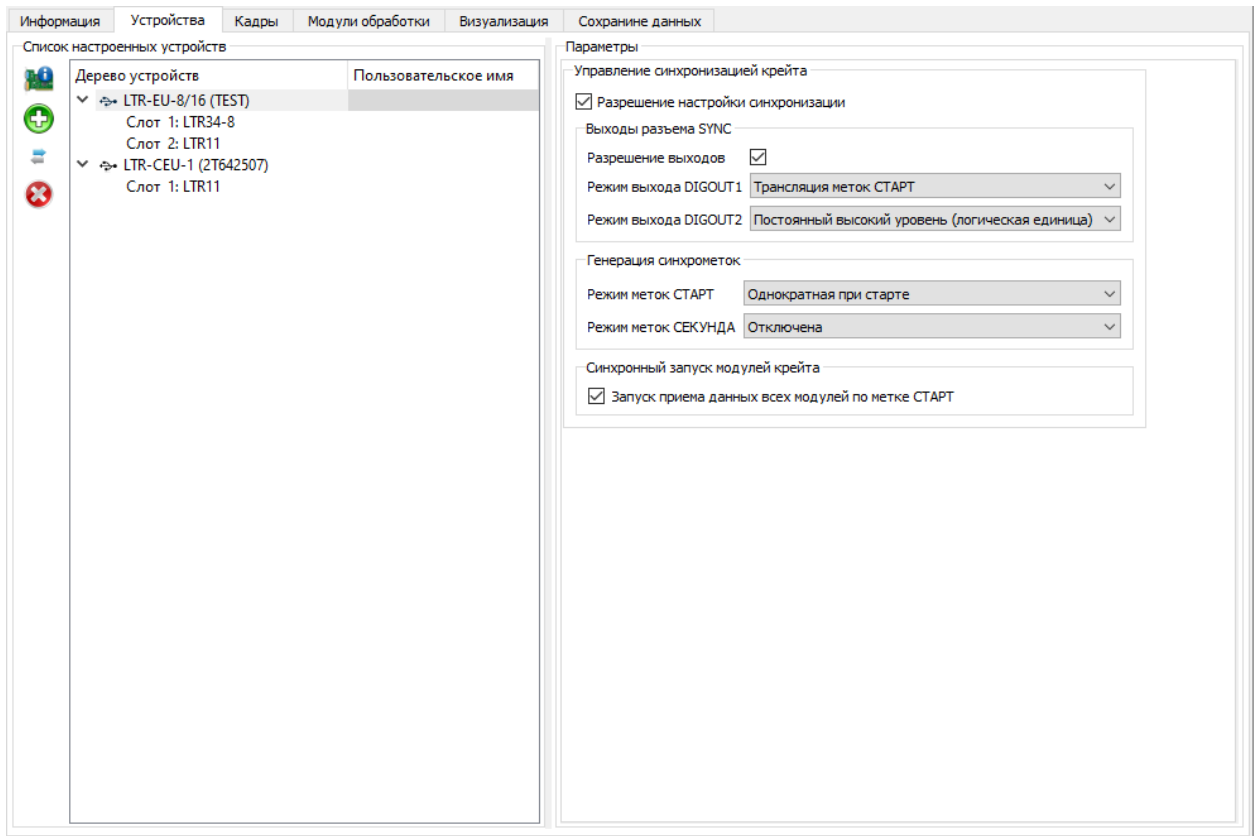


Рис. 2.127: Настройки трансляции синхрометки СТАРТ для крейта мастера

Переходим к настройкам подчиненного крейта и разрешаем его настройки синхронизации. Для него не требуется настройка выходов DIGOUT, так как он не транслирует состояние меток внешним устройствам. Для подчиненного крейта нужно включить генерацию меток по соответствующему сигналу от ведущего крейта, а не по команде с ПК. Для этого в качестве режима меток СТАРТ в подразделе “Генерация синхрометок” выбираем “По фронту сигнала на входе DIGIN1”. Также включаем синхронизацию начала приема данных всех модулей по метке СТАРТ. В результате настройки подчиненного будут выглядеть так, как показано на [рисунке 2.128](#).

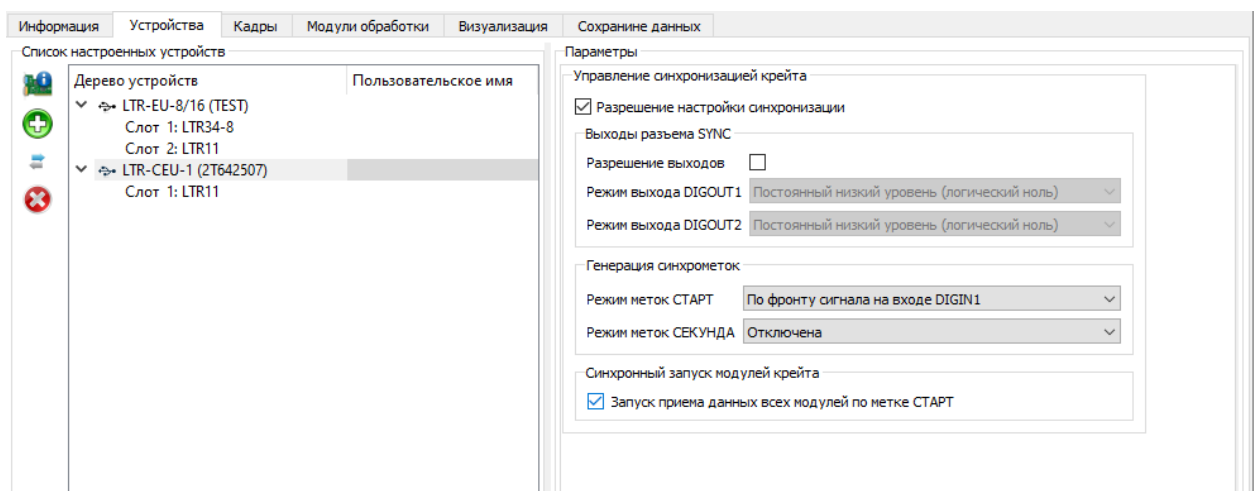


Рис. 2.128: Настройки приема синхрометки СТАРТА для подчиненного крейта

В случае соединения нескольких крейтов по цепочке для крейтов в середине цепоч-

ки потребовалось бы одновременно настраивать и генерацию меток по фронту DIGIN1 и выдачу сигнала на выходы DIGOUT. Для этого в качестве режима DIGOUT1 можно использовать “Трансляция состояния входа DIGIN1” для передачи принятого сигнала следующему крейту. Режим DIGOUT2 при использовании кабеля [RS-485/422-UART](#) также должен быть настроен на постоянный высокий уровень для разрешения передачи.

После завершения настройки мы можем запустить сбор данных и убедиться, что картина будет полностью соответствовать полученной при синхронном запуске модулей одного керита.

2.9 Урок 7. Особые случаи настройки используемых устройств

В данном разделе будут рассмотрены специальные случаи добавления устройств в конфигурацию, требующие дополнительной ручной настройки.

2.9.1 Использование удаленной службы `ltrd`

Все взаимодействие с крейтами и модулями крейтовой системы [LTR](#) осуществляется через вспомогательную службу `ltrd`, назначение которой подробнее описано в документе “Начиная работать с крейтовой системой [LTR](#). Вопросы по программному обеспечению”. Как правило эта служба устанавливается на ту же машину, на которой будет запущена пользовательская программа сбора данных.

Однако пользовательская программа может работать также со службой `ltrd`, запущенной на другой машине, доступной по сети Ethernet. Это может быть полезно в некоторых конфигурациях, например:

- Крейты [LTR](#) в такой конфигурации могут быть подключены к удаленным компьютерам по USB, что в частности позволяет использовать большую скорость передачи данных крейтов по USB по сравнению со 100 Мбит/с Ethernet, используемым в крейтах. В то же время соединение с удаленным ПК может осуществляться по 1 Гбит/с Ethernet.
- Использование удаленной машины со службой `ltrd` вместо подключения к крейтам напрямую по Ethernet может обеспечивать более надежную работу в случае потерь данных или кратковременной загруженности канала передачи данных. Это достигается за счет использования большего объема памяти машины со службой `ltrd` под буферизацию данных (размер буфера может быть настроен) по сравнению с крейтами, где размер памяти сильно ограничен.
- Возможна работа с разными модулями [LTR](#) из разных программ, запущенных на разных машинах. Хотя с конкретным модулем [LTR](#) может одновременно работать только одна пользовательская программа, с каждым отдельным модулем [LTR](#) может работать отдельная программа, даже если они находятся в одном крейте. При этом управление всем крейтом может выполняться только через одну службу `ltrd`, в которой установлено соединение с крейтом. Таким образом, при работе из разных программ с разными модулями одного крейта возможность использования удаленной службы в этих программах позволяет каждой отдельной программе быть запущенной на своей отдельной машине.

Программа “**L Card Measurement Studio**” позволяет работать одновременно с произвольным числом крейтов, которые могут быть доступны через произвольное число служб **ltrd**.

При обнаружении подключенных устройств “**L Card Measurement Studio**” автоматически подключается к запущенной на той же машине службе **ltrd** и получает от нее список подключенных крейтов и модулей. Для работы же с крейтами через удаленную службу **ltrd** необходимо выполнить дополнительную ручную настройку, чтобы программа “**L Card Measurement Studio**” знала, к каким удаленным службам и каким образом следует подключиться для работы с крейтами.

Создадим новый сценарий эксперимента и перейдем на страницу “*Устройства*” настроек сценария. Служба **ltrd** может быть добавлена в дерево устройств как некое виртуальное устройство, аналогично остальным устройствам, за исключением того, что добавление удаленной службы может выполняться только вручную. Для этого необходимо нажать кнопку “*Добавить устройство*” (+) на панели слева от дерева устройств и в открывшемся диалоге в качестве устройства выбрать “*Служба ltrd*” (рисунок 2.129).

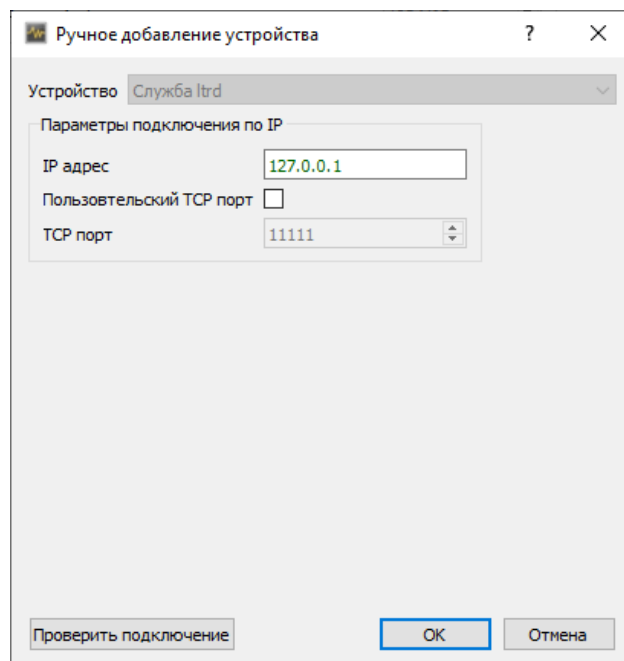


Рис. 2.129: Добавление явной ссылки на локальную службу **ltrd**

В диалоге добавления службы должны быть указаны параметры подключения к службе: IP адрес машины, на которой запущена служба **ltrd**, а также TCP порт для подключения к службе. В большинстве случаев используется TCP порт по умолчанию (11111), но есть возможность и явно задать отличный порт, например для случая, если машина с удаленным **ltrd** находится в другой сети за NAT и в маршрутизаторе настроен проброс портов для доступа к этой машине.

В данном уроке рассмотрим одновременную работу с локальной службой и с одной удаленной службой. Хотя мы можем не добавлять явно локальную службу в дерево устройств, тем не менее при работе с несколькими службами это может быть полезно для более наглядной организации дерева устройств, поэтому в данном уроке добавим обе записи.

Для добавления локальной службы ее IP адрес должен быть равен 127.0.0.1. Вводим его в поле “*IP адрес*” и нажимаем “*Ок*”. В результате в список устройств будет добавлена запись, соответствующая данной службе (рисунок 2.130).

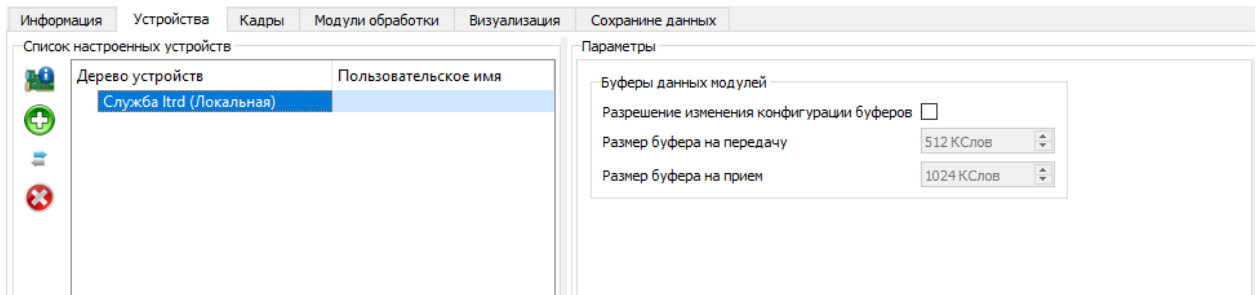


Рис. 2.130: Список устройств после добавления ссылки на локальную службу ltrd

В настройках службы возможно изменить размер буферов, выделяемых службой под данные для каждого отдельного модуля (размер одинаковый для всех модулей). От этого размера зависит максимальное время, на которое может быть задержана передача из-за проблем со связью или потери пакетов, без возникновения потерь данных из-за переполнения буфера. Т.е. увеличение размера может быть полезно при нестабильной связи с машиной с удаленной службой **ltrd**. Если опция разрешена, то **“L Card Measurement Studio”** настраивает размер буфера перед началом эксперимента, иначе – не изменяет текущие настройки службы. Эту же настройку можно выполнить и из программы **LTR Manager**. В текущем примере оставим эти настройки в отключенном состоянии.

Для добавления удаленной службы снова нажимаем *“Добавить устройство”* (+) и вводим IP-адрес машины, на которой запущена служба (для примера взят адрес 192.168.12.97) (рисунок 2.131).

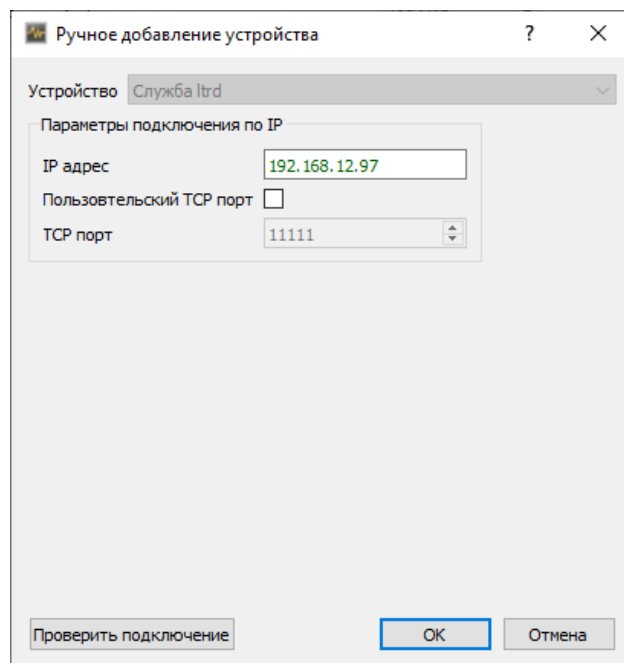


Рис. 2.131: Добавление ссылки на удаленную службу ltrd

После ввода параметров подключения можно воспользоваться кнопкой *“Проверить подключение”*, чтобы сразу убедиться, что параметры настроены верно. При нажатии **“L Card Measurement Studio”** попытается установить соединение со службой по введенным параметрам и при удаче отобразит сообщение об успешном завершении проверки (рисунок 2.132).

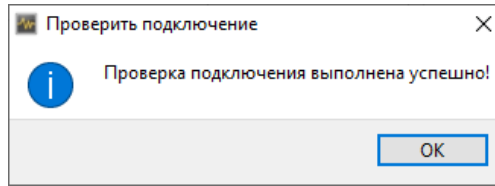


Рис. 2.132: Сообщение об успешном завершении проверки подключения

После нажатия “OK” в диалоге добавления устройства запись удаленной службы будет также добавлена в конфигурацию сценария. При этом у удаленной службы указан ее IP адрес и иконка подключения по сети (рисунок 2.133).

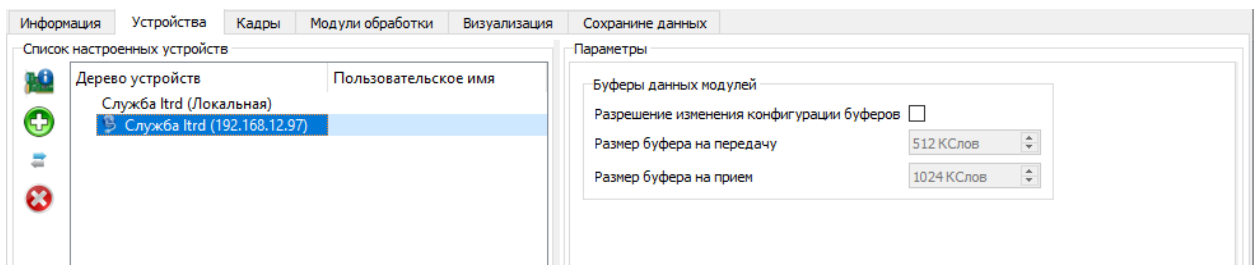


Рис. 2.133: Список устройств после добавления ссылок на несколько служб ltrd

Дальнейшее добавление крейтов и модулей осуществляется таким же образом, как и в предыдущих уроках при работе только с локальной службой.

Для выбора устройств для добавления в конфигурацию сценария программа “**L Card Measurement Studio**” может на основе добавленных записях о используемых службах **ltrd** сама обнаружить все модули и крейты, доступные через эти службы. Для получения списка обнаруженных устройств нажимаем на кнопку “Синхронизация списка устройств” (🔄), в результате в диалоге синхронизации будут отображены все обнаруженные крейты и модули, доступные через службы из конфигурации сценария, при этом крейты будут отображаться в дереве как дочерние элементы соответствующей службы (рисунок 2.134). В данном случае к локальной машине подключен по USB крейт **LTR-EU-16**, а к удаленной — крейт **LTR-CEU-1**.

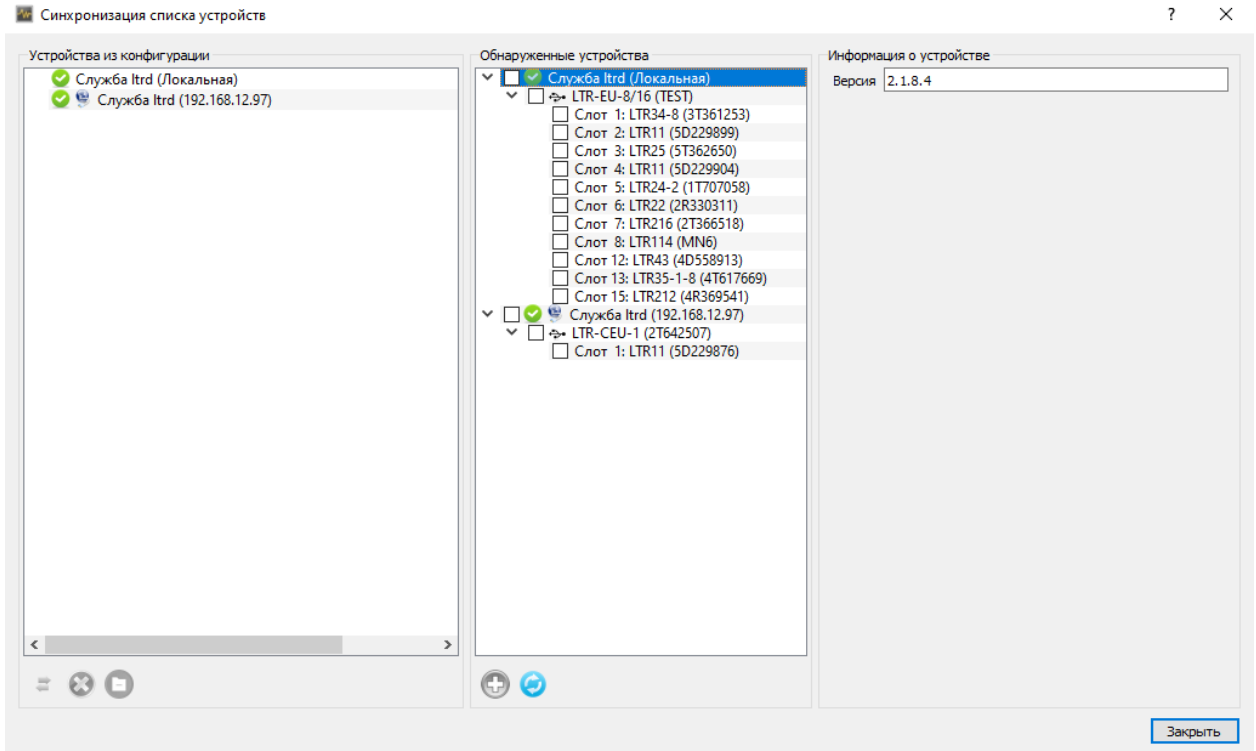


Рис. 2.134: Список обнаруженных устройств для нескольких служб ltrd

Отмечаем в дереве обнаруженных устройств нужные модули (рисунок 2.135). Для примера будем использовать по одному модулю **LTR11** из каждого крейта.

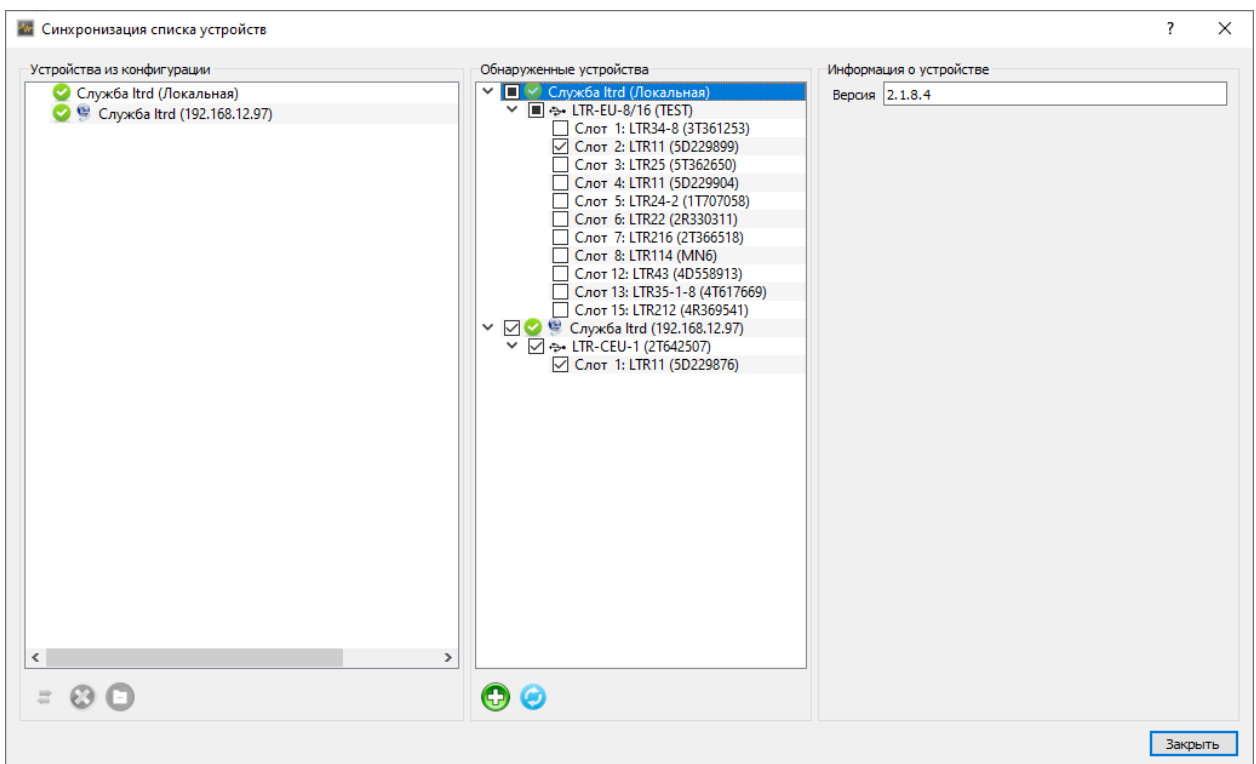


Рис. 2.135: Выбор устройств для добавления из разных служб ltrd

Нажимаем кнопку “Добавить отмеченные обнаруженные устройства” (+), в результате чего выбранные модули и их крейты окажутся в дереве устройств конфи-

гурации. При этом крейты также будут отображены как дочерние элементы записей соответствующих служб **ltrd** (рисунок 2.136).

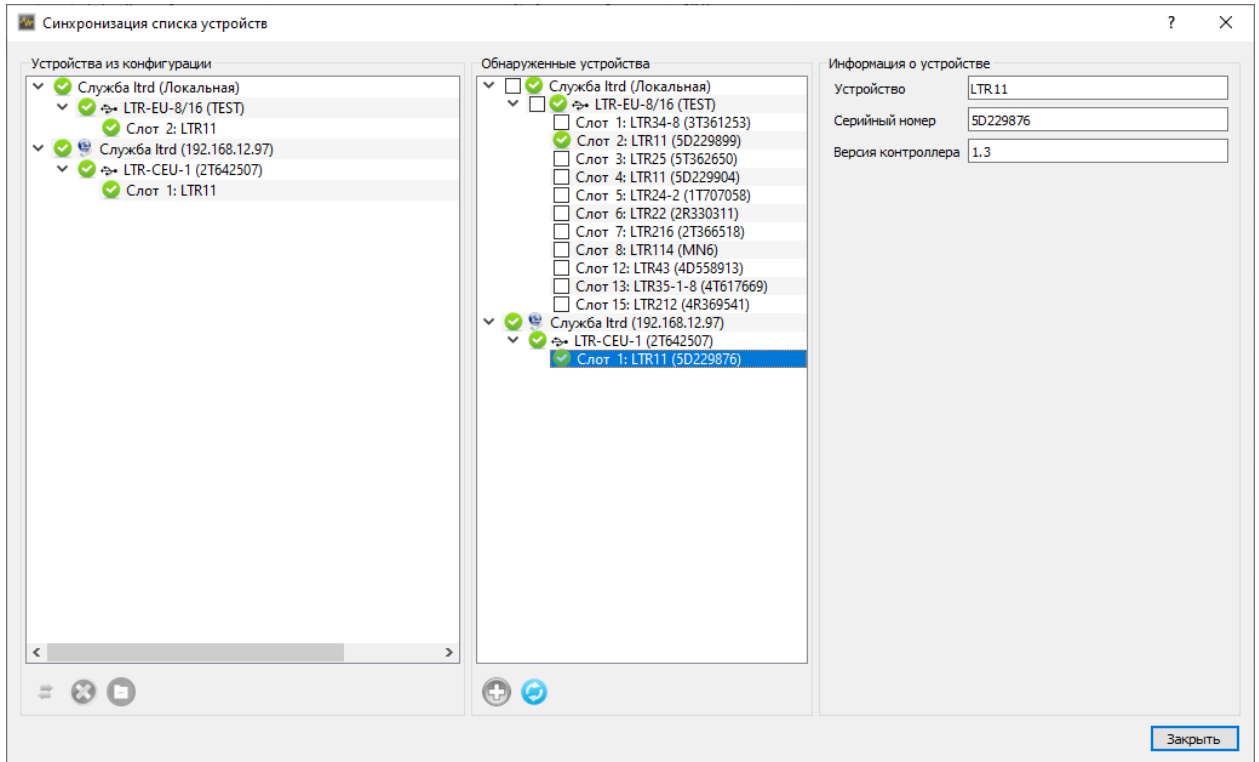


Рис. 2.136: Завершение добавления устройств из разных служб **ltrd**

Следует отметить, что если бы локальная служба не была бы явно добавлена в дерево устройств из конфигурации сценария, то крейты, относящиеся к локальной службе, были бы добавлены без явной привязке к службе **ltrd** в корень дерева устройств, как это уже было в предыдущих уроках.

Закрываем диалог синхронизации, нажав кнопку “Заккрыть”, и возвращаемся на страницу “Устройства” настроек сценария (рисунок 2.137).

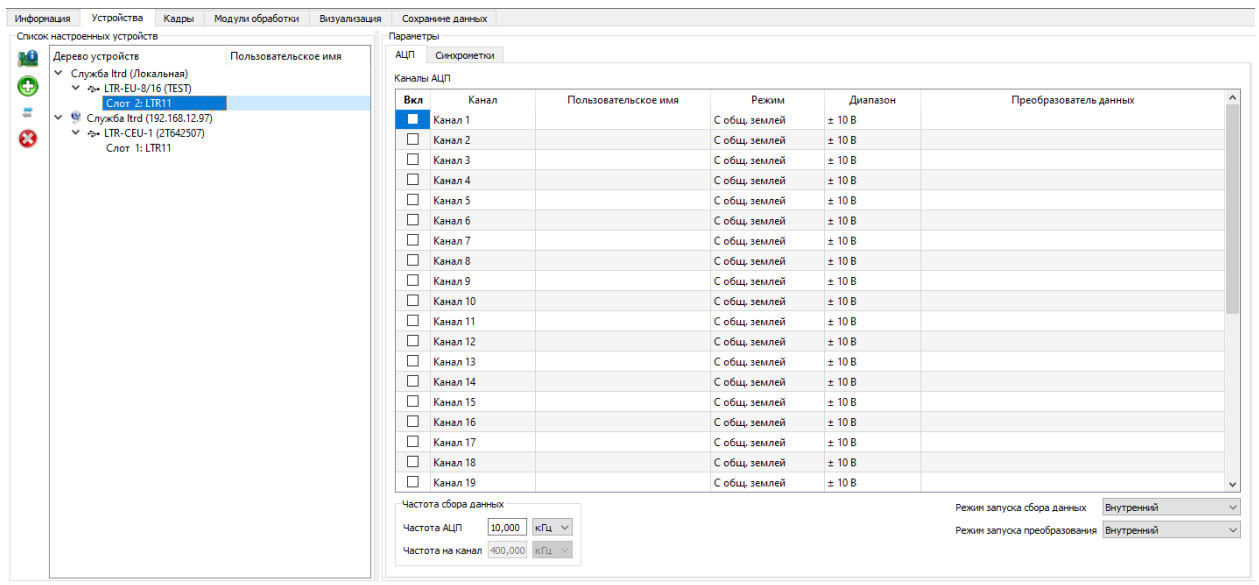


Рис. 2.137: Список устройств конфигурации после добавления модулей

Дальнейшая настройка сценария ничем не отличается от настройки при использо-

вании локальной службы. Для примера разрешим в каждом модуле по одному каналу и дадим им пользовательские имена “local.U1” для канала LTR11, доступного через локальную службу (рисунок 2.138), и “remote.U1” для канала LTR11, доступного через удаленную службу (рисунок 2.139).

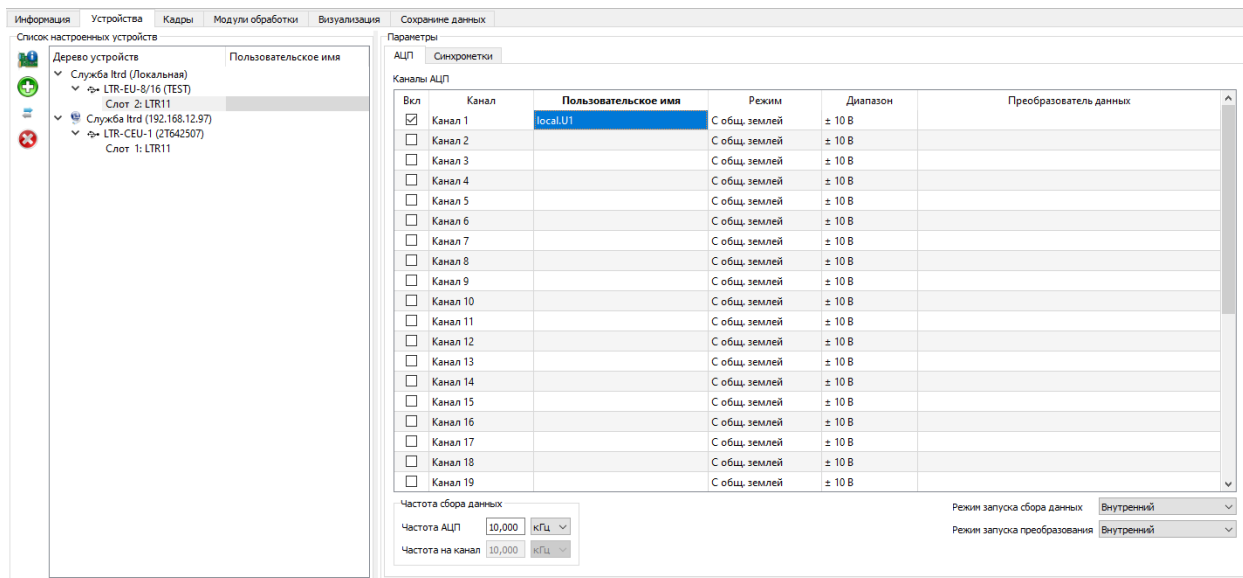


Рис. 2.138: Настройки модуля локальной службы ltrd

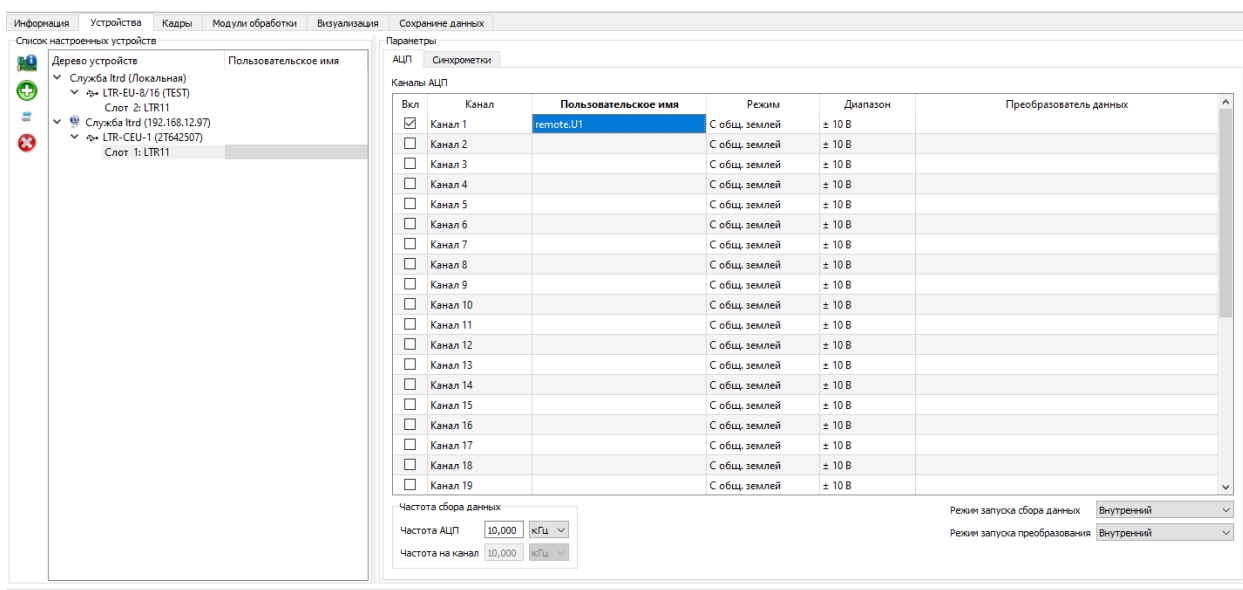


Рис. 2.139: Настройки модуля удаленной службы ltrd

Перейдем на страницу “Визуализация” настроек сценария, где создадим второй график и каждому графику назначим свой канал для отображения. Обратим внимание, что в диалоге выбора каналов в полном пути источника указывается не только название крейта, но и службы ltrd, через которую он доступен (рисунок 2.140).

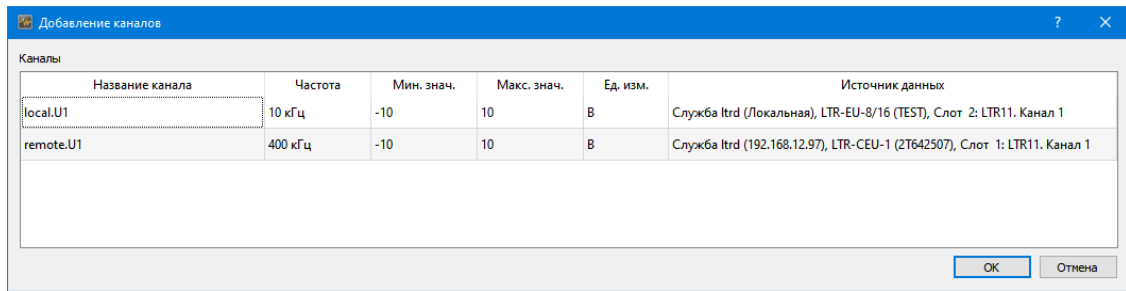


Рис. 2.140: Выбор каналов при наличии модулей из разных служб ltrd

В результате настройки визуализации примера будут выглядеть, как показано на рисунке 2.141.

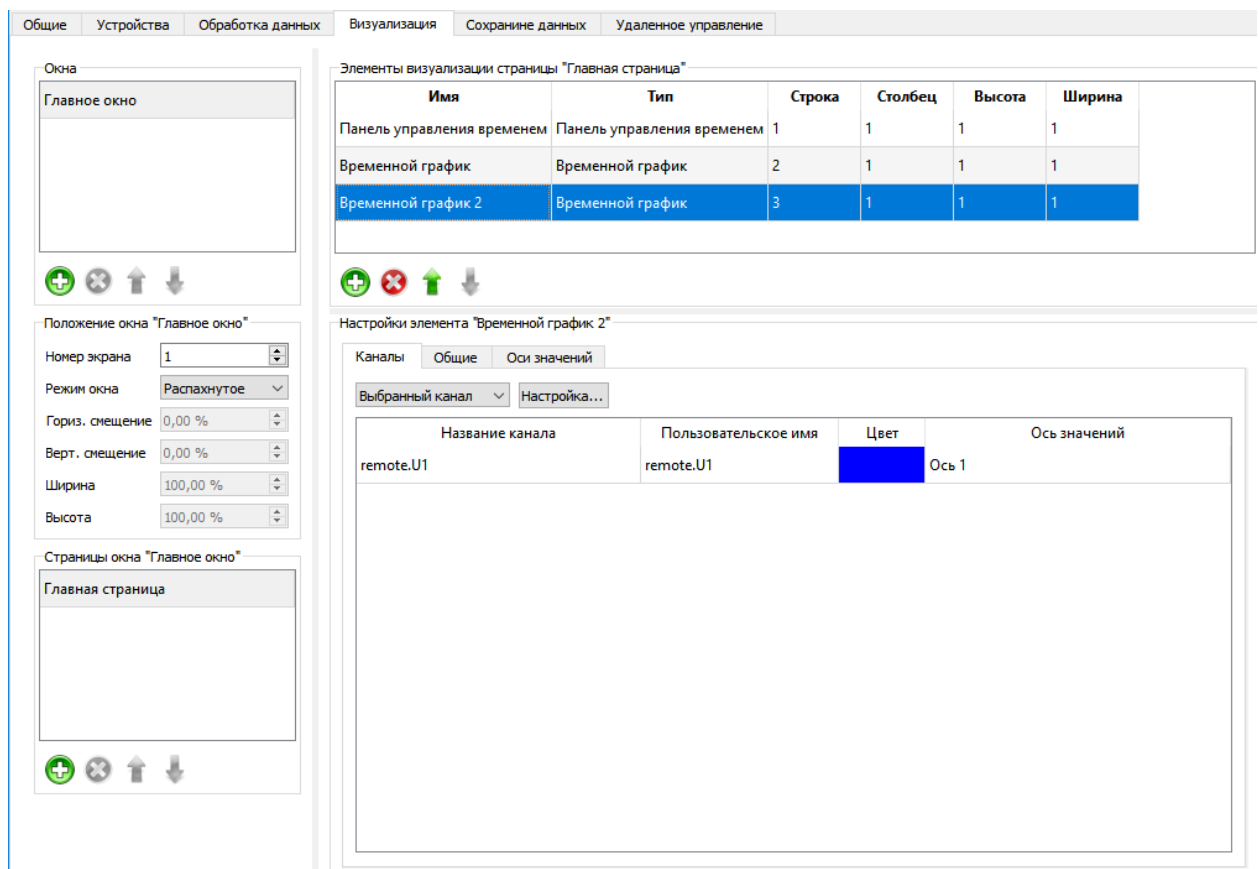


Рис. 2.141: Настройки визуализации

Конфигурация примера закончена и можно переходить к выполнению эксперимента обычным способом.

2.9.2 Подключение модуля E-502 по сети

2.9.2.1 Сетевые настройки модуля

Для работы с модулем E-502 по Ethernet необходимо сперва выполнить однократно настройку параметров данного интерфейса в модуле. Для этого необходимо изначально подключить модуль по USB и запустить программу X502Studio (<https://www.lcard.ru/download/x502studio.zip>) для изменения сетевых настроек (в дальнейшем планируется перенос этого функционала также непосредственно в "L Card

Measurement Studio”).

В списке устройств программы **X502Studio** нажимаем правой кнопкой мыши по требуемому устройству и выбираем “Изменить настройки интерфейса...” (рисунок 2.142).

