

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

**для практических занятий по дисциплине
«Системы управления и контроля технологическими процессами»**

Донецк
2021

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
для практических занятий по дисциплине
«Системы управления и контроля технологическими процессами»**

для обучающихся по направлению подготовки
18.03.01 «Химическая технология»
всех форм обучения

РАССМОТРЕНО
на заседании кафедры
прикладной экологии и охраны
окружающей среды
Протокол № 6 от 21.01.2021 г.

УТВЕРЖДЕНО
на заседании учебно-издательского
совета ДОННТУ
Протокол № 2 от 24.02.2021 г.

Донецк
2021

УДК 681.51:66(076)
М 54

Составители:

Шаповалов Валерий Васильевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии и охраны окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ»;

Горбатко Сергей Витальевич – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной экологии и охраны окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ».

М 54 **Методические рекомендации для практических занятий по дисциплине «Системы управления и контроля технологическими процессами»** : для обучающихся по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. прикладной экологии и охраны окружающей среды: сост.: В.В. Шаповалов, С. В. Горбатко. – Донецк: ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: Acrobat Reader. - Загл. с титул. экрана.

Методические рекомендации для практических занятий разработаны с целью получения практических навыков по дисциплине «Системы управления и контроля технологическими процессами». Содержит задания и методику практического составления схем автоматизации технологических процессов. Цель дисциплины - получение теоретических знаний и практических навыков по автоматизации и управлению процессами в технологии.

УДК 681.51:66(076)

СОДЕРЖАНИЕ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. Общие принципы контроля и управления технологическими процессами	5
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2. Измерители, измерители-регуляторы, модули ввода/вывода в системе контроля и управления	11
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3. Микроконтроллеры в АСУТП	21
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4. OPC сервер в системе контроля и управления, его структура и настройка	31
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5. Подключение микроконтроллера к ОВЕН OPC серверу	40
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6. Создание коммуникационного узла микроконтроллер – MasterOPC Universal Modbus Server	48
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7. Системы контроля и управления на основе микроконтроллеров и измерителей-регуляторов	55
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8. Разработка автоматизированной системы контроля и управления на основе SCADA SIMP Light	61
Список рекомендованной литературы	79

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. Общие принципы контроля и управления технологическими процессами

1. Контроль и управление

Совокупность оборудования и реализуемого в нем химического процесса образуют *химико-технологический объект*.

Состояние объекта описывается функциями

$$x_i(\tau), \tau = 1, 2, \dots, n,$$

которые называются *параметрами состояния (переменными состояния)*.

Совокупность параметров состояния образует *вектор состояния*:

$$x(\tau) = \{x_1(\tau_1), x_2(\tau_2), \dots, x_n(\tau_n)\}.$$

К параметрами состояния относятся температура, давление, уровень, рН, плотность, цвет, концентрация и другие переменные, характеризующие состояние процесса.

Если за действующим объектом осуществляется наблюдение или оказывается внешнее воздействие, с целью получения определенных результатов, то формально он уже превращается в *объект контроля и управления (ОУ)*, т.е. объект, для функционирования которого необходимы и допустимы специально организованные воздействия.

Под *контролем* понимается постоянное наблюдение за процессом в целях предотвращения его протекания в нежелательном направлении. Входной величиной для принятия соответствующих решений по контролируемому процессу визуальные наблюдения, данные показывающих или регистрирующих приборов.

Чтобы перевести объект регулирования/управления из исходного состояния в состояние, ведущее к достижению цели управления, необходимо воздействовать на некоторые выбранные параметры состояния, называемые *регулируемыми (или управляемыми) параметрами* $y_i(\tau)$. Их совокупность определяется вектором управления:

$$y(\tau) = \{y_1(\tau_1), y_2(\tau_2), \dots, y_k(\tau_k)\}; k \leq n$$

К *управляемым параметрам* в можно отнести температуру, давление, уровень, рН, плотность, концентрацию и другие переменные, характеризующие состояние процесса, т.е. параметры состояния. Обычно среди множества параметров состояния $x_i(\tau)$ выбирают один или несколько, которые являются *наиболее чувствительными* к изменению состояния объекта регулирования.

Управляемые параметры являются *выходными сигналами (выходами)* объекта управления и *входной* величиной для системы регулирования.

Задачей *регулирования* является поддержание определенного параметра состояния на заданном уровне или изменении его по заданному закону.

Регулирование отличается от управления тем, что желаемое состояние объекта *известно (задано)* и для достижения этого состояния необходимо определять только *управляющее воздействие*. Значение управляемого параметра, соответствующее желаемому в данный момент состоянию ОУ, будем называть *установленным значением (уставкой)*, и обозначать $y_{уст}$.

На основе сравнения реального значения выбранного регулируемого параметра $y_i(\tau)$ с уставкой $y_{уст}$ формируется сигнал управляющих воздействий, который, как правило, преобразуется в форму, непосредственно воспринимаемую объектом регулирования.

Совокупность объекта управления и управляющего устройства, которые без участия человека обеспечивают процесс регулирования, называется **системой автоматического регулирования (САР)**

Управление - это процесс определение состояния объекта, формирования и реализации управляющих воздействий, направленных на достижение некоторой цели. Задачей управления в широком смысле является определение состояний $x_i(\tau)$, обеспечивающих достижение цели, и выработки управляющего воздействия $U(\tau)$, которое приведет объект в это состояние, удовлетворяя при этом ограничениям, которые накладываются на $x(\tau)$ и $U(\tau)$.

Цель управления формируется *вне* системы управления и является *входным сигналом* системы управления. Обычным примером управления является управление движением автомобиля при перемещения их точки А в точку В когда цель сформулирована, а параметры ее достижения (скорость, маршрут, остановки и т.д.) конкретизируются в зависимости от условий.

Система, представляющая собой совокупность объекта управления и управляющего устройства, взаимодействие которых между собой обеспечивает процесс управления без участия человека, называется **системой автоматического управления (САУ)**.

2. Управляющие и возмущающие воздействия

В химической технологии к типовым ОУ относятся реакторы, массообменные колонны, теплообменники, насосы, вентиляторы и другие аппараты и устройства технологических установок, включая трубопроводы, в которых необходимо поддерживать постоянными некоторые физико-химические параметры или изменять их в соответствии с поставленной задачей.

Единственный способ изменить состояние объекта управления в нужном направлении это подействовать на него только двумя способами:

- **материальным** потоком
- **и/или энергетическим** потоком.

Эти виды воздействия называются **управляющими** переменными $U(\tau)$. К ним относятся расходы теплоносителя, хладагента, расход вещества и электроэнергии. Энергетические и материальные управляющие переменные иногда выражаются опосредованно через, например, состояние/положение

исполнительных механизмов или органов управления: обороты двигателя, напряжение, ток, интенсивность света, деления на посуде и т.д. С помощью *управляющих воздействий*

$$u(\tau) = \{u_1(\tau), u_2(\tau), \dots, u_m(\tau)\}$$

система управления влияет на состояние ОУ для достижения цели управления или поддержания некоторого заданного состояния. Управляющие воздействия формируются *управляющим устройством (УУ)*.

Объект управления является открытой системой и находится в динамическом взаимодействии с внешней средой. Изменения внешних условий, влияющие на состояние ОУ, называют *возмущающими воздействиями* – $d(\tau)$.

Состояние объекта управления может изменяться в результате воздействий на него двух типов воздействий:

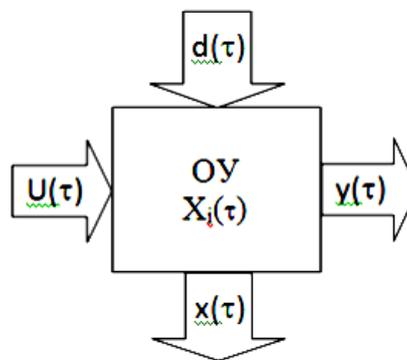
Управляющих - $U(t)$

Возмущающих – $d(t)$.

В любой момент времени состояние *детерминированного объекта* является функцией начального состояния объекта и входных воздействий (возмущающих и управляющих):

$$x(\tau) = f\{u(\tau_0), u(\tau), d(\tau)\}$$

Эти воздействий являются *входными сигналами (входами)* ОУ (рис.1).



$X_i(\tau)$ – параметры состояния, $x(\tau)$ – параметры состояния фиксируемые экспериментатором, $U(\tau)$ – управляющие параметры, $y(\tau)$ – управляемые параметры, $d(\tau)$ – возмущающие воздействия.

Рисунок 1. Структурная схема состояния объекта управления.

Выходной величиной объекта и всей системы регулирования является *управляемая* (или *регулируемая*) величина $y(\tau)$, зависящая от *управляющего воздействия* $U(\tau)$ и *возмущающего воздействия* $d(\tau)$

Одним из входов системы регулирования является *задающее воздействие*, $u_{уст}$ соответствующее желаемому значению регулируемого параметра. Другим входом системы регулирования является *возмущающее воздействие* $d(\tau)$.

Под возмущающим воздействием можно понимать такое воздействие, которое пытается вывести объект из желаемого (заданного) состояния. Изменения управляемых (регулируемых) параметров в объекте управления вызываются как управляющими воздействиями, так и возмущающими воздействиями.

Возмущающие воздействия делятся на несколько типов.

- *Контролируемые возмущающие воздействия.*
- *Неконтролируемые возмущающие воздействия.*
- *Возмущающие воздействия, не допускающие стабилизацию,.*
- *Возмущающие воздействия, допускающие стабилизацию.*

3. Принципы управления

В основе построения систем управления лежат некоторые общие *принципы управления*, определяющие, какую текущую информацию использует управляющее устройство для формирования необходимого управляющего воздействия.

3.1. Управление по задающему воздействию

В системе управления по задающему воздействию (рис.2) задается цель управления или значение некоторого параметра состояния. При этом информация о достижении цели или значении параметра не контролируется, т. е. устройство управления изменяет состояние объекта управления, но информация о его состоянии отсутствует. Такая система относится к разомкнутой системе управления.