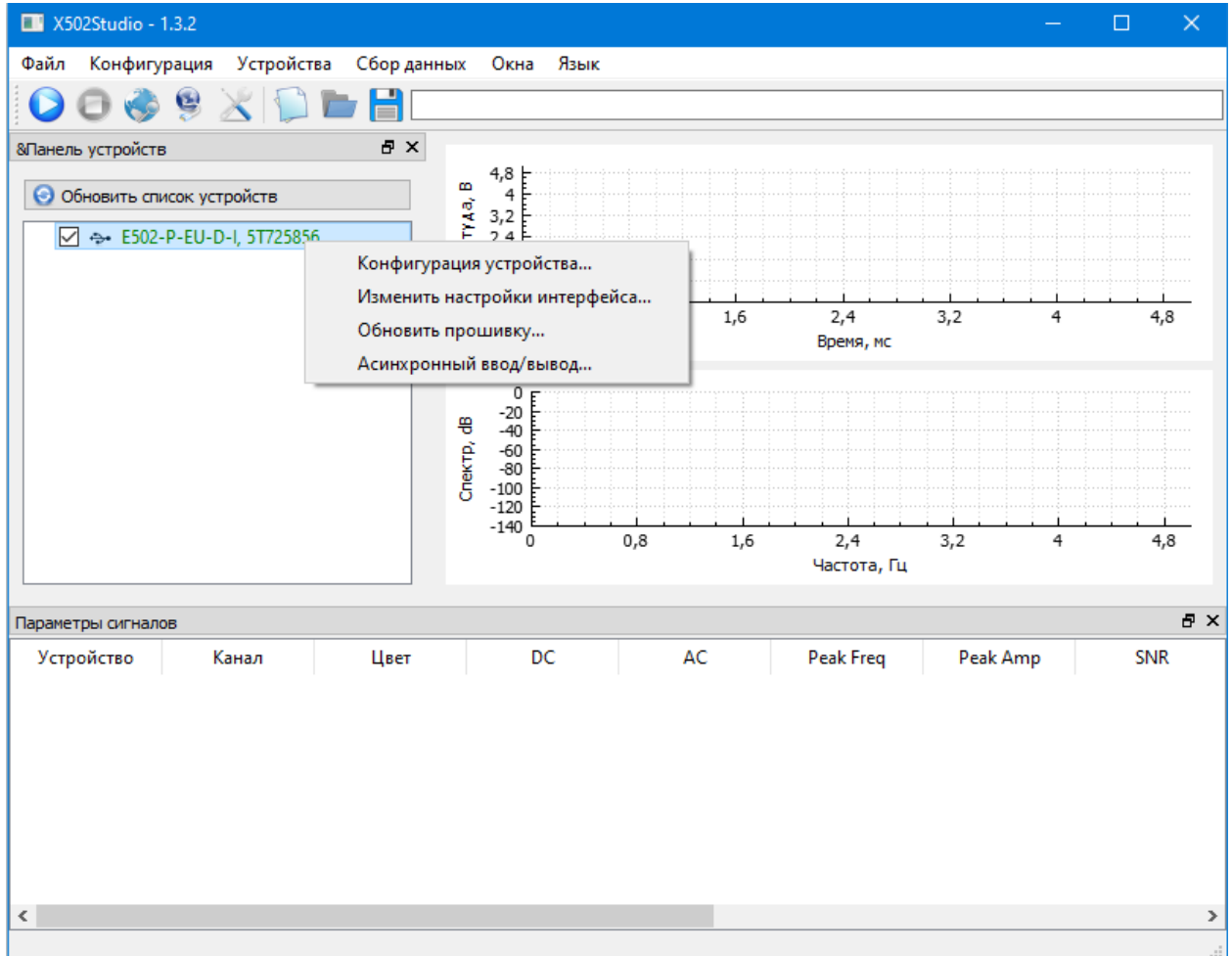


Рис. 2.142: Выбор в меню **X502Studio** настроек интерфейса модуля

Откроется диалог изменения настроек сетевого интерфейса модуля. Текущие настройки модуля будут считаны и отображены в полях диалогового окна. Необходимо отметить “Разрешение интерфейса Ethernet”, а также заполнить настройки получения IP-параметров.

Существует два варианта настройки получения IP-параметров модуля:

- Использовать автоматическое получение IP-адреса. В этом случае при наличии DHCP-сервера в локальной сети модуль получает IP-адрес у DHCP-сервера. Если же DHCP-сервер не обнаружен, модуль выбирает себе случайный адрес, действительный только в локальной сети, из специально предназначенной для этого подсети (169.254.x.x). Последний вариант может использоваться в том числе и при подключении модуля напрямую к ПК. При этом у сетевого интерфейса ПК также должно быть настроено автоматическое получение адреса и должно быть не более одного разрешенного интерфейса с разрешением автоматического получения адреса без DHCP-сервера в сети. При автоматическом получении IP-адрес модуля заранее не известен клиенту и может изменяться от запуска к запуску. Для подключения можно использовать заданное уникальное сетевое имя модуля

и возможность определения модулей в локальной сети. В данном режиме пользователю не требуется следить за уникальностью IP-адресов в сети.

- Использование фиксированного IP-адреса. В этом случае при подключении модуля в локальную сеть администратором сети должен быть выделен фиксированный адрес для этого модуля и администратор сети должен гарантировать, что этот адрес не будет использоваться другими устройствами. При подключении модуля напрямую к ПК пользователь сам должен настроить фиксированный IP-адрес для сетевого интерфейса ПК. При данном варианте настроек, так как IP-адрес фиксированный и заранее известен, возможно подключение к модулю по этому адресу, однако остается возможным и подключение по сетевому имени в локальной сети.

Рассмотрим оба варианта сетевых настроек и оба варианта добавления модуля в сценарий эксперимента.

2.9.2.2 Подключение по сетевому имени при автоматическом получении IP-адреса

В диалоговом окне настроек интерфейса модуля программы **X502Studio** отмечаем *“Получение IP-параметров автоматически”*. Поля *“IP-Адрес устройства”*, *“Маска подсети”* и *“Шлюз”* при этом не имеют значения. Также зададим осмысленное сетевое имя для устройства, для примера — *“LMS-TEST”*. Результирующий диалог с заполненными настройками изображен на [рисунке 2.143](#).

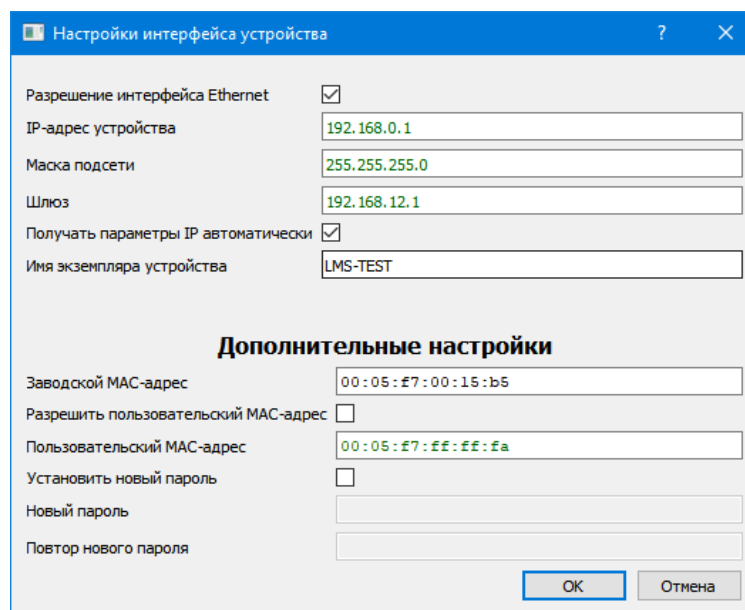


Рис. 2.143: Сетевые настройки модуля при автоматическом получении адреса

При нажатии *“OK”* программа запросит ввод пароля для смены настроек. Если пароль не был установлен, то можно оставить поле пароля пустым. После записи настроек подключаем модуль либо в локальную сеть, либо к ПК напрямую. В примере подразумевается, что получение адреса ПК также выполняется автоматически.

Запускаем программу **“L Card Measurement Studio”** и создаем новый сценарий. Переходим в диалог синхронизации списка устройств ([рисунок 2.144](#)). Автоматически обнаруженный модуль в локальной сети будет отображаться в списке обнаруженных устройств, аналогично подключенным устройствам по USB. При этом в тексте записи об устройстве указывается также его сетевое имя.

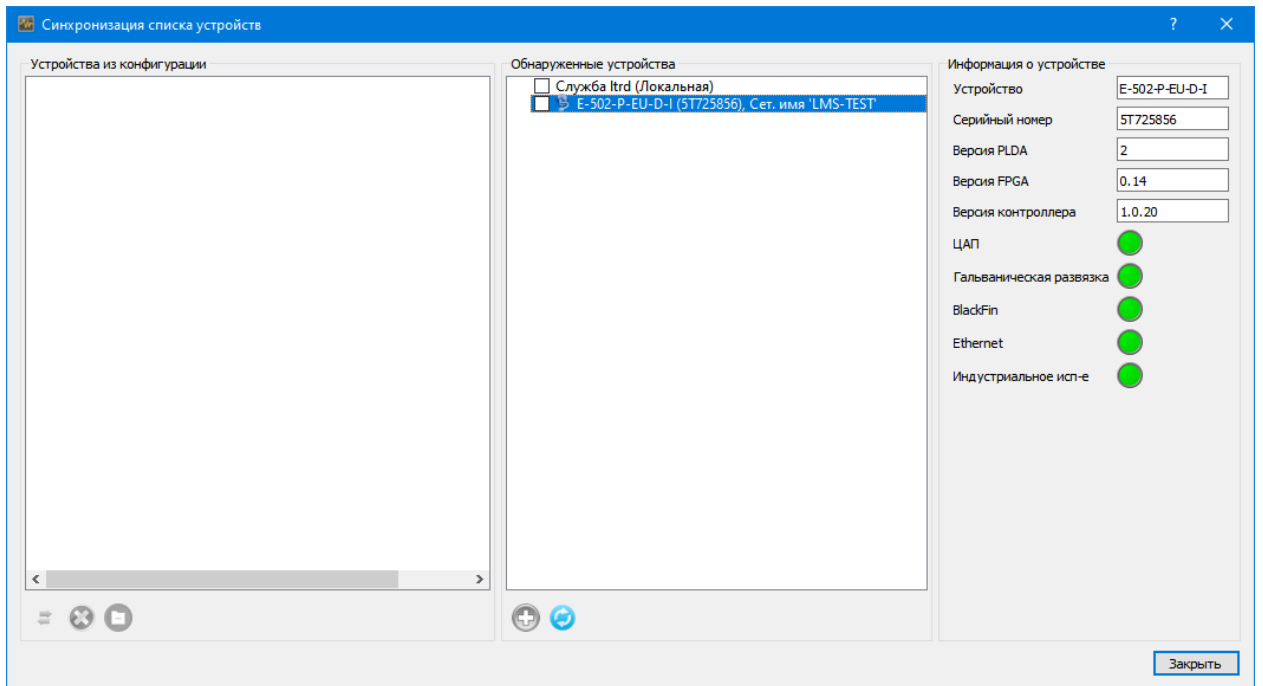


Рис. 2.144: Подключение модуля E-502 по сетевому имени

Как и с прошлых уроках отмечаем найденный модуль **E-502** и добавляем в конфигурацию. В результате модуль появится на странице устройств сценария с указанием используемого сетевого имени для подключения ([рисунки 2.145](#)).

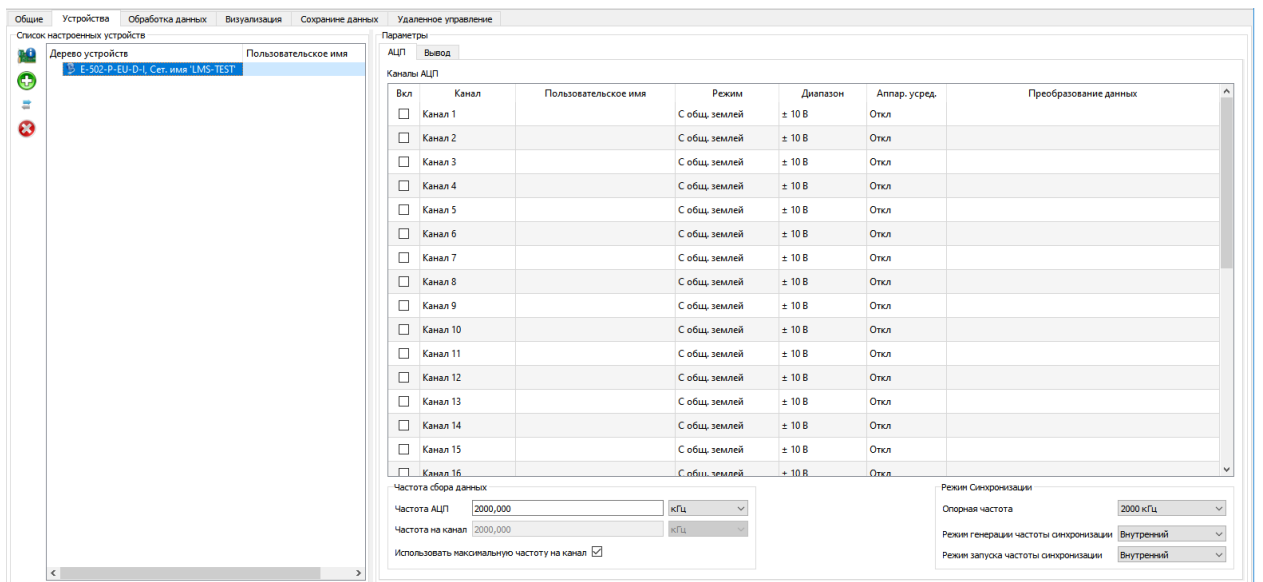


Рис. 2.145: Устройства сценария после добавления модуля E-502 по сетевому имени

Дальнейшая настройка сценария выполняется таким же образом, как и в других уроках.

2.9.2.3 Подключение по фиксированному IP-адресу

Для использования фиксированного IP-адреса необходимо выполнить настройку адреса как в самом модуле, так и в параметрах сетевого адаптера ПК. Адреса модуля и ПК должны быть разные, но принадлежать одной подсети. При использовании маски

подсети 255.255.255.0 первые три числа в IP-адресе определяют подсеть и должны быть одинаковы, а последнее четвертое число определяет адрес устройства в сети и должно быть уникальным для каждого подключаемого к сети устройства.

Для примера будем использовать подсеть 192.168.0.x. В диалоге сетевых настроек модуля в программе **X502Studio** снимаем выбор “Получать параметры IP автоматически” и заполняем значения IP-адреса (для примера будем использовать 192.168.0.233) и подсети (255.255.255.0). Адрес шлюза не имеет значения, если модуль используется в локальной сети. Сетевое имя оставим для примера пустым. Результирующий диалог с заполненными настройками изображен на [рисунке 2.146](#).

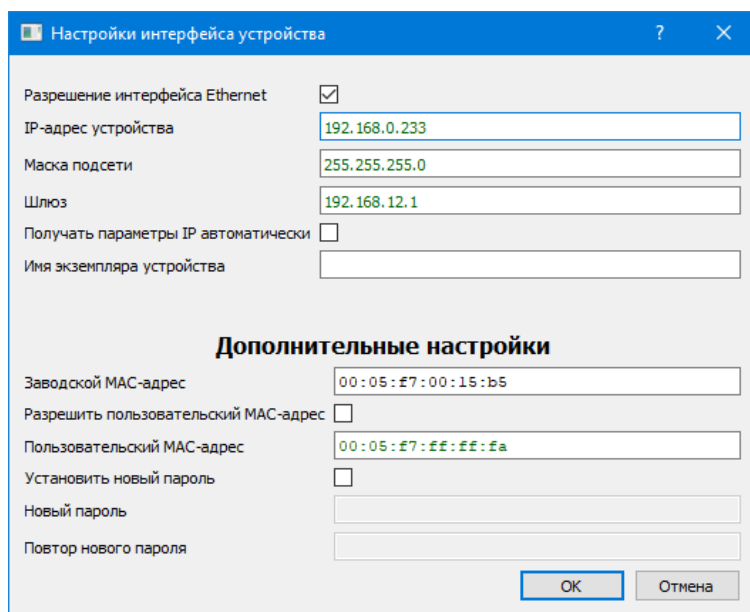


Рис. 2.146: Сетевые настройки модуля при фиксированном адресе

Далее необходимо настроить адрес сетевого адаптера самого ПК. Для этого переходим в штатный диалог настройки параметров сетевых адаптеров «Сетевые подключения» Windows через “Пуск” → “Параметры” → “Сеть и Интернет” → “Настройка параметров Адаптера” для Windows 10 или “Пуск” → “Панель управления” → “Центр управления сетями и общим доступом” → “Изменить параметры Адаптера” для Windows 7.

Далее нажимаем правой кнопкой мыши на адаптере, к которому выполняется подключение модуля [E-502](#), и выбираем в контекстном меню пункт “Свойства” ([рисунок 2.147](#)).

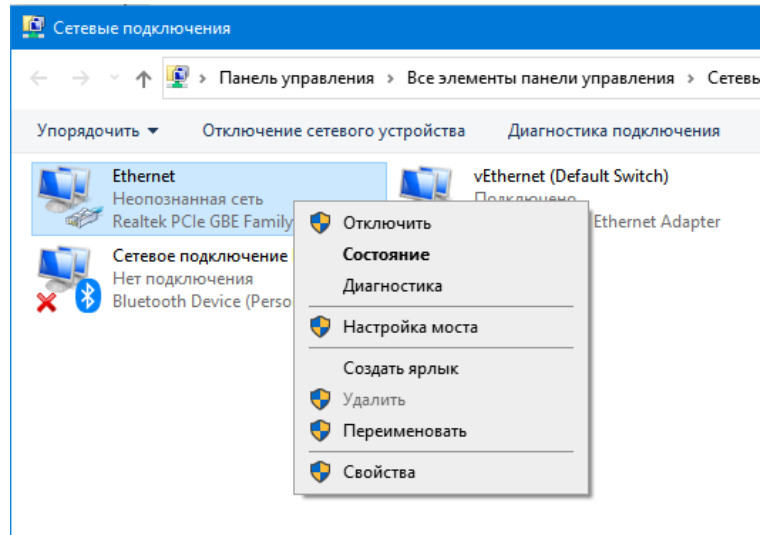


Рис. 2.147: Переход к настройкам сетевого адаптера из сетевого окружения Windows

В открывшемся диалоге (рисунок 2.148) выбираем “*IP версии 4 (TCP/IPv4)*” и нажимаем “*Свойства*”.

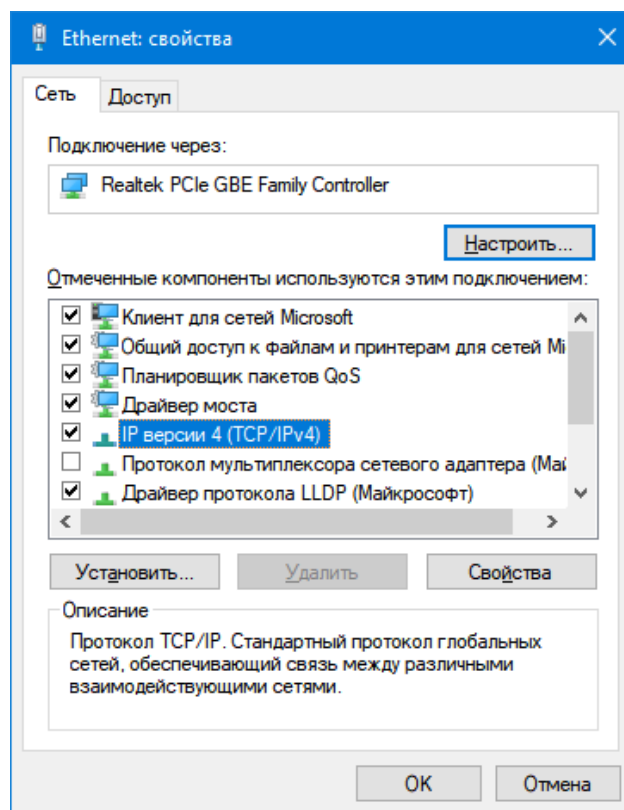


Рис. 2.148: Диалог параметров сетевого адаптера

В открывшемся диалоге (рисунок 2.149) выбираем “*Использовать следующий IP-адрес*” и вводим в поле “*IP-адрес*” адрес ПК, например 192.168.0.2, а в поле “*Маска подсети*” 255.255.255.0 (рисунок 2.150).

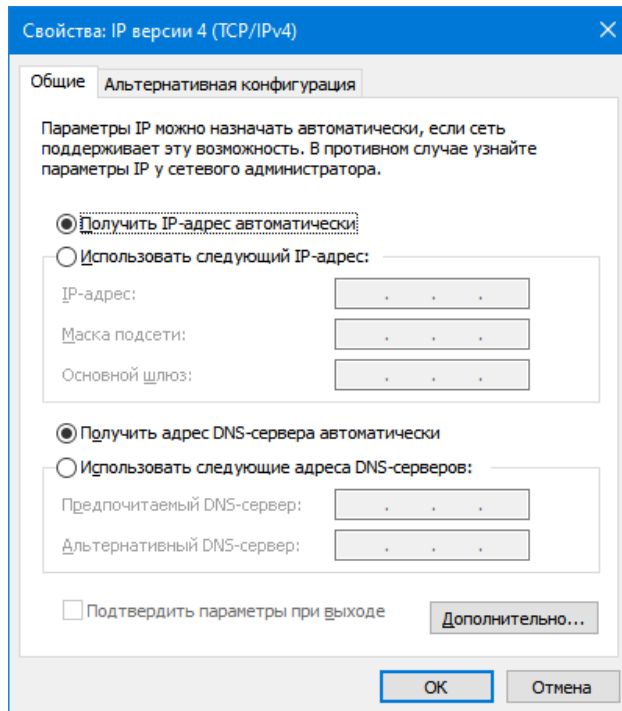


Рис. 2.149: IP-параметры сетевого адаптера

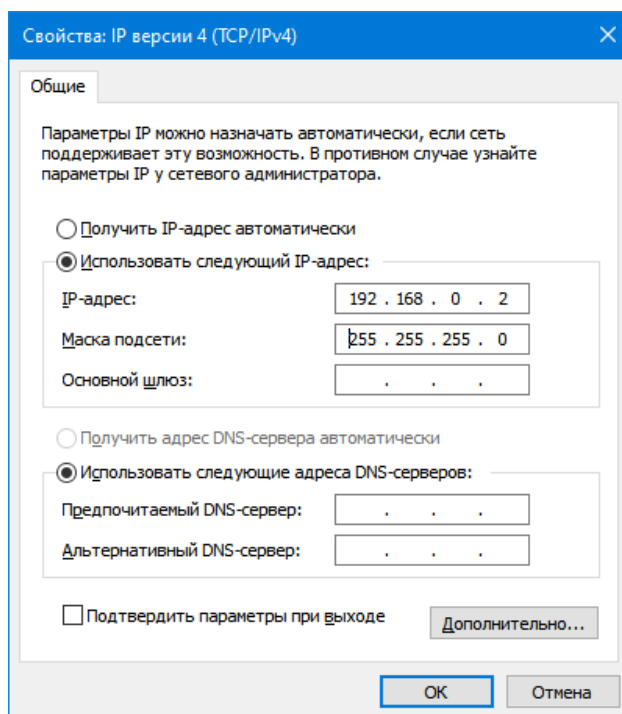


Рис. 2.150: IP-параметры сетевого адаптера после задания фиксированного адреса

Нажимаем “OK” для сохранения изменений и возвращаемся в предыдущий диалог, в котором также нажимаем “OK”.

После этого подключаем модуль к ПК по Ethernet, создаем сценарий в “**L Card Measurement Studio**” и переходим на закладку “Устройства”. Для подключения по IP-адресу необходимо добавить ссылку на устройство вручную. Нажимаем кнопку “Добавить устройство” (+) и в открывшемся диалоге выбираем в поле “Устройство” модуль “E-502”, а в поле “Способ подключения” значение “Ethernet по IP-адресу”. В

поле “IP-адрес” вводим ранее настроенный адрес модуля (192.168.0.233), а также выбираем используемую модификацию модуля. Задание пользовательских TCP-портов как правило не требуется, но может понадобиться в случае, если модуль находится в другой сети за NAT и в маршрутизаторе настроен проброс портов для доступа к модулю. В данном примере оставляем эти настройки без изменений. Результирующий диалог с заполненными настройками изображен на [рисунке 2.151](#).

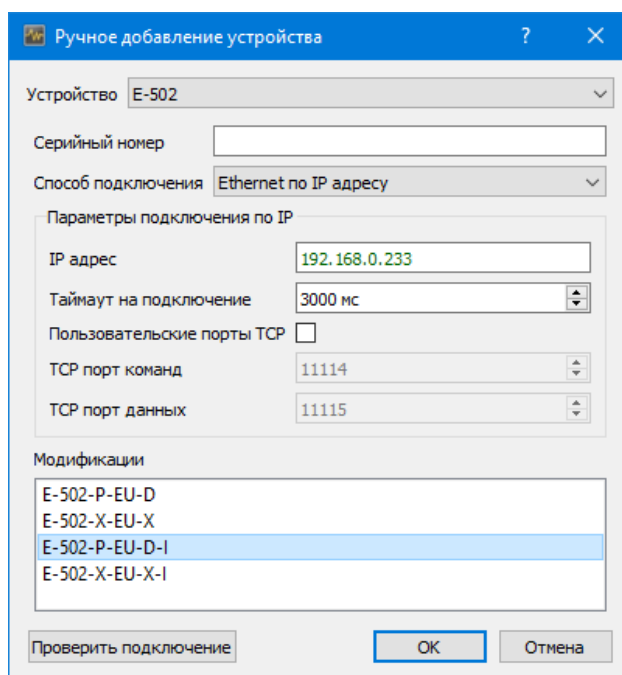


Рис. 2.151: Ручное добавление ссылки на устройство с подключением по IP-адресу

При ручном добавлении устройства можно проверить возможность подключения к устройству по введенным параметрам, нажав кнопку “Проверить подключение”. В случае успешного подключения будет выведено соответствующее сообщение ([рисунки 2.152](#)).

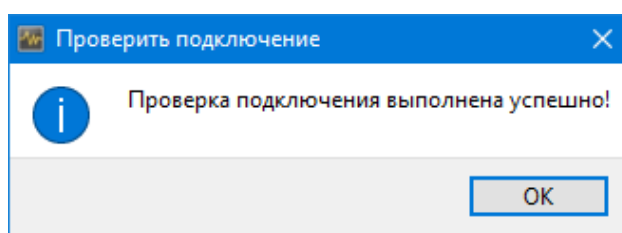


Рис. 2.152: Сообщение о успешной проверке подключения

Нажимаем “OK” для завершения добавления устройства в конфигурацию и возвращаемся на страницу “Устройства”. Новая запись будет отображена в списке устройств с указанием заданного IP-адреса ([рисунки 2.153](#)).

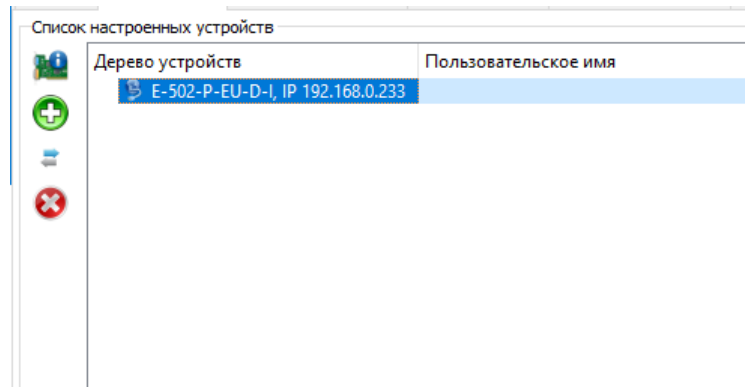


Рис. 2.153: Устройства сценария после добавления модуля E-502 по IP-адресу

Если перейти в диалог синхронизации устройств, то помимо автоматически обнаруженных устройств программа использует информацию о добавленных в конфигурацию модулях с явно заданными IP-адресами и пытается установить с ними связь, добавляя в список найденных устройств (рисунки 2.153 и 2.154).

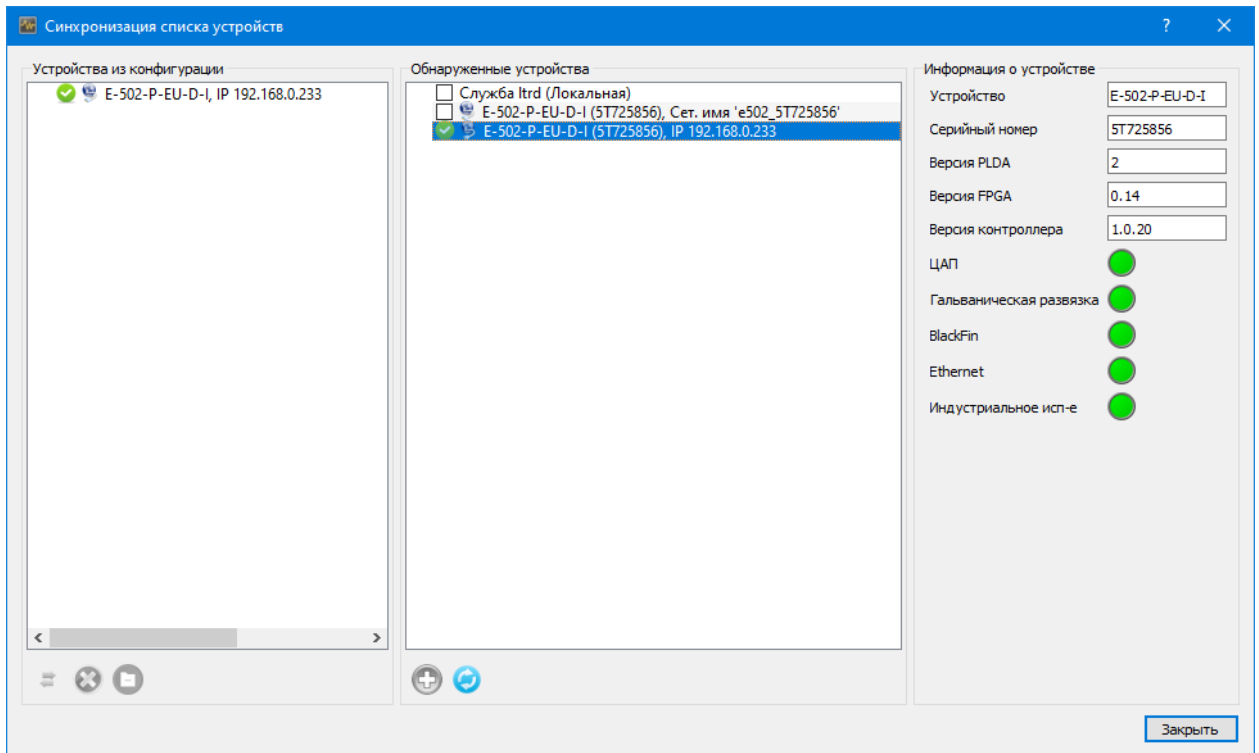


Рис. 2.154: Диалог синхронизации устройств при добавленном модуле по IP-адресу

Следует также отметить, что модуль обнаружен и по сетевому имени в сети. Так как сетевое имя модуля не было задано, то модуль использует сетевое имя на основе типа и серийного номера устройства.

Дальнейшая настройка сценария выполняется стандартным образом.

2.10 Урок 8. Тарировка измерительных каналов

Тарировка измерительного канала позволяет учесть индивидуальную передаточную характеристику всего измерительного тракта канала системы от измеряемой физической величины на входе до полученного цифрового значения после преобразования.

Тарировка выполняется путем подачи на вход системы известных воздействий. Сопоставляя полученные на выходе измерительного канала значения с поданными известными воздействиями на входе вычисляются тарировочные коэффициенты канала. Для тарировки можно использовать [функцию преобразования данных](#), коэффициенты которой могут быть скорректированы индивидуально для каждого канала на основе вручную проводимых измерений.

Также некоторые модули могут иметь специальные собственные встроенные механизмы для тарировки, использующие аппаратные возможности самого модуля. Этот процесс для отличия от тарировки с помощью программных средств “**L Card Measurement Studio**” именуется в данном руководстве аппаратной тарировкой. Аппаратная тарировка будет рассмотрена в [разделе 2.10.1](#).

2.10.1 Аппаратная тарировка тензометрических модулей

2.10.1.1 Введение

Тензометрические модули [LTR212](#) и [LTR216](#) имеют встроенную возможность аппаратной тарировки. Тарировка может быть выполнена в двух точках: ноль и шкала. При тарировке на вход каналов должны подаваться постоянные уровни воздействия, соответствующие этим точкам.

При тарировке нуля на вход соответствующих каналов подается воздействие, соответствующее нулевому уровню или начальному разбалансу тензометрического моста, после чего запускается процедура тарировки нуля. Важной особенностью тарировки нуля данных модулей является то, что компенсация нулевого уровня достигается не только за счет коэффициента смещения, применяемого к полученному оцифрованному значению, но и за счет специального подстроечного ЦАП. За счет подстроечного ЦАП выполняется смещение аналогового сигнала, подаваемого на вход модуля, до его усиления и аналого-цифрового преобразования. Это позволяет компенсировать значительное смещение нуля (в некоторых случаях даже больше установленного диапазона АЦП) и отцентрировать диапазон измерения АЦП относительно этой точки, что невозможно выполнить программным образом. Так как точность подстроечного ЦАП относительно невелика, то необходим дополнительный поправочный коэффициент для компенсации остаточного смещения сигнала. Таким образом, при тарировке нуля подбираются значения двух параметров: значение для подстроечного ЦАП и коэффициент для компенсации остаточного смещения нуля.

Также опционально может быть выполнена и тарировка шкалы. Как правило она выполняется после тарировки нуля, когда уже компенсирован начальный разбаланс тензометрического моста. На вход каналов подается воздействие, соответствующее максимальному измеряемому значению. В результате тарировки получается значение коэффициента шкалы (множителя), при применении которого поданному при тарировке входному воздействию будет соответствовать значение, равное верхней границе настроенного диапазона измерения модуля. Далее уже с помощью назначенных в “**L Card Measurement Studio**” [функций преобразования данных](#) это напряжение может быть переведено в физические величины.

Рассмотрим выполнение аппаратной тарировки сперва на примере модуля [LTR216](#), а затем на примере [LTR212](#).

2.10.1.2 Аппаратная тарировка для модуля LTR216

Добавляем стандартным образом нужные модули в конфигурацию и выбираем модуль **LTR216**, в результате откроется его страница конфигурации ([рисунок 2.155](#)).

Параметры

АЦП Синхронетки

Каналы АЦП

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Диапазон	Преобразователь данных
<input type="checkbox"/>	Канал 1		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 2		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 3		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 4		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 5		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 6		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 7		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 8		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 9		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 10		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 11		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 12		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 13		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 14		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 15		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 16		± 35 мВ	

Аппаратная тарировка

Частота сбора данных

Частота АЦП Гц

Частота на канал Гц

Использовать максимальную частоту на канал

Ток питания датчиков

Требуемое время на коммутацию

Использовать канал 16 для измерения Uref

Использовать тарировочные коэффициенты

Одноканальный режим

Фильтр АЦП

Ручная настройка фильтра

Тип фильтра

Частота выдачи данных АЦП

Частота режекции

Результ. время на коммутацию

Фоновые измерения

Автокорректировка нуля

Автокорректировка Uref

Рис. 2.155: Страница настроек модуля LTR216

До проведения тарировки необходимо выполнить настройку модуля. Изменение настроек модуля, влияющих на выполняемые измерения, для корректной работы потребует выполнить повторную тарировку.

Для примера включим три канала АЦП и дадим им пользовательские имена.

Следует отметить настройку “Использовать тарировочные коэффициенты”. Она не влияет на саму операцию проведения тарировки, но определяет, будут ли применяться результаты тарировки уже непосредственно при проведении эксперимента. Остальные настройки для примера оставим без изменений ([рисунок 2.156](#)).

Параметры

АЦП **Синхронетки**

Каналы АЦП

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Диапазон	Преобразователь данных
<input checked="" type="checkbox"/>	Канал 1	LTR216.U1	± 35 мВ	
<input checked="" type="checkbox"/>	Канал 2	LTR216.U2	± 35 мВ	
<input checked="" type="checkbox"/>	Канал 3	LTR216.U3	± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 4		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 5		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 6		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 7		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 8		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 9		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 10		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 11		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 12		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 13		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 14		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 15		± 35 мВ	
<input type="checkbox"/>	Канал 16		± 35 мВ	

Аппаратная тарировка

Частота сбора данных

Частота АЦП Гц

Частота на канал Гц

Использовать максимальную частоту на канал

Ток питания датчиков мА

Требуемое время на коммутацию мкс

Использовать канал 16 для измерения Uref

Использовать тарировочные коэффициенты

Одноканальный режим

Фильтр АЦП

Ручная настройка фильтра

Тип фильтра

Частота выдачи данных АЦП

Частота режекции Гц

Результ. время на коммутацию мкс

Фоновые измерения

Автокорректировка нуля

Автокорректировка Uref

Рис. 2.156: Страница настроек модуля LTR216 после их установки

После завершения настройки модуля переходим к процедуре тарировки, нажав кнопку “Аппаратная тарировка” на странице настроек под таблицей каналов АЦП. В результате программа установит связь с модулем и отобразит диалог ашратной тарировки (рисунок 2.157).

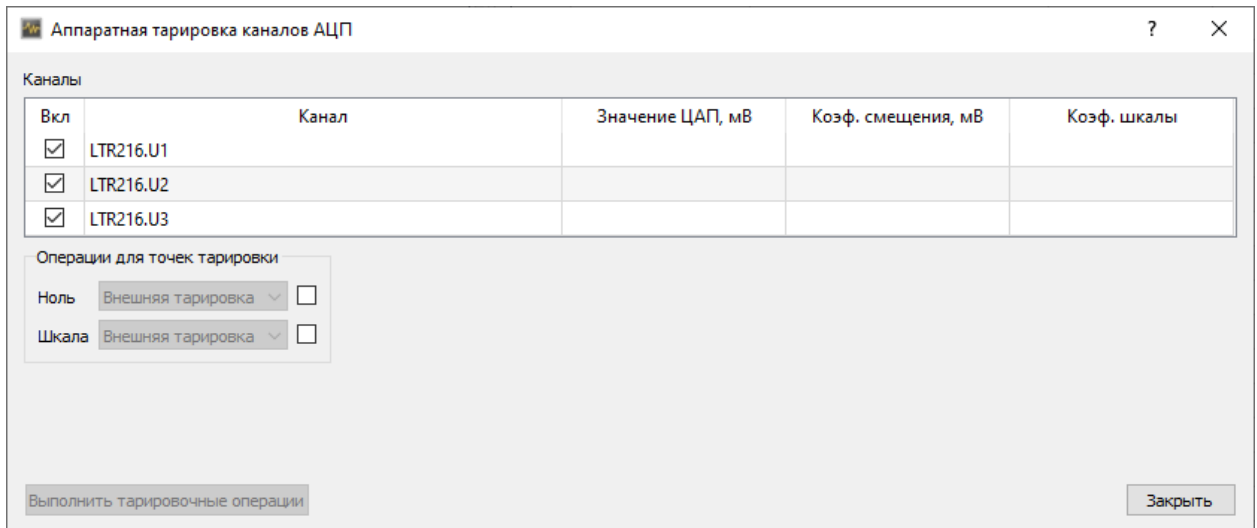


Рис. 2.157: Диалог аппаратной тарировки модуля

В верхней части диалога будут отображены все разрешенные при конфигурации устройства каналы. Для каждого канала будут отображены соответствующие значения тарировочных коэффициентов, которые ранее уже описывались: значение смещения напряжения с помощью подстроечного ЦАП, коэффициент смещения нуля и коэффициент шкалы. Если тарировка еще не проводилась и коэффициенты отсутствуют в энергонезависимой памяти модуля, то будут отображены пустые клетки. В этой таблице также в столбце “Вкл.” выбираются каналы, для которых необходимо выполнить изменение тарировочных коэффициентов.

В разделе “Операции для точек тарировки” под таблицей каналов выбирается, для каких точек (ноль, шкала) будет произведено изменение тарировочных коэффициентов и каким образом. Доступны следующие операции:

- “Внешняя тарировка” — собственно выполнение операции тарировки, для которой на вход соответствующих каналов нужно подать воздействия, соответствующие нулю или шкале.
- “Сброс” — при выборе данной операции значения коэффициентов будут сброшены в начальное состояние, соответствующее отсутствию тарировки.

Таким образом, нужно выбрать каналы и точки тарировки, для которых следует изменить тарировочные коэффициенты, а также для разрешенных точек тарировки выбрать, каким образом будут изменены коэффициенты, после чего нажать кнопку “Выполнить тарировочные операции”.

Выбираем выполнение внешней тарировки нуля (рисунок 2.158) и нажмем кнопку “Выполнить тарировочные операции”.

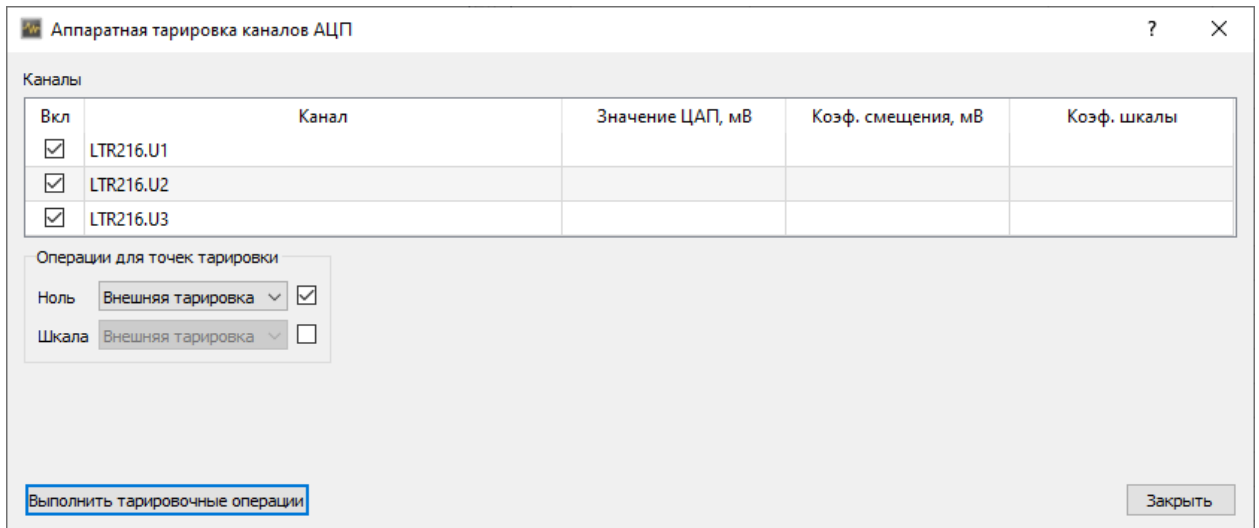


Рис. 2.158: Выбор внешней тарировки нуля

Непосредственно перед процедурой измерения внешнего сигнала будет выдано сообщение о необходимости установки соответствующего сигнала на входах (рисунок 2.159). После того как сигналы, соответствующие нулевому уровню, будет поданы, нажимаем "OK".