Рисунок 2. Схема управления по задающему воздействию.

3.2. Управление по возмущающему воздействию

Система управления по возмущающему воздействию (см. рис. 3) также относится к разомкнутой системе управления, но кроме информации о цели управления или параметре регулирования для выработки сигнала управления учитывается информация о возмущающих воздействиях. При этом сигнал управления содержит составляющую компенсирующую возмущающее воздействие (принцип *компенсации*).

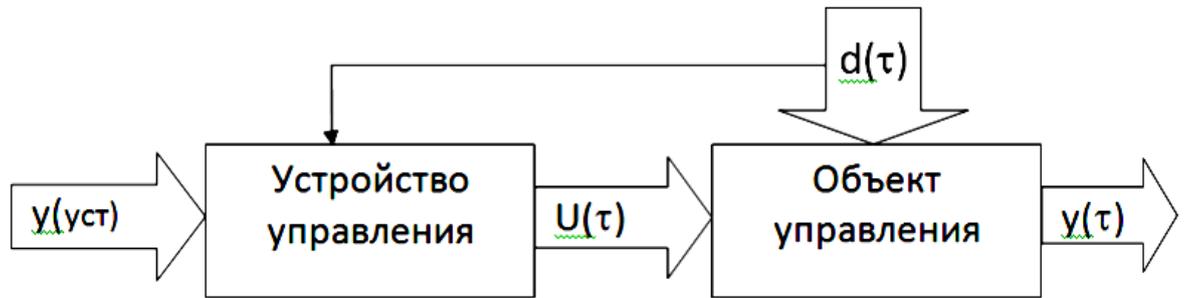


Рисунок 3. Схема управления по возмущающему воздействию

3.3. Управление по отклонению

В системе управления по отклонению управляющее устройство в процессе работы по линии прямой связи воздействует на объект управления через материальный или энергетический поток, что приводит к изменению параметров состояния $x(\tau)$ и выбранных для управления регулируемых параметров $y(\tau)$. Появляющаяся разница (ошибка регулирования) между заданными значениями регулируемой величины $y(уст)$ и действительным ее значением $y(\tau)$ поступает в управляющее устройство по линии *обратной связи* (ОС):

$$\varepsilon(\tau) = y(уст) - y(\tau).$$

Таким образом, формируется замкнутый контур (рис.4), называемый контуром регулирования и состоящий из управляющего устройства, прямой связи, объекта управления и линии обратной связи. При этом ошибка регулирования является входной величиной управляющего устройства.

Управление по отклонению называют *замкнутым* или управлением с *обратной связью*.

Обратная связь в замкнутой системе управления должна быть *отрицательной*.

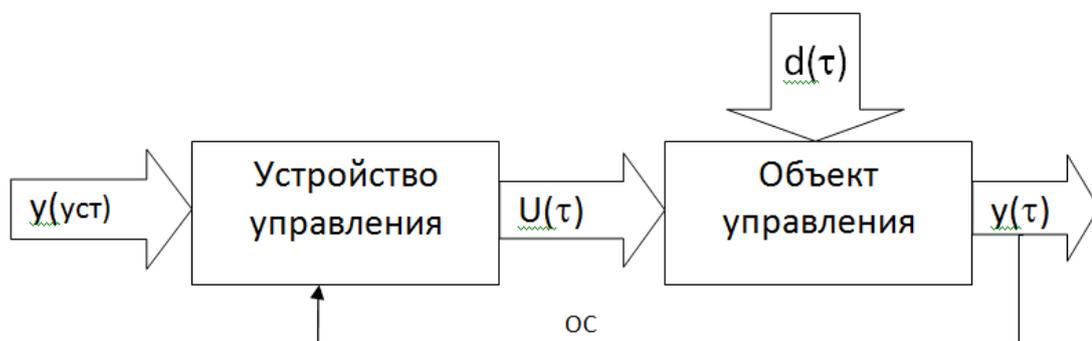
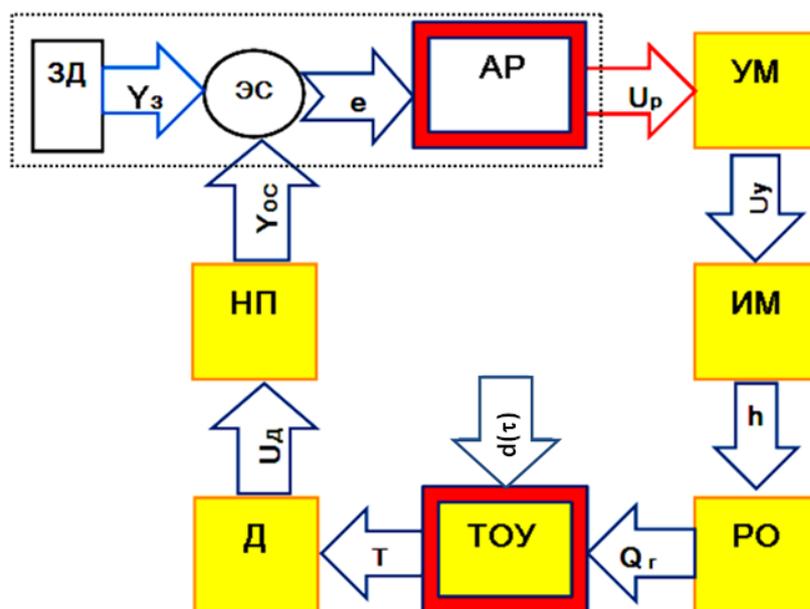


Рисунок 4. Схема управления по отклонению с отрицательной обратной связью

Контрольные вопросы.