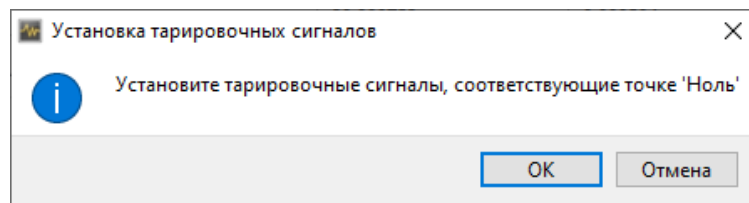


Рис. 2.159: Сообщение о необходимости установки тарировочного сигнала

При успешном завершении операции тарировки будет выдано соответствующее сообщение (рисунок 2.160).

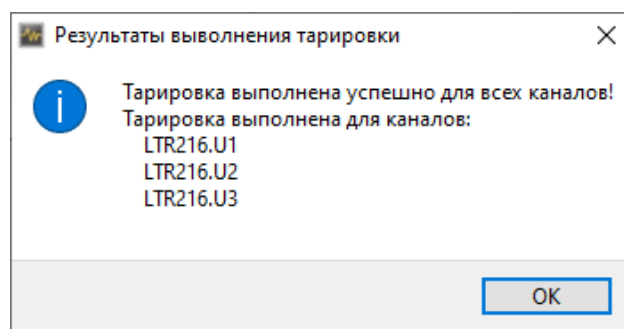


Рис. 2.160: Сообщение о успешном завершении тарировки

При возвращении к исходному диалогу тарировки будут обновлены соответствующие коэффициенты в таблице. В данном случае будут обновлены значения ЦАП и коэффициенты смещения (рисунок 2.161).

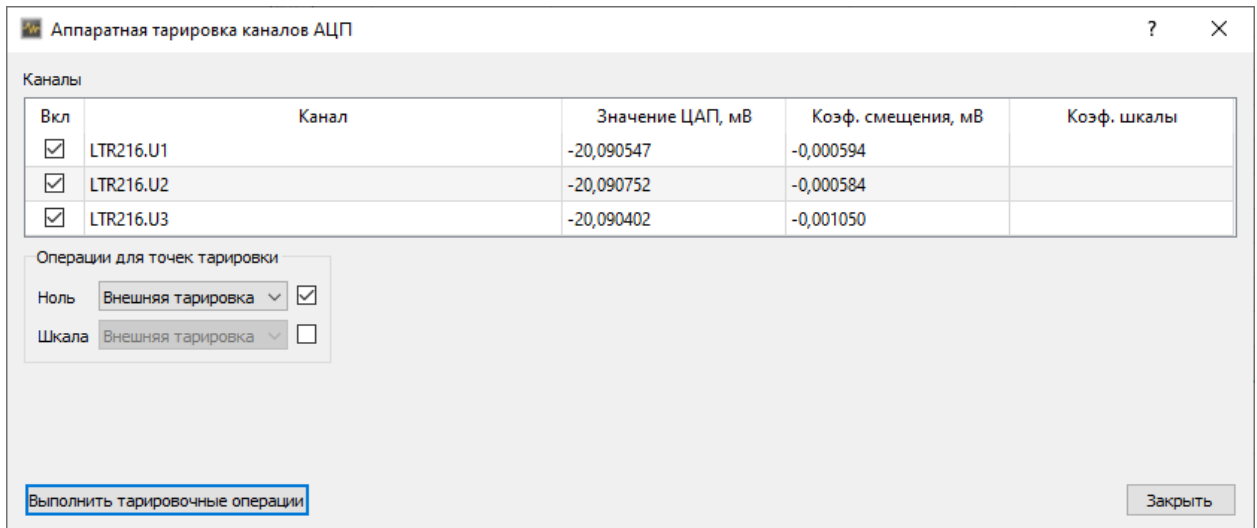


Рис. 2.161: Обновление коэффициентов после завершения тарировки нуля

Следующим шагом можно выполнить тарировку шкалы, сняв отметку с точки “Нуль” и отметив “Шкала”. Операция полностью аналогична, за исключением того, что нужно подать воздействия, соответствующие максимальным измеряемым значениям, и по завершению будут обновлены значения коэффициентов шкалы (рисунок 2.162).

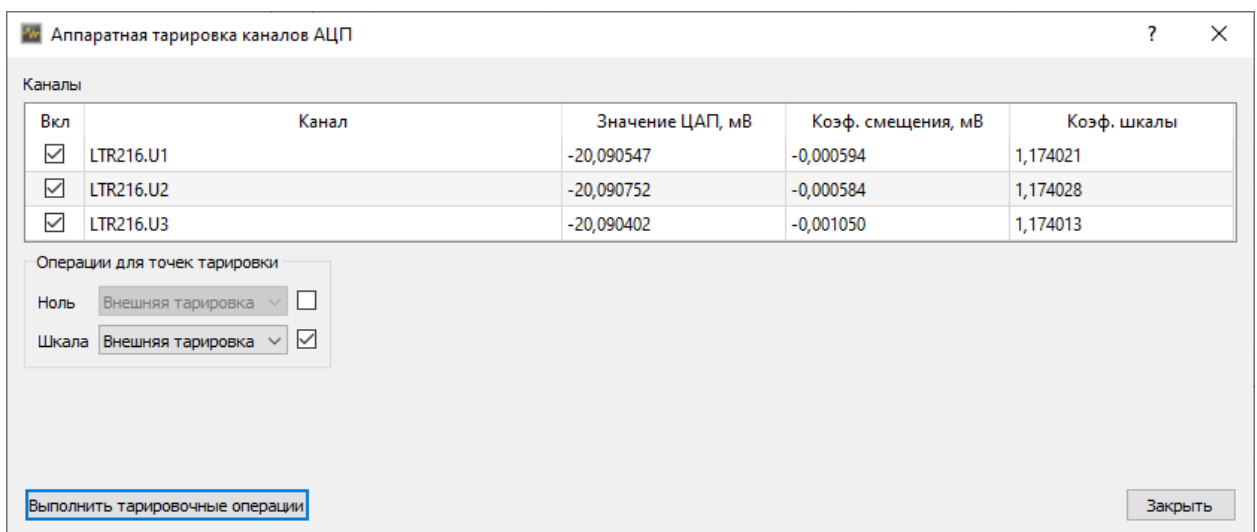


Рис. 2.162: Обновление коэффициентов после завершения тарировки шкалы

При желании оба шага могут быть выполнены и за одно нажатие “Выполнить тарировочные операции”, для чего могут быть отмечены обе тарировочные точки. Каждый раз при необходимости установки определенных тарировочных сигналов будет выведено соответствующее сообщение.

Следует отметить, что полученные коэффициенты сохраняются в энергонезависимой памяти самого модуля и не являются непосредственно частью конфигурации эксперимента.

После завершения тарировки закрываем диалог и возвращаемся к конфигурации эксперимента. Для проверки работы назначаем каналы графикам на странице настроек визуализации и переходим к выполнению эксперимента.

Можно убедиться, что при подаче на вход сигнала, подаваемого при тарировке нуля, будет отображаться нулевое значение, а при подаче сигнала равного сигналу, поданно-

му при тарировке шкалы, будет отображаться верхнее значение предела измерения (в данном случае 35 мВ или 0,035 В).

2.10.1.3 Аппаратная тарировка для модуля LTR212

Аппаратная тарировка для модуля LTR212 выполняется во многом аналогично тому, как это было выполнено для модуля LTR216 в предыдущем разделе. В данном разделе будут описаны главным образом отличия.

Как и для LTR216 перед проведением тарировки необходимо выполнить полную настройку модуля.

В отличие от LTR216, в котором заводские калибровочные коэффициенты используются всегда, а тарировочные коэффициенты могут независимо применяться дополнительно, в модуле LTR212 одновременно может использоваться только одна группа коэффициентов: либо заводские коэффициенты из неизменяемой пользователем части энергонезависимой памяти модуля (при этом доступные не для всех режимов), либо коэффициенты из пользовательской области тарировочных коэффициентов. Соответственно, для задания использования тарировки во время эксперимента вместо простого флага, как было для модуля LTR216, доступно поле выбора “Используемые коэффициенты”, где можно выбрать вариант “Пользовательская тарировка” для применения коэффициентов из пользовательской области.

После заполнения настроек модуля (рисунок 2.163) аналогичным образом переходим в диалог аппаратной тарировки, нажав на кнопку “Аппаратная тарировка”.

Параметры

АЦП Синхронметки

Каналы АЦП

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Диапазон	Тип моста	Преобразователь данных
<input checked="" type="checkbox"/>	Канал 1	LTR212.U1	± 80 мВ	Полный или полумост	
<input checked="" type="checkbox"/>	Канал 2	LTR212.U2	± 80 мВ	Полный или полумост	
<input checked="" type="checkbox"/>	Канал 3	LTR212.U3	± 80 мВ	Полный или полумост	
<input type="checkbox"/>	Канал 4		± 80 мВ	Полный или полумост	
<input type="checkbox"/>	Канал 5		± 80 мВ	Полный мост	
<input type="checkbox"/>	Канал 6		± 80 мВ	Полный мост	
<input type="checkbox"/>	Канал 7		± 80 мВ	Полный мост	
<input type="checkbox"/>	Канал 8		± 80 мВ	Полный мост	

Аппаратная тарировка

Режим: 4-канальный средней точности

Опорное напряжение: 5 В

Знакопеременное опорное напряжение:

Используемые коэффициенты: Пользовательская тарировка

Сопротивление для четвертьмостов: 200 Ом

КИХ фильтр нижних частот: Не используется

БИХ фильтр коррекции АЧХ:

Частота на канал: 7680,000 Гц

Рис. 2.163: Страница настроек модуля LTR212 после их установки

В данном диалоге выполняются операции по изменению коэффициентов в пользовательской области энергонезависимой памяти. В отличие от LTR216 в модуле LTR212 нет отдельного признака действительности коэффициентов, поэтому коэффициенты всегда отображаются в таблице, а сброс коэффициентов соответствует установке их в начальное значение (“0” для подстроечного ЦАП и смещения нуля и “1” для коэффициента

шкалы). Также расширяется список доступных операций с коэффициентами:

- “*Внешняя тарировка*” — собственно выполнение операции тарировки, для которой на вход соответствующих каналов нужно подать воздействия, соответствующие нулю или шкале. Данное действие полностью аналогично одноименной операции для модуля [LTR216](#). В некоторых программах и описаниях эта операция также именуется “*Внешней калибровкой*”.
- “*Заводская калибровка*” — при данной операции заводские калибровочные коэффициенты, соответствующие настроенному режиму модуля, переписываются в пользовательскую область тарировочных коэффициентов. Этот режим позволяет использовать комбинацию из тарировочных и заводских коэффициентов для разных точек тарировки и/или для разных каналов. Эта операция доступна только при использовании тех режимов, для которых у модуля доступны заводские калибровочные коэффициенты. В некоторых программах и описаниях эта операция также именуется “*Внутренней калибровкой*”.
- “*Сброс коэффициентов*” — при данной операции коэффициенты сбрасываются в изначальные значения, что соответствует режиму без применения каких-либо коэффициентов.

Сама процедура аналогична тарировке для модуля [LTR216](#). Нужно выбрать каналы и точки тарировки, для которых следует изменить тарировочные коэффициенты, а также для разрешенных точек выбрать, каким образом будут изменены коэффициенты, после чего нажать кнопку “*Выполнить тарировочные операции*”. Для примера выберем внешнюю тарировку нуля и использование заводских коэффициентов для шкалы (рисунки 2.164).

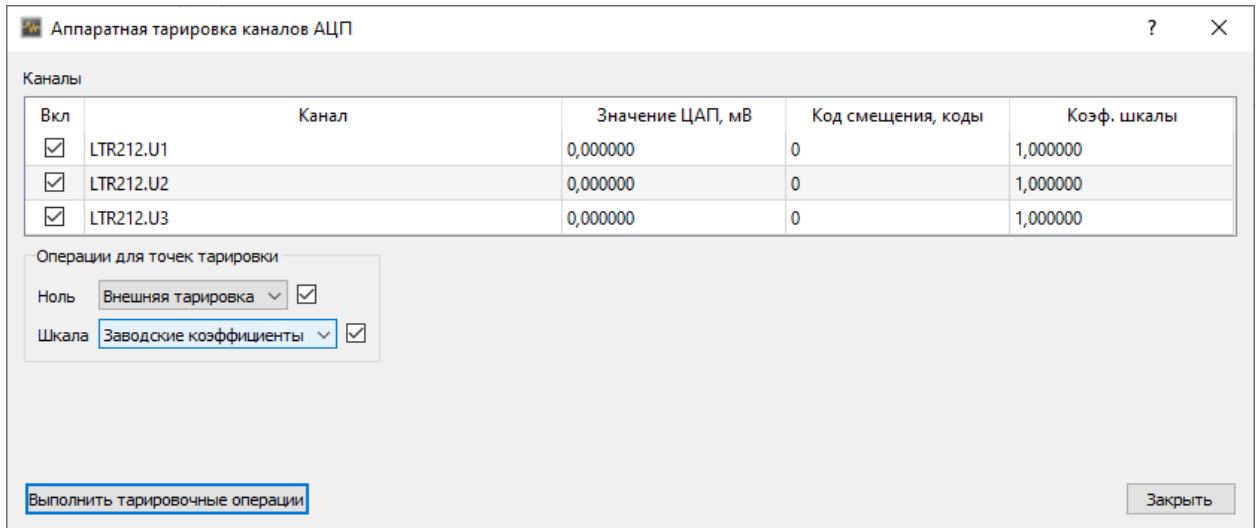


Рис. 2.164: Настройка точек и операций тарировки для модуля LTR212

Следует отметить, что такой вариант доступен и для режима “*4-х канальный средней точности*”, для которого не доступен режим использования заводских коэффициентов в чистом виде, но заводские коэффициенты для шкалы могут быть использованы совместно с внешней тарировкой нуля. По нажатию кнопки “*Выполнить тарировочные операции*” будет выдано сообщение о необходимости подать нулевой сигнал. Операция

записи заводских коэффициентов не требует подачи внешнего сигнала и выполняется без выдачи сообщения. По завершению операций также будут обновлены значения коэффициентов в таблице.

2.11 Урок 9. Ввод и отображение дискретных данных

2.11.1 Введение

Помимо каналов аналогового ввода (АЦП) часть устройств сбора данных “Л Кард” также имеют каналы дискретного ввода. Настройка и использование этих каналов во многом аналогична каналам АЦП, но отсчеты с них могут иметь только два значения (0 или 1).

В данном уроке будет рассмотрена настройка каналов дискретного ввода параллельно с каналами АЦП, отображение данных дискретного ввода на графиках и на светодиодных индикаторах, а также создание расчетных каналов с результатами логических операций над данными каналов дискретного ввода.

Программа “**L Card Measurement Studio**” поддерживает ввод данных с дискретных входов в синхронном потоковом режиме на выбранной частоте ввода, аналогично вводу с АЦП. В отличие от АЦП с коммутацией каналов ввод со всех дискретных каналов устройства выполняется одновременно и общая частота ввода соответствует и частоте данных каждого канала (аналогично АЦП с параллельными каналами).

Для ввода данных с дискретных входов могут использоваться следующие модули:

- модуль [E-502](#) — 17 каналов (4 совмещены с линиями синхронизации) с частотой до 2 МГц;
- плата [L-502](#) — 18 каналов (2 совмещены с линиями синхронизации) с частотой до 2 МГц;
- модуль [LTR35](#) — 2 канала с частотой до 4,608 МГц или 1 канал с частотой до 9,216 МГц;
- модуль [LTR41](#) — 16 каналов с частотой до 100 КГц;
- модуль [LTR43](#) — до 32 каналов с частотой до 100 КГц.

Важно!: Модуль [LTR43](#) в режиме потокового ввода данных с дискретных входов не поддерживает прием других команд до завершения работы потокового ввода. Так как в текущей версии “**L Card Measurement Studio**” ввод с дискретных входов выполняется только в потоковом режиме, то невозможно часть портов одного модуля использовать на ввод, а другие порты на вывод, т.е. один модуль [LTR43](#) может работать либо только на ввод, либо только на вывод. При реализации асинхронного ввода в будущих версиях программы будет возможно совмещать асинхронный ввод и вывод в рамках одного модуля [LTR43](#).

Примечание: В модулях [LTR41](#) и [LTR43](#) ввод осуществляется по таймеру во встроенном контроллере модуля, а не с использованием аппаратного сигнала частоты, в связи с чем хотя общая частота ввода соответствует заданной, но ввод не является строго синхронным и моменты ввода отдельных отсчетов могут иметь дополнительные фазовые отклонения (джиттер).

В данном уроке будет использоваться модуль [E-502](#), но принцип работы ничем не отличается и для остальных перечисленных устройств.

2.11.2 Настройка сценария

Создадим новый сценарий и добавим в него в качестве устройства модуль [E-502](#) аналогично тому, как это уже выполнялось в предыдущих уроках.

Модуль [E-502](#) позволяет одновременно выполнять как синхронный ввод данных с АЦП, так и синхронный ввод с дискретных входов. Допускается использовать любую комбинацию разрешенных каналов АЦП и/или дискретного ввода. Для примера воспользуемся одновременным вводом аналоговых и дискретных данных. Разрешим два канала АЦП, дав им пользовательские названия “U1” и “U2”, как уже выполняли в прошлых уроках, после чего перейдем на страницу настроек модуля “Дискретный ввод” (рисунок 2.165).

Параметры

АЦП Вывод Дискретный ввод

Вкл	Канал	Пользовательское имя
<input type="checkbox"/>	D11	
<input type="checkbox"/>	D12	
<input type="checkbox"/>	D13	
<input type="checkbox"/>	D14	
<input type="checkbox"/>	D15	
<input type="checkbox"/>	D16	
<input type="checkbox"/>	D17	
<input type="checkbox"/>	D18	
<input type="checkbox"/>	D19	
<input type="checkbox"/>	D110	
<input type="checkbox"/>	D111	
<input type="checkbox"/>	D112	
<input type="checkbox"/>	D113	
<input type="checkbox"/>	D114/DI_SYN2	
<input type="checkbox"/>	D115/CONV_IN	
<input type="checkbox"/>	D116/START_IN	
<input type="checkbox"/>	DI_SYN1	

Частота дискретного ввода кГц

Подтягивающие резисторы

- DI SYN1 (к единице)
- DI SYN2 (к единице)
- CONV_IN (к нулю)
- START_IN (к нулю)

Рис. 2.165: Страница настроек дискретного ввода модуля [E-502](#)

На странице отображена таблица с каналами дискретного ввода устройства, во многом аналогичная странице с каналами АЦП. Исходные названия каналов совпадают с названием контактов на разъеме модуля. По названию каналов видно, какие линии дискретного ввода совмещены с линиями синхронизации, т.е. для этих линий и соответствующей функции синхронизации имеется только один вход на контакте разъема.

Как и для каналов АЦП нам нужно отметить используемые каналы в столбце “Вкл”, а также мы можем задать им свои произвольные пользовательские имена. Частота

ввода с дискретных линий задается независимо от частоты АЦП аналогичным образом, но в данном случае уже не делится на число разрешенных каналов, т.к. все дискретные входы опрашиваются одновременно.

Примечание: Если к дискретному входу не подключен источник сигнала и в модуле не присутствует или программно не включена подтяжка к какому-либо уровню, то он находится в неопределенном состоянии и считанное значение может быть как 0, так и 1.

Для примера разрешим первые два канала и дадим им названия “DI1” и “DI2” (рис. 2.166).

Параметры

АЦП Вывод Дискретный ввод

Вкл	Канал	Пользовательское имя
<input checked="" type="checkbox"/>	DI1	DI1
<input checked="" type="checkbox"/>	DI2	DI2
<input type="checkbox"/>	DI3	
<input type="checkbox"/>	DI4	
<input type="checkbox"/>	DI5	
<input type="checkbox"/>	DI6	
<input type="checkbox"/>	DI7	
<input type="checkbox"/>	DI8	
<input type="checkbox"/>	DI9	
<input type="checkbox"/>	DI10	
<input type="checkbox"/>	DI11	
<input type="checkbox"/>	DI12	
<input type="checkbox"/>	DI13	
<input type="checkbox"/>	DI14/DI_SYN2	
<input type="checkbox"/>	DI15/CONV_IN	
<input type="checkbox"/>	DI16/START_IN	
<input type="checkbox"/>	DI_SYN1	

Частота дискретного ввода 2000,000 кГц

Подтягивающие резисторы

- DI SYN1 (к единице)
- DI SYN2 (к единице)
- CONV_IN (к нулю)
- START_IN (к нулю)

Рис. 2.166: Настройка двух каналов дискретного ввода

Далее переходим к настройкам графика на странице “Визуализация” настроек сценария. В настройках каналов графика выберем тип ссылки “Выбранные каналы” и как и ранее перейдем в диалог добавления каналов для вывода на график. В списке каналов будут отображены все каналы, как аналоговые, так и дискретные (рис. 2.167).

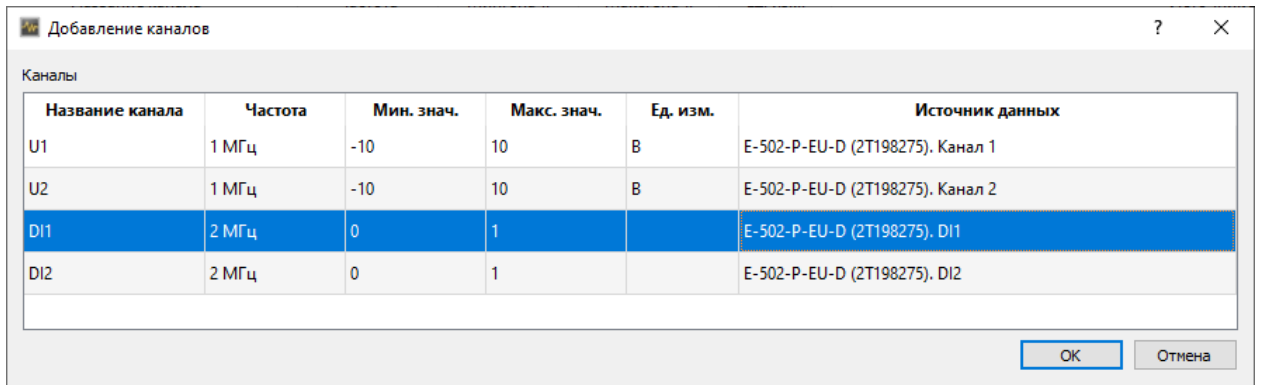


Рис. 2.167: Список каналов для назначения графику

Дискретные каналы могут быть назначены графику и отображены на нем точно таким же способом, как и аналоговые. Как правило удобнее отображать каждый дискретный канал на своем графике. Для примера добавим еще два графика к интерфейсу визуализации, чтобы их стало 3. Один будем использовать для отображения данных с двух аналоговых каналов, а остальные два — каждый для своего дискретного канала. Расположим для примера графики дискретных данных справа от графика с аналоговыми величинами. Введем в качестве высоты графика с аналоговыми данными значение “До конца” (ввод значение 0), чтобы график занимал все строки в высоту до конца окна, а дискретные расположим во втором столбце интерфейса в строках 2 и 3.

Для графиков отображения дискретных данных также нужно изменить диапазон шкалы оси значений, чтобы он соответствовал нашему диапазону дискретных сигналов от 0 до 1. Для этого переходим на страницу настроек графиков “Оси значений” и для обоих графиков отображения дискретных значений задаем на панели “Шкала” “Максимальное значение” равным 1, а “Минимальное значение” равным 0 (рисунок 2.168).

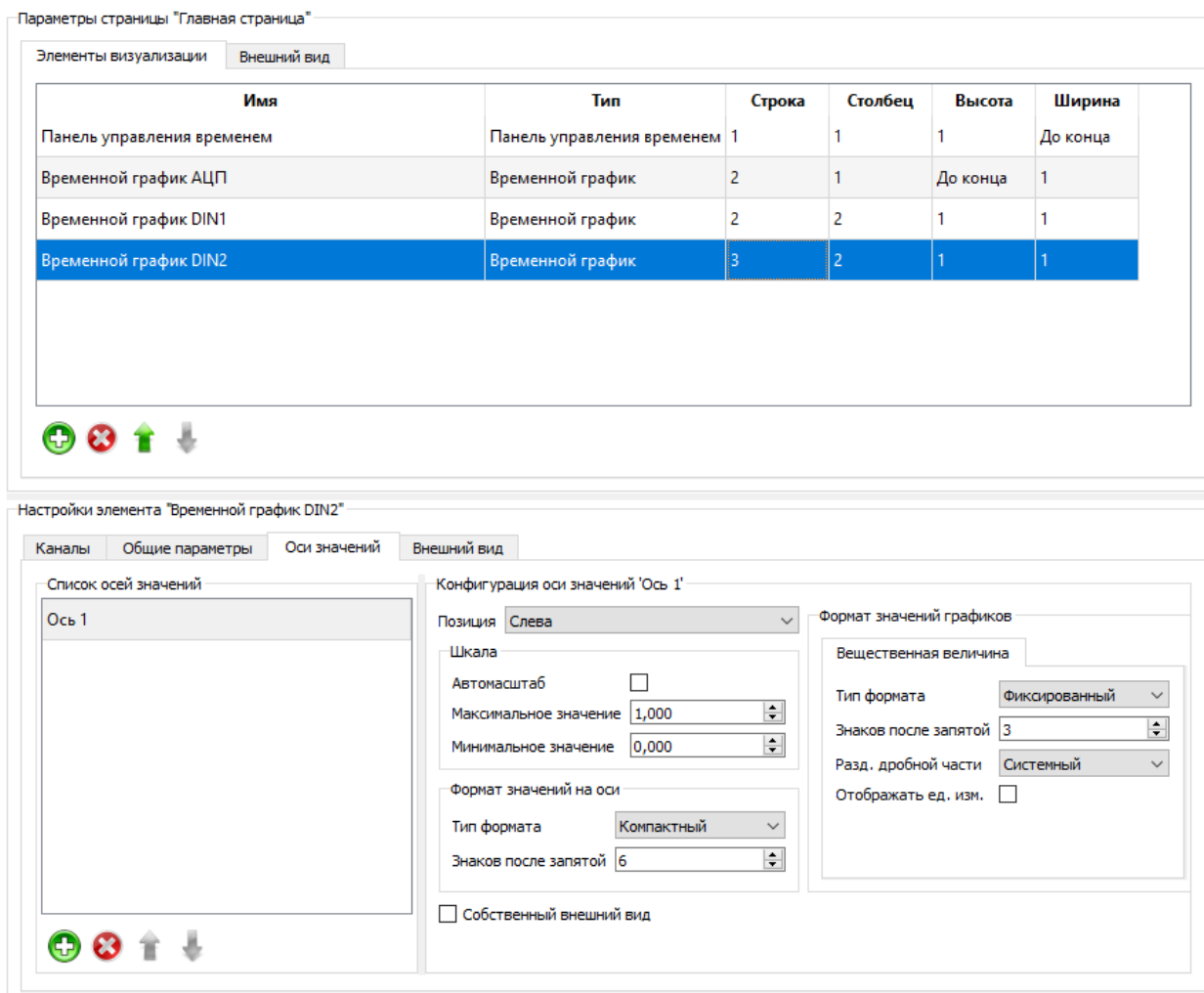


Рис. 2.168: Настройки диапазона оси графика для данных дискретного канала

Также следует не забыть настроить на странице *"Сохранение данных"* путь по умолчанию для сохранения результатов эксперимента.

На этом настройка простейшего сценария может быть завершена.

2.11.3 Настройка генерируемых сигналов

Для проверки работы сценария необходимо на настроенные каналы АЦП и дискретного ввода подать известные тестовые воздействия, т.к. считываемые значения с не подключенных входов не определены.

Сигналы как правило подаются с внешних источников, но так как у модуля [E-502](#) также присутствуют каналы ЦАП (опция) и дискретного вывода, то мы можем для проверки работы ввода соединить на разъемах модуля используемые каналы ЦАП и АЦП, а также дискретные выходы с входами, настроив на каналах ЦАП и дискретного вывода известные сигналы, аналогично тому как это было выполнено в [уроке 5](#).

Для этого в примере предполагается, что выполнены следующие соединения на разъемах модуля:

- Разъем аналоговых сигналов (Analog):
 - DAC 1 (контакт 18) с X1 (контакт 16)

- DAC2 (контакт 19) с X2 (контакт 15)
- AGND (контакт 17) с GND32 (контакт 36) — используется режим каналов АЦП с общей землей (для дифференциального — с Y1 и Y2).
- Разъем цифровых сигналов (Digital):
 - DO1 (контакт 20) с DI1 (контакт 1)
 - DO2 (контакт 21) с DI2 (контакт 2)

Чтобы настроить тестовые сигналы вывода снова перейдем на страницу настроек сценария “Устройства” и в настройках модуля [E-502](#) перейдем на страницу “Вывод” (рисунок 2.169).

АЦП Вывод Дискретный ввод

Каналы ЦАП

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Синхр	Нач. значение	Сигнал
<input type="checkbox"/>	ЦАП 1		<input type="checkbox"/>	0	
<input type="checkbox"/>	ЦАП 2		<input type="checkbox"/>	0	

Дискретные выходы

Синхронный режим вывода

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Нач. значение	Канал источник
<input type="checkbox"/>	DOUT 1		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 2		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 3		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 4		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 5		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 6		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 7		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 8		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 9		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 10		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 11		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 12		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 13		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 14		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 15		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 16		0	

Синхронный вывод

Частота генерации кГц Режим генерации

Рис. 2.169: Настройки вывода модуля [E-502](#)

Страница состоит из двух таблиц настроек каналов: одна для каналов ЦАП, другая для каналов дискретного вывода. Для вывода сигналов известной формы используется синхронный режим вывода. Для модуля [E-502](#) выбор режима вывода между синхронным и асинхронным выполняется индивидуально для каждого канала ЦАП и отдельно

для всех каналов дискретного вывода. Для выбора синхронного режима отмечаем отметить параметр “Синхр” настроек каждого канала ЦАП и общий параметр “Синхронный режим вывода” панели “Дискретные выходы”. В результате изменится список параметров каналов и появится параметр “Сигнал” (рисунок 2.170).

The screenshot shows a software window titled "Параметры" (Parameters) with three tabs: "АЦП" (ADC), "Вывод" (Output), and "Дискретный ввод" (Discrete Input). The "Вывод" tab is active.

Under the "Каналы ЦАП" (DAC Channels) section, there is a table with the following columns: "Вкл" (Enabled), "Канал" (Channel), "Пользовательское имя" (User name), "Синхр" (Sync), "Нач. значение" (Initial value), and "Сигнал" (Signal).

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Синхр	Нач. значение	Сигнал
<input checked="" type="checkbox"/>	ЦАП 1		<input checked="" type="checkbox"/>		
<input checked="" type="checkbox"/>	ЦАП 2		<input checked="" type="checkbox"/>		

Below this is the "Дискретные выходы" (Discrete Outputs) section, which includes a checked checkbox for "Синхронный режим вывода" (Synchronous output mode) and a table with columns: "Вкл" (Enabled), "Канал" (Channel), "Пользовательское имя" (User name), and "Сигнал" (Signal).

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Сигнал
<input type="checkbox"/>	DOUT 1		
<input type="checkbox"/>	DOUT 2		
<input type="checkbox"/>	DOUT 3		
<input type="checkbox"/>	DOUT 4		
<input type="checkbox"/>	DOUT 5		
<input type="checkbox"/>	DOUT 6		
<input type="checkbox"/>	DOUT 7		
<input type="checkbox"/>	DOUT 8		
<input type="checkbox"/>	DOUT 9		
<input type="checkbox"/>	DOUT 10		
<input type="checkbox"/>	DOUT 11		
<input type="checkbox"/>	DOUT 12		
<input type="checkbox"/>	DOUT 13		
<input type="checkbox"/>	DOUT 14		
<input type="checkbox"/>	DOUT 15		
<input type="checkbox"/>	DOUT 16		

At the bottom, there is a "Синхронный вывод" (Synchronous output) section with a "Частота генерации" (Generation frequency) field set to "1000,000" kHz and a "Режим генерации" (Generation mode) dropdown menu set to "Циклический" (Cyclic).

Рис. 2.170: Настройка синхронного режима вывода на ЦАП и дискретные выходы

Для задания сигнала необходимо два раза нажать левой кнопкой мыши на ячейке таблицы параметра “Сигнал” соответствующего канала и в открывшемся окне выбрать тип сигнала и его параметры.

В данном уроке для удобного наблюдения в реальном времени зададим медленно изменяющиеся сигналы. Для примера зададим на первом канале ЦАП синус (рисунок 2.171), на втором канале ЦАП пилу (рисунок 2.172). Для дискретных выходов для первого канала зададим импульсный сигнал (рисунок 2.173), а для второго — более сложный сигнал, заданный по точкам (рисунок 2.174).

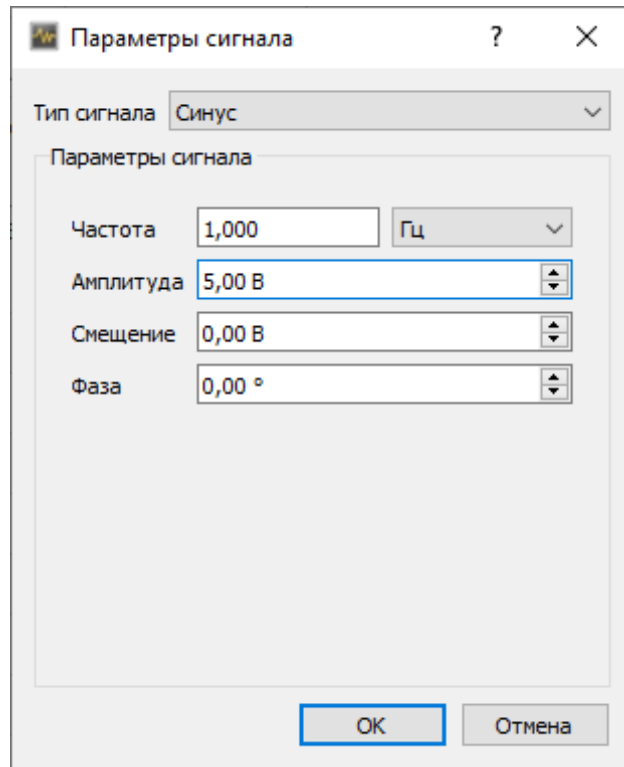


Рис. 2.171: Настройка синусоидального сигнала на ЦАП1

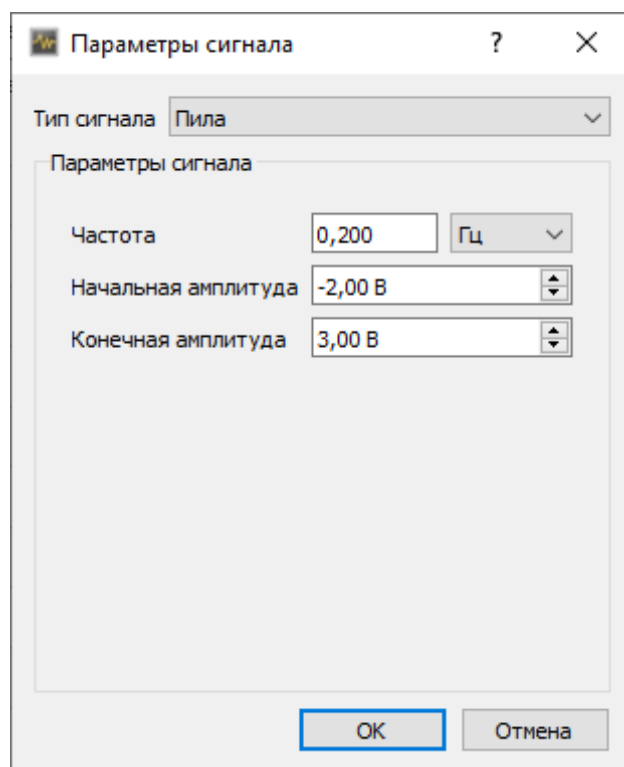


Рис. 2.172: Настройка сигнала пилы на ЦАП2

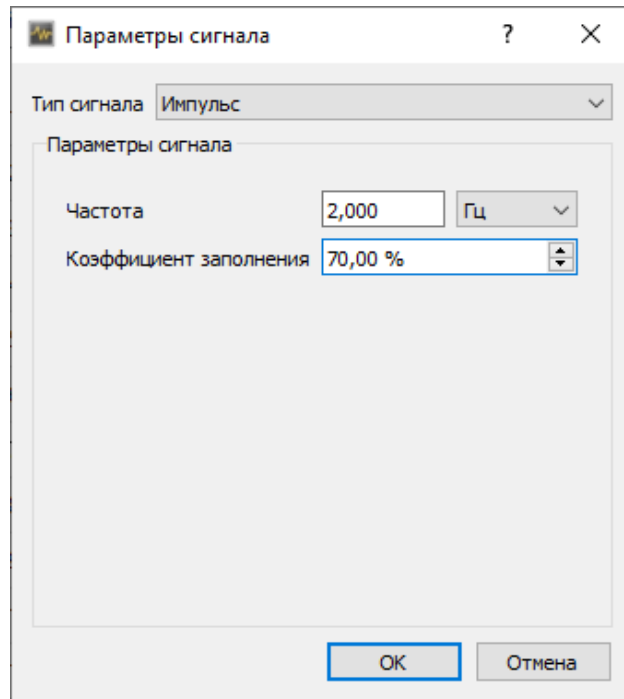


Рис. 2.173: Настройка импульсов на первом дискретном выходе

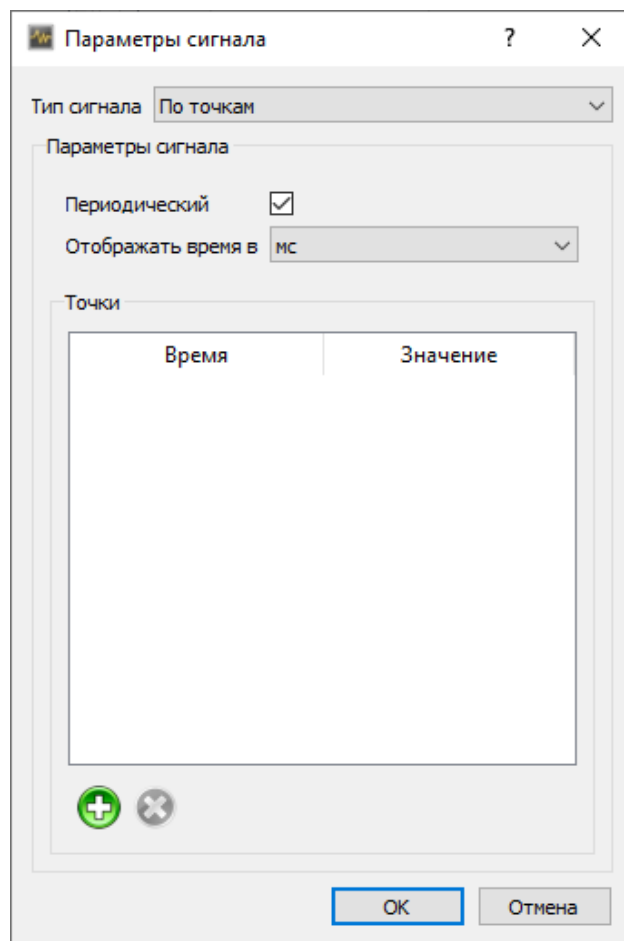


Рис. 2.174: Настройка сигнала по точкам на втором дискретном выходе

При задании сигнала по точкам необходимо добавить новую точку на каждое изменение сигнала, задающую временной сдвиг от начала генерации сигнала и значение,

которое сигнал должен иметь в этот момент времени. Для добавления новой точки нажимаем кнопку “Добавить точку” (⊕), в результате чего откроется диалог (рисунок 2.175), в котором нужно ввести время и значение и нажать “ОК”, в результате чего точка отобразится в списке.