1. Приведите примеры параметров состояния абсорбционной установки.
2. Приведите примеры параметров состояния кожухотрубного теплообменника.

3. По каким принципам из параметров состояния выбирают управляемые параметры?
4. Чем отличается регулирование и управление?
5. Что понимается под контролем?
6. Что является задачей регулирования?
7. Что подразумевает термин «уставка»?
8. Дайте определение системе автоматического управления.
9. Что относится к управляющим воздействиям?
10. Чем формируются управляющие воздействия?
11. Приведите пример контролируемых возмущающих воздействий.
12. Приведите пример неконтролируемых возмущающих воздействий.
13. Приведите пример возмущающих воздействий, не допускающих стабилизацию.
14. Приведите пример возмущающих воздействий, допускающих стабилизацию.
15. Расшифруйте и охарактеризуйте элементы функциональной схемы САУ:



16. Какая из схем управления применяется преимущественно в химической промышленности? Почему?
17. К каким последствиям может привести появление в системе управления (регулирования) положительной обратной связи?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2. Измерители, измерители-регуляторы, модули ввода/вывода в системе контроля и управления

Цель занятия. Ознакомится с аппаратными средствами контроля и управления в технологических объектах и системах защиты окружающей среды. Получить практические навыки сопряжения контрольно-измерительных аппаратных средств с первичными измерительными преобразователями и компьютерной техникой.

Приборное оборудование:

1. *Измеритель регулятор* ОВЕН ТРМ 202
2. *Преобразователь (адаптер) интерфейса А4* (или аналог)
3. *Термопара ТХА (К)*

Программное обеспечение:

1. *Конфигуратор* <Setup_TPM101_TPM2xx_3.0.5.exe>
2. *Driver* <ac4_usb_driver_windows_7_8_8.1_10>

1. Измерители-регуляторы, модули ввода/вывода

В настоящее время имеется большое количество сертифицированных измерительных приборов разных фирм. При этом приборы можно разделить на:

- измерители,
- измерители-регуляторы,
- модули ввода аналоговых сигналов,
- модули ввода дискретных сигналов
- модули вывода аналоговых сигналов,
- модули вывода дискретных сигналов

Отдельно можно выделить промышленные контроллеры и микроконтроллеры, которые являются мастерами сети и, в определенной степени, являются небольшими ЭВМ.



Рисунок 1. Измерители-регуляторы ОВЕН ТРМ136 и ТРМ202

Типичными современными приборами для визуального контроля параметров технической системы и управления технологическим процессом являются, например, измерители-регуляторы типа ОВЕН ТРМ202 и ОВЕН ТРМ136 (рис.1). По документации они предназначены для измерения

температуры теплоносителей и различных сред в холодильной технике, сушильных шкафах, печах различного назначения и другом технологическом оборудовании, а также для измерения других физических параметров (веса, давления, влажности и т. п.).

Основные характеристики измерителя-регулятора ТРМ202:

- Два универсальных входа для подключения широкого спектра датчиков температуры, давления, влажности, расхода, уровня и т. п.;
- Цифровая фильтрация и коррекция входного сигнала, масштабирование шкалы для аналогового входа;
- Вычисление и индикация квадратного корня из измеряемой величины (например, для регулирования мгновенного расхода);
- Вычисление разности двух измеряемых величин ($\Delta T = T1 - T2$);
- Индикация текущих значений измеренных величин T1, T2 или их разности на встроенном 4-х разрядном светодиодном цифровом индикаторе;
- Импульсный источник питания 90...245 В 47...63 Гц;
- Встроенный источник питания 24 В для активных (параметрических) датчиков во всех модификациях прибора;
- Программирование кнопками на лицевой панели прибора;
- Сохранение настроек при отключении питания;
- регулирование и одновременная регистрация измеряемой величины при установке ЦАП 4...20 мА в качестве второго выходного устройства;
- одноканальное трехпозиционное регулирование (с двумя разными уставками);
- встроенный интерфейс RS-485 (протокол OVEN, Modbus ASCII/RTU)
- Защита настроек от несанкционированных изменений.

Прибор ТРМ136 имеет большее количество входов и выходов.

В табл.1 выборочно приведены типы как генераторных, так и параметрических датчиков подключаемых к данным приборам.

Таблица 1 – Типы и характеристика некоторых датчиков к приборам OVEN ТРМ202 и ТРМ136

Тип датчика	Диапазон измерений	Разрешающая способность*
ТСМ (50М) W100=1.428	-200...+200 °С	0,1 °С
ТСП (Pt50) W100=1.385	-200...+850 °С	0,1 °С
ТСП (50П) W100=1.391	-240...+1100 °С	0,1 °С
ТСП (100П) W100=1.391	-240...+1100 °С	0,1 °С
термопара ТХК (L)	-200...+800 °С	0,1 °С
термопара ТХА (K)	-200...+1360 °С	0,1 °С
термопара ТПП (S)	-50...+1750 °С	0,1 °С
термопара ТПП (R)	-50...+1750 °С	0,1 °С
термопара ТПП (B)	+200...+1800 °С	0,1 °С
термопара ТВР (A-1)	0...+2500 °С	0,1 °С
ток 0...5 мА	0...100 %	0,1 %
ток 0...20 мА	0...100 %	0,1 %

ток 4...20 мА	0...100 %	0,1 %
напряжение –50...+50 мВ	0...100 %	0,1 %
напряжение 0...1 В	0...100 %	0,1 %

Следует обращать внимание, что не все измерители имеют интерфейсы для подключения к компьютеру. У промышленных приборов для подключения обычно предусматриваются интерфейсы **RS485, RS232** или некоторые другие.

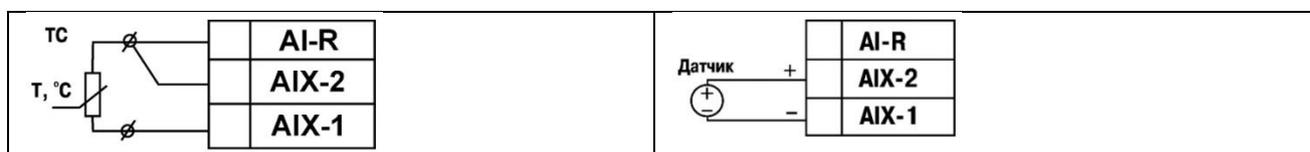
Помимо приборов с цифровой индикацией измеряемой величины, широкое распространение получили модули ввода/вывода (рис.2). Достоинством модулей ввода, при относительно небольшой стоимости, является, как правило, большое количество вводов для подключения датчиков, возможность подключения к ЭВМ, наличие специализированных модулей для измерения конкретных величин (например, рН), высокий класс точности. Отсутствие элементов визуальной индикации свидетельствует о том, что прибор является промежуточным элементом в системе контроля. Приведенные модули предназначены для измерения аналоговых сигналов встроенными аналоговыми входами, преобразования измеренных величин в значение физической величины и последующей передачи этого значения по сети RS-485. Таким образом, представление измерительной информации в виде удобном для наблюдения и хранения осуществляется ЭВМ или промышленным контроллером.

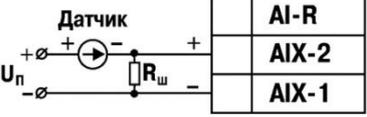
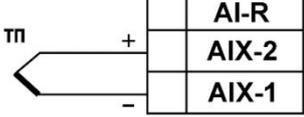
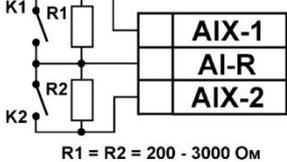
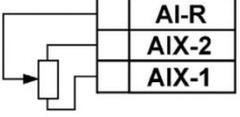
Конфигурирование (настройка) модулей ввода-вывода осуществляется на ПК через специальные устройства, называемый адаптерами интерфейса RS-485/RS-232 или RS-485/USB с помощью программ «Конфигуратор», входящей в комплект поставки модулей. В сопроводительной документации указываются и исходные заводские сетевые параметры, которые в процессе работы могут быть изменены. Обычные коммуникационные возможности модулей ввода-вывода приведены в табл.2.



Рисунок 2. Общий вид модулей аналогового ввода EBM-B и MB110-224-8A с RS485

Таблица 2 – Схемы подключения датчиков в модулях аналогового ввода



<p>Схема подключения термометра сопротивления</p>	<p>Схема подключения активного датчика с выходом в виде напряжения $-50...+50$ мВ или $0...1$ В</p>
 <p>Схема подключения активного датчика с токовым выходом $0...5$ мА, $0...20$ мА или $4...20$ мА. Установка шунтирующего резистора $R_{ш} = 49,9$ Ом – обязательна!</p>	 <p>Схема подключения термоэлектрического преобразователя</p>
 <p>Схема подключения дискретных датчиков «сухие контакты»</p>	 <p>Схема подключения датчика положения задвижки резистивного типа</p>

Обычно настройка модуля включает:

- индивидуальную конфигурацию для каждого входа;
- диагностику состояния подключенных аналоговых датчиков;
- автоматическое определение протокола;
- универсальное питание (≈ 24 В или ~ 230 В);
- обновление встроенного программного обеспечения по RS-485.

Модули дискретного ввода предназначены для сбора данных типа «включить-выключить» со встроенных дискретных входов и передачи их в сеть. Существуют модули вывода, задача которых состоит в передачи управляющих сигналов от компьютера на исполнительные механизмы регулирующих органов.