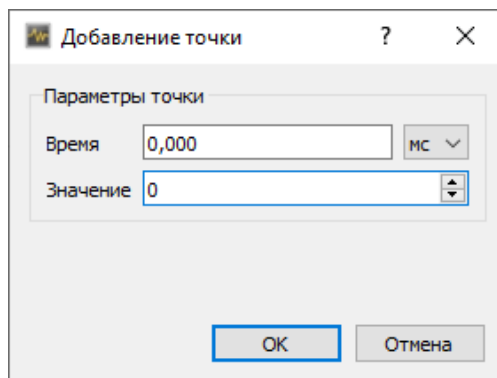


Рис. 2.175: Добавление точки к сигналу, заданному по точкам

Таким образом можно добавить произвольное число точек. При этом добавленные точки упорядочиваются в таблице по значению времени. Для примера зададим сигнал из 5 точек (рисунок 2.176):

- начальное значение сигнала — 0 (нулевое время);
- начальное значение удерживается в течение 100 мс, после чего устанавливается 1;
- 1 удерживается в течении следующих 400 мс, после чего устанавливается 0 (всего 500 мс от начала сигнала);
- 0 удерживается в течении следующих 500 мс, после чего устанавливается 1 (всего 1000 мс от начала сигнала);
- 1 удерживается в течении следующих 1000 мс, после возвращается значение 0 (всего 2000 мс от начала сигнала);

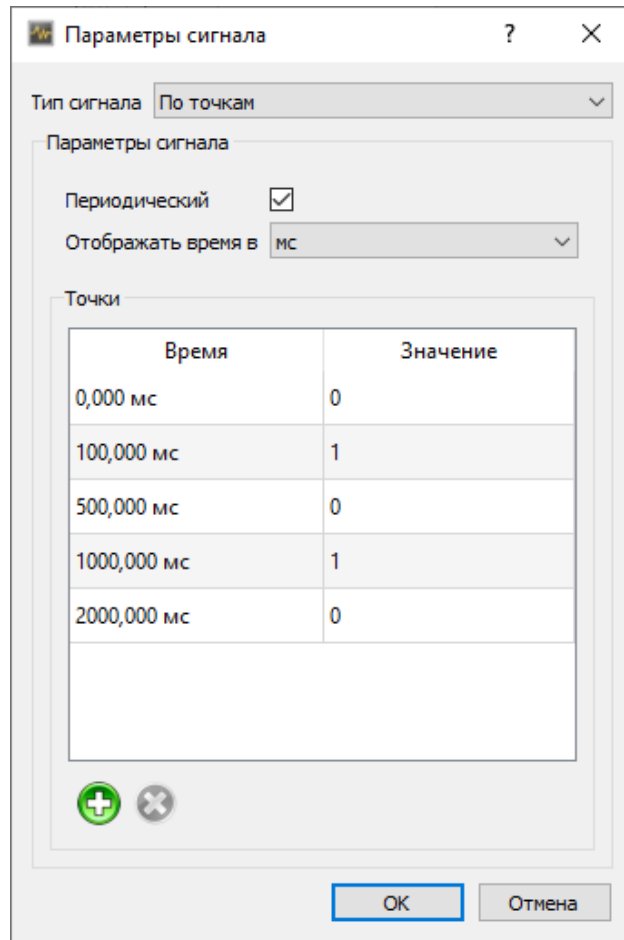


Рис. 2.176: Результирующие настройки сигнала по точкам

В случае, если отмечена настройка *“Периодический”*, то после последней точки сигнал будет воспроизводиться повторно, начиная с первой, иначе — последнее значение будет сохраняться до конца эксперимента (выдаче не периодического сигнала доступна только в потоковом режиме вывода).

В завершение нужно отметить *“Вкл”* для всех используемых каналов.

В случае медленных сигналов можем уменьшить частоту генерации сигнала для сокращения трафика, а также можем выбрать циклический или потоковый режим. Для длительных сигналов для E-502 может быть удобен потоковый режим для ускорения запуска и останова, т.к. он не требует загрузки всего сигнала перед стартом и ожидания завершения цикла при останове.

Результирующая страница настроек представлена на [рисунке 2.177](#).

Параметры

АЦП Вывод Дискретный ввод

Каналы ЦАП

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Синхр	Нач. значение	Сигнал
<input checked="" type="checkbox"/>	ЦАП 1		<input checked="" type="checkbox"/>		Синус: F = 1 Гц, Ампл 5, Смещ 0, Фаза 0°
<input checked="" type="checkbox"/>	ЦАП 2		<input checked="" type="checkbox"/>		Пила: F = 0.2 Гц, Ампл от -2 до 3

Дискретные выходы

Синхронный режим вывода

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Сигнал
<input checked="" type="checkbox"/>	DOUT 1		Импульс: F = 2 Гц, D = 70%
<input checked="" type="checkbox"/>	DOUT 2		По точкам: 5 периодических точек
<input type="checkbox"/>	DOUT 3		
<input type="checkbox"/>	DOUT 4		
<input type="checkbox"/>	DOUT 5		
<input type="checkbox"/>	DOUT 6		
<input type="checkbox"/>	DOUT 7		
<input type="checkbox"/>	DOUT 8		
<input type="checkbox"/>	DOUT 9		
<input type="checkbox"/>	DOUT 10		
<input type="checkbox"/>	DOUT 11		
<input type="checkbox"/>	DOUT 12		
<input type="checkbox"/>	DOUT 13		
<input type="checkbox"/>	DOUT 14		
<input type="checkbox"/>	DOUT 15		
<input type="checkbox"/>	DOUT 16		

Синхронный вывод

Частота генерации кГц Режим генерации

Рис. 2.177: Результирующие настройки вывода

2.11.4 Результат выполнения эксперимента

Теперь можем перейти к выполнению эксперимента, для чего как и ранее используем пункт меню “Эксперимент” → “Выполнить новый эксперимент” (🔍).

Полученные измеренные сигналы при выполнении данного эксперимента для случая аппаратного подключения выходов с тестовыми сигналами ко входам модуля представлен на [рисунке 2.178](#). Как можно увидеть, как аналоговые, так и дискретные сигналы отображаются аналогичным образом и соответствуют настроенным генерируемым сигналам.

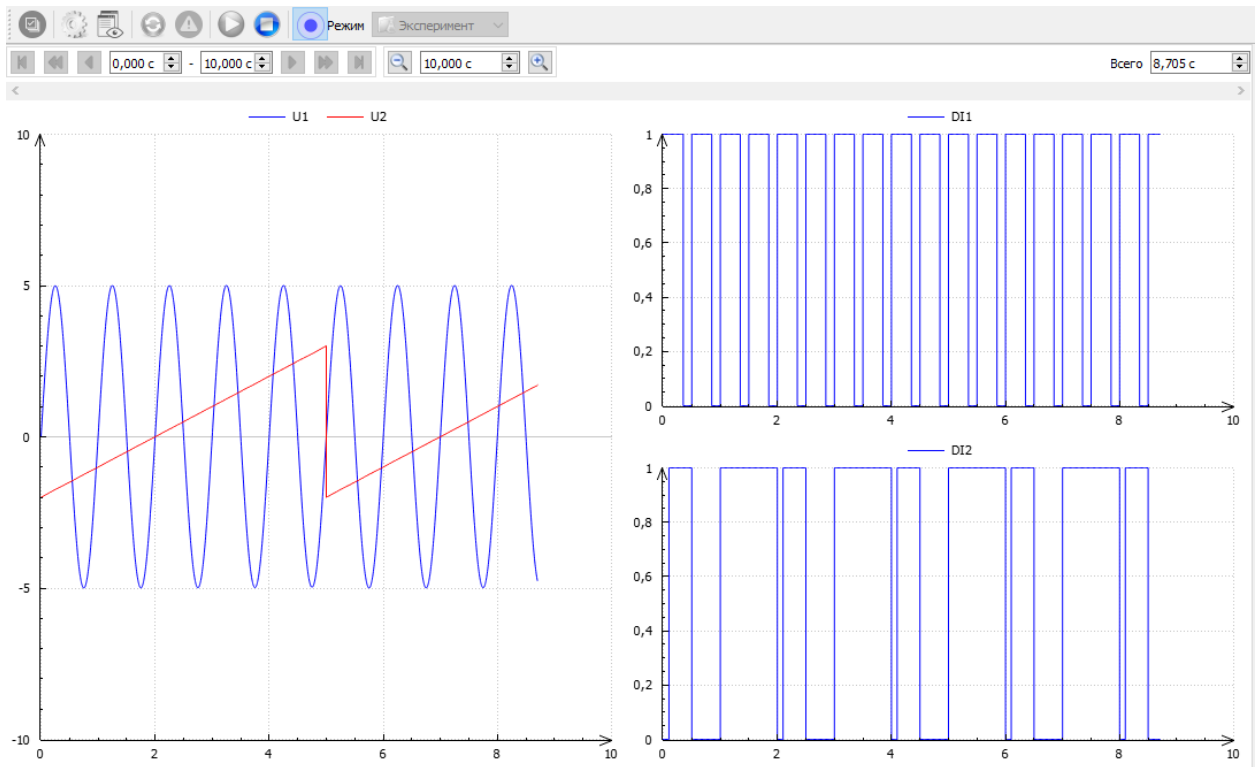


Рис. 2.178: Результат выполнения эксперимента

2.11.5 Использование логических операций с дискретными каналами

Теперь рассмотрим возможность выполнения логических операций над данными дискретных каналов. Процесс настройки во многом аналогичен использованию расчетных каналов на основе данных АЦП, как уже было продемонстрировано в [Уроке 4](#).

Нам также нужно будет добавить **модули обработки**, которые на основе данных имеющихся дискретных каналов создадут новые дискретные **расчетные каналы**, данные которых будут являться результатом выбранной логической операции над данными исходных каналов.

Переходим к странице настроек сценария *“Обработка данных”*, на которой выбираем закладку *“Модули обработки”* и нажимаем *“Добавить новый модуль обработки”* (+) рядом с таблицей модулей. В результате откроется диалог выбора модуля обработки ([рисунок 2.179](#)). Выберем для начала модуль *“Логическое НЕ”*, который позволяет получить инверсию исходного дискретного сигнала.

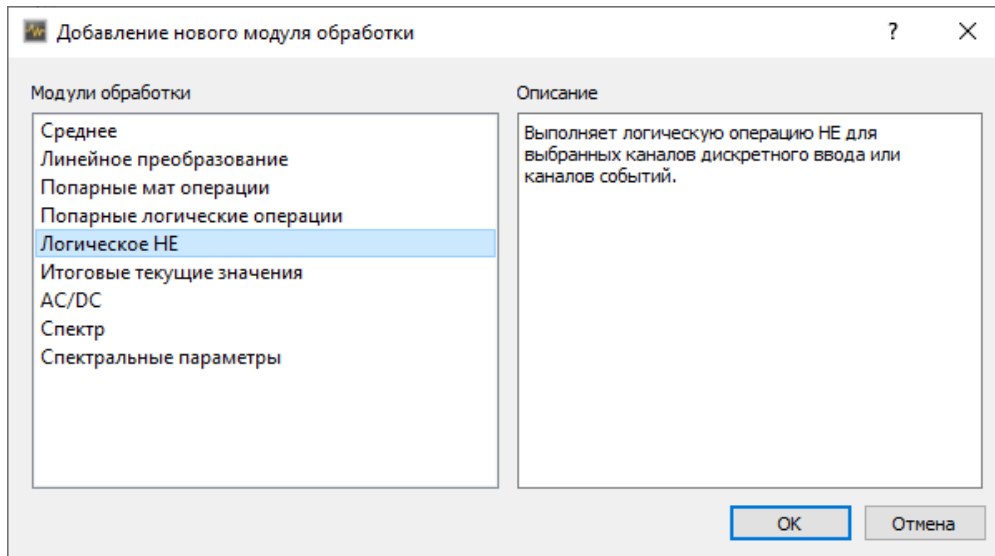


Рис. 2.179: Добавление модуля вычисления логического НЕ

После нажатия “OK” модуль добавится в список модулей сценария и будут отображены его настройки (рисунок 2.180).

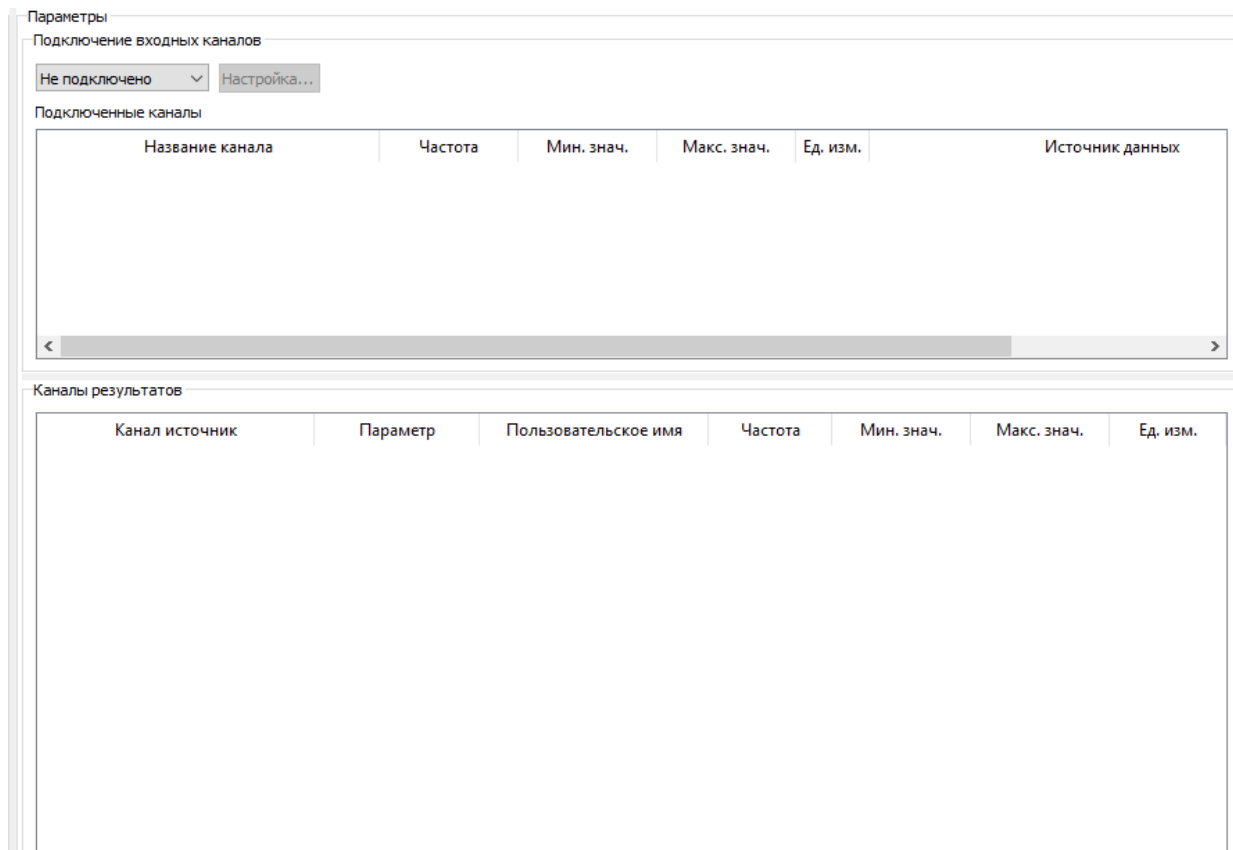


Рис. 2.180: Настройки модуля вычисления логического НЕ

Аналогично другим модулям обработки в настройках присутствует таблица для выбора исходных каналов и таблица с полученными каналами результатов. В разделе “Подключение входных каналов” выбираем тип ссылки “Выбранные каналы” и в открывшемся диалоге переходим к добавлению входных каналов. Следует отметить, что в списке выбора отображаются только дискретные каналы и не отображаются каналы

АЦП, так как данный модуль может работать только с дискретными данными.

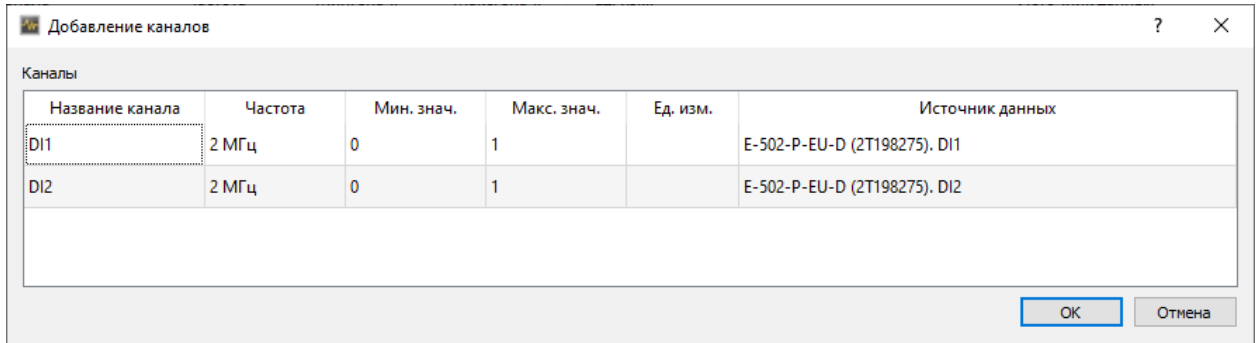


Рис. 2.181: Выбор каналов для модуля логического НЕ

Выбираем оба наших исходных дискретных канала. В результате оба канала появятся в таблице “Подключенные каналы”, а кроме того для каждого канала будет создан канал в таблице “Каналы результатов”. Для удобства зададим им имена “NOT DI1” и “NOT DI2” в столбце “Пользовательское имя” (рисунок 2.182). Каких-либо других настроек данный модуль обработки не требует.

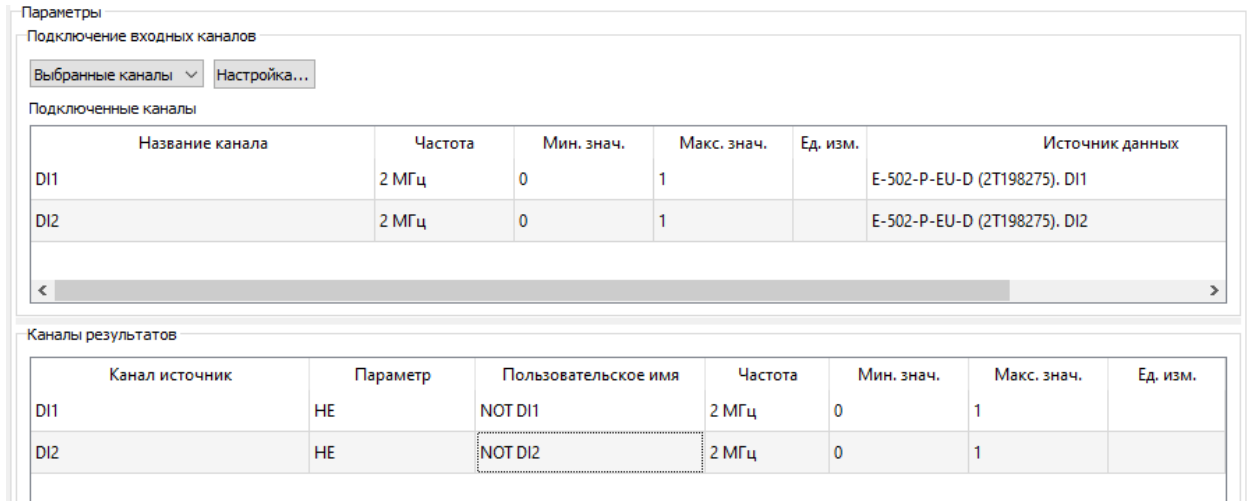


Рис. 2.182: Результирующие настройки модуля логического НЕ

Теперь рассмотрим добавление попарных логических операций, для чего снова нажимаем “Добавить новый модуль обработки” (+) и выбираем тип модуля “Попарные логические операции” (рисунок 2.183).

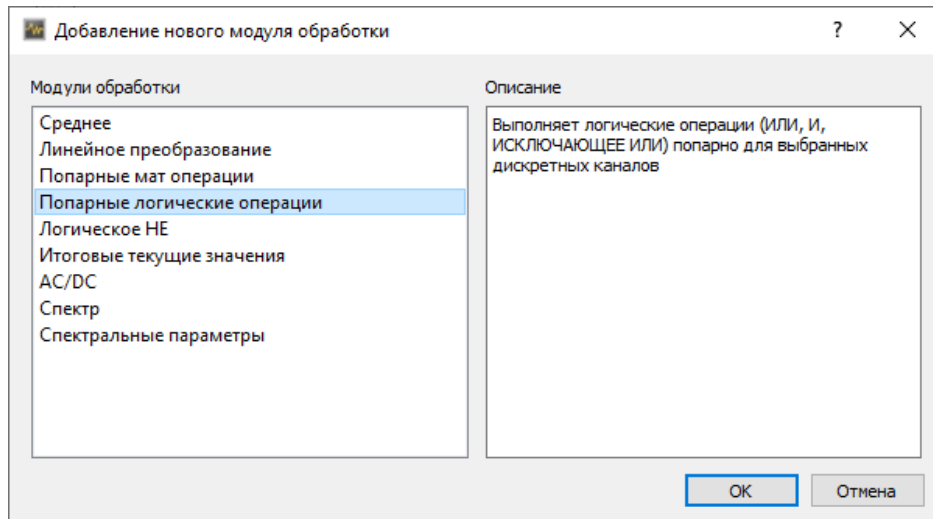


Рис. 2.183: Добавление модуля вычисления попарных логических операций

В результате будет добавлен новый модуль обработки, с похожей страницей конфигурации (рисунок 2.184).

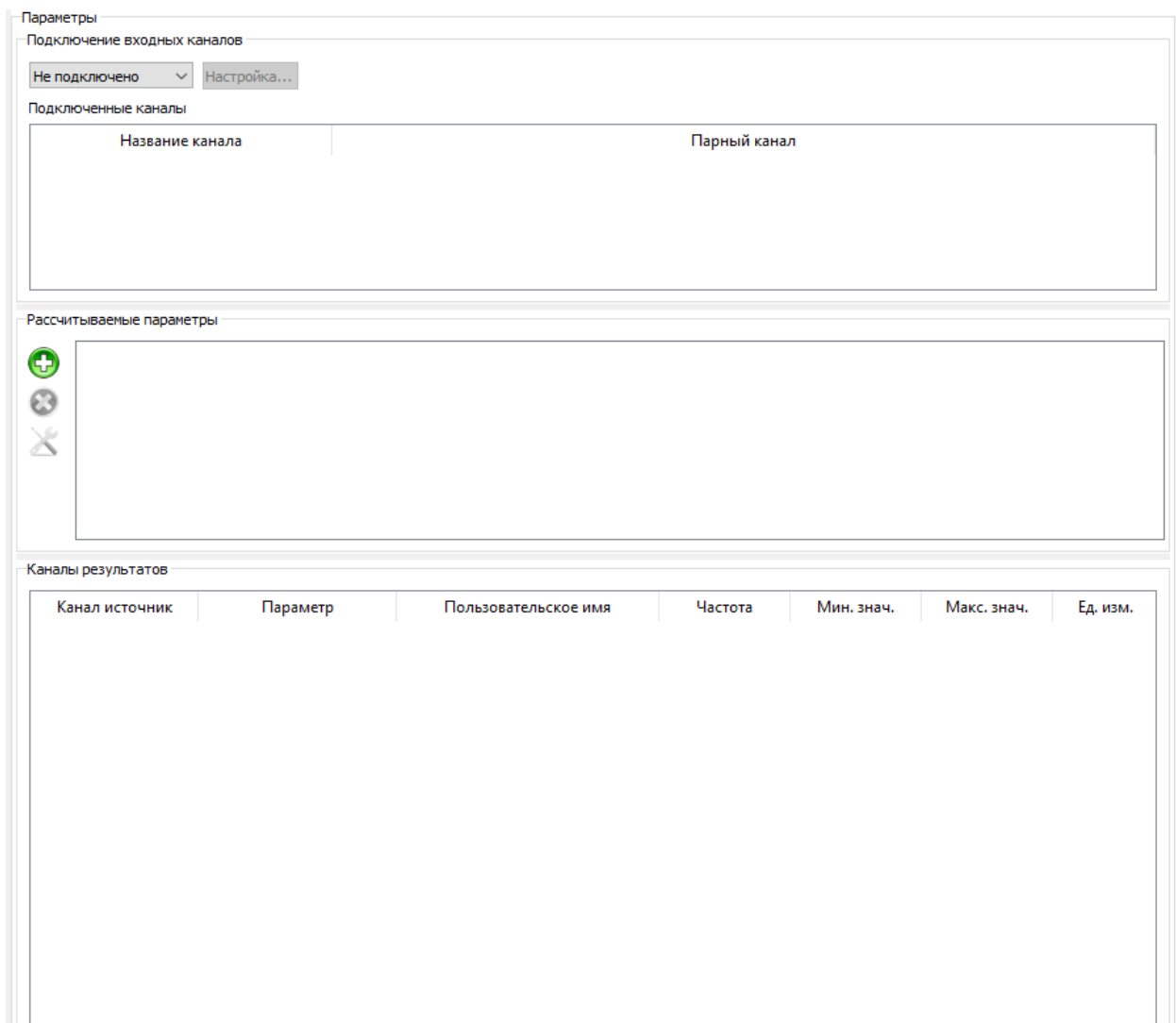


Рис. 2.184: Настройки модуля вычисления попарных логических операций

Аналогичным образом переходим к добавлению входных каналов. В списке доступных каналов теперь уже отображаются как исходные каналы дискретного ввода устройства, так и расчетные каналы от модуля вычисления логической функции НЕ.

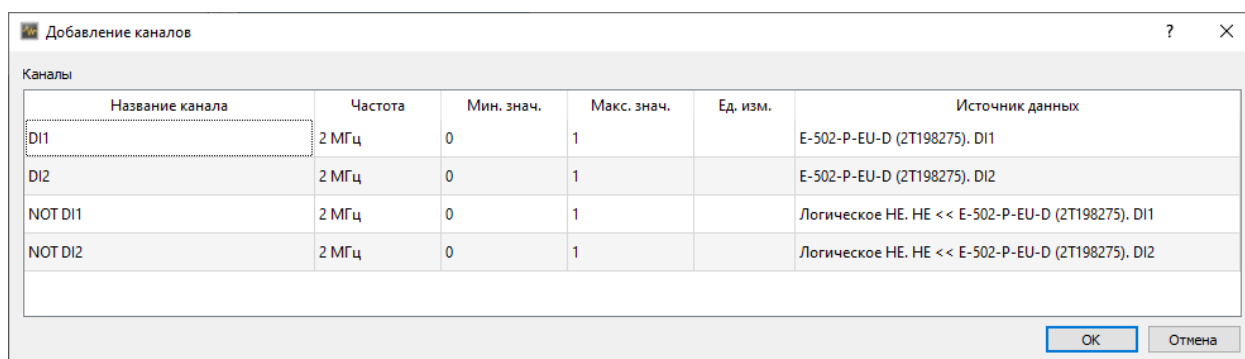


Рис. 2.185: Выбор каналов для модуля вычисления попарных логических операций

Допустим мы хотим выполнить логическую операцию между данными исходного канала DI1 и инверсией канала DI2. В этом случае выбираем в качестве канала DI1 и закрываем диалог. Канал DI1 появится в таблице подключенных каналов, при этом параметр “Парный канал” для него изначально в состоянии “<Не назначен>” (рисунок 2.186).

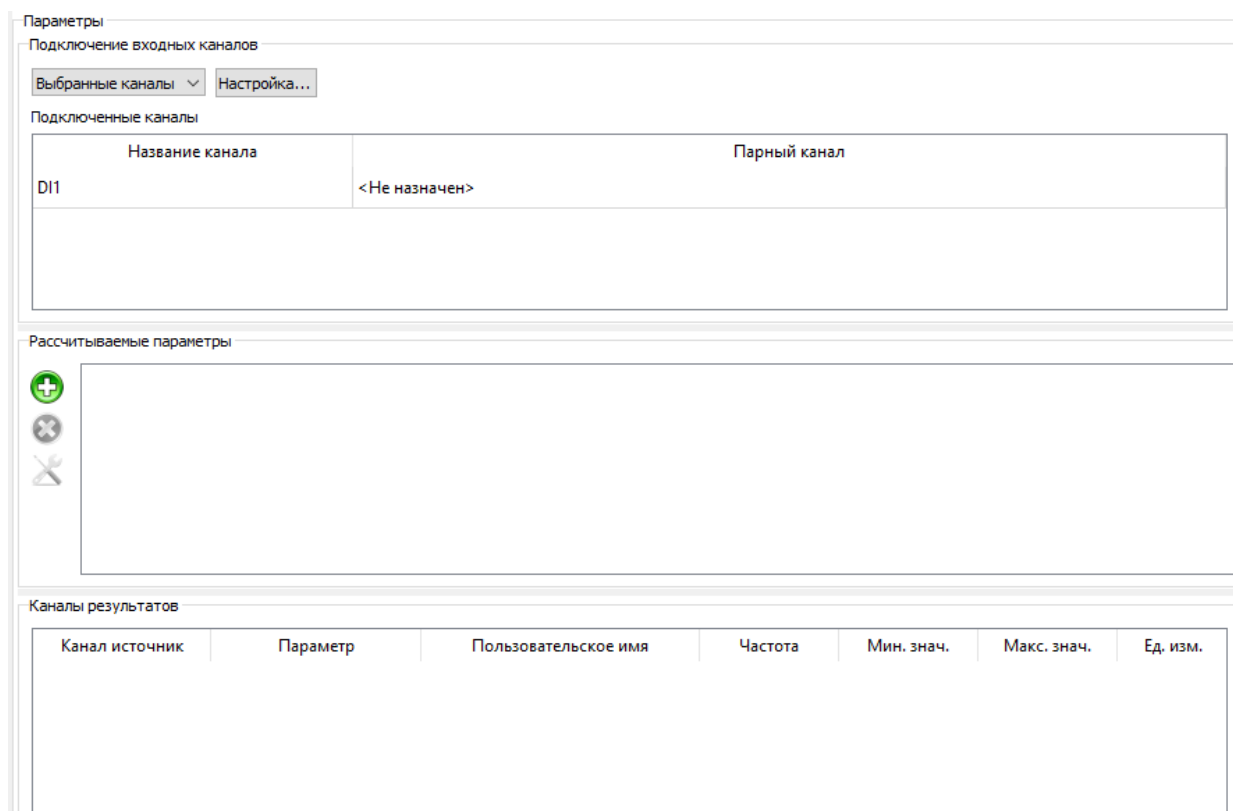


Рис. 2.186: Результат добавления канала для модуля вычисления попарных логических операций

Нажимаем два раза левой кнопкой мыши по ячейке таблицы, соответствующей параметру “Парный канал” для нужного входного канала, в результате чего откроется аналогичный диалог выбора второго канала. Выбираем в данном случае канал “NOT DI2” (рисунок 2.187).

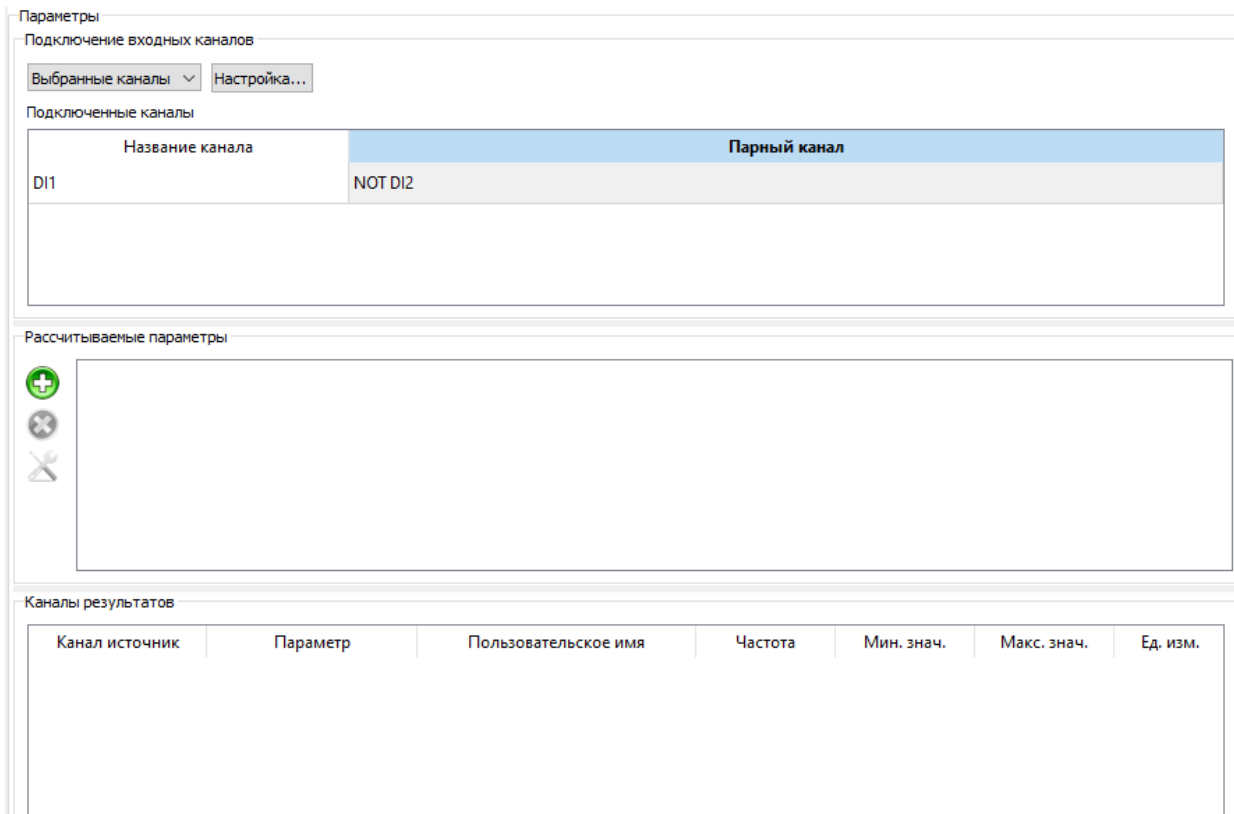


Рис. 2.187: Настройка парного канала канала для модуля вычисления попарных логических операций

В отличие от предыдущего модуля обработки данных данный модуль может вычислять несколько разных логических операций и нам нужно выбрать, результаты каких именно операций нам нужны. Для этого в разделе “*Рассчитываемые параметры*” нажимаем кнопку “*Добавить параметр*” (+), в результате чего откроется диалог выбора параметров (рисунок 2.188).

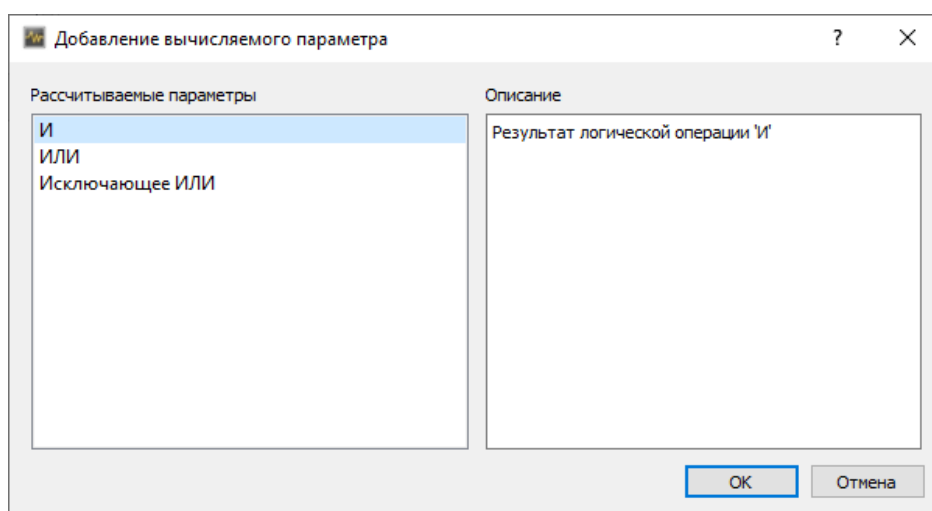


Рис. 2.188: Добавление вычисляемых параметров

Допустим мы хотим получить результат как логической операции “И”, так и операции “ИЛИ”. Операции добавляются по очереди. Выбираем сперва операцию “И” и нажимаем “ОК”, после чего еще раз повторяем операцию добавления и выбираем уже

параметр “ИЛИ”. В результате оба параметра будут отображены в таблице “*Рассчитываемые параметры*” (рисунок 2.189).

Параметры

Подключение входных каналов

Выбранные каналы

Подключенные каналы

Название канала	Парный канал
DI1	NOT DI2

Рассчитываемые параметры

И

ИЛИ

Каналы результатов

Канал источник	Параметр	Пользовательское имя	Частота	Мин. знач.	Макс. знач.	Ед. изм.
DI1, NOT DI2	И		2 МГц	0	1	
DI1, NOT DI2	ИЛИ		2 МГц	0	1	

Рис. 2.189: Настройки после добавления вычисляемых параметров

В таблице “*Каналы результатов*” для каждой пары входных каналов и каждого параметра будет создан свой расчетный канал. Как и в прошлый раз дадим им свои пользовательские имена, например “DI1 AND NOT DI2” и “DI1 OR NOT DI2”.

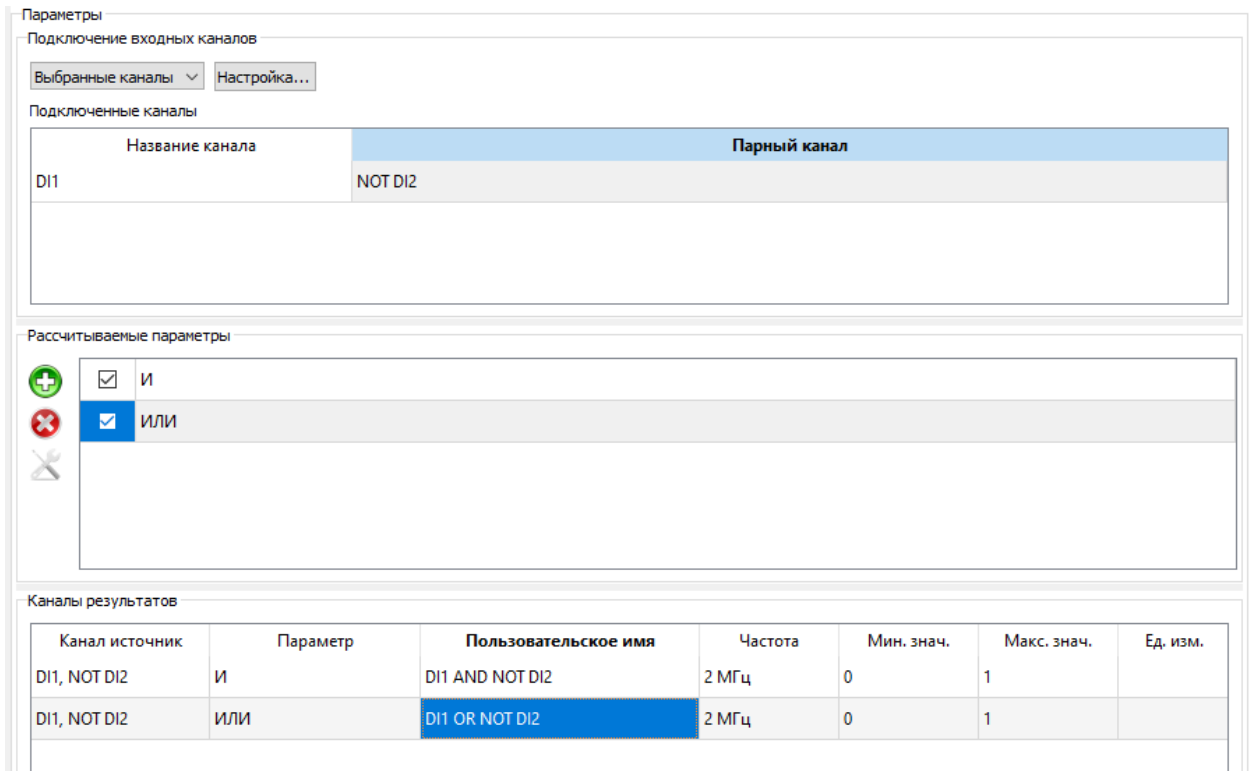


Рис. 2.190: Результирующие настройки модуля попарных логических операций

На этом настройка модулей обработки закончена. Осталось назначить полученные расчетные каналы графикам, для чего возвращаемся на страницу “*Визуализация*” настроек сценария. Теперь при выборе назначаемых каналов графику будут доступны помимо исходных каналов устройства и все добавленные расчетные каналы (рисунк 2.191).

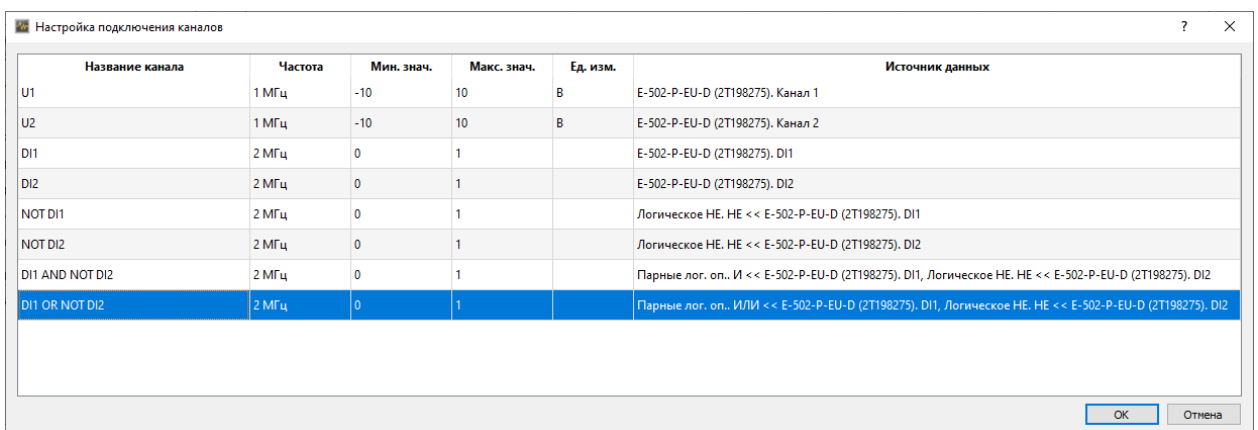


Рис. 2.191: Выбор каналов для графиков после добавления расчетных каналов

Создадим дополнительно 4 графика во втором столбце с теми же настройками, что и первые два канала для отображения дискретных данных, но назначим им уже добавленные расчетные каналы: “NOT D11”, “NOT D12”, “D11 AND NOT D12” и “D11 OR NOT D12” (рисунк 2.192).

Параметры страницы "Главная страница"

Элементы визуализации Внешний вид

Имя	Тип	Строка	Столбец	Высота	Ширина
Панель управления временем	Панель управления временем	1	1	1	До конца
Временной график АЦП	Временной график	2	1	До конца	1
Временной график DIN1	Временной график	2	2	1	1
Временной график DIN2	Временной график	3	2	1	1
Временной график NOT DIN1	Временной график	4	2	1	1
Временной график NOT DIN2	Временной график	5	2	1	1
Временной график DIN1 AND NOT DIN2	Временной график	6	2	1	1
Временной график DIN1 OR NOT DIN2	Временной график	7	2	1	1

Настройки элемента "Временной график DIN1 OR NOT DIN2"

Каналы Общие параметры Оси значений Внешний вид

Выбранный канал Настройка...

Название канала	Пользовательское имя	Цвет	Ось значений
D11 OR NOT D12	D11 OR NOT D12		Ось 1

Рис. 2.192: Результирующие настройки графиков для расчетных каналов

После этого можем запустить на выполнение эксперимент и убедиться, что отображаемые новые данные соответствуют заданным логическим операциям (рисунок 2.193).