2. Подключение измерителя-регулятора ТРМ 202 к компьютеру

В промышленных модулях ввода-вывода, измерителях, измерителях-регуляторах ориентированных для работы с RS485 присутствуют два контакта А и В для подключения к шине RS485 (рис.3). Если таких контактов нет, то подключить прибор к компьютеру по шине RS485 не удастся.

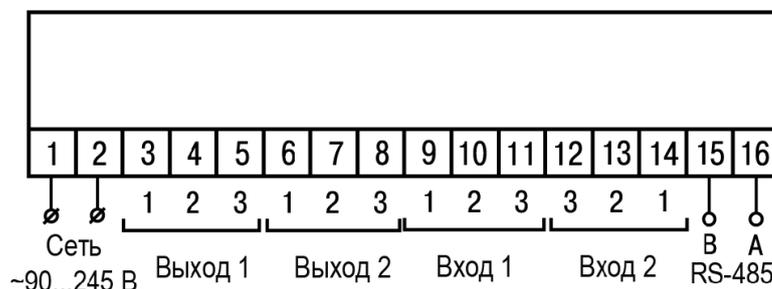


Рисунок 3. Схема контактов тыловой части измерителя-регулятора ОВЕН ТРМ202

Подключение приборов, содержащих RS485 интерфейс, к ПК физически не представляет проблемы. Однако вследствие того, что большинство ПК содержат порт USB, нужен преобразователь интерфейса USB–RS485. Его подключают к

USB порту компьютера, а через контакты А и В подключают проводами к измерительному прибору с такими же контактами. Если расстояние небольшое (до 5 м), то это два обычных провода, если же расстояние больше, то провода нужно перевить для образования «витой пары», которую следует поместить в экран.

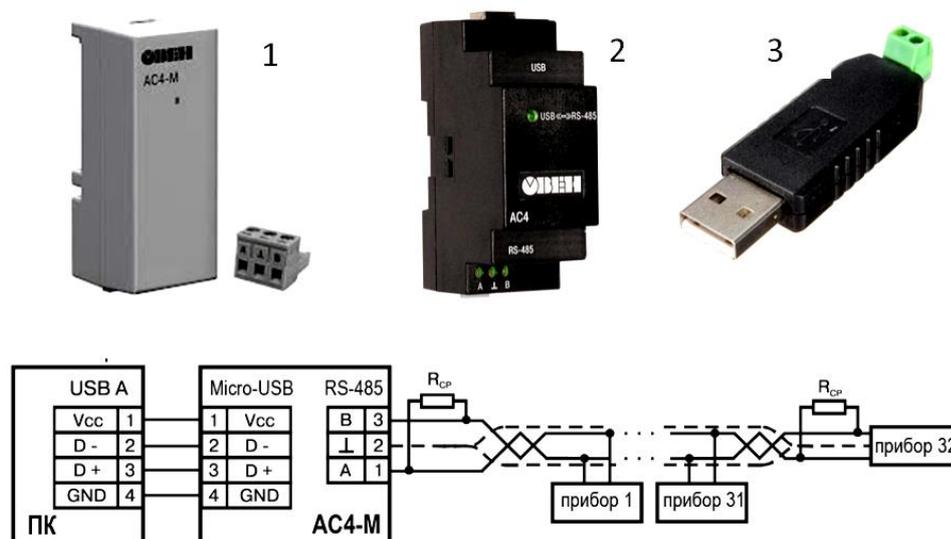


Рисунок 4. Преобразователи интерфейса USB – RS485 и способ их соединения.

1, 2 – AC4-M, AC-4 с гальванической развязкой. 3 - преобразователь USB – RS485 без гальванической развязки на микросхемах CH340 и MAX-485

Типичными преобразователями интерфейсов USB и RS485 являются приборы **ОВЕН AC4** и **ОВЕН AC4-M** (рис.4), в которых обеспечивается гальваническая изоляция между входом и выходом, которая предохраняет компьютер от аварийных выбросов напряжения в объекте управления. Приборы позволяют подключать к шине RS485 ПК, имеющий USB-порт. Питание прибора величиной 5 вольт осуществляется от шины USB.

Особенности преобразователя AC4-M:

- гальваническая изоляция интерфейсов;
- автоматическое определение направления передачи данных;
- создание виртуального COM-порта при подключении прибора к ПК позволяет без дополнительной адаптации использовать информационные системы (SCADA, конфигураторы), работающие с аппаратным COM-портом;
- разъем micro USB для подключения преобразователя к ПК;
- питание от шины USB.

Поддерживаемые операционные системы:

- Windows XP/Server 2003/Vista/7/8/8.1/10;
- Mac OS X;
- Linux 2.6.x/3.x.x.

Перед началом работы необходимо установить на компьютер *конфигуратор измерителя регулятора ОВЕН ТРМ202 и преобразователь (адаптер) интерфейса А4.*

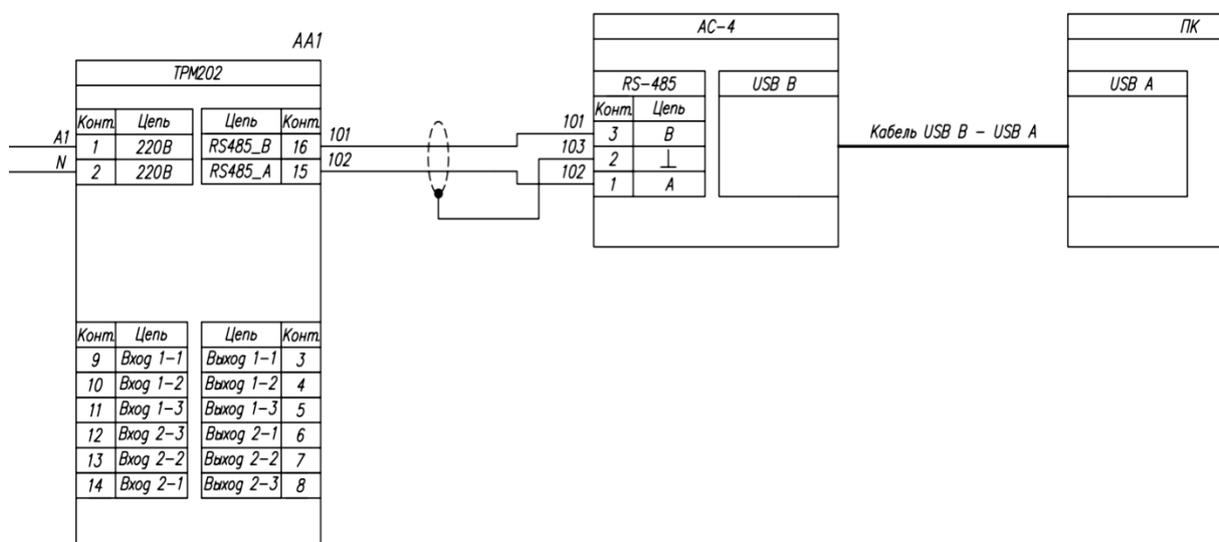


Рисунок 5. Схема подключения измерителя-регулятора TPM202 и преобразователя интерфейса А4 к компьютеру.

Затем собрать схему подключения приборов в соответствии с рис.5. К контактам 1-2 входа 1 (рис.3, табл.2) подключить термопару ХА соблюдая ее полярность

Подключение приборов осуществлять при выключенном напряжении.

Программирование измерителей-регуляторов и модулей ввода/вывода, по сути, сводится к установке параметров работы данных устройств в программах, называемых конфигураторами, которые входят в комплект поставки.

После подключения прибора к компьютеру по интерфейсу RS485 необходимо запустить программу «Конфигуратор (указать *тип прибора*)» и далее работать в следующей последовательности:

Устанавливаем тип прибора через опцию «Тип прибора»:

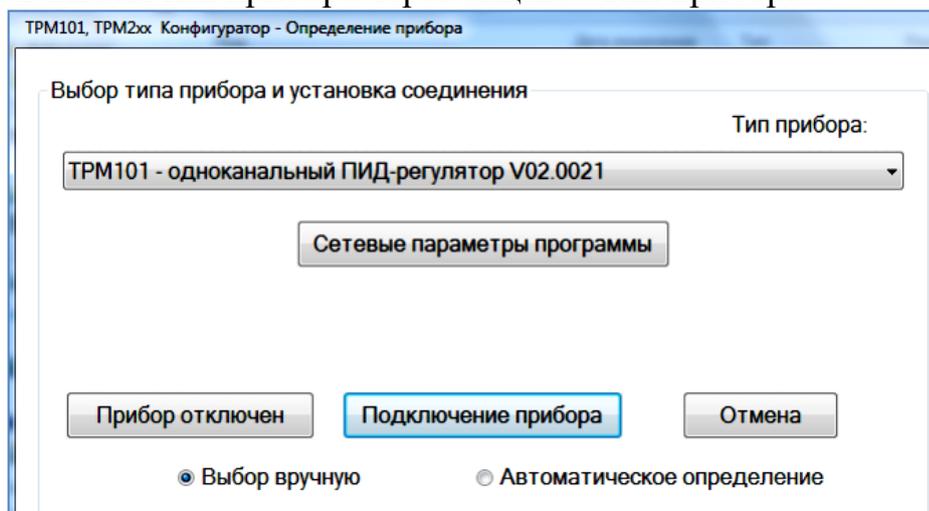
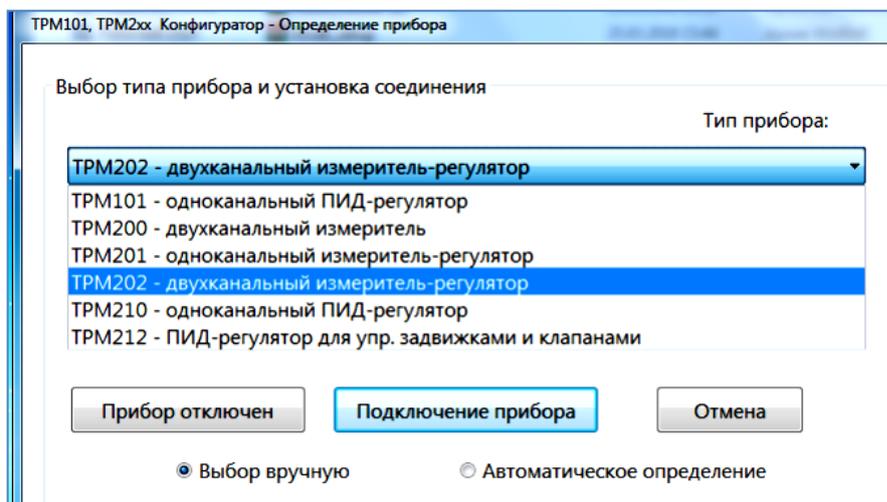
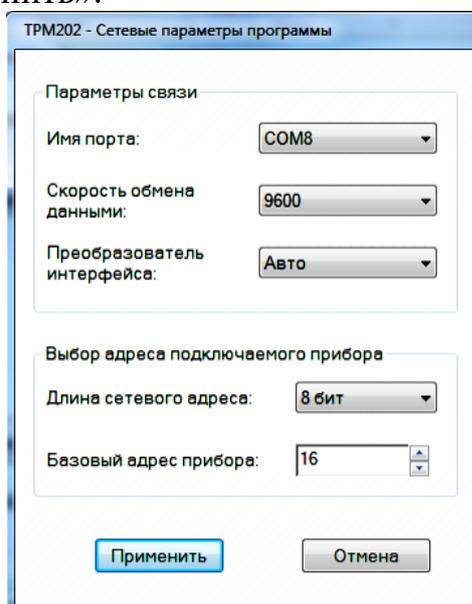