Для сопоставления значений может быть удобно на странице общих параметров графиков создать группу отслеживания значений и назначить ее всем графикам отображения дискретных данных, как это ранее описывалось в Уроке 2.

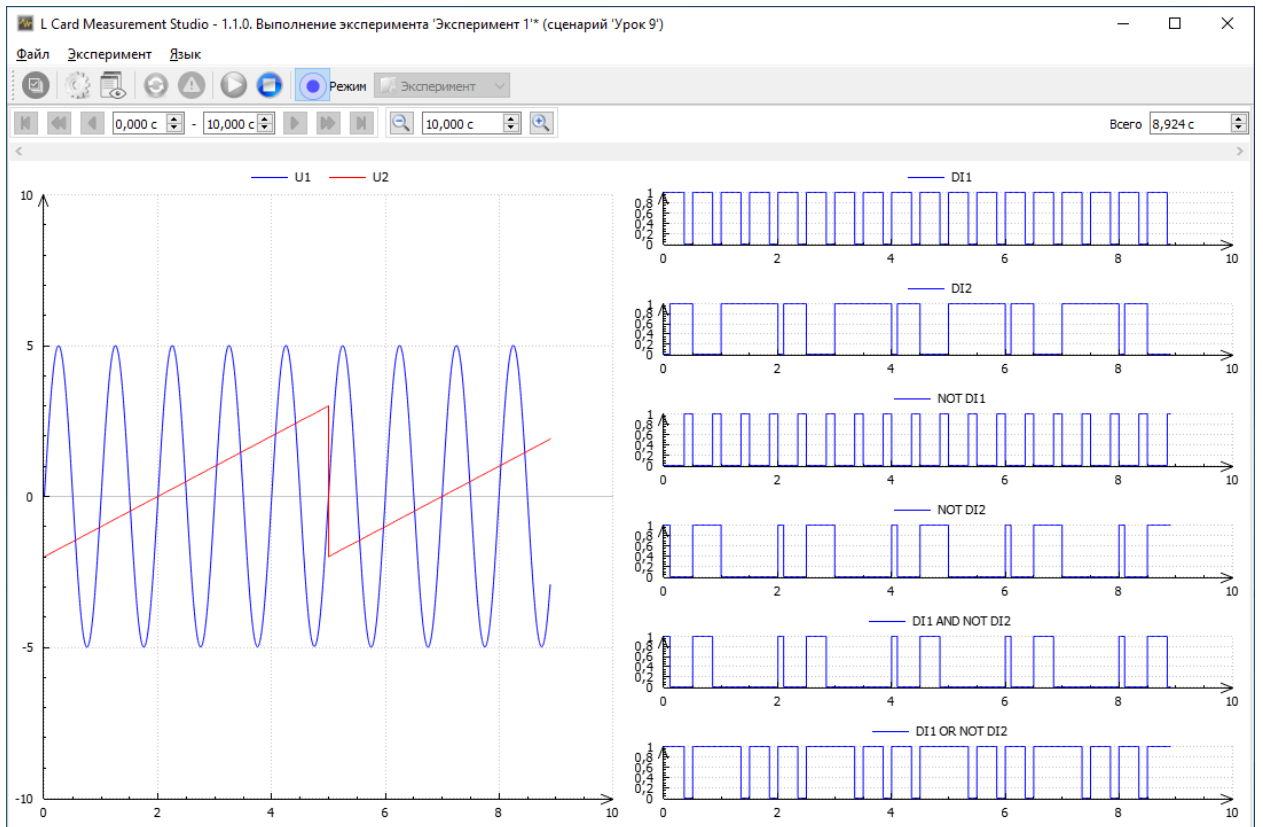


Рис. 2.193: Результат выполнения эксперимента с расчетными каналами

2.11.6 Добавление вывода данных на светодиодные индикаторы

Помимо графиков текущие состояния дискретных каналов могут быть отображены и на светодиодных индикаторах. Сами светодиодные индикаторы не добавляются напрямую на страницу визуализации, вместо этого сперва нужно добавить специальную групповую панель “Группа элементов”, на которой уже можно разместить индикаторы.

На странице настроек сценария “Визуализация” добавляем новый элемент визуализации типа “Группа элементов” (рисунок 2.194).

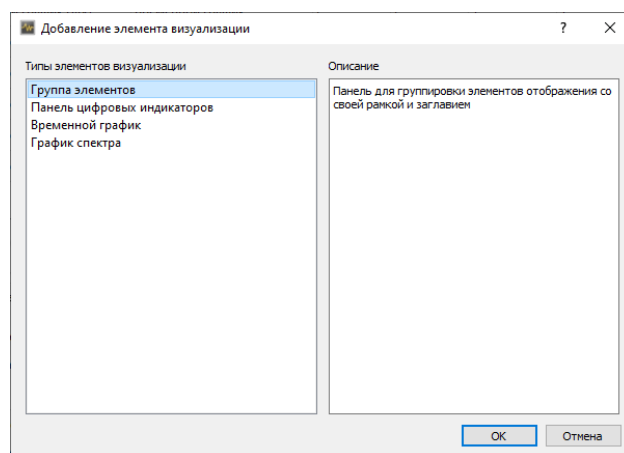


Рис. 2.194: Добавления элемента визуализации “Группа элементов”

Настройки добавленного элемента изображены на рисунке 2.195. На первой закладке “Элементы визуализации” отображается таблица элементов, добавленных в группу, аналогичная таблице элементов самой страницы визуализации. Общий принцип распо-

ложения этих элементов в виде сетки ячеек также совпадает с расположением элементов верхнего уровня на странице, за исключением лишь того, что элементы располагаются внутри созданной групповой панели с рамкой и заголовком.

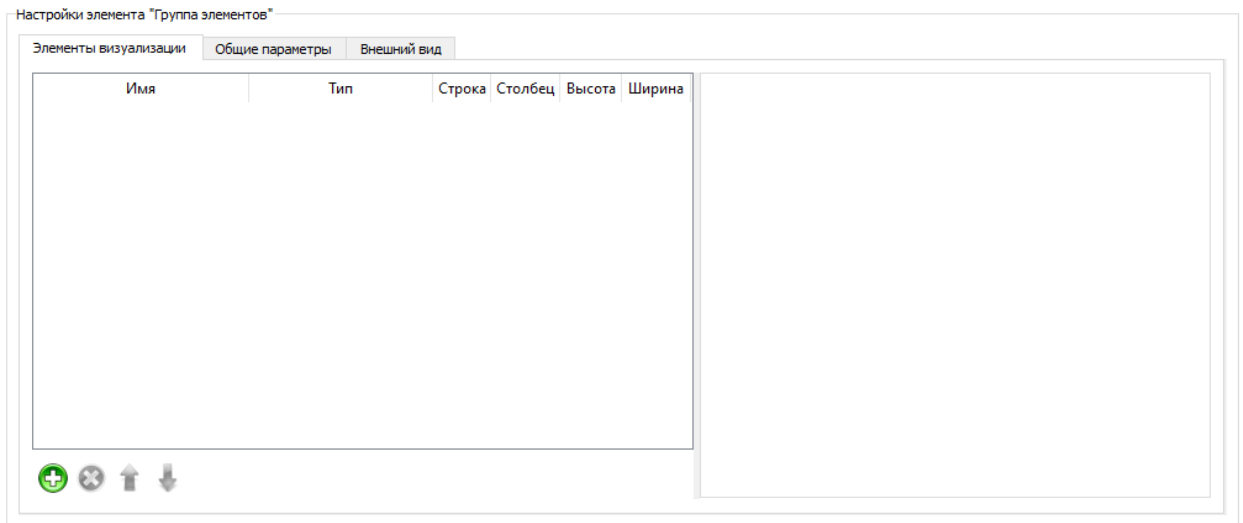


Рис. 2.195: Настройки элемента визуализации “Группа элементов”

Добавление элемента на групповую панель выполняется точно также нажатием кнопки “Добавить элемент” (+) в настройках панели, но при этом список элементов, возможных для добавления отличается (рисунок 2.196).

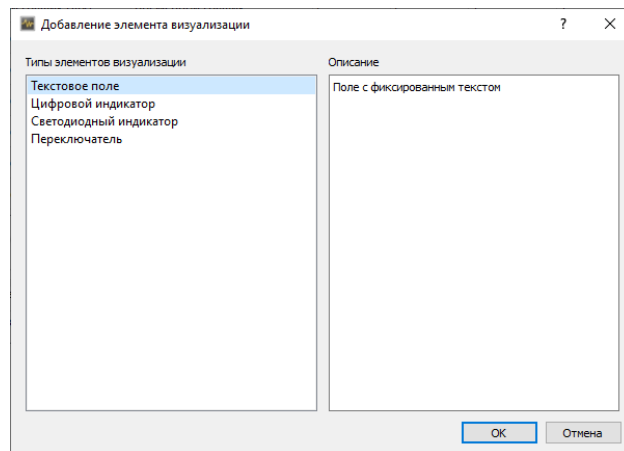


Рис. 2.196: Добавления элемента в группу

В данном уроке мы добавим элементы светодиодных индикаторов для отображения состояния дискретных каналов, а также элементы текстового поля, для создания текста подписи для индикаторов.

Выберем для начала текстовое поле, в результате чего оно добавится в список элементов группы, а настройки текстового поля будут отображены справа от таблицы (рисунок 2.197).

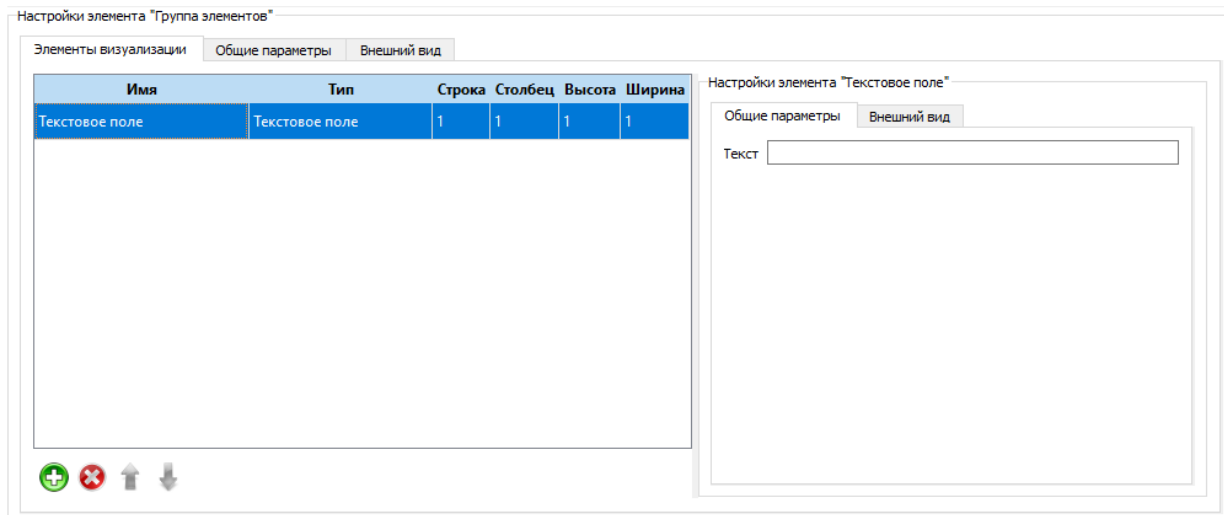


Рис. 2.197: Настройки элемента текстовое поле

Также как и для элементов визуализации на основной странице мы можем поменять пользовательское имя элемента в группе, введя его в столбце “Имя”. Это никак не влияет на проведение эксперимента, но позволяет проще ориентироваться в добавленных элементах. Также в поле “Текст” общих параметров текстового поля введем фиксированный текст подписи, который будет уже отображен в интерфейсе. В данном пример эта подпись относится к первому индикатору для отображения состояния входа “DI1”, поэтому и зададим в подписи текст “DI1” (рисунок 2.198). На закладке “Внешний вид” настроек текстового поля при желании можно задать различные параметры отображения надписи, такие как цвет и шрифт текста и т.д.

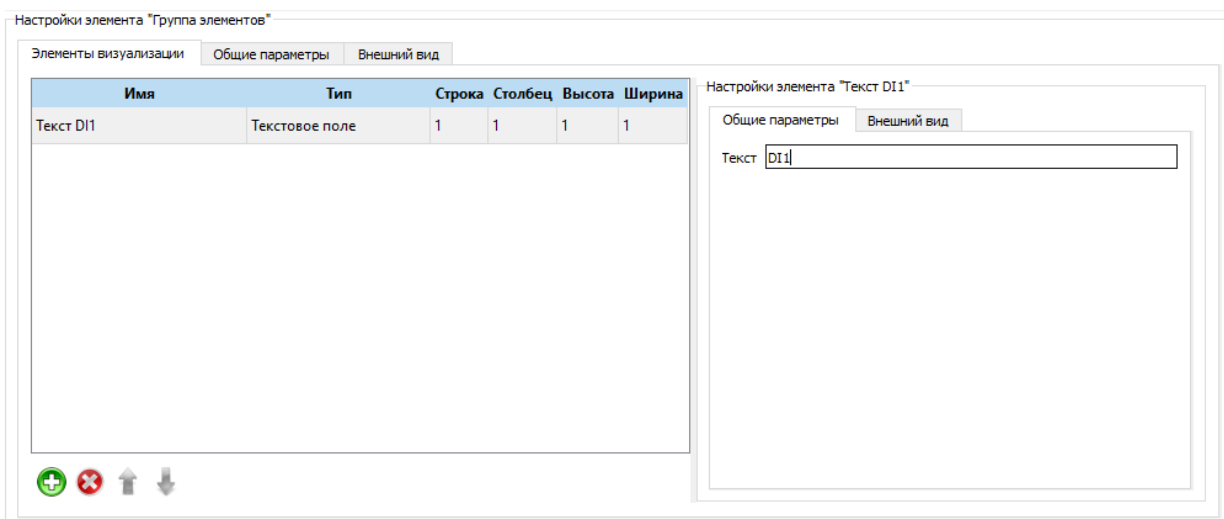


Рис. 2.198: Заполненные настройки элемента текстовое поле

Далее таким же образом добавляем в группу элемент типа “Светодиодный индикатор”. В настройках индикатора (рисунок 2.199) нужно выбрать канал, данные которого будут определять состояние индикатора. Нажимаем кнопку “...” справа от поля “Канал” и в привычном диалоге выбираем нужный канал из всех дискретных каналов сценария. Следует отметить, что данный элемент, как и другие элементы добавляемые в группу, отображает только один индикатор и, соответственно, позволяет выбрать только один канал. Для отображения состояния нескольких каналов необходимо создать соответ-

ствующее число индикаторов.

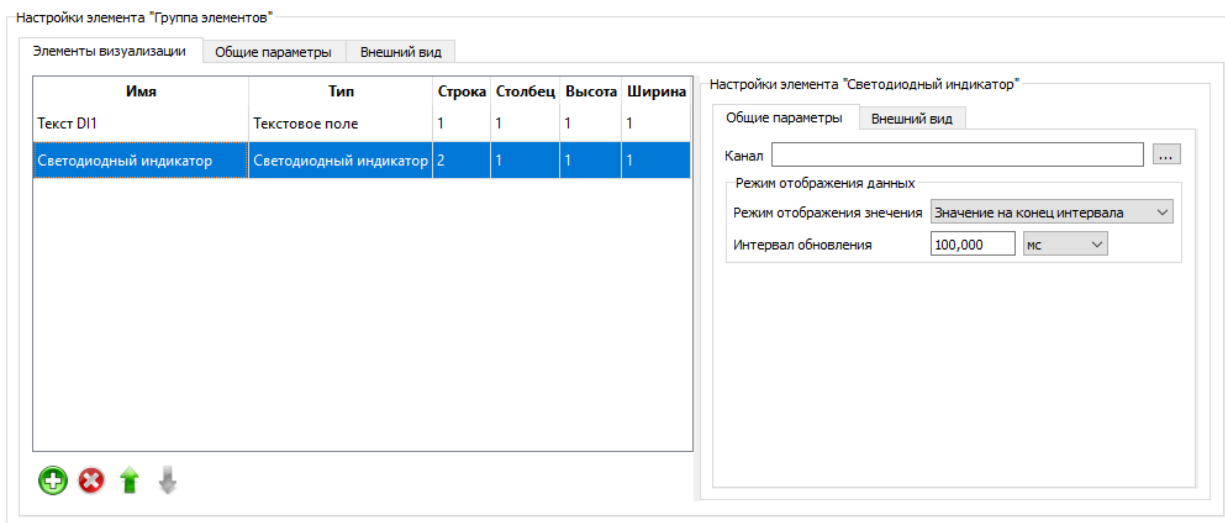


Рис. 2.199: Настройки элемента светодиодный индикатор

Параметр *“Интервал обновления”* задает частоту обновления состояния индикатора при выполнении эксперимента, которая может быть ниже частоты самого канала, т.к. как правило индикатор не предназначен для просмотра быстро меняющихся данных и быстрые изменения плохо различимы и могут только мешать наблюдению.

Параметр *“Режим отображения значения”* отвечает за то, какому моменту времени будет соответствовать состояние индикатора при просмотре данных уже проведенного эксперимента (конец или начало выбранного для просмотра интервала, либо значение на момент завершения эксперимента независимо от текущего просматриваемого интервала).

На странице *“Внешний вид”* (рисунок 2.200) можно выбрать цвет индикатора. Отдельно задается цвет включения (цвет индикатора, если значение дискретного входа равно 1) и выключения (если значения входа равно 0). Так как индикатор закрашивается градиентом для придания объема, то на каждое состояние задается два цвета, из какого в какой переходит градиент.

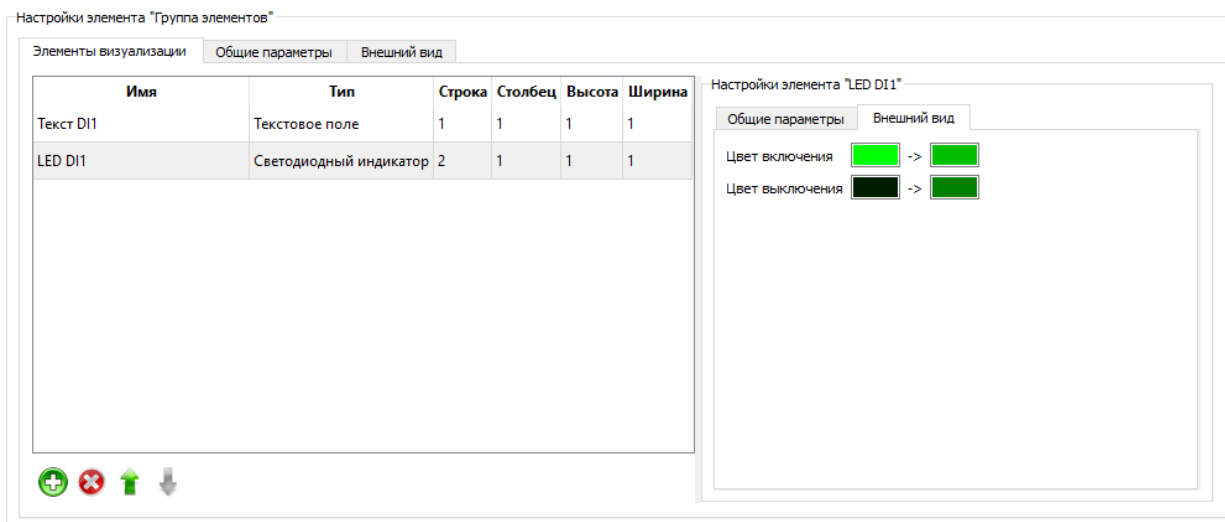


Рис. 2.200: Настройки внешнего вида элемента светодиодный индикатор

В данном примере мы только назначим нужный канал и присвоим элементу имя, а остальные настройки оставим без изменения (рисунок 2.201).

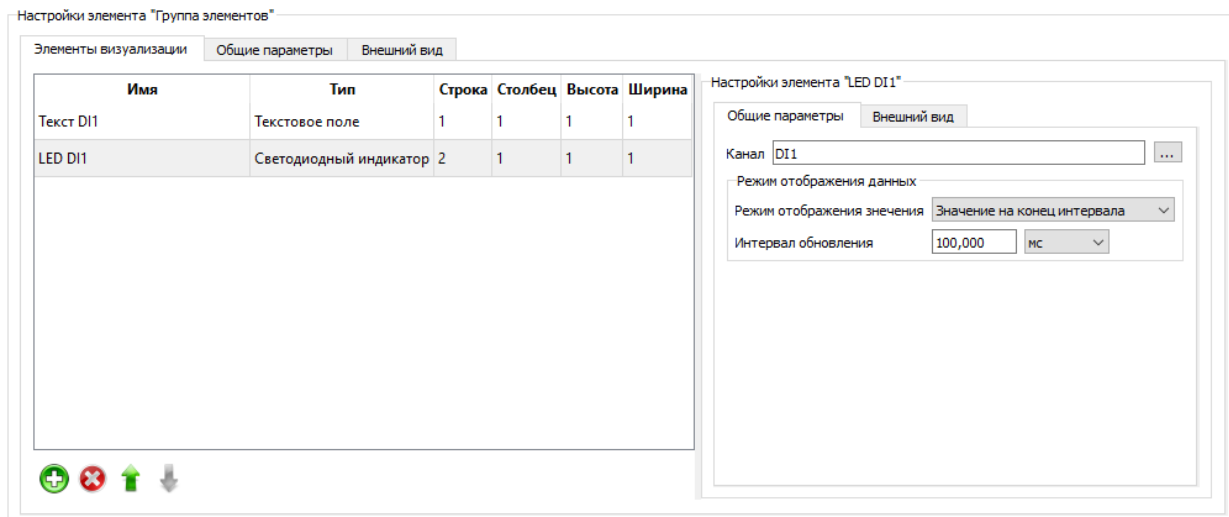


Рис. 2.201: Заполненные настройки элемента светодиодный индикатор

Для отображения состояния всех дискретных каналов добавим соответствующее количество подписей и светодиодных индикаторов. Их компоновку можно задать произвольно, используя параметры *“Строка”* и *“Столбец”* для задания номера строки и столбца виртуальной сетки, где будет расположен элемент. В примере мы расположим подписи слева от индикаторов и расположим все элементы в две строки и несколько столбцов:

- первые два столбца занимают подписи и индикаторы для каналов *“DI1”* (первая строка) и *“DI2”* (вторая строка);
- 3 и 4 столбец занимают подписи и индикаторы для каналов *“NOT DI1”* (первая строка) и *“NOT DI2”* (вторая строка);
- 5 и 6 столбец занимают подписи и индикаторы для каналов *“DI1 AND NOT DI2”* (первая строка) и *“DI1 OR NOT DI2”* (вторая строка).

В результате настройки группы будут выглядеть как показано на [рисунке 2.202](#).

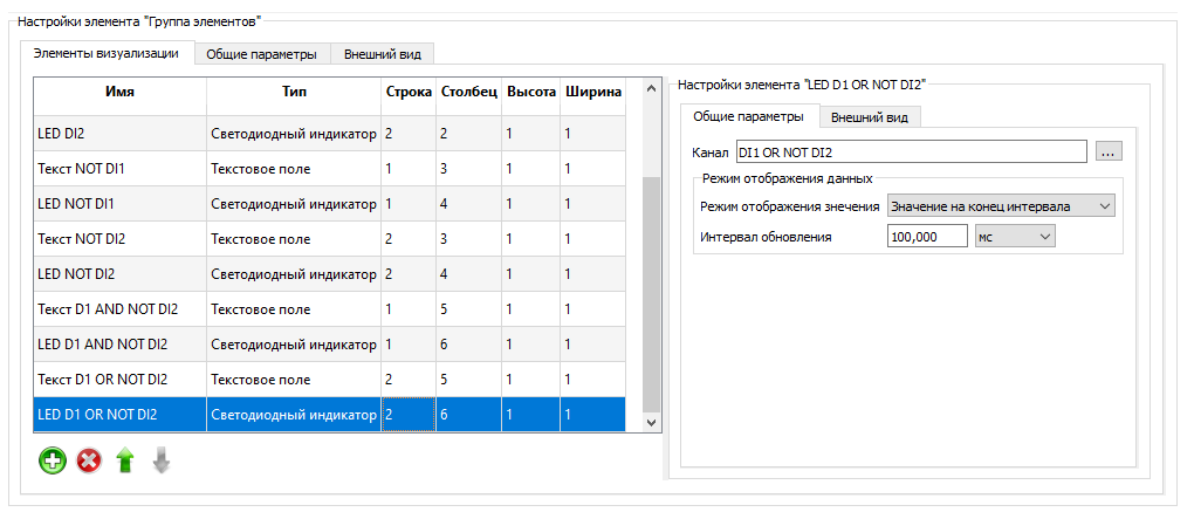


Рис. 2.202: Результат добавления всех элементов в группе

Также добавим заголовок для созданной группы, для чего перейдем на страницу “Общие параметры” самой группы элементов и введем в поле “Заголовок” отображаемый текст (рисунок 2.203). Дополнительно при желании можно задать параметры отображения заголовка, рамки и фона панели на закладке “Внешний вид”.

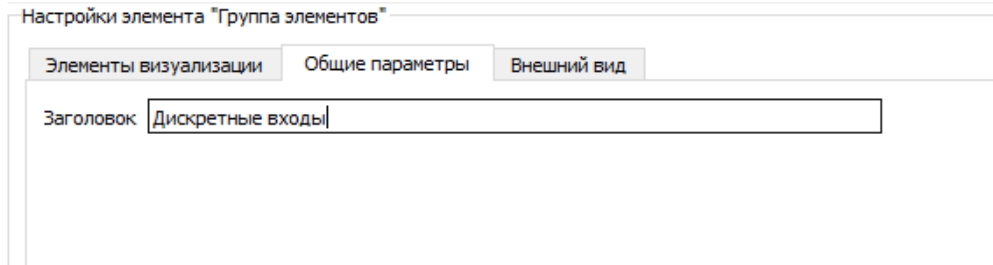


Рис. 2.203: Настройка текста заголовка группы элементов

На этом настройки закончены. В результате визуальный интерфейс эксперимента будет выглядеть как показано на рисунке 2.204. Ярко зеленый горящий цвет светодиодов по умолчанию соответствует единичному значению данных канала, в то время как темно зеленый погашенный цвет — нулевому.

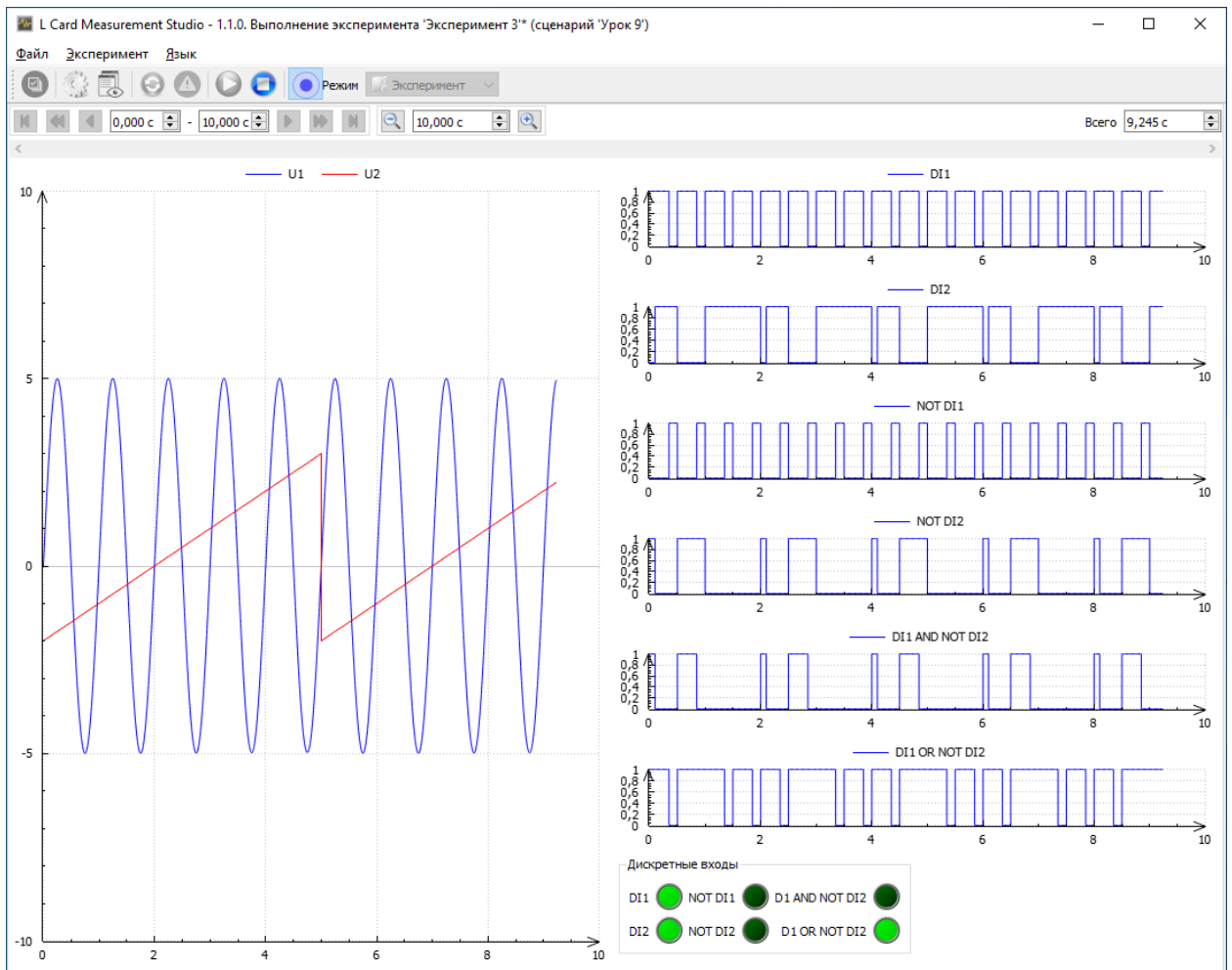


Рис. 2.204: Результат выполнения эксперимента со светодиодными индикаторами

2.12 Урок 10. Управление асинхронным выводом

2.12.1 Введение

Асинхронный вывод позволяет выводить не заранее определенные сигналы, а менять управляющие значения по определенным условиям, возникающим во время проведения эксперимента. Но при этом сам вывод может иметь плавающую задержку от момента определения условия до завершения операции и не позволяет выводить быстро изменяющиеся сигналы строго определенной формы.

В настоящее время в программе “**L Card Measurement Studio**” поддержан только асинхронный выход для дискретных выходов. Асинхронный вывод на ЦАП в текущей версии не поддерживается (хотя такая настройка может присутствовать в части устройств, но сейчас она позволяет задать только начальное выводимое значение). Асинхронный вывод заданных уровней на каналы ЦАП планируется добавить в будущие версии программы.

Для управления дискретными выходами может использоваться пользовательский элемент “Переключатель”, который во время проведения эксперимента пользователь может переводить в одно из двух положений. При изменении положения происходит изменение выводимого значения значения на дискретный выходе устройства.

Также возможно использовать любой канал дискретного ввода (в том числе и расчетный) для асинхронного управления состоянием дискретного выхода. В этом случае при изменении значения дискретного канала ввода будет изменено и значение дискретного выхода.

В текущей версии программы поддерживается асинхронный вывод для платы [L-502](#), модулей [E-502](#), [LTR42](#) и [LTR43](#).

Примечание: Хотя модуль [LTR35](#) имеет дискретные выходы, он не позволяет отдельно задавать синхронный и асинхронный режимы вывода для ЦАП и дискретных выходов. В связи с этим в текущей версии программы для данного модуля поддерживается только синхронный вывод на дискретных выходах. В будущих версиях при добавлении асинхронного вывода на ЦАП в этом режиме будет добавлен и асинхронный вывод на цифровые линии для данного модуля.

Примечание: Если модуль [LTR43](#) используется для асинхронного вывода, тот же самый модуль не может использоваться одновременно и для потокового ввода. Так как асинхронный ввод с дискретных входов в текущей версии программы не поддерживается, то каждый модуль [LTR43](#) должен быть настроен либо на ввод, либо на вывод.

2.12.2 Управление выводом с помощью элемента переключатель

Для начала рассмотрим вывод значений с помощью пользовательского переключателя, немного изменив используемый в [прошлом уроке](#) сценарий.

Воспользуемся готовым сценарием прошлого урока и перейдем сразу к настройке интерфейса визуализации для добавления пользовательских переключателей. Как и в случае со светодиодными индикаторами их можно добавлять только внутри созданной группы элементов. Мы можем как использовать ранее созданную группу, так и создать еще одну.

В данном примере добавим на страницу еще один элемент типа “Группа элементов”, аналогично тому как добавляли первую. Допустим мы хотим ее расположить справа от первой группы, но также под графиками отображения данных дискретных каналов. В этом случае нам нужно будет увеличить ширину графиков отображения дискретных данных, сделав ее в два столбца, чтобы под графиком можно было расположить два столбца с разными группами элементов. Однако это также приведет к тому, что графики с дискретными данными будут в два раза шире графика отображения данных АЦП. Если же ширину графиков нужно сохранить одинаковой, то и ширина графика данных АЦП должна быть в два столбца. Соответственно, нужно будет также поменять и номера столбцов для графиков дискретных данных сдвинув их на столбец вправо, чтобы столбцы 1-2 занимал график данных АЦП, а 3-4 — графики дискретных данных. Группа индикаторов будет теперь занимать один столбец 3, а новая группа для переключателей — столбец 4. Результирующие параметры расположения элементов показаны на [рисунке 2.205](#).

Параметры страницы "Главная страница"

Элементы визуализации Внешний вид

Имя	Тип	Строка	Столбец	Высота	Ширина
Панель управления временем	Панель управления временем	1	1	1	До конца
Временной график АЦП	Временной график	2	1	До конца	2
Временной график DIN1	Временной график	2	3	1	2
Временной график DIN2	Временной график	3	3	1	2
Временной график NOT DIN1	Временной график	4	3	1	2
Временной график NOT DIN2	Временной график	5	3	1	2
Временной график DIN1 AN...	Временной график	6	3	1	2
Временной график DIN1 OR ...	Временной график	7	3	1	2
Группа индикаторов	Группа элементов	8	3	1	1
Группа переключателей	Группа элементов	8	4	1	1

Настройки элемента "Группа переключателей"

Элементы визуализации Общие параметры Внешний вид

Имя	Тип	Строка	Столбец	Высота	Ширина
-----	-----	--------	---------	--------	--------

Рис. 2.205: Настройка расположения визуальных элементов после добавления второй группы

Далее необходимо в новую группу точно также, как ранее было сделано для первой, добавить нужные элементы. В данном примере добавим два переключателя с подписями слева каждый в свой строке. Сперва добавим как и текстовое поле для подписи и введем для него текст “SW1”, после чего добавим элемент “Переключатель”, настройки

которого показаны на [рисунке 2.206](#).

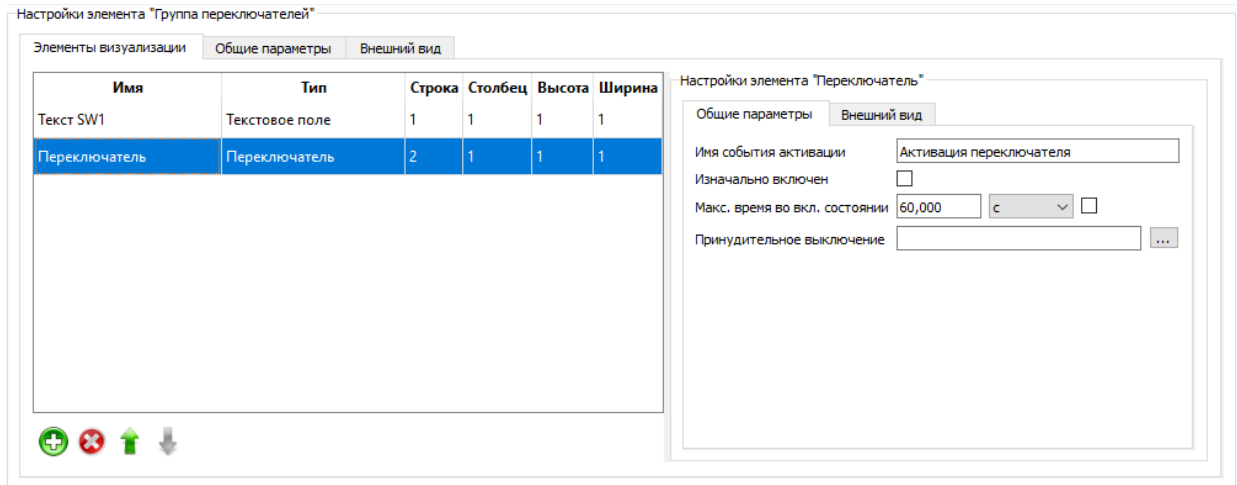


Рис. 2.206: Настройка элемента переключатель

Переключатель имеет два положения, одно соответствует активированному (включенному) и одно деактивированному (выключенному) состоянию переключателя.

При создании каждого элемента типа “*Переключатель*” создается новое [событие](#), которое отслеживает текущее положение переключателя и изменяет свое состояние в соответствии с этим положением. Также создается соответствующий канал, который в качестве данных передает состояние этого события при изменении положения переключателя. Имя созданного события и соответствующего канала задается в поле “*Имя события активации*” и должно быть уникально для сценария. Именно это имя используется в дальнейшем при назначении канала другим элементам, поэтому рекомендуется дать ему удобное пользовательское имя.

По умолчанию при старте эксперимента переключатель находится в выключенном положении, однако это можно поменять, отметив настройку “*Изначально включен*”.

Для случая, если переключатель не должен находиться непрерывно во включенном состоянии дольше определенного времени, существует настройка “*Макс. время во вкл. состоянии*”, где можно разрешить интервал и выбрать его длительность. Если эта настройка разрешена, то при проведении эксперимента, если переключатель был включен и остается в таком состоянии непрерывно в течение настроенного интервала времени, то он будет принудительно переведен в выключенное состояние автоматически. Также возможно принудительно выключить переключатель с запретом его включения при активном событии или дискретном входе с помощью настройки “*Принудительное выключение*”, которая будет рассмотрена в [следующем уроке](#).

На закладке “*Внешний вид*” ([рисунк 2.207](#)) можно при необходимости изменить текст, его стиль, цвет фона во включенном и выключенном состоянии. Цвет фона задается аналогично светодиодному индикатору двумя значениями для градиента. Кроме того, цвет фона задается отдельно для случая, когда запрещено изменять состояние переключателя.

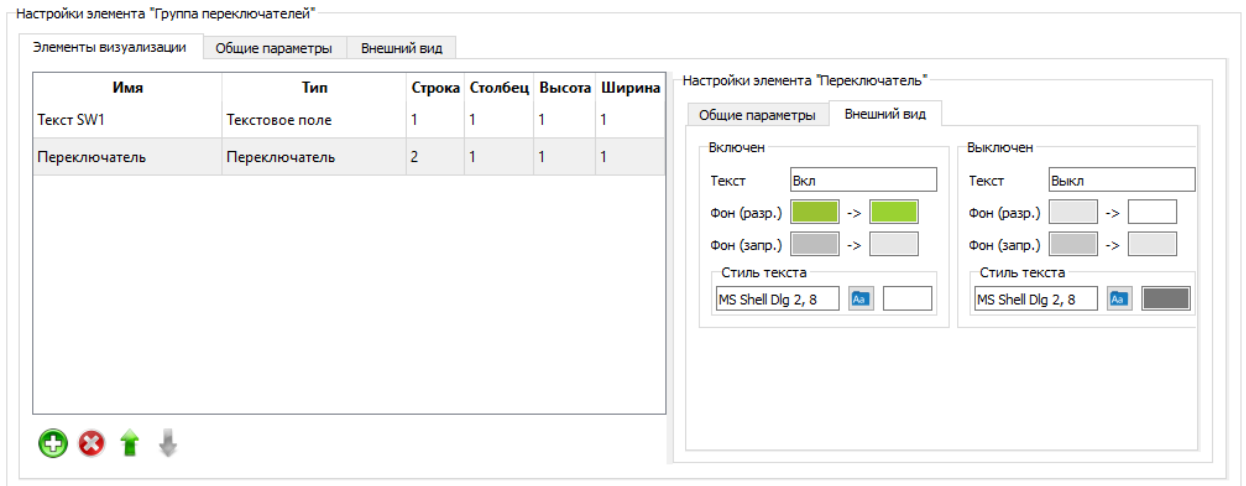


Рис. 2.207: Настройка внешнего вида элемента переключатель

Для данного примера зададим для первого переключателя имя события “SW1” и настроим его на изначально включенное состояние (рисунок 2.208). Также зададим положение переключателя во втором столбце первой строке группы.

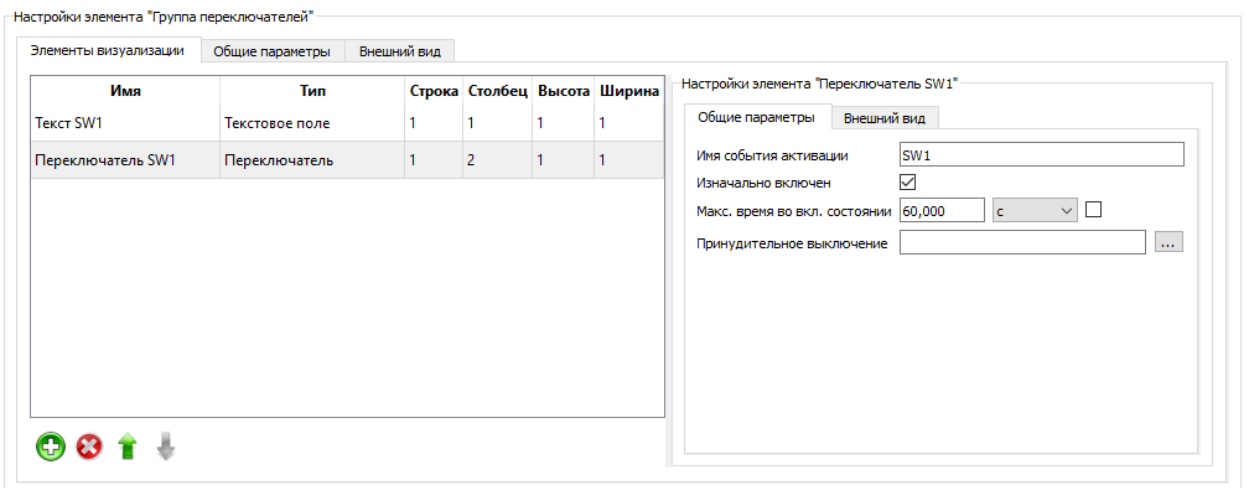


Рис. 2.208: Результирующие настройки первого переключателя

Далее добавим второе текстовое поле и переключатель, расположим их в первых двух столбцах второй строки группы. Событию переключателя дадим имя “SW2” и разрешим автоматическое выключения при времени включения более 5 секунд (рисунок 2.209).

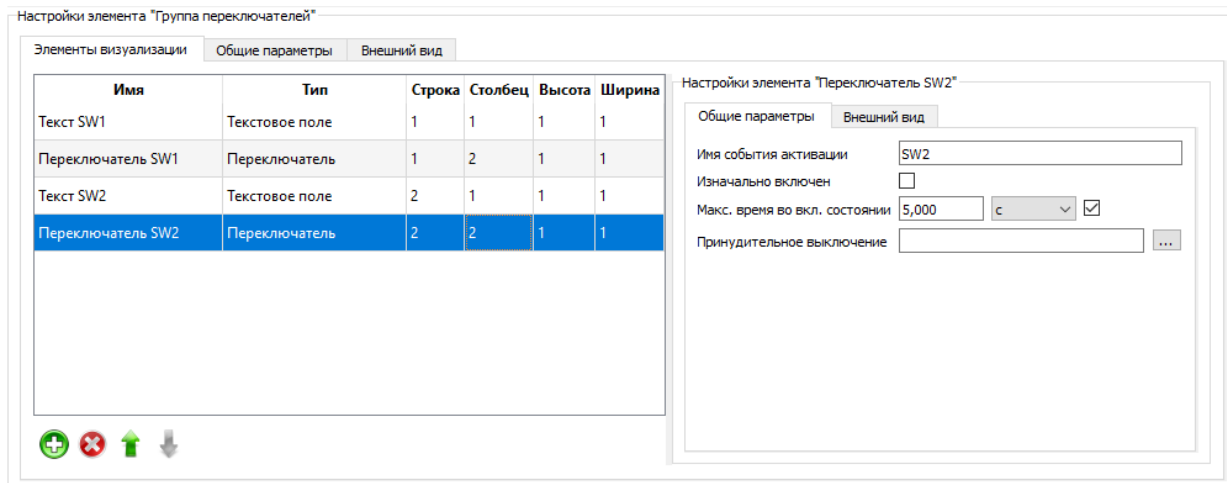


Рис. 2.209: Результирующие настройки второго переключателя

На этом настройка интерфейса визуализации закончена. Переходим назад на страницу *"Устройства"* настроек сценария к настройкам модуля [E-502](#), где выбираем страницу настроек *"Вывод"* и снимаем выбор с настройки *"Синхронный режим вывода"* на панели *"Дискретные выходы"* для перевода их в асинхронный режим ([рисунок 2.210](#)).

Параметры

АЦП Вывод Дискретный ввод

Каналы ЦАП

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Синхр	Нач. значение	Сигнал
<input checked="" type="checkbox"/>	ЦАП 1		<input checked="" type="checkbox"/>		Синус: F = 1 Гц, Ампл 5, Смещ 0, Фаза 0°
<input checked="" type="checkbox"/>	ЦАП 2		<input checked="" type="checkbox"/>		Пила: F = 0.2 Гц, Ампл от -2 до 3

Дискретные выходы

Синхронный режим вывода

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Нач. значение	Канал источник
<input checked="" type="checkbox"/>	DOUT 1		0	
<input checked="" type="checkbox"/>	DOUT 2		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 3		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 4		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 5		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 6		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 7		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 8		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 9		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 10		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 11		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 12		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 13		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 14		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 15		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 16		0	

Синхронный вывод

Частота генерации: кГц Режим генерации:

Рис. 2.210: Настройки вывода на дискретные выходы в асинхронном режиме для модуля E-502

В результате в таблице вместо параметра “Сигнал” появляются параметры “Нач. значение” и “Канал источник”.

При запуске эксперимента непосредственно перед стартом ввода-вывода на асинхронных каналах выводится их начальное значение, которое задается полем “Нач. значение”. Благодаря этому в момент старта эксперимента на всех дискретных выходах находится известный уровень. Пока оставляем это значение без изменений.

В поле “Канал источник” можно выбрать канал события или дискретного ввода, при изменении состояния которого и будет выполняться асинхронный вывод значения, соответствующего состоянию канала источника. Для выбора делаем двойное нажатие левой кнопкой мыши по ячейке данного параметра соответствующего канала, в результате чего откроется привычный диалог выбора канала (рисунок 2.211). Как и в других случаях в данном списке будут только подходящие каналы. Среди каналов будут присутствовать и каналы “SW1” и “SW2”, соответствующие состоянию переключателей.

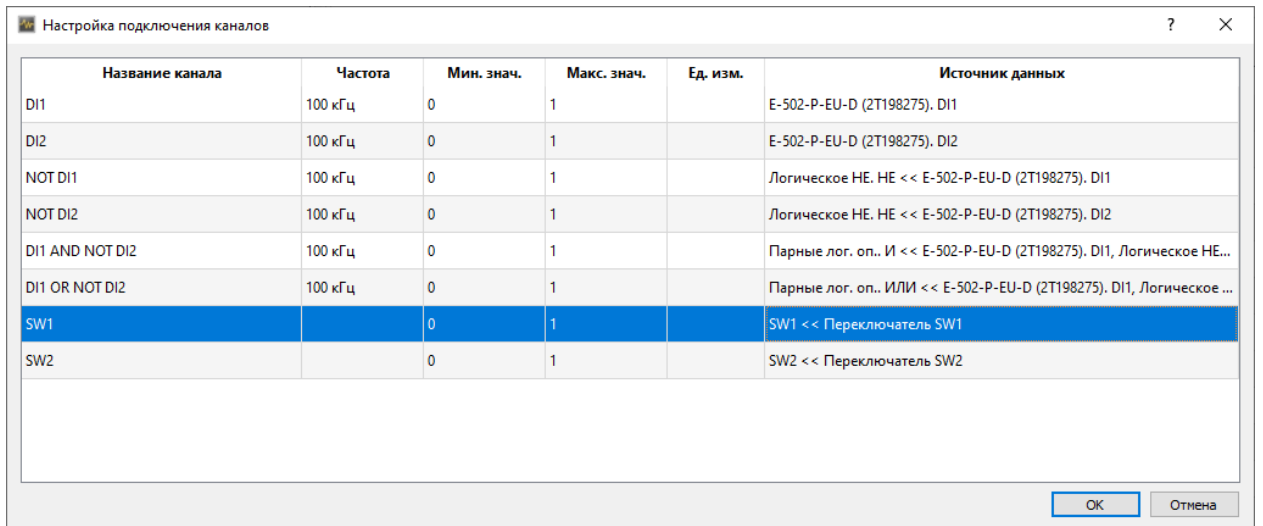


Рис. 2.211: Выбор канала источника для асинхронного вывода

Выбираем для первого выхода в качестве источника канал “SW1”, а для второго — “SW2”. В результате состояние дискретных выходов модуля будут соответствовать положению переключателей и при изменении положения будет выполнен асинхронный вывод нового значения.

Параметры

АЦП Вывод Дискретный ввод

Каналы ЦАП

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Синхр	Нач. значение	Сигнал
<input checked="" type="checkbox"/>	ЦАП 1		<input checked="" type="checkbox"/>		Синус: F = 1 Гц, Ампл 5, Смещ 0, Фаза 0°
<input checked="" type="checkbox"/>	ЦАП 2		<input checked="" type="checkbox"/>		Пила: F = 0.2 Гц, Ампл от -2 до 3

Дискретные выходы

Синхронный режим вывода

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Нач. значение	Канал источник
<input checked="" type="checkbox"/>	DOUT 1		0	SW1
<input checked="" type="checkbox"/>	DOUT 2		0	SW2
<input type="checkbox"/>	DOUT 3		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 4		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 5		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 6		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 7		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 8		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 9		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 10		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 11		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 12		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 13		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 14		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 15		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 16		0	

Синхронный вывод

Частота генерации кГц Режим генерации

Рис. 2.212: Настройки асинхронного вывода после назначения каналов источников

На этом настройки завершены и можно переходить к запуску эксперимента. Получившийся интерфейс показан на [рисунке 2.213](#). Как видим переключатели находятся в отдельной группе, первый переключатель во включенном положении, а второй в выключенном. При этом до запуска эксперимента они находятся в запрещенном состоянии и их положение изменить нельзя.

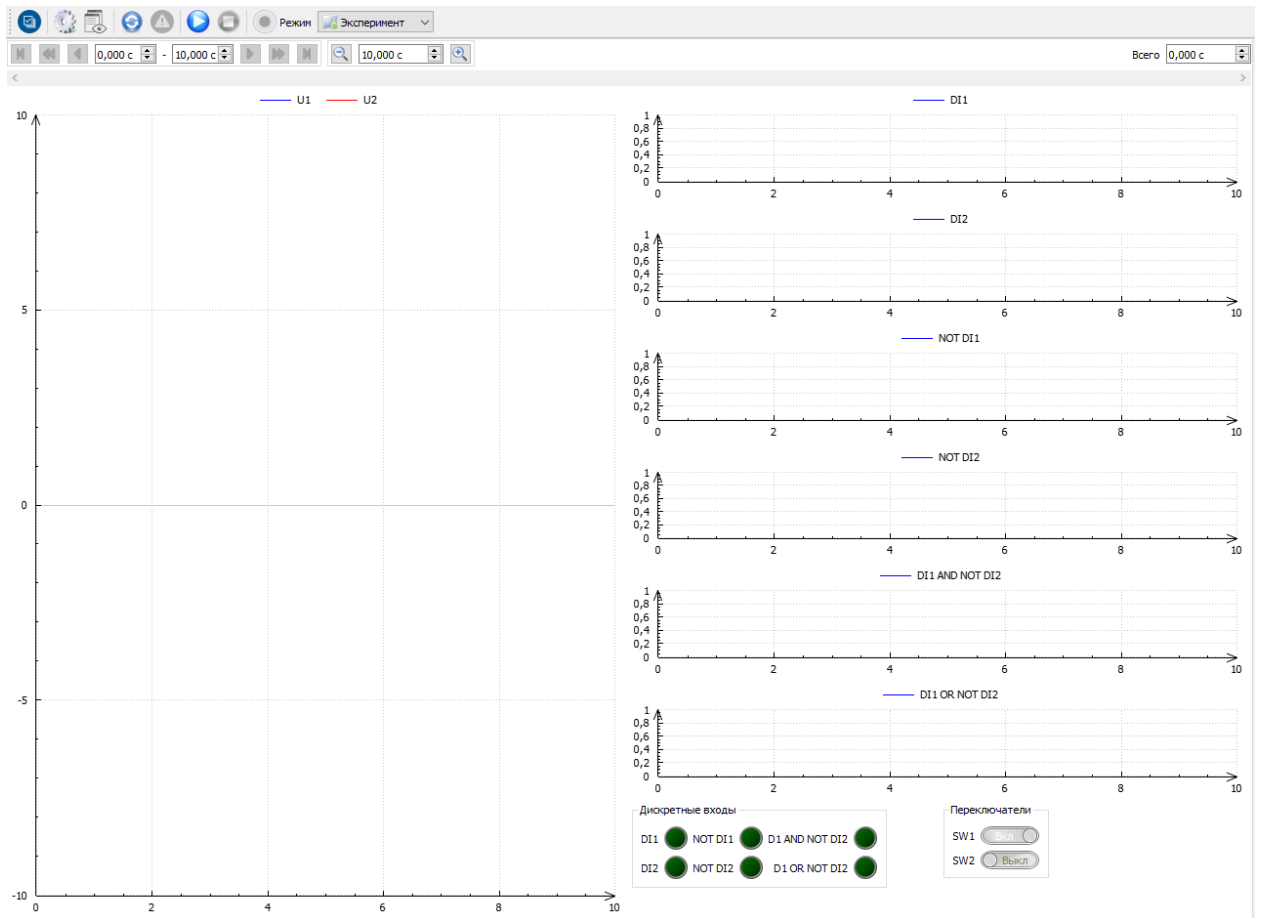


Рис. 2.213: Вид интерфейса эксперимента до запуска

После запуска переключатели становятся разрешены и если дискретные выходы соединены с дискретными входами на модуле [E-502](#), то мы можем по данным дискретного ввода увидеть, что значения дискретных выходов соответствуют положению переключателей ([рисунок 2.214](#)).

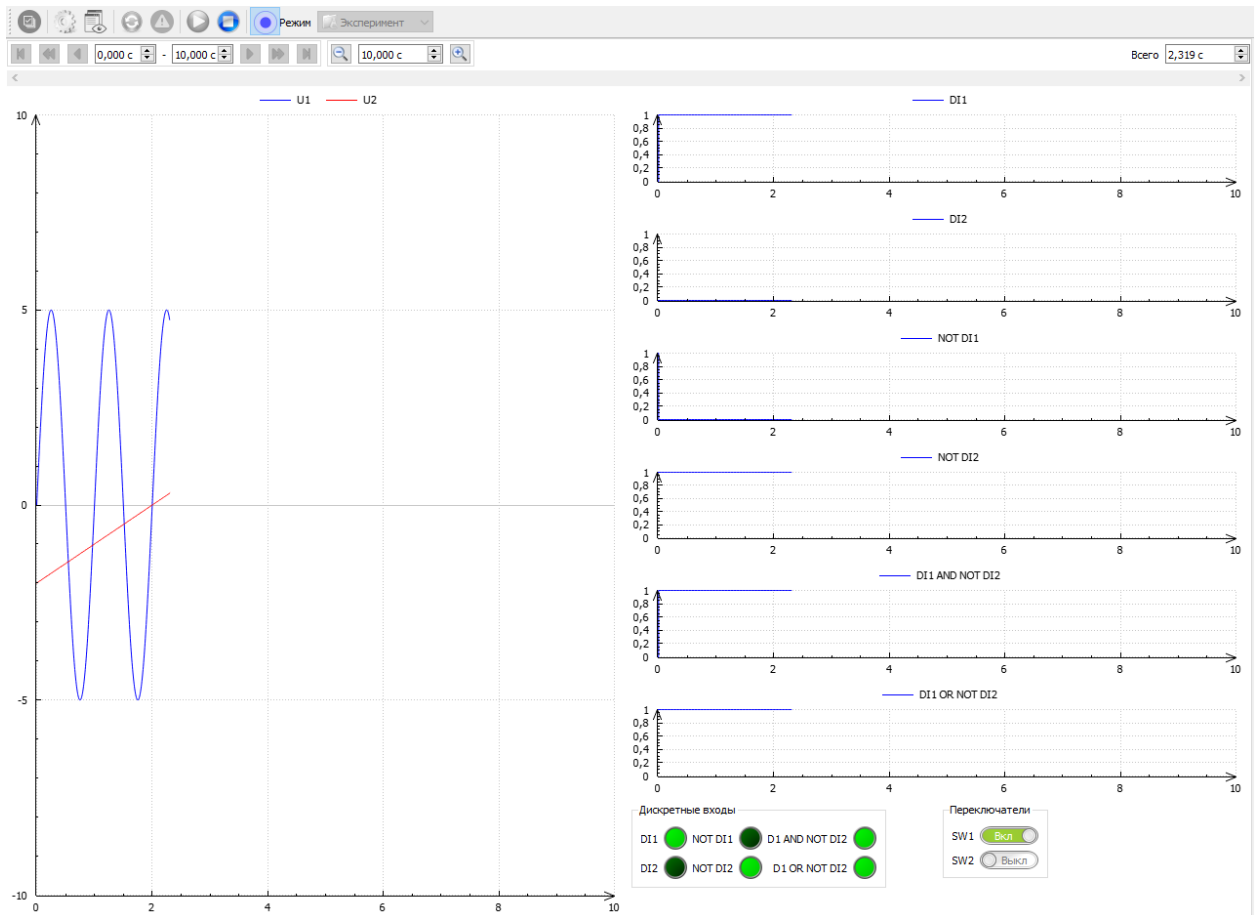


Рис. 2.214: Вид интерфейса эксперимента после запуска

Рассмотрим начальный момент времени после запуска эксперимента. Т.к. обработка событий начинается одновременно с запуском эксперимента и сам процесс вывода занимает некоторое время, то мы можем увидеть задержку установки в единицу первого канала (рисунок 2.215). Если необходимо, чтобы выход был переведен в состояние 1 до начала ввода, то можно изменить его начальное состояние в настройках модуля.

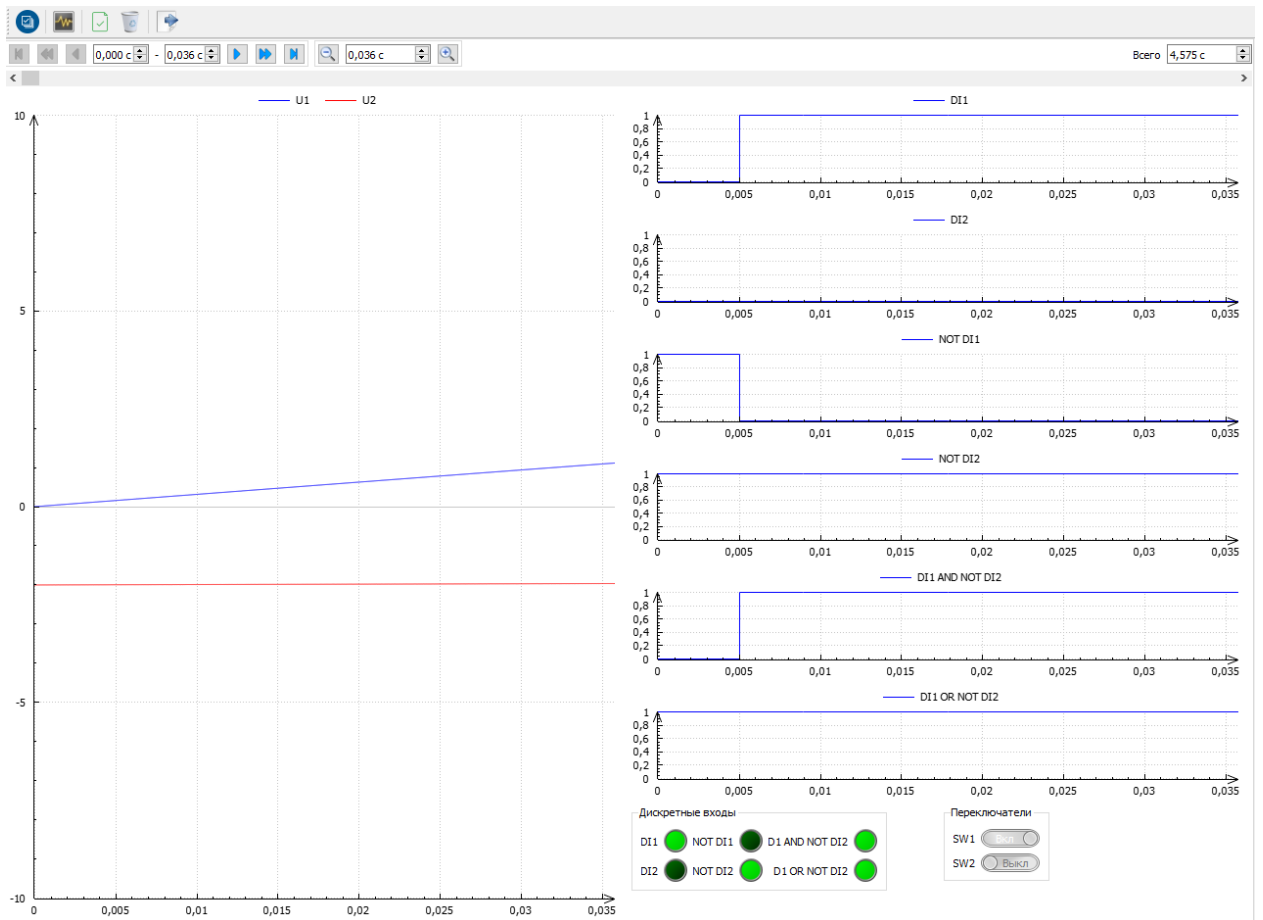


Рис. 2.215: Изменение сигнала в начале эксперимента

Возвращаемся в конфигурацию эксперимента к настройкам вывода модуля E-502 и в поле “Нач. значение” для канала “DOUT1” устанавливаем значение 1.

Параметры

АЦП Вывод Дискретный ввод

Каналы ЦАП

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Синхр	Нач. значение	Сигнал
<input checked="" type="checkbox"/>	ЦАП 1		<input checked="" type="checkbox"/>		Синус: F = 1 Гц, Ампл 5, Смещ 0, Фаза 0°
<input checked="" type="checkbox"/>	ЦАП 2		<input checked="" type="checkbox"/>		Пила: F = 0.2 Гц, Ампл от -2 до 3

Дискретные выходы

Синхронный режим вывода

Вкл	Канал	Пользовательское имя	Нач. значение	Канал источник
<input checked="" type="checkbox"/>	DOUT 1		1	SW1
<input checked="" type="checkbox"/>	DOUT 2		0	SW2
<input type="checkbox"/>	DOUT 3		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 4		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 5		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 6		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 7		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 8		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 9		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 10		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 11		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 12		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 13		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 14		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 15		0	
<input type="checkbox"/>	DOUT 16		0	

Синхронный вывод

Частота генерации кГц Режим генерации

Рис. 2.216: Настройка начального состояния выходов

Запустим эксперимент снова после изменения настроек. Теперь высокий уровень выставляется до запуска эксперимента и мы сразу считываем единичное значение (рис. 2.217).

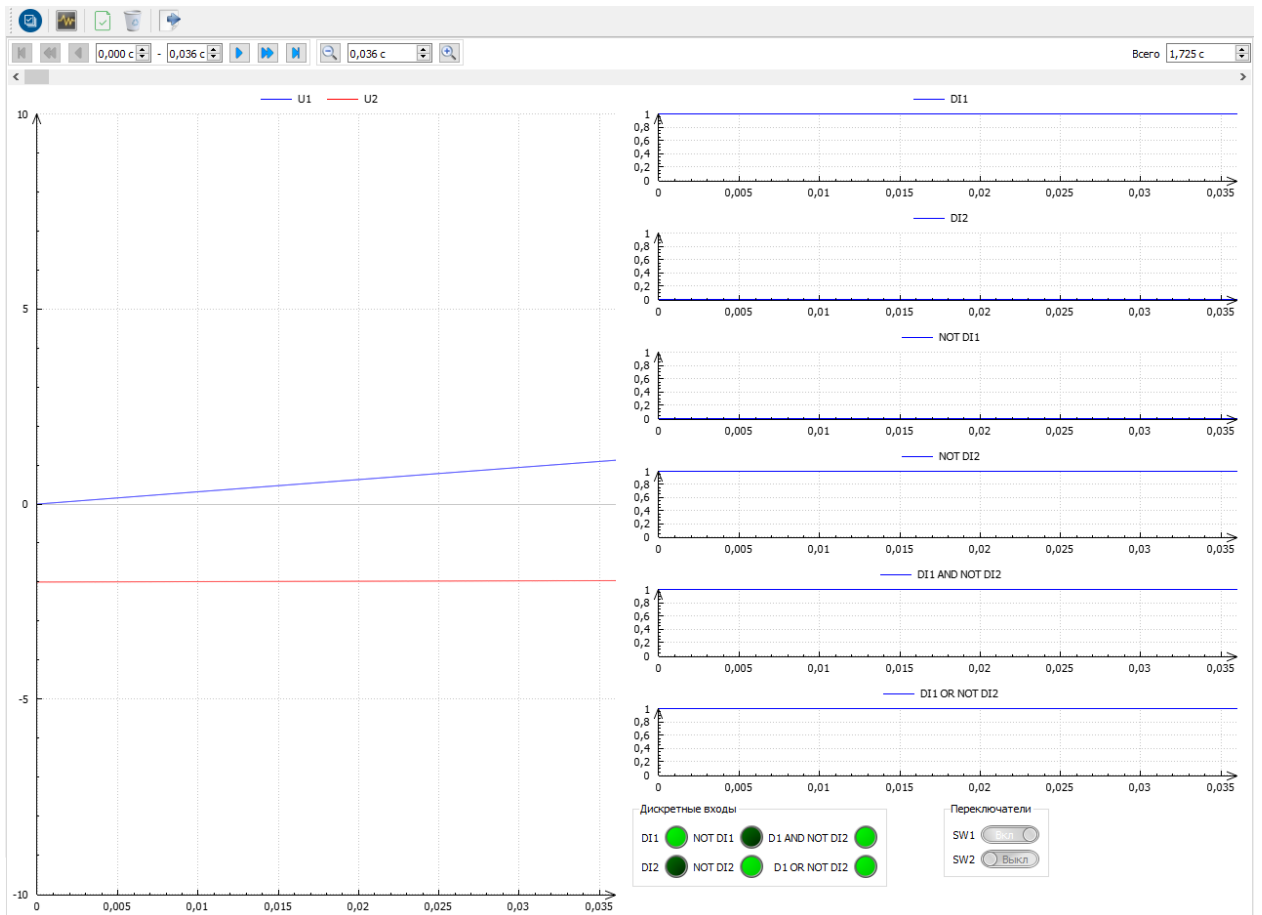


Рис. 2.217: Сигнал в начале эксперимента после изменения начального состояния

Теперь проверим, как изменение положения переключателей влияет на состояние выходов. Для изменения положения достаточно нажать левой кнопкой мыши по переключателю. На [рисунке 2.218](#) показан результат этих действий. Чуть позже чем через полторы секунды после начала эксперимента был включен второй переключатель, в результате чего изменилось состояние второго выхода, а после 3-х секунд был выключен первый переключатель с соответствующей установкой в 0 первого выхода. Через 5 секунд после включения второго переключателя он сам автоматически выключился, т.к. было настроено ограничение максимального времени во включенном состоянии.

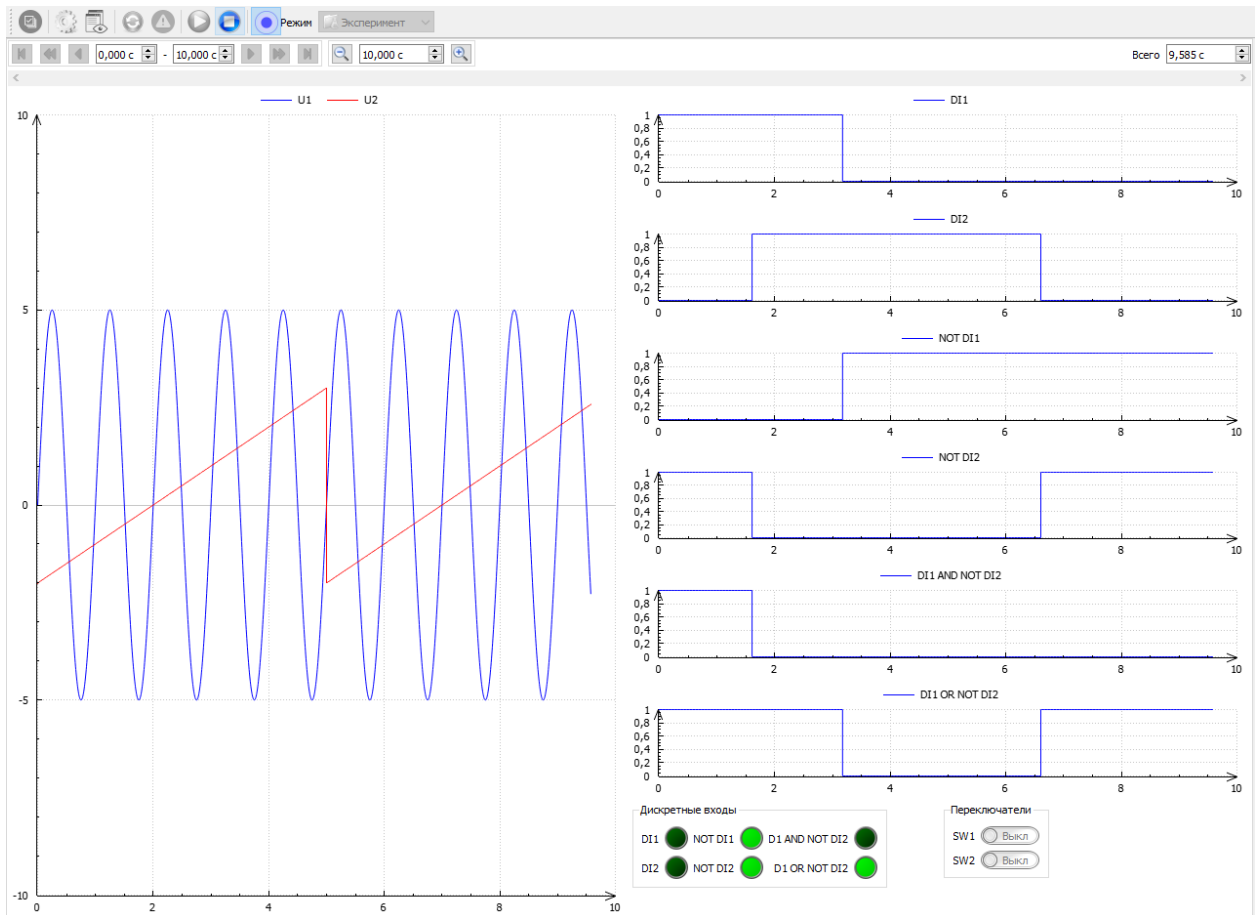


Рис. 2.218: Результат изменения состояния переключателей во время выполнения эксперимента

2.12.3 Использование дискретных входов и выходов на примере контроля и управления клапаном

Во второй части урока рассмотрим настройку сценария для решения условной задачи управления и контроля внешнего объекта. Данный пример призван показать логику работы с программой, в нем не рассматриваются вопросы электрического подключения.

Предположим, что у нас есть некий объект, например клапан, который может находиться в двух основных состояниях: открыт или закрыт. При смене состояния клапан не переходит мгновенно из одного состояния в другое, а смена состояния занимает определенное время, в котором клапан находится в движении в промежуточном состоянии.

Для контроля текущего положения клапан имеет два дискретных логических выхода. Первый является признаком того, что клапан находится в открытом состоянии, второй — в закрытом. Если оба имеют неактивный уровень, то клапан находится в промежуточном положении.

Пусть для управления перемещением клапан имеет два управляющих входа с двумя контактами для которых активным состоянием является замыкание контактов. Активное состояние одного управляющего входа приводит к запуску процесса открытия клапана (движения клапана в сторону открытого положения), второго — закрытия. В случае, если оба выхода не активны, то клапан не перемещается и остается в текущем положении.

При корректной работе не должно выставляться активное состояние на двух управляющих входах одновременно. Также при корректной работе не должен быть активным

управляющий сигнал открытия, если клапан уже открыт, и аналогично сигнал закрытия, если клапан закрыт.

Дополнительно следует ограничить время подачи активного состояния управляющих сигналов неким максимальным интервалом времени, за которое при корректной работе клапан гарантировано должен перейти из одного состояния в другое (для примера пусть оно будет равно двум минутам).

При необходимости также требуется иметь возможность остановить клапан в промежуточном положении до завершения процесса открытия или закрытия.

Для управления клапаном в этой задаче мы будем использовать модуль [LTR42](#) (первый выход — открытие клапана, второй — закрытие), а для контроля его состояния — модуль [LTR43](#) в режиме ввода (первый вход — признак открытого состояния клапана, второй — закрытого).

Создадим новый сценарий и добавим в него модули [LTR42](#) и [LTR43](#). Перейдем сперва к настройкам модуля [LTR43](#) (рисунок 2.219).

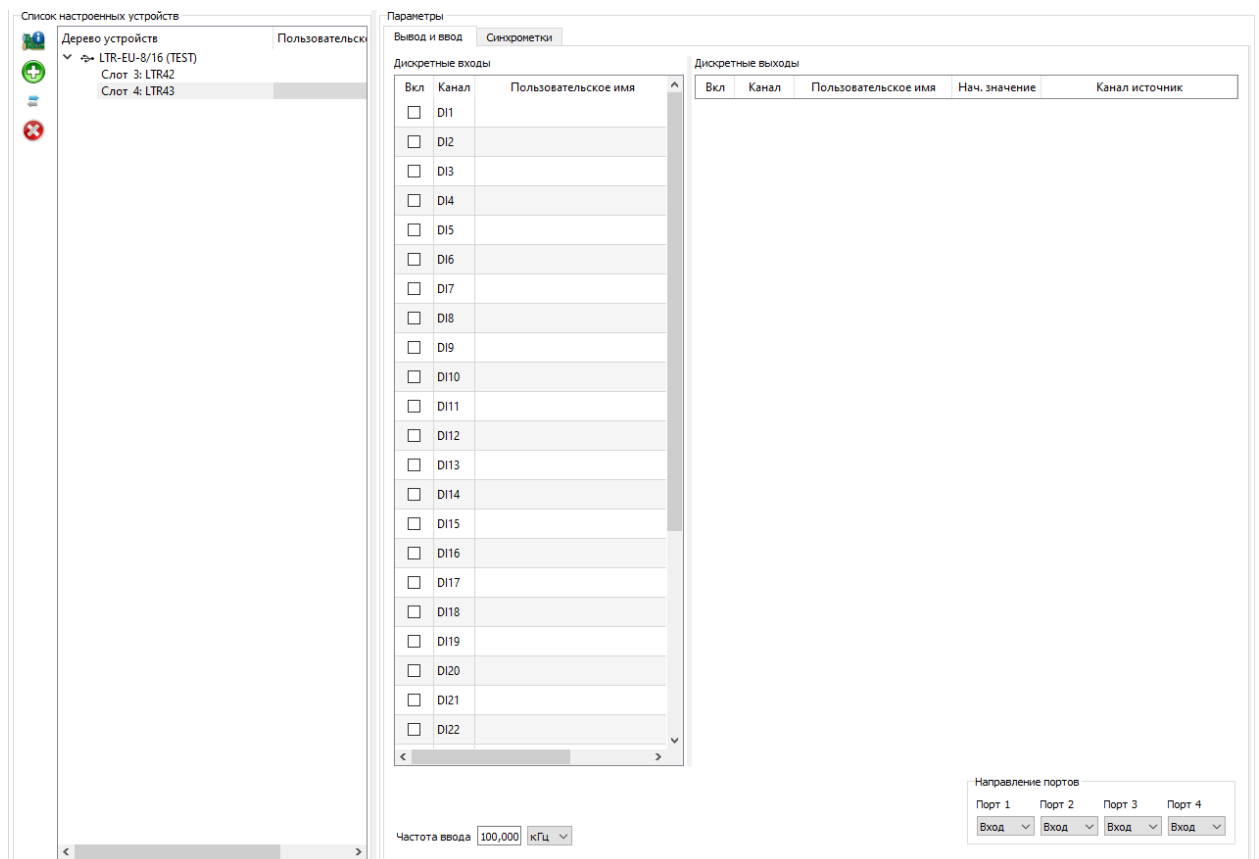


Рис. 2.219: Страница настроек модуля [LTR43](#)

Модуль имеет 32 канала, сгруппированных в 4 порта по 8 каналов в каждом. Для каждого из портов можно независимо назначить его направление (ввод или вывод) на панели “*Направление портов*”. В результате выбора направления портов соответствующие каналы будут отображаться либо в таблице каналов дискретного ввода, либо в таблице дискретного вывода. Однако в связи с тем, что при работе потокового ввода [LTR43](#) не позволяет выполнять вывод из-за чего в текущей версии “**L Card Measurement Studio**”, которая не поддерживает асинхронный ввод, реально не возможно выполнять одновременно ввод и вывод в рамках одного модуля во время проведения эксперимента за исключением вывода начальных значений на порты вывода при последующем потоковом вводе.

Изначально все каналы настроены на ввод, что и нужно для текущего примера. Остается лишь разрешить первые два канала и дать им соответствующие пользовательские имена (рисунок 2.220). Для примера дадим первому каналу имя “DIN: Состояние клапана. Открыт.”, а второму “DIN: Состояние клапана. Закрыт”. При необходимости можно также скорректировать частоту ввода.

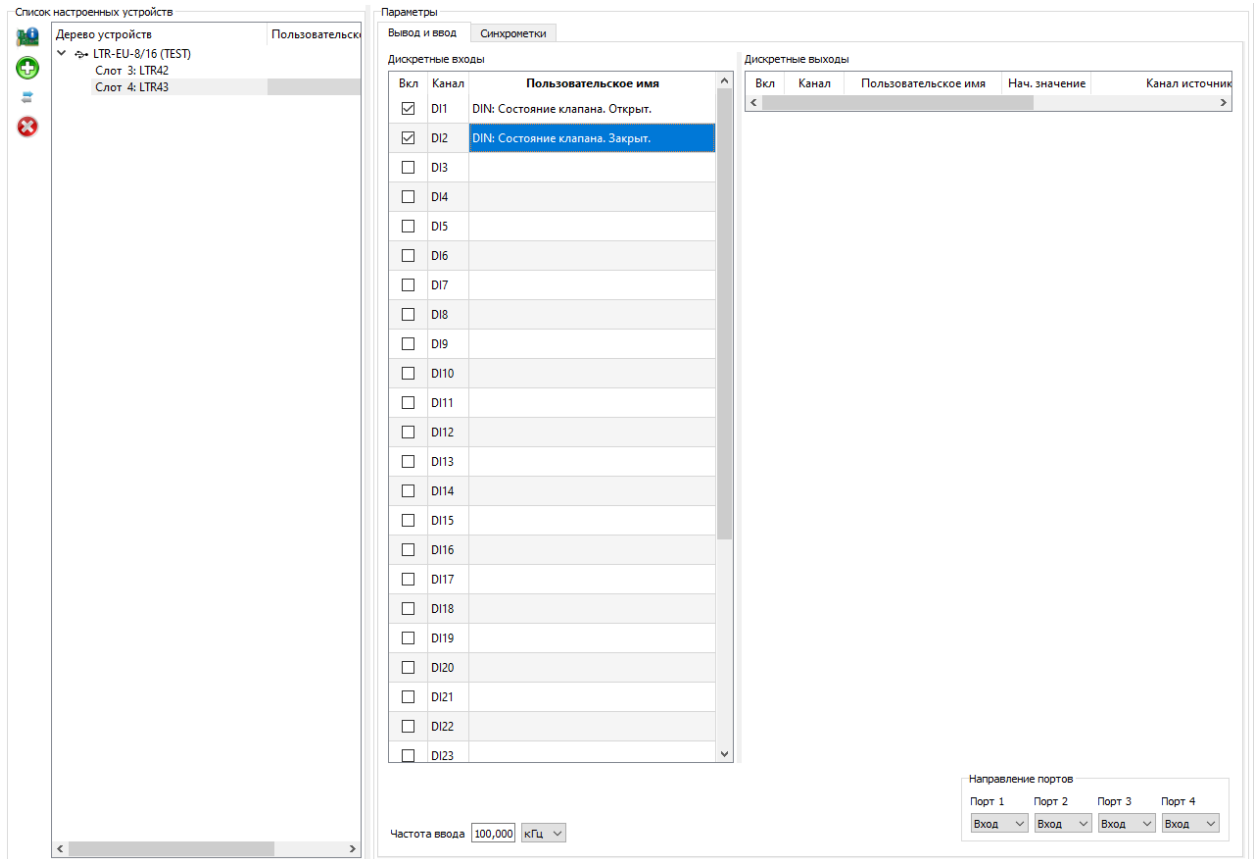


Рис. 2.220: Завершение настройки дискретного ввода для модуля LTR43

Далее переходим к настройкам модуля LTR42 (рисунок 2.221).

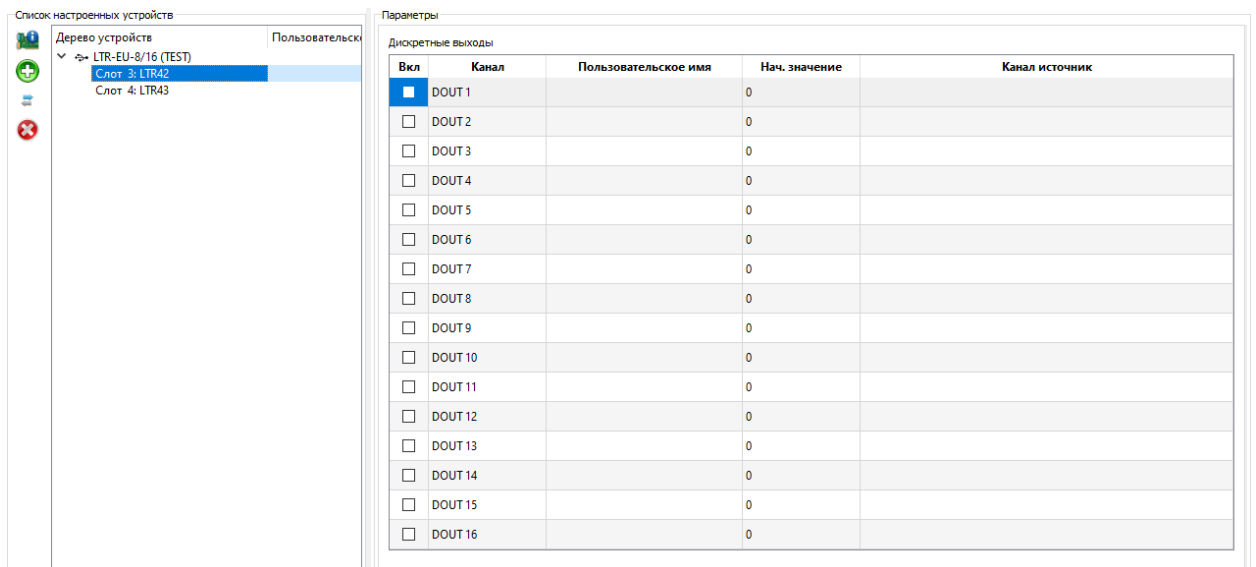


Рис. 2.221: Страница настроек модуля LTR42

Настройки модуля содержат лишь таблицу настроек каналов для асинхронного вы-

вода. Разрешаем первые два канала и также дадим им соответствующие названия (“DOUT: Клапан. Открытие.” и “DOUT: Клапан. Закрытие.”) (рисунки 2.222). Так как каналы событий для управления выходами еще не созданы, оставляем пока значения параметра “Канал источник” пустым и вернемся к нему позже.

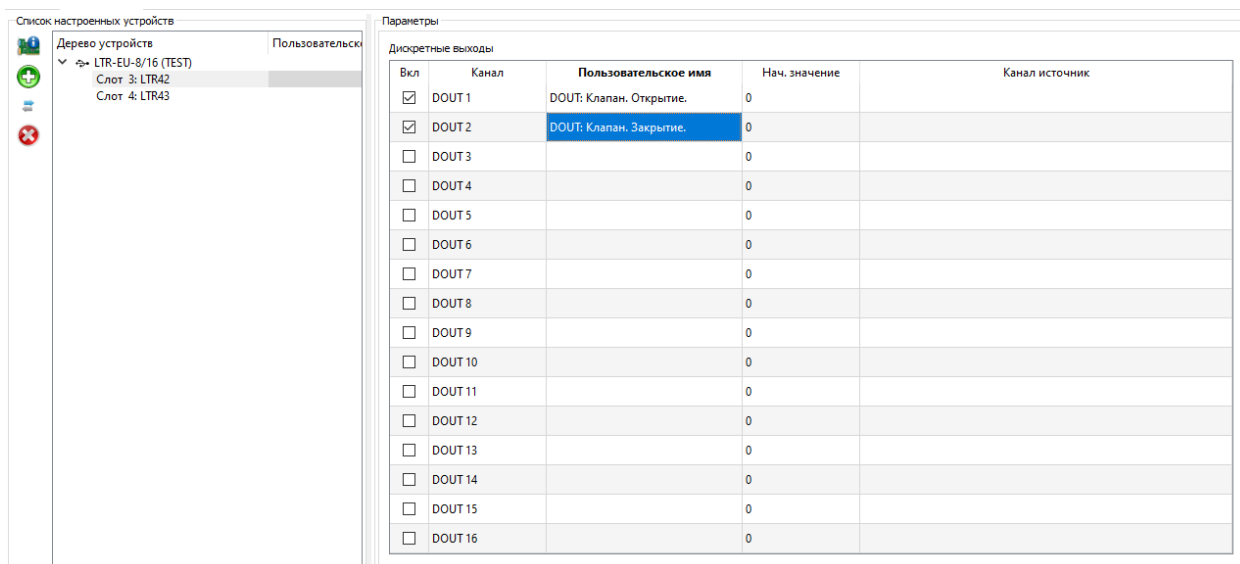


Рис. 2.222: Завершение настройки каналов вывода модуля LTR42

Теперь перейдем к странице “Визуализация” настроек сценария для настройки интерфейса. В данном случае, так как отображение на графиках не требуется, то автоматически созданный график можно удалить, выбрав его в списке элементов и нажав “Удалить элемент” (✖). После этого добавляем элемент “Группа элементов”, в котором будут располагаться наши элементы управления и индикаторы, и задаем текст его заголовка (рисунки 2.223).

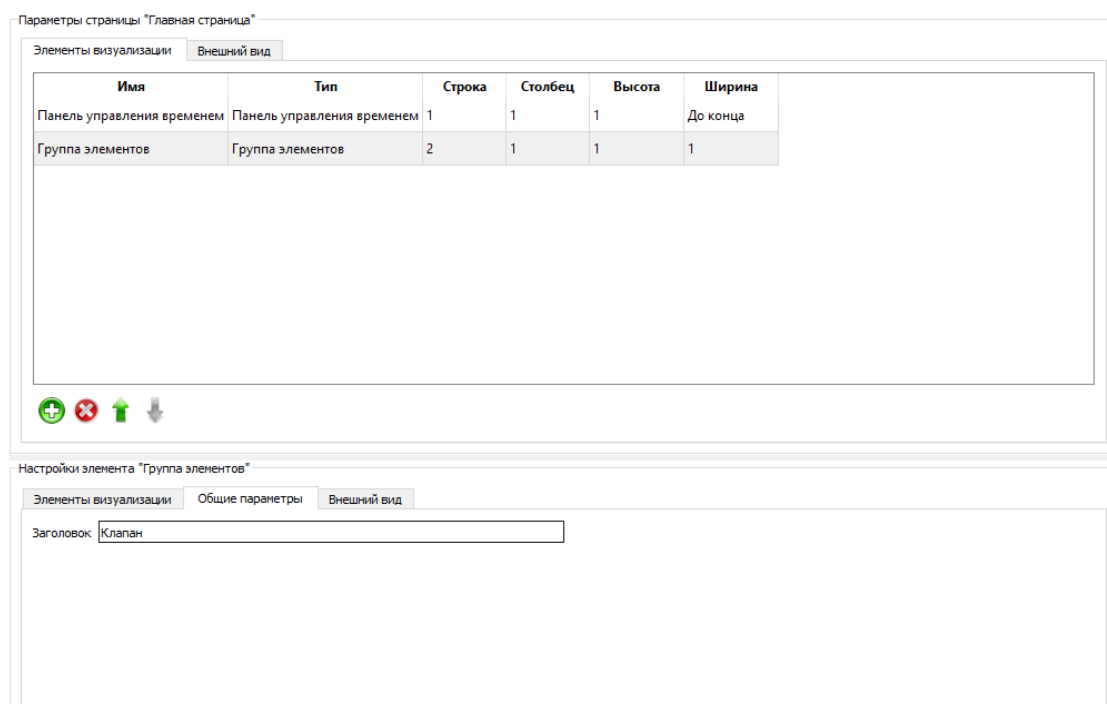


Рис. 2.223: Настройка группы визуальных элементов

Для управления создадим две строки элементов: одна будет отвечать за открытие, а

вторая — за закрытие. Каждая будет иметь соответствующую подпись, переключатель для включения процесса открытия или закрытия, а также светодиодный индикатор для индикации признака текущего состояния. Также для наглядности настроим разный цвет для элементов, связанных с открытием (зеленый) и закрытием (красный).

Добавляем в группу требуемые элементы. Сперва добавим текстовое поле, для которого вводим отображаемый текст — “Открытие” (рисунки 2.224).

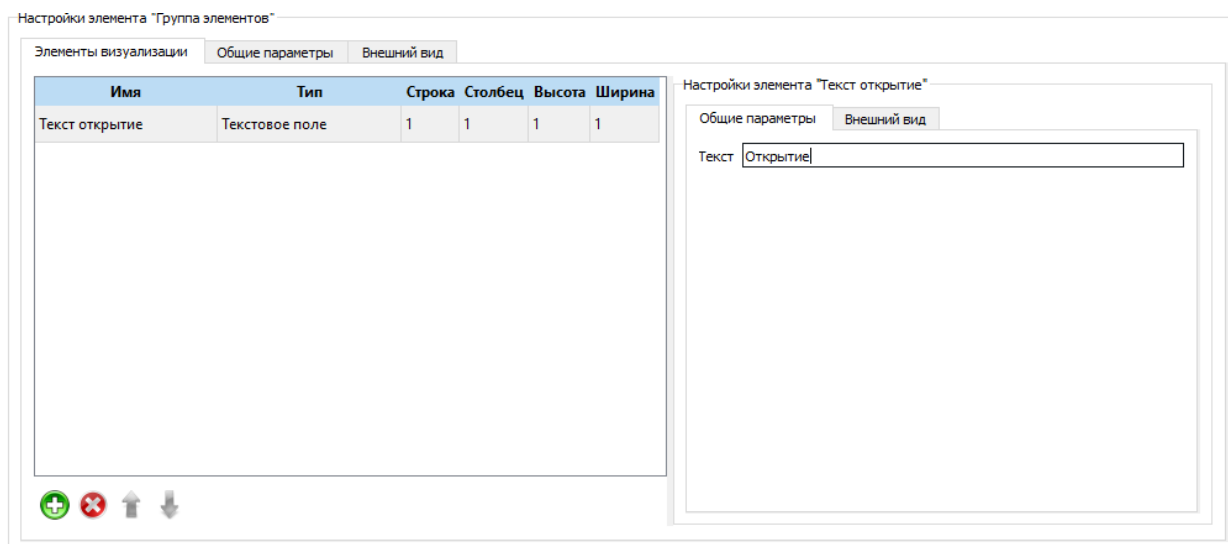


Рис. 2.224: Настройки текстового поля открытия клапана

Для задания зеленого цвета текста переходим на закладку “Внешний вид” текстового поля и в поле “Стиль текста” нажимаем на залитую цветом кнопку справа, в результате чего откроется стандартный диалог выбора цвета (рисунки 2.225).

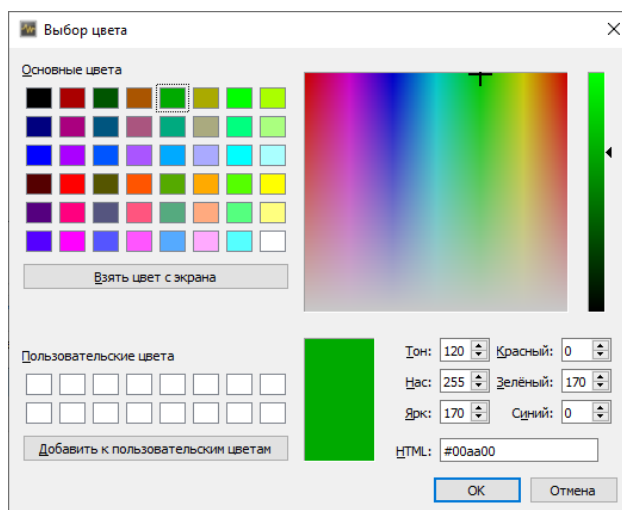


Рис. 2.225: Диалоговое окно выбора цвета

Выбираем цвет и нажимаем “OK”, в результате чего изменится цвет заливки кнопки выбора цвета на зеленый (рисунки 2.226).

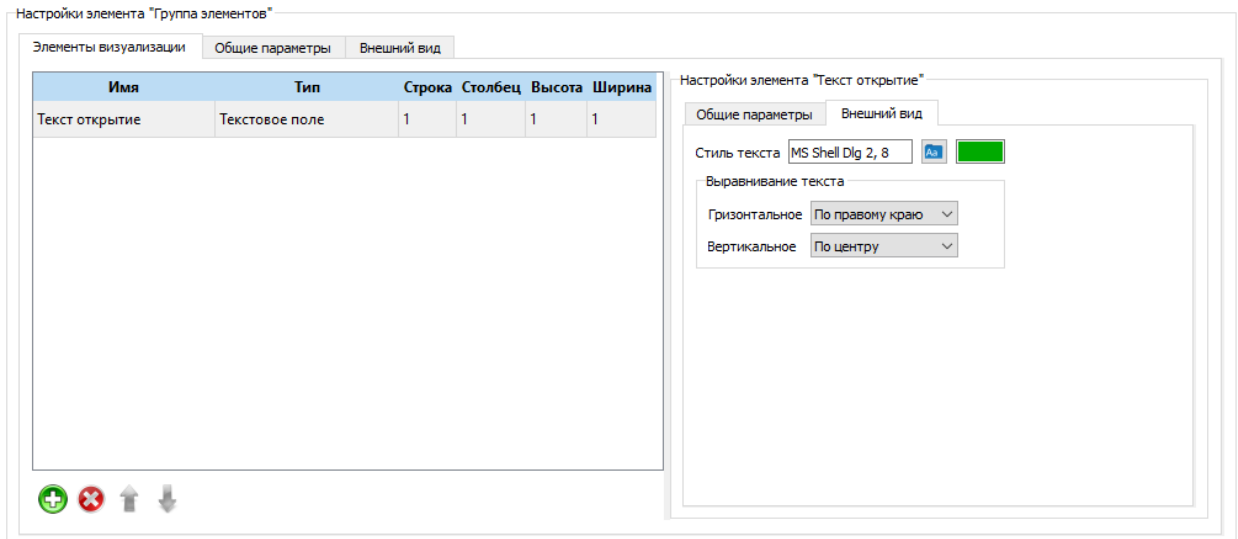


Рис. 2.226: Настройка цвета текстового поля открытия клапана

Теперь создадим второе текстовое поле во второй строке с текстом “Заккрытие” (рисунки 2.227) и аналогичным образом в настройках внешнего вида выбираем красный цвет текста (рисунки 2.228)

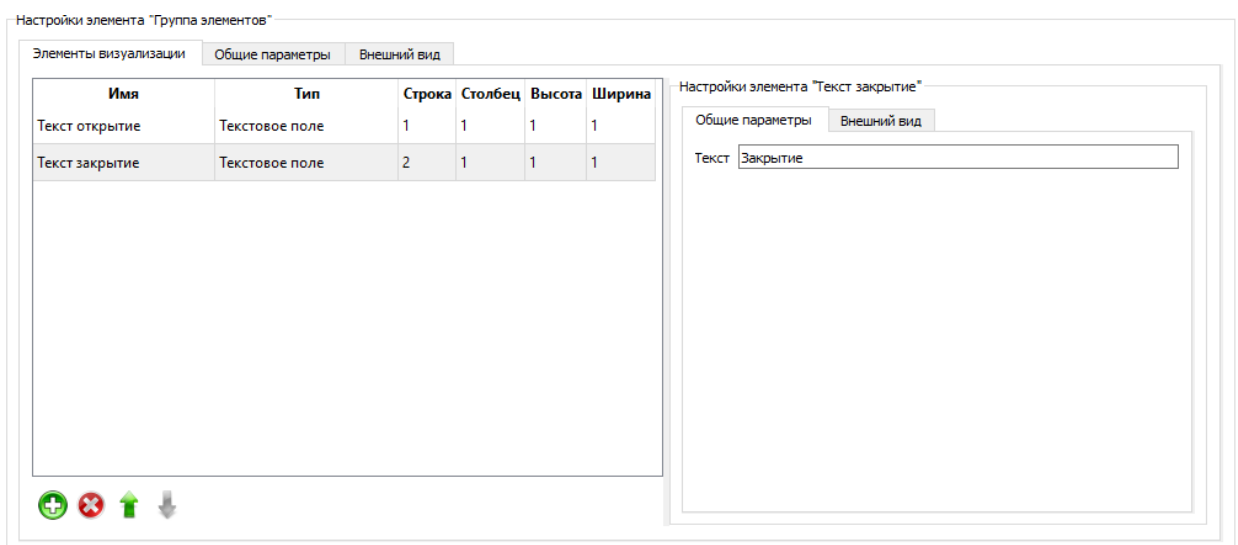


Рис. 2.227: Настройки текстового поля закрытия клапана

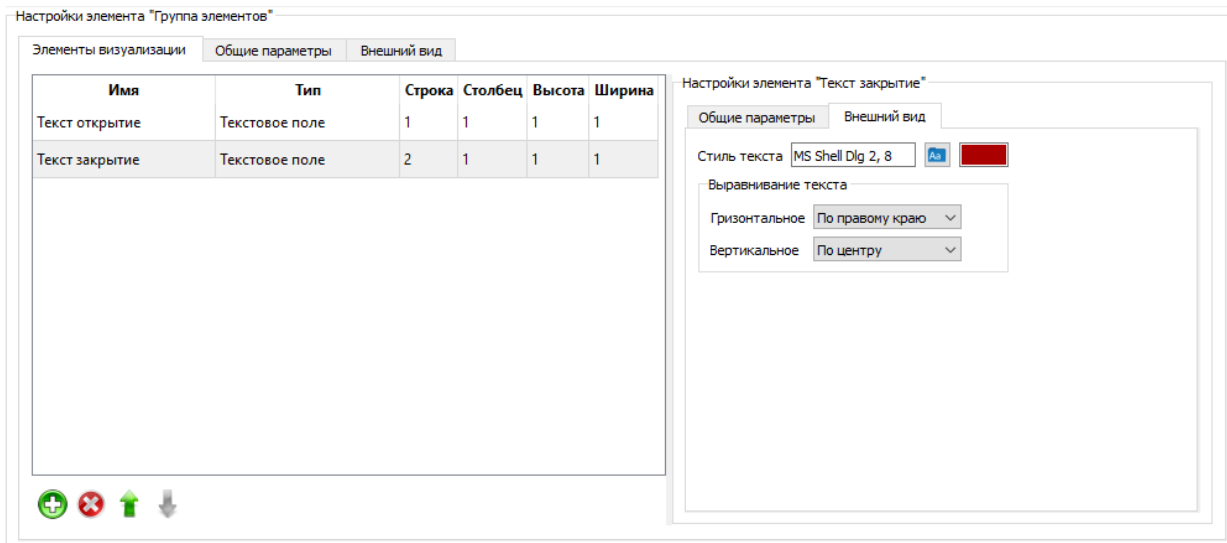


Рис. 2.228: Настройки цвета текстового поля закрытия клапана

Теперь добавим наши элементы переключателей. Сперва добавляем переключатель открытия, настраиваем его расположение в группе (1 строка, 2 столбец) и задаем пользовательское имя для связанного события (“SW: Открыть”). Также разрешаем ограничение максимального времени во включенном состоянии двумя минутами (рисунки 2.229). Принудительный запрет рассмотрим позже в данном уроке, а пока оставим это поле без изменения.

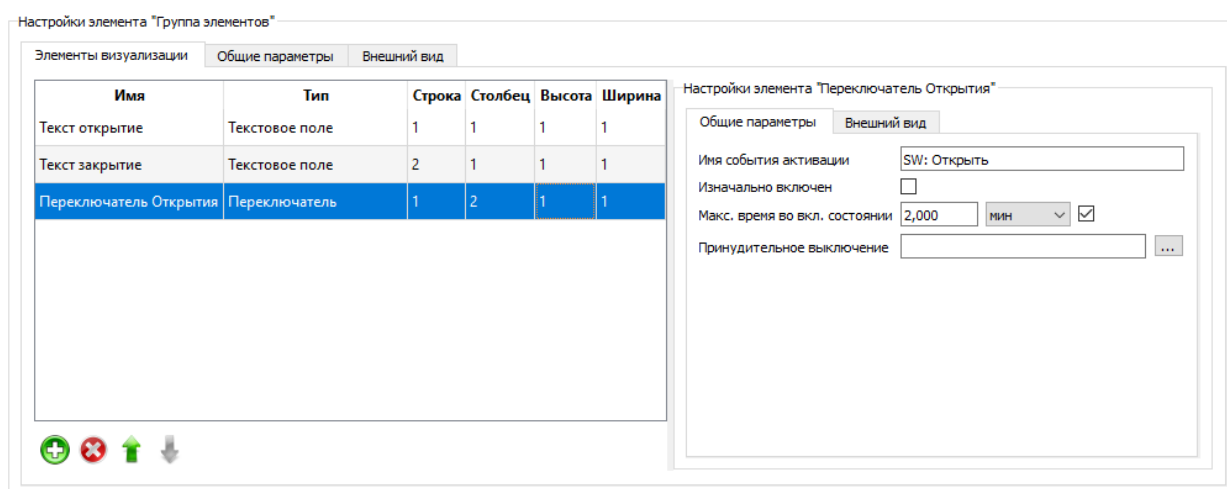


Рис. 2.229: Настройки переключателя открытия клапана

Добавляем второй элемент переключателя, помещаем его во вторую строку второго столбца и аналогично задаем для него имя события (“SW: Закрыть”) и включаем ограничение на время во включенном состоянии (рисунок 2.230).

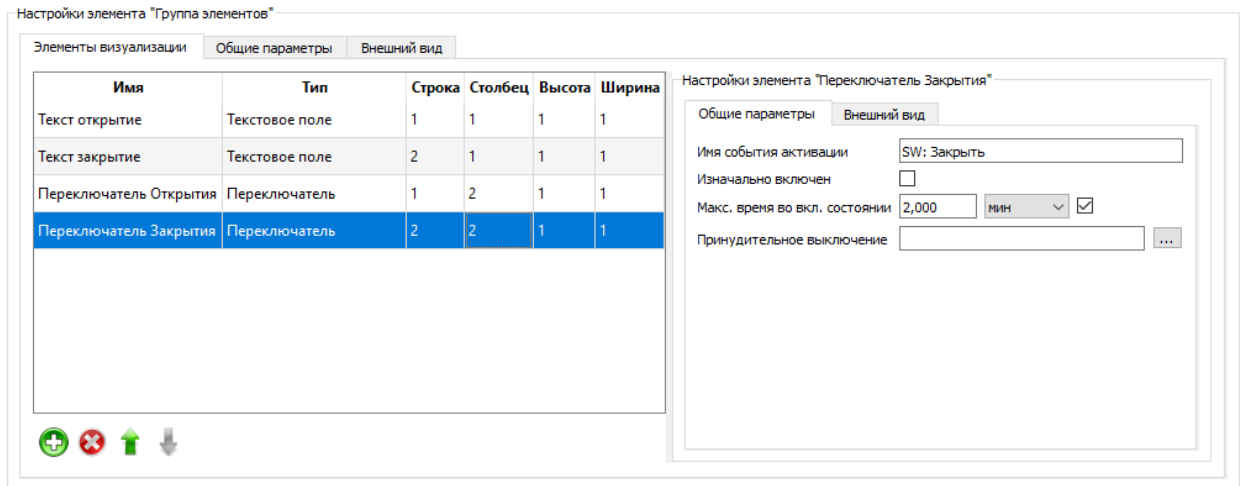


Рис. 2.230: Настройки переключателя закрытия клапана

Изменим также его цвет фона на красный, для чего переходим на страницу “*Внешний вид*” настроек переключателя и изменяем оба цвета градиента фона во включенном состоянии на красные оттенки (рисунки 2.231).

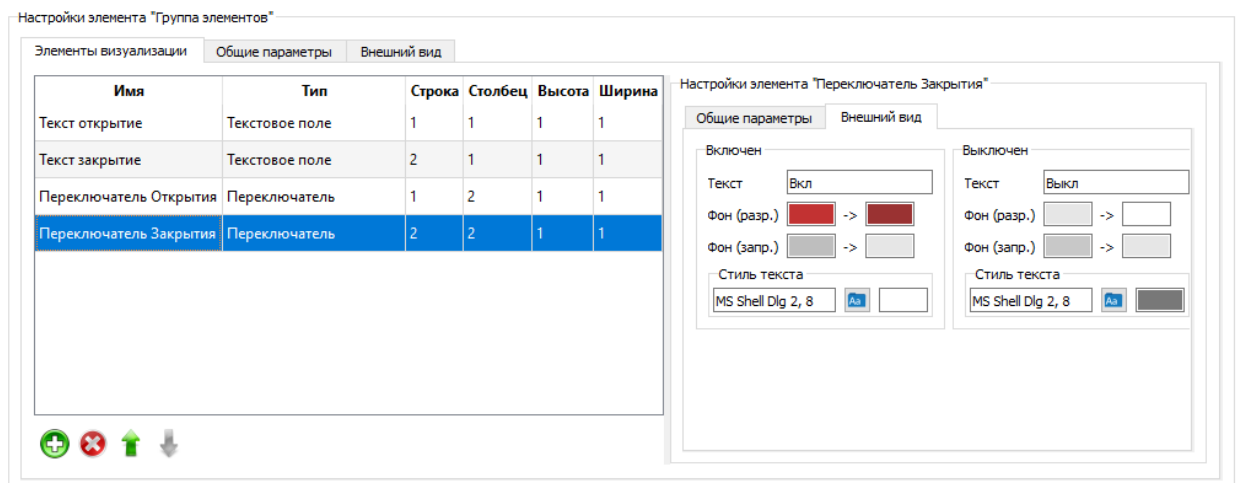


Рис. 2.231: Настройки цвета переключателя закрытия клапана

Следующим этапом добавляем светодиодные индикаторы в третий столбец первой и второй строки. Назначаем индикаторам соответствующие каналы модуля LTR41: светодиоду индикации открытого состояния канал “DIN: Состояние клапана. Открыт” (рисунки 2.232), а для индикации закрытого состояния — “DIN: Состояние клапана. Закрыт” (рисунки 2.233).

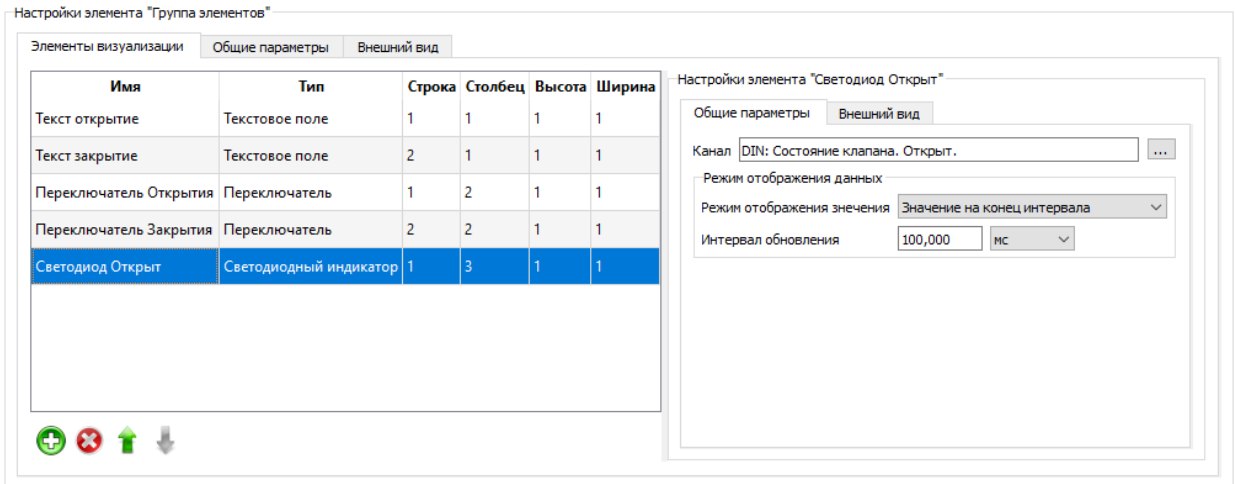


Рис. 2.232: Настройки светодиодного индикатора открытия клапана

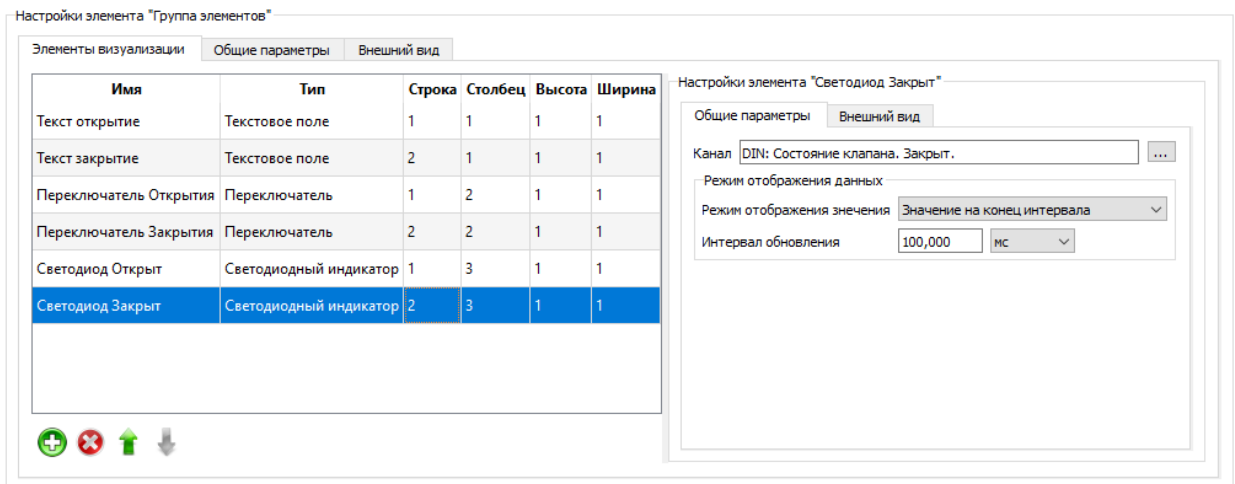


Рис. 2.233: Настройки светодиодного индикатора закрытия клапана

Для индикатора закрытия также на странице настроек "Внешний вид" изменим цвета градиента во включенном и выключенном состоянии на соответствующие оттенки красного (рисунки 2.234).

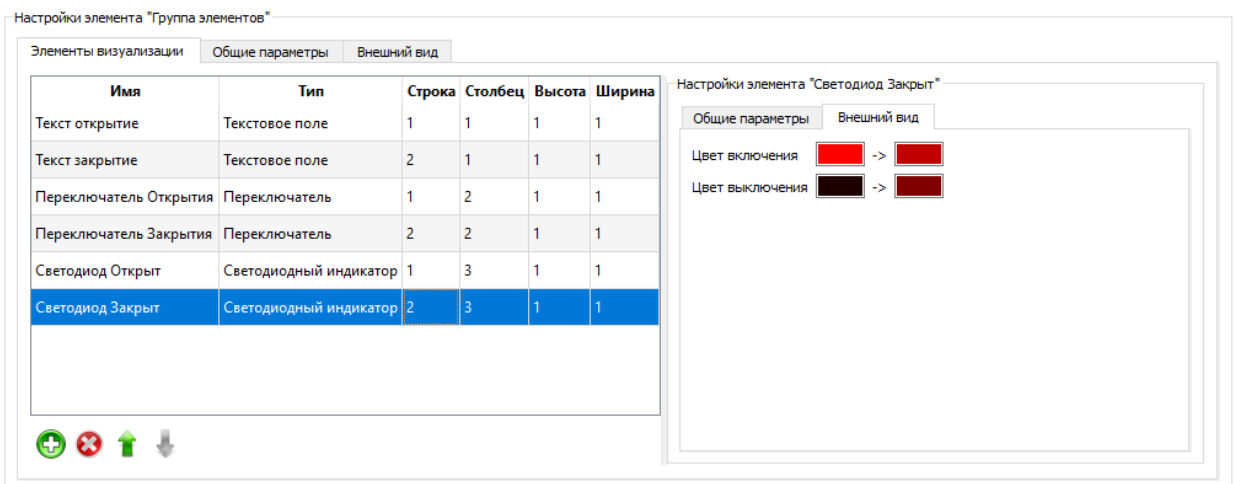


Рис. 2.234: Настройки цвета светодиодного индикатора закрытия клапана

Все требуемые элементы интерфейса добавлены и теперь осталось назначить каналам дискретного выхода источники данных для вывода. Для этого возвращаемся к настройкам модуля [LTR42](#) и в таблице параметров каналов двойным нажатием левой кнопки мыши на ячейке параметра “Канал источник” каждого используемого дискретного выхода выбираем соответствующий канал событий от созданных переключателей: канал “SW: Открыть” для управления открытием и канал “SW: Закрыть” для управления закрытием ([рисунки 2.235](#)).

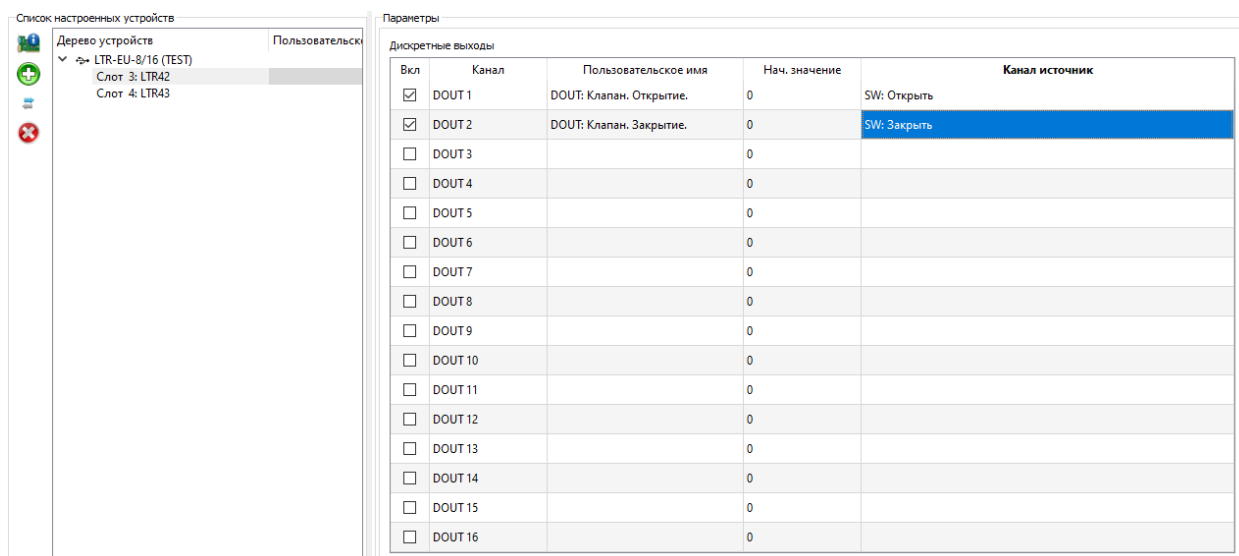


Рис. 2.235: Настройки источников для асинхронного вывода

На этом этапе уже получен работающий сценарий для управления и контроля за состоянием клапана. Однако не был реализован запрет подачи некорректных комбинаций управляющих сигналов. Для этого можно воспользоваться возможностью принудительного запрета переключателя по состоянию выбранного канала. При включении данной настройки, если выбранный канал будет в активном состоянии, то переключатель перейдет в выключенное состояние и будет запрещен до тех пор, пока активное состояние на выбранном канале не исчезнет.

По условию задачи управляющее воздействие запрещено, если клапан уже находится в состоянии, в которое переводит клапан данное воздействие (т.е. нельзя открывать открытый клапан и закрывать закрытый). Соответственно, в качестве источника запрета каждого переключателя может служить соответствующий дискретный вход модуля [LTR43](#).

Кроме того, запрещено одновременно подавать оба управляющих воздействия. Т.е. если один переключатель находится во включенном состоянии, то второй должен быть принудительно запрещен. Иначе говоря источником запрета каждого переключателя должен быть канал события активации другого переключателя.

Так как запрет должен выполняться при наступлении любого из двух условий, то нам нужно объединить их с помощью операции логического “ИЛИ”.

Переходим на закладку “Модули обработки” страницы “Обработка данных” настроек сценария и добавляем модуль “Попарные логические операции” ([рисунки 2.236](#)), как это уже демонстрировалось в [Уроке 9](#).

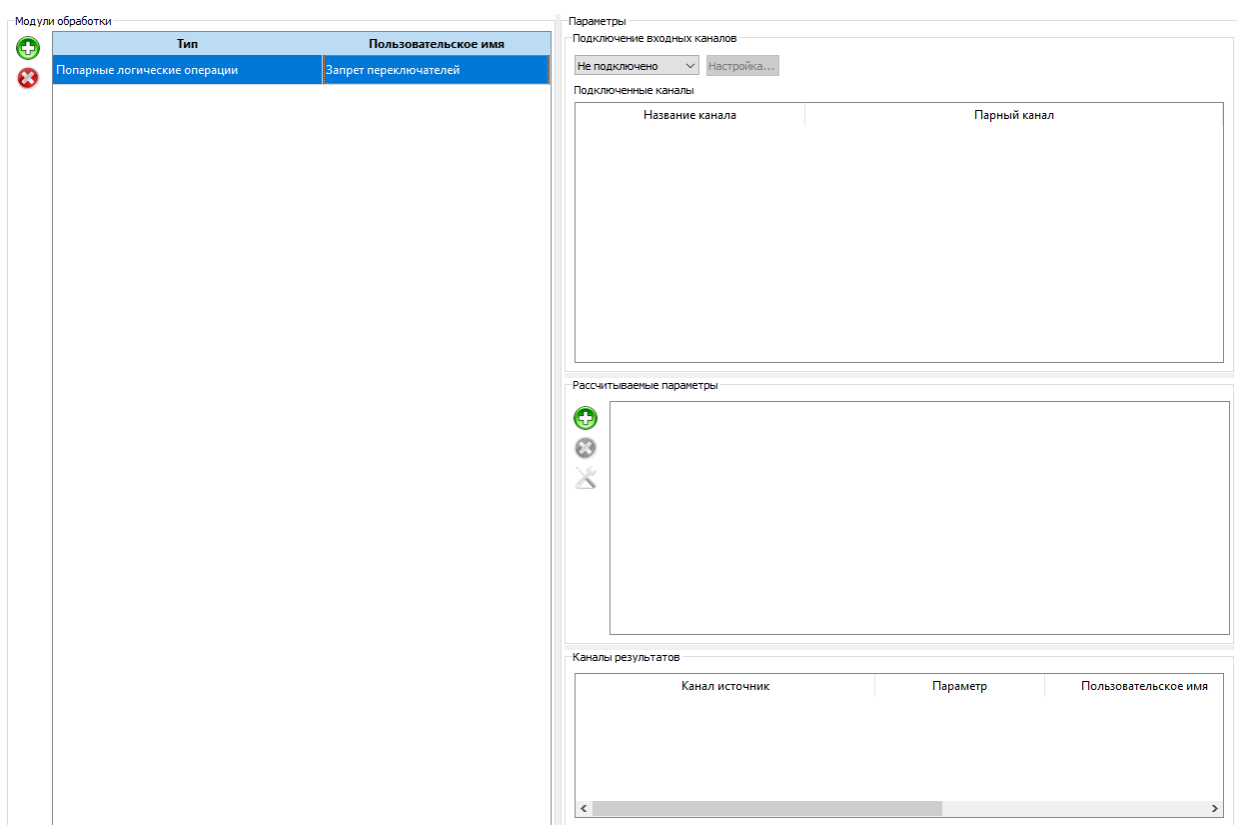


Рис. 2.236: Добавление модуля логических операций

В качестве входных каналов выбираем оба канала дискретного ввода с модуля [LTR43](#). В качестве парного канала выбираем канал события от противоположного переключателя. Добавляем параметр “ИЛИ”, в результате чего у нас получилось два результирующих канала, которым дадим пользовательские имена. “Запрет открытия” выполняется, когда клапан в состоянии “Открыт” или если активно действие “Закреть”, а “Запрет закрытия” — если клапан “Закрывает” или активно действие “Открыть” ([рисунок 2.237](#)).

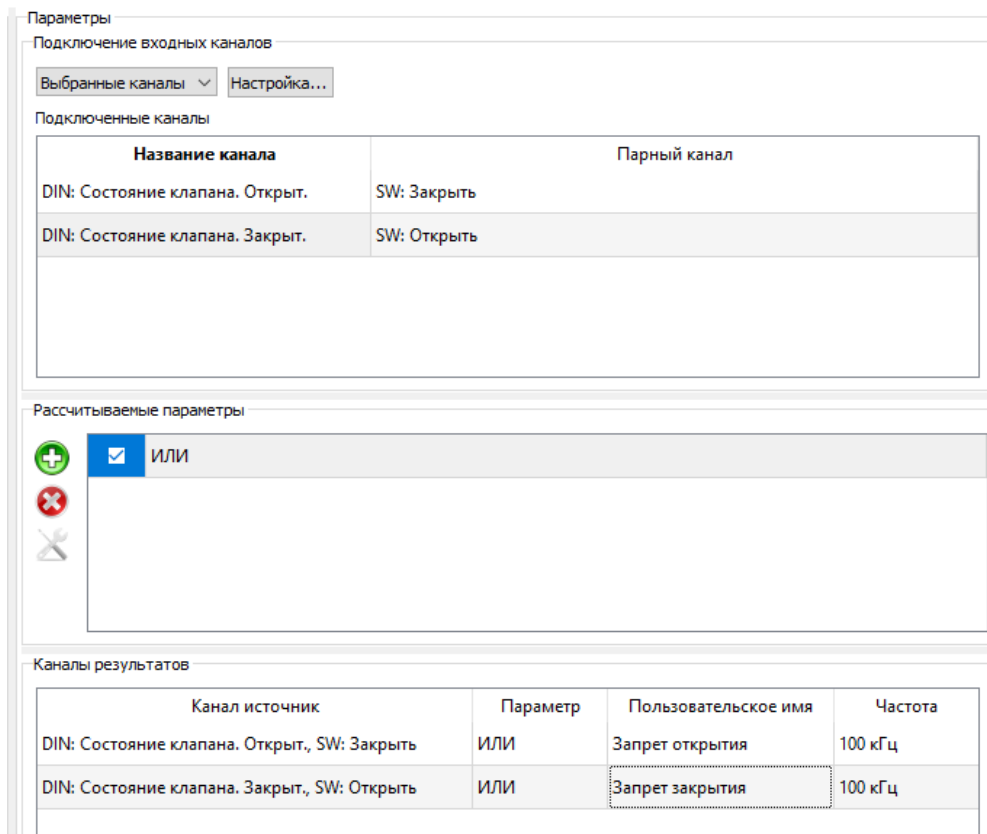


Рис. 2.237: Результирующие настройки модуля логических операций

Возвращаемся к настройкам переключателей и для переключателя открытия в настройке “Принудительное выключение” нажимаем на кнопку “...” и выбираем канал “Запрет открытия” (рисунок 2.238), а для переключателя закрытия — “Запрет закрытия” (рисунок 2.239).

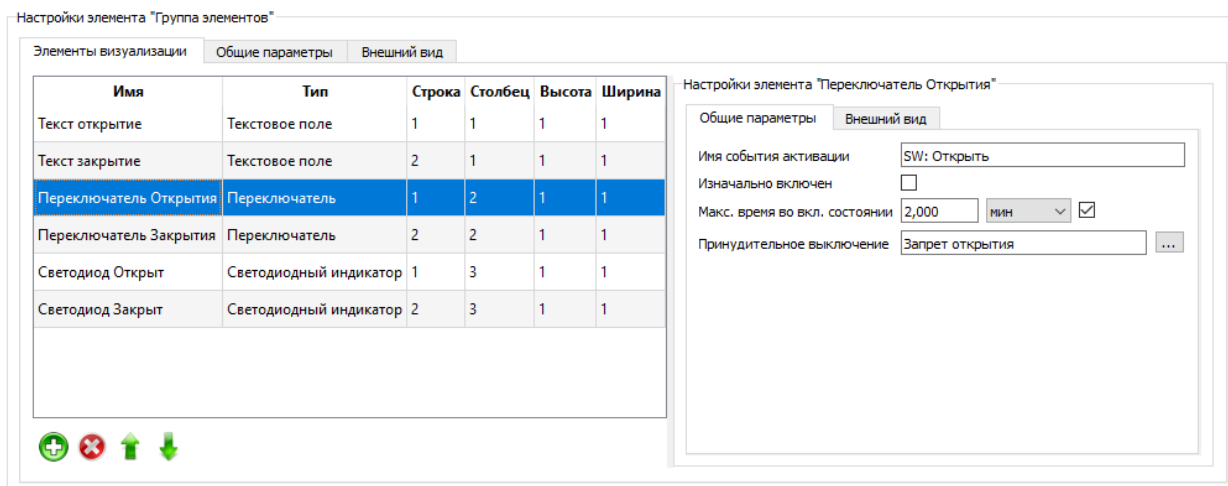


Рис. 2.238: Настройка условия запрета переключателя открытия клапана

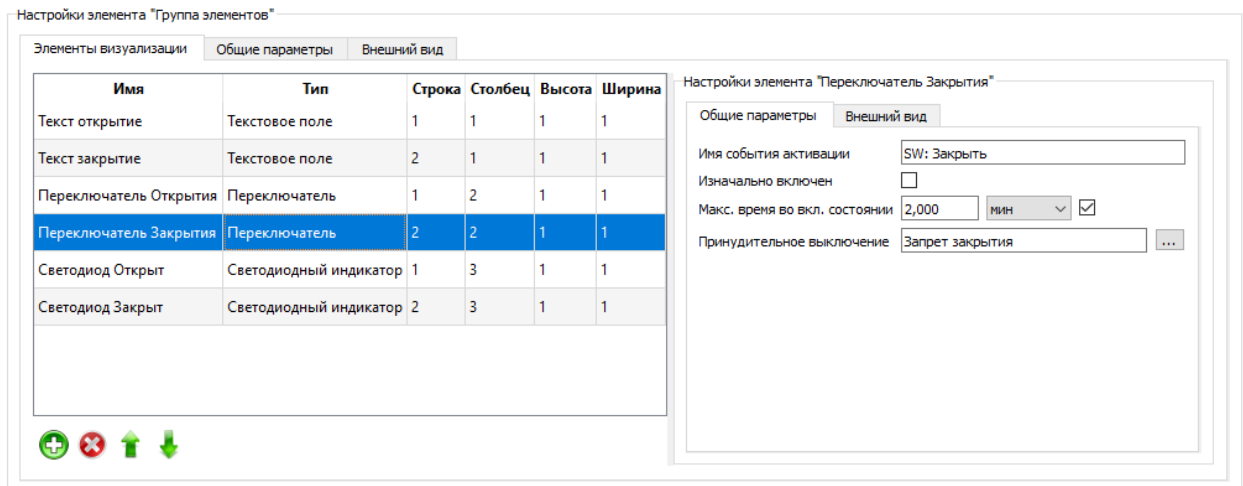


Рис. 2.239: Настройка условия запрета переключателя закрытия клапана

На этом настройка сценария завершена. В заключение немного поменяем настройки панели, чтобы она и ее заголовок располагались горизонтально по центру экрана, а не с краю. Для этого перейдем к странице "Внешний вид" самого группового элемента, и выберем выравнивание панели по горизонтали по центру строки на странице и выравнивание заголовка по центру самой групповой панели (рисунок 2.240).

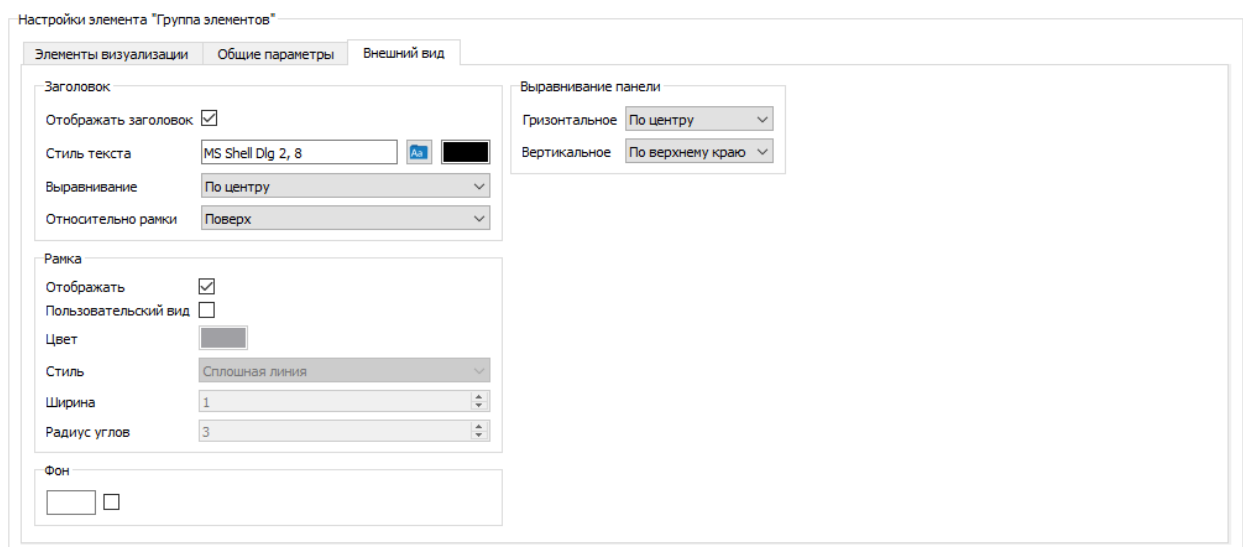


Рис. 2.240: Настройка внешнего вида группы элементов

На этом настройка полностью завершена и можно перейти к выполнению эксперимента. Интерфейс до запуска изображен на рисунке 2.241. На нем присутствует кроме панели времени только одна созданная группа элементов из двух строк. До запуска эксперимента изменение положения переключателей запрещено.

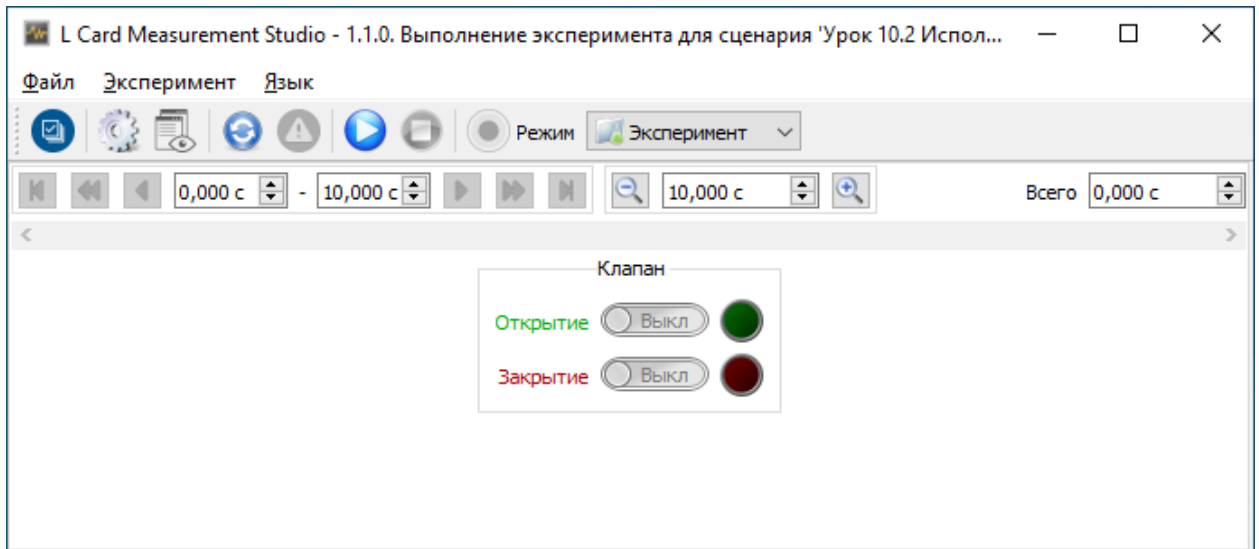


Рис. 2.241: Интерфейс эксперимента перед запуском

Далее перейдем к запуску эксперимента. Для того, чтобы результат совпал с ожидаемым, необходимо подключить входы и выходы модулей к внешним сигналам, которые ведут себя как описано в условиях задачи.

Если клапан находится изначально в закрытом состоянии, то будет гореть красный светодиод (признак закрытого состояния), а переключатель закрытия запрещен, но доступен переключатель открытия (рисунок 2.242).

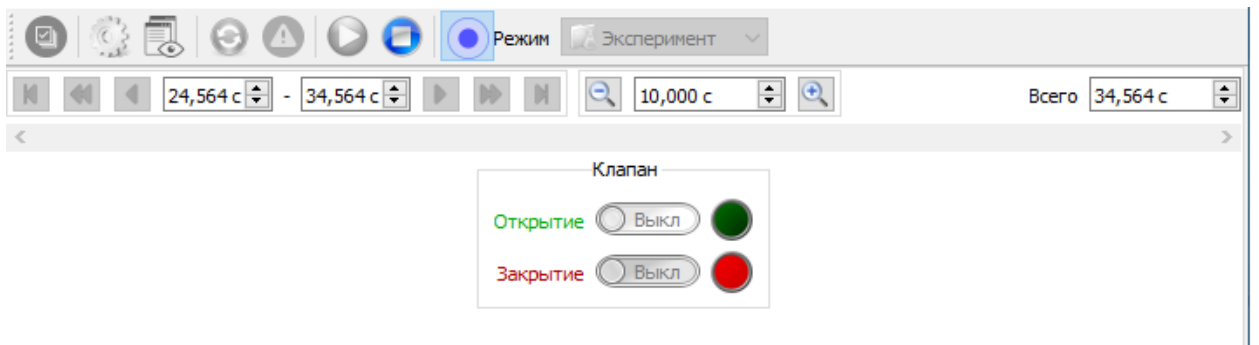


Рис. 2.242: Интерфейс эксперимента при закрытом клапане

В случае нажатия левой кнопкой мыши на переключатель открытия клапан придет в движение и будет находится в промежуточном состоянии, в результате чего оба выхода состояния клапана должны перейти в неактивное состояние и соответственно оба светодиода будут погашены. Переключатель закрытия все еще запрещен, т.к. сейчас активен переключатель открытия, что свидетельствует, что идет процесс открытия клапана (рисунок 2.243).

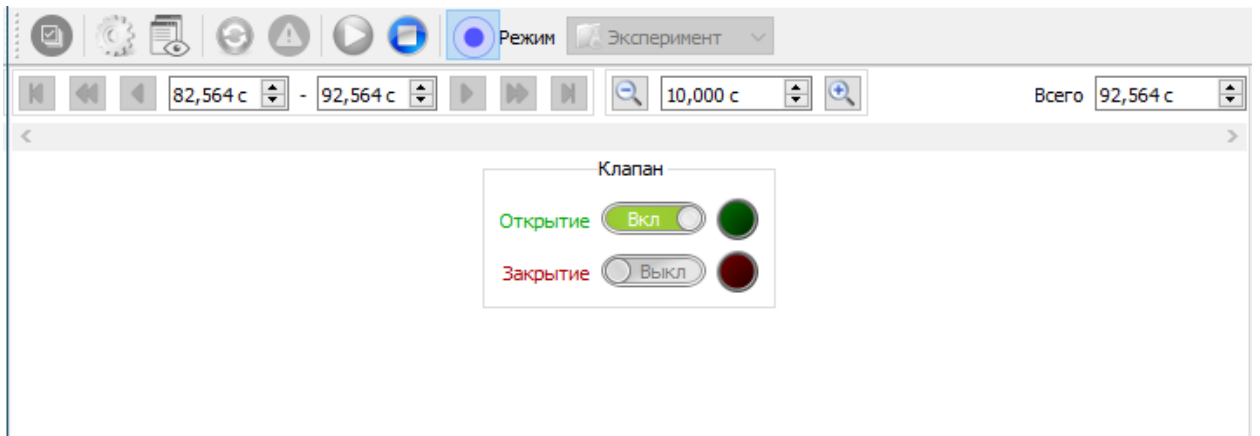


Рис. 2.243: Интерфейс эксперимента при открытии клапана

По достижению открытого состояния соответствующий выход состояния с клапана будут активным и загорится светодиод открытия. Это в свою очередь приведет к запрету переключателя открытия и переходу его в выключенное состояние, после чего переключатель закрытия станет доступен (рисунк 2.244).

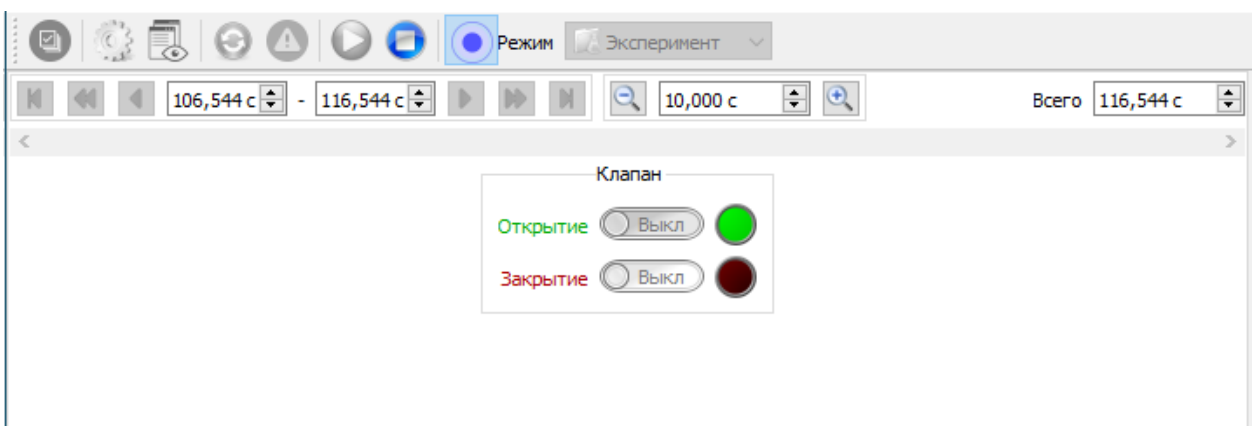


Рис. 2.244: Интерфейс эксперимента при открытом клапане

Теперь в нужный момент можно запустить процесс закрытия просто нажав левой кнопкой мыши на переключатель закрытия, который в активном состоянии будет выделен красным. Клапан перейдет в промежуточное состояние и оба управляющих сигнала станут неактивны и светодиоды погаснут. При этом переключатель открытия все еще запрещен, т.к. активен переключатель закрытия.

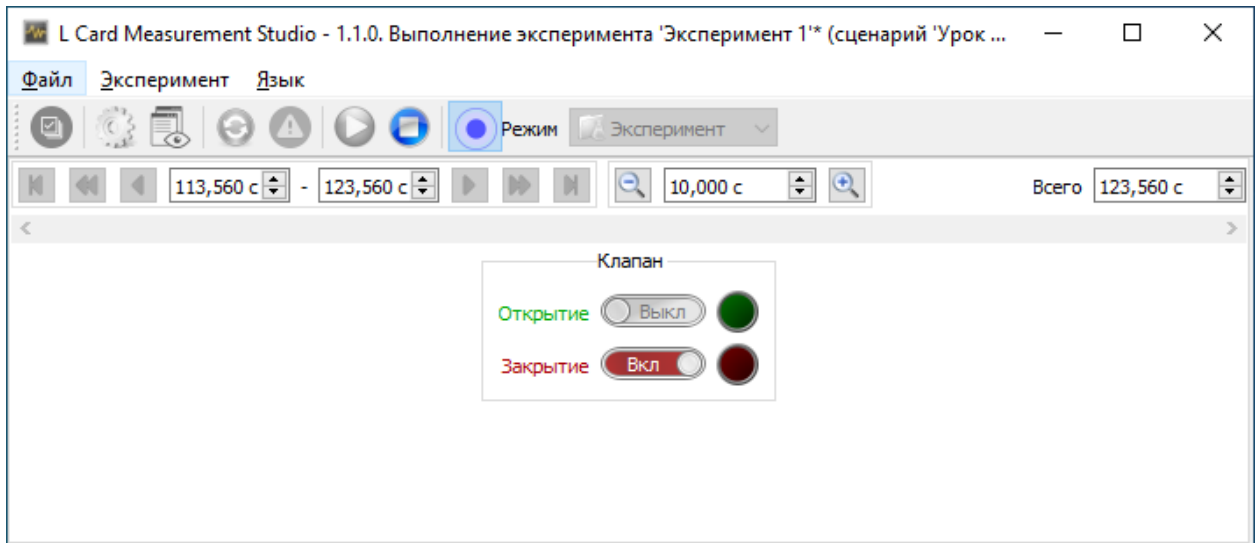


Рис. 2.245: Интерфейс эксперимента при закрытии клапана

При желании можно не дожидаясь перехода клапана в открытое состояние нажать левой кнопкой мыши на переключатель закрытия, тем самым переведя его в выключенное состояние. Оба выключенных переключателя говорят о том, что клапан остановлен, а оба выключенных светодиода — что остановлен в промежуточном состоянии. В этом состоянии оба переключателя разрешены и мы можем как продолжить процесс закрытия, так и запустить процесс возвращения в открытое состояние.

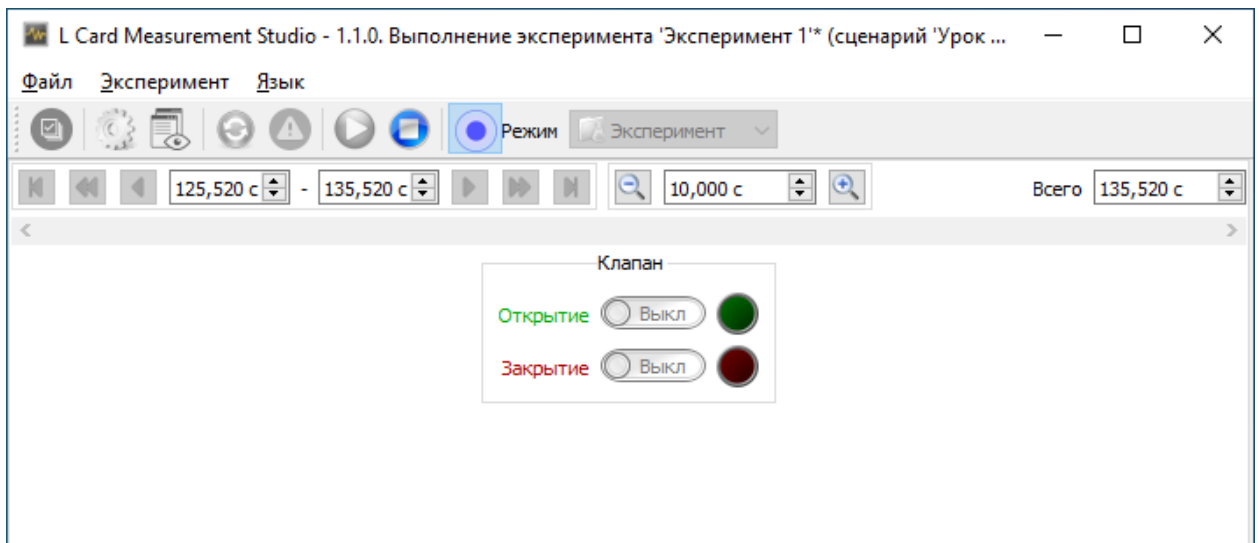


Рис. 2.246: Интерфейс эксперимента при остановленном клапане в промежуточном состоянии

Таким образом условия исходной задачи выполнены и был получен эксперимент, позволяющий нужным образом управлять клапаном с запретом установки недопустимых комбинаций управляющих сигналов и однозначно понять его текущее состояние.

Глава 3

Описание интерфейса программы

3.1 Диалог выбора операции

При запуске программы открывается диалог “Выбор операции” (рисунок 3.1), который является отправной точкой работы с программой и служит для выбора режима работы, нужного [сценария проведения эксперимента](#), а также при необходимости нужного [проведенного эксперимента](#) для выбранного сценария.

Вернуться в данный диалог из одного из [рабочих режимов](#) программы можно с помощью меню “Файл” → “Выбор операции” (☑).

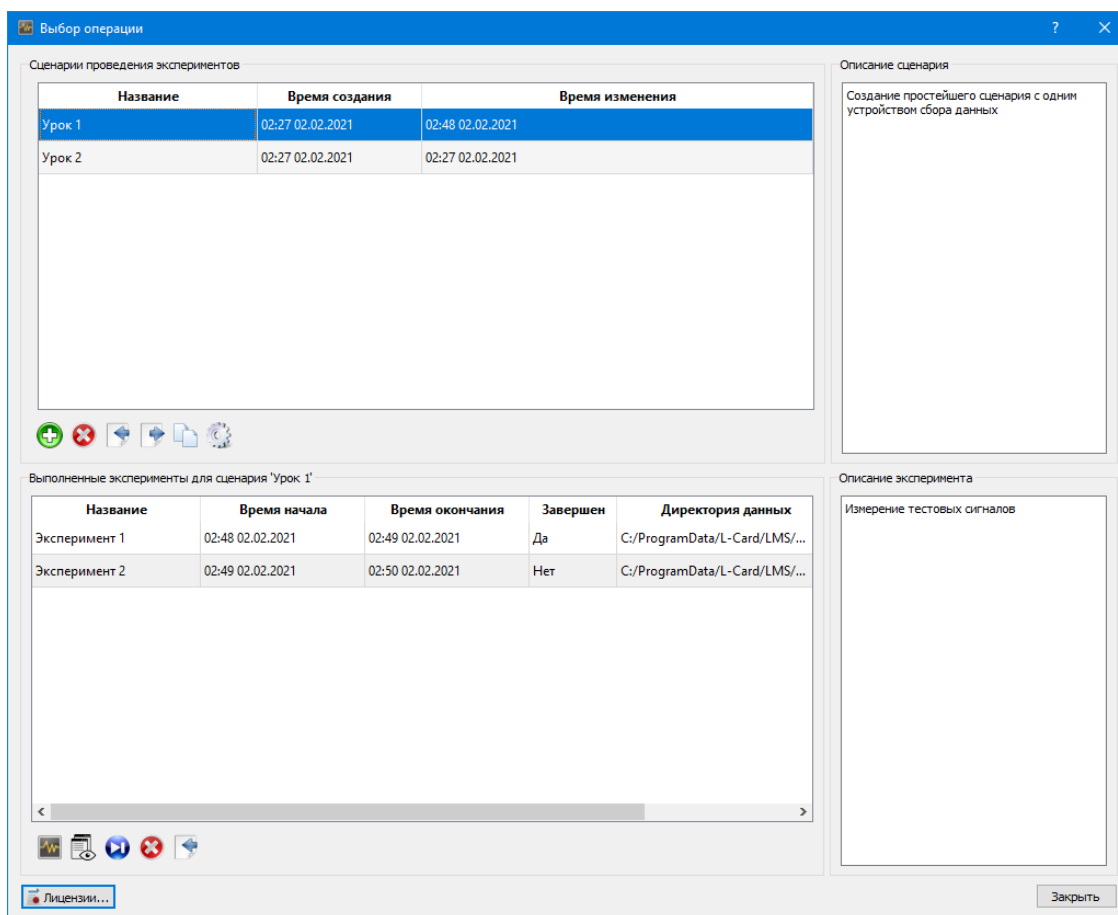


Рис. 3.1: Диалог выбора операции

Верхнюю половину окна занимает раздел “Сценарии проведения экспериментов”. В нем в таблице представлен полный список всех созданных в программе [сценариев](#) из



базы данных экспериментов. По каждому сценарию отображается:

- “Название” — название сценария, указанное пользователем при его создании
- “Время создания” — дата и время создания данного сценария и занесения его в базу
- “Время изменения” — дата и время сохранения последних изменений в настройках сценария

При выборе строки из таблицы сценариев обновляется следующая информация в соответствии с выбранным сценарием:

- Справа от таблицы сценариев в разделе “Описание сценария” отображается его подробное описание, которое было задано в настройках сценария.
- В таблице “Выполненные эксперименты для сценария” в нижней части диалога отображается список проведенных экспериментов по данному сценарию
- Обновляется список действий, доступных для выбранного сценария, на панели под таблицей сценариев

Непосредственно под таблицей сценариев отображается панель с доступными действиями по работе с выбранным сценарием:

-  “Добавить новый сценарий”. По этому действию создается новый сценарий, который добавляется в базу, и выполняется переход в режим настройки созданного сценария.
-  “Удалить сценарий”. По этому действию происходит полное удаление сценария и всех результатов проведенных экспериментов в соответствии с данным сценарием. Перед выполнением этого действия будет выдано предупреждение о результатах действия (рисунок 3.2) и только после подтверждения будет выполнено удаление.

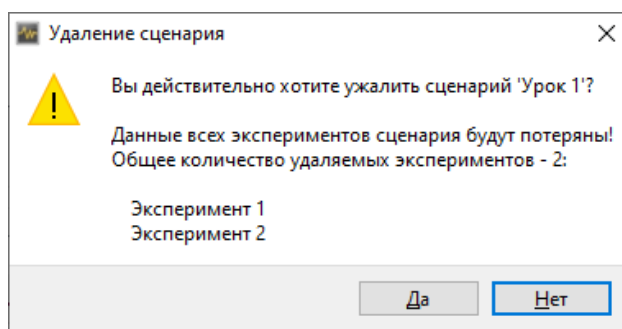



Рис. 3.2: Предупреждение при удалении эксперимента

-  “Импортировать сценарий из файла”. По данному действию происходит загрузка параметров сценария из выбранного пользователем файла. При этом проверяется наличие в базе данных экспериментов сценария с идентификатором, совпадающим с идентификатором сценария из файла. Если в базе данных нет сценария с совпадающим идентификатором, то будет создан новый сценарий, настройки которого будут загружены из файла. Если же такой сценарий присутствует в базе, то будет выведено сообщение, изображенное на рисунке 3.3.

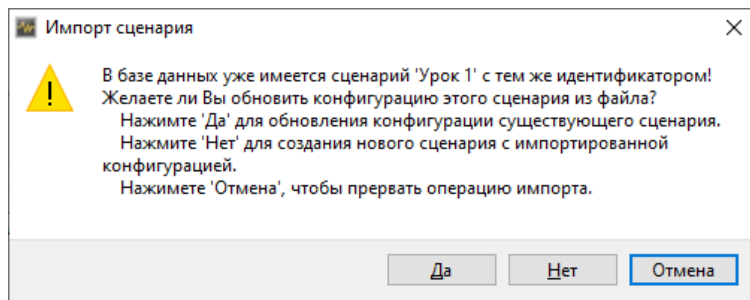


Рис. 3.3: Предупреждение при импорте сценария с совпадающим идентификатором

В результате у пользователя есть три выбора:

- При нажатии “Да” параметры сценария, уже присутствующего в базе, будут заменены на параметры, загруженные из файла.
- При нажатии “Нет” будет создан новый сценарий с новым идентификатором, все остальные параметры которого будут загружены из файла. Также, если имя созданного сценария совпадает с одним из сценариев базы данных, то будет отображен диалог для задания нового имени для импортируемого сценария (рисунок 3.4). После введения уникального имени, новый сценарий будет внесен в базу данных.

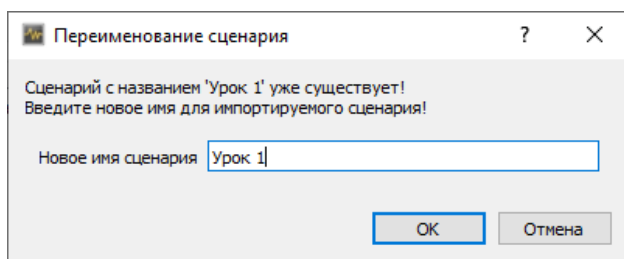





Рис. 3.4: Диалог переименования сценария

- При нажатии “Отмена” операция будет отменена и никакие данные из файла не будут добавлены в базу данных.
- , “Экспортировать сценарий в файл”. По данному действию все параметры выбранного сценария из базы сохраняются в выбранный пользователем файл, из которого потом можно выполнить импорт сценария (например, на другой машине).
- , “Клонировать сценарий”. По данному действию создается новый сценарий с конфигурацией, соответствующей конфигурации выбранного сценария, за исключением идентификатора эксперимента (будет сгенерирован новый). Также так как имя сценария должно быть уникально будет выведен диалог изменения имени созданного сценария (рисунок 3.4).
- , “Настроить сценарий”. По данному действию программа переходит в режим редактирования конфигурации выбранного сценария.






В таблице раздела “Выполненные эксперименты для сценария” в нижней части диалога отображается список всех проведенных экспериментов выбранного сценария. В ней отображена следующая информация:

- “Название” — название конкретного проведенного эксперимента, указанное при сохранении его результатов.

- “*Время начала*” — время и дата запуска записи данных для данного эксперимента.
- “*Время окончания*” — время и дата останова записи данных для данного эксперимента.
- “*Завершен*” — признак, был ли установлен флаг завершения при сохранении результатов эксперимента. Если эксперимент не завершен, то он может быть продолжен и данные будут дописаны новым блоком после уже сохраненных, а также может быть изменена информация о данном эксперименте.
- “*Директория данных*” — директория на диске, в которой хранятся данные, соответствующие результатам проведения эксперимента.

Справа от таблицы проведенных экспериментов отображается описание выбранного [эксперимента](#), указанное при сохранении его результатов.

Непосредственно под таблицей проведенных экспериментов отображается панель с доступными действиями для работы с [проведенным экспериментом](#):

- , “*Начать новый эксперимент*”. По данному действию программа переходит к проведению нового [эксперимента](#) в соответствии с выбранным [сценарием](#).
- , “*Просмотр данных эксперимента*”. По данному действию программа переходит в режим просмотра данных выбранного проведенного [эксперимента](#).
- , “*Продолжить эксперимент*”. По данному действию программа переходит в режим выполнения выбранного незавершенного [эксперимента](#). Новые данные будут добавлены к уже сохраненным ранее результатам проведенного эксперимента. Если выбранный эксперимент был завершен, то данное действие будет не доступно.
- , “*Удалить эксперимент*”. По данному действию происходит удаление записи о выбранном проведенном [эксперименте](#) из [базы данных](#), а также полная очистка данных на диске, соответствующих результату проведения данного эксперимента.
- , “*Импорт эксперимента*”. Данное действие позволяет импортировать в [базу данных экспериментов](#) информацию о [проведенном эксперименте](#) по директории с результатами его проведения. В базе данных не должно присутствовать эксперимента, ссылающегося на ту же самую директорию. Может быть использовано для переноса эксперимента на другую машину или восстановления удаленных из базы экспериментов, резервная копия данных для которых была вручную сохранена отдельно. При нажатии данного действия необходимо выбрать файл `storesession.hlinfo` в директории с данными импортируемого эксперимента.

Программа проверит наличие в базе [сценария](#), которому соответствует импортируемый эксперимент. Если сценарий отсутствует в базе, то будет выведен диалог с запросом на создание сценария ([рисунок 3.5](#)) и при подтверждении будет создан новый сценарий с конфигурацией, соответствующей конфигурации сценария при проведении эксперимента.

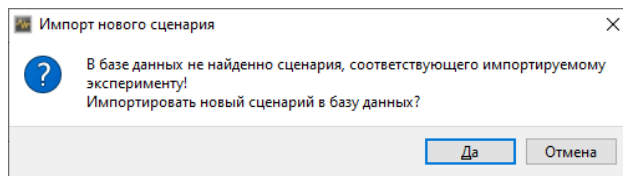


Рис. 3.5: Запрос на создание несуществующего сценария при импорте эксперимента

Если же сценарий уже присутствует в базе, то информация о проведенном эксперименте будет добавлена в список проведенных экспериментов этого сценария.

При завершении операции будет выведен диалог сохранения результатов с информацией эксперимента, аналогичный выводимому при завершении проведения эксперимента, в котором можно изменить название эксперимента и информацию о его проведении. Если в данном диалоге изменить директорию расположения данных, то все данные будут перемещены в новую директорию.

В самой нижней части окна отображаются кнопки с общими действиями:

- “Лицензии...” (📄). По нажатию данной кнопки откроется диалоговое окно для просмотра информации о установленных лицензиях, описанное в [разделе 3.2](#).
- “Закреть”. Данная кнопка закрывает окно выбора операции. Если оно было вызвано явно из одного из [рабочих режимов](#) программы, то программа возвращается снова к используемому ранее режиму. Если данное окно было выведено при начальном запуске программы, то нажатие кнопки “Закреть” приводит к завершению работы программы.

3.2 Диалог просмотра лицензий

Диалог просмотра лицензий ([рисунок 3.6](#)) позволяет узнать информацию о всех обнаруженных лицензиях, а также просмотреть текст принятого пользовательского соглашения.

Перейти в данный диалог можно нажав кнопку “Лицензии...” (📄) в диалоге “Выбор операции”.

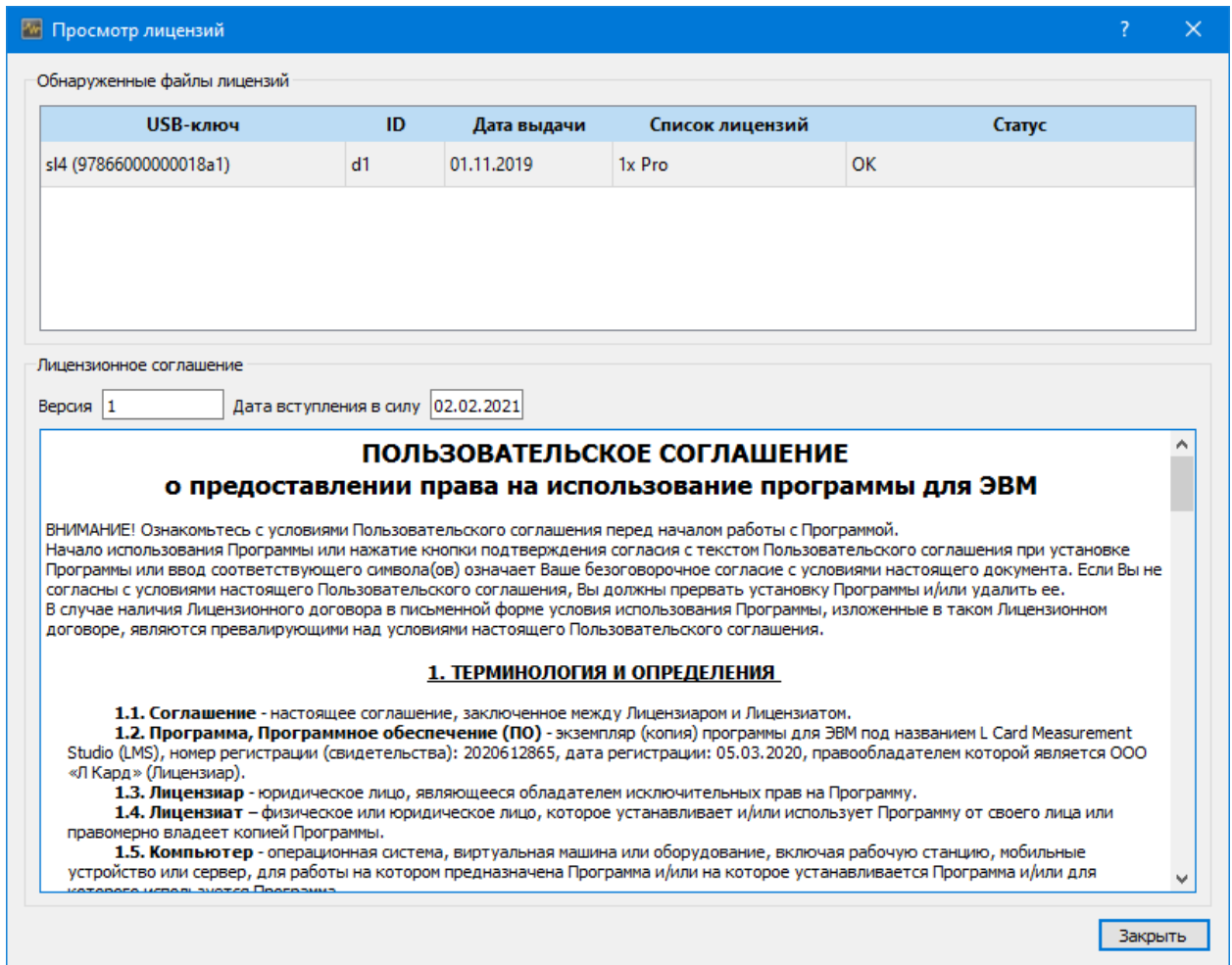


Рис. 3.6: Диалог просмотра лицензий

В верхней части окна отображается таблица с информацией о всех найденных лицензиях:

- “*USB-ключ*” — отображается тип и серийный номер найденного USB-ключа с лицензией. Данная информация не имеет значения для пользователя, но может быть запрошена “Л Кард” для определения используемого USB-ключа.
- “*ID*” — идентификационный номер файла лицензии. Данная информация не имеет значения для пользователя, но может быть запрошена “Л Кард” для определения используемого файла лицензии.
- “*Дата выдачи*” — дата создания файла лицензии и записи его в USB-ключ.
- “*Список лицензий*” — в данном столбце указывается информация о типах и количестве записанных лицензий, что определяет состав оборудования, с которым данный лицензионный файл позволяет работать. Типы лицензий описаны в [разделе 1.2](#).
- “*Статус*” — отображается строка “OK”, если лицензия была успешно обнаружена и разобрана. Если возникли какие-либо ошибки при обнаружении или разборе лицензии, то в данном поле будет выведено описание ошибки.

В нижней половине окна отображается информация о пользовательском соглашении. В поле “Версия” отображается номер версии соглашения, а в поле “Дата вступления в силу” отображается дата, когда пользователем была нажата кнопка “Принять” при первой установке программы, как описано в [разделе 1.4](#). Далее идет полный текст данной версии соглашения для повторного ознакомления.

3.3 Конфигурация сценария

Данный раздел будет добавлен в последующих версиях документации.

3.4 Выполнение эксперимента

Данный раздел будет добавлен в последующих версиях документации.

3.5 Промотр данных эксперимента

Данный раздел будет добавлен в последующих версиях документации.

Глава 4

Дополнительная информация о программе

4.1 Формат сохраняемых на диск данных эксперимента

В данном разделе рассматривается формат сохраняемых на диск данных о проведенном эксперименте. При использовании программы “**L Card Measurement Studio**” пользователю не обязательно знать о данном формате, однако он может быть полезен при написании пользователями своих программ для чтения и разбора данных выполненного [эксперимента](#).

Все записываемые данные сохраняются на диск в виде поддерева файловой системы из определенных директорий и файлов, зависящий от настроек [сценария эксперимента](#).

Для каждого проводимого эксперимента создается своя собственная директория внутри базовой директории, общей для всех экспериментов сценария, которая задается в настройках сценария. Имя директории каждого эксперимента внутри базовой директории определяется как число из 10 цифр, соответствующее номеру эксперимента, который равен увеличенному на единицу номеру предыдущего не удаленного из базы эксперимента (при условии, что на момент начал эксперимента уже нет директории с таким именем). После завершения эксперимента при его сохранении эту директорию можно изменить, в результате чего данные будут перемещены в указанное место.

В базовой директории содержатся следующие файлы и поддиректории:

- Файл `storesession.hlinfo`. Данный файл формата JSON содержит информацию о проведенном эксперименте, включая все настройки сценария, при которых был выполнен эксперимент. Данный файл используется программой “**L Card Measurement Studio**” для загрузки конфигурации и информации о эксперименте, и не предназначен для использования внешними программами, так его формат может изменяться в будущих версиях программы.
- Директория `chs`. Данная директория служит для сохранения измеренных данных по всем каналам. Она содержит по одной директории на каждый разрешенный для сохранения на диске канал. По умолчанию программа “**L Card Measurement Studio**” назначает имена директорий каналов на основе своих внутренних идентификторов каналов, однако эти имена можно изменить в настройках сценария (с соблюдением правил для имен директорий файловой системы), что рекомендуется сделать при разборе данных в сторонних программах. Помимо задания значимых читаемых названий директорий это позволяет быть уверенным, что данные названия не изменятся при обновлении программы.

Каждая директория канала содержит в себе следующие элементы:

- Директория `segments` содержит в себе набор поддиректорий, по одной для каждого сегмента данных соответствующего канала. Сегментом считается последовательность непрерывных во времени данных. Директории сегментов именуются по порядковому номеру сегмента из 9 цифр, начиная от 0.

Каждая директория сегмента данных содержит в себе следующие элементы:

- Файл `seginfo.hlinfo` формата JSON с информацией о сегменте (время начала, шаг отсчетов и т.д.).
- Файл `segdata.dat`. Бинарный файл, содержащий непосредственно данные сегмента в виде последовательных отсчетов. Размер и формат каждого отсчета определяется настройками сценария эксперимента. Ниже приводятся доступные для каждого типа данных канала форматы.

- Для каналов с вещественными данными (каналы АЦП, расчетные каналы):
 - * “Двойной точности с плавающей запятой”. Каждый отсчет занимает 8 байт. Соответствует формату числа с плавающей запятой типа `binary64` стандарта IEEE 754 или типу `double` языка C.
 - * “Одinarной точности с плавающей запятой”. Каждый отсчет занимает 4 байта. Соответствует формату числа с плавающей запятой типа `binary32` стандарта IEEE 754 или типу `float` языка C.
 - * “16-битное целое”. Каждый отсчет занимает 2 байта. Представляет собой целое число, где 0 соответствует минимальному значению канала (определяемого настройками сценария), а 65535 — максимальному.
- Для каналов с дискретными данными (каналы дискретного ввода, расчетные каналы):
 - * “Упакованные биты”. В каждом байте данных каждый бит соответствует одному дискретному отсчету. Младший бит соответствует наиболее раннему отсчету. Данные всегда выровнены на 8 бит.
 - * “Байт”. Каждый отсчет занимает целиком один байт, который может принимать только два значения: 0 или 1.
- Для каналов счетчиков синхрометок:
 - * “16-битное целое”. Каждый отсчет занимает 2 байта. Представляет собой целое число, соответствующее количеству меток определенного типа (СТАРТ или СЕКУНДА), соответствующего каналу, полученных крейтом на момент отсчета, начиная с момента установления связи службы `ltrd` с крейтом. Изменение значения счетчика соответствует моменту прихода синхрометки.