Рисунок 6. Меню входа в конфигуратор и меню сетевых параметров для измерителей-регуляторов TPM101 и TPM202



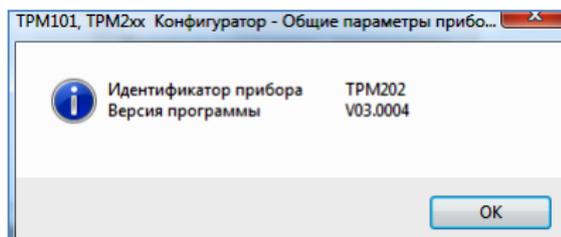
Через опцию «сетевые параметры программы» устанавливаем параметры связи и нажимаем кнопку «Применить».



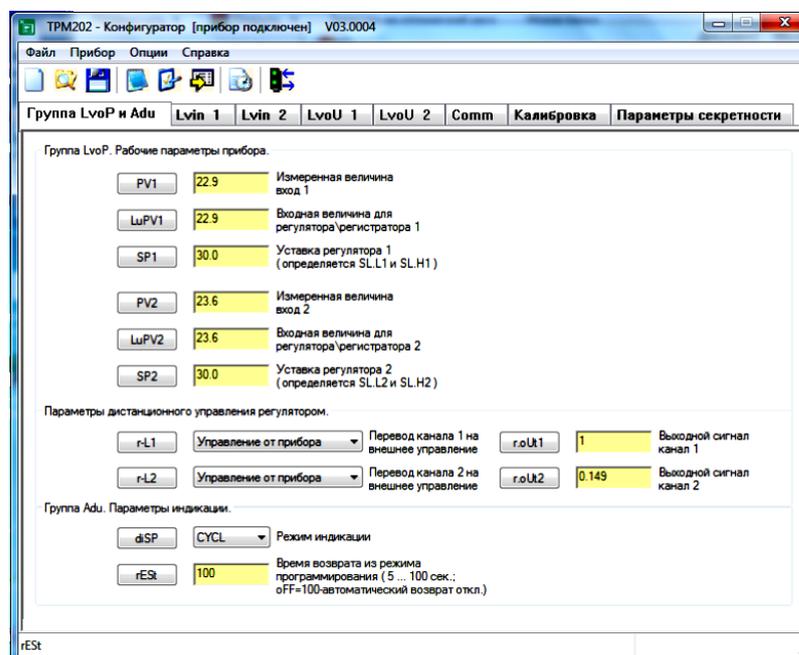
Номер порта определяется в диспетчере устройств. Однако скорость обмена данными и базовый адрес прибора необходимо взять из документации в разделе заводских настроек. Если такие данные (обычно после эксплуатации прибора с изменением заводских установок) отсутствуют, то можно войти в конфигуратор под опциями типа «прибор отключен», «работать offline» и др. Затем в конфигураторе в соответствующих пунктах меню определить сетевые параметры.

Если этого сделать не удастся, можно попытаться вернуться к заводским установкам. Иначе предстоит кропотливая работа по установлению сетевых параметров методом проб и ошибок. При этом следует учесть, что длина сетевого адреса составляет 8(11) бит. С учетом данных замечаний следует надежно сохранять сетевые параметры оборудования.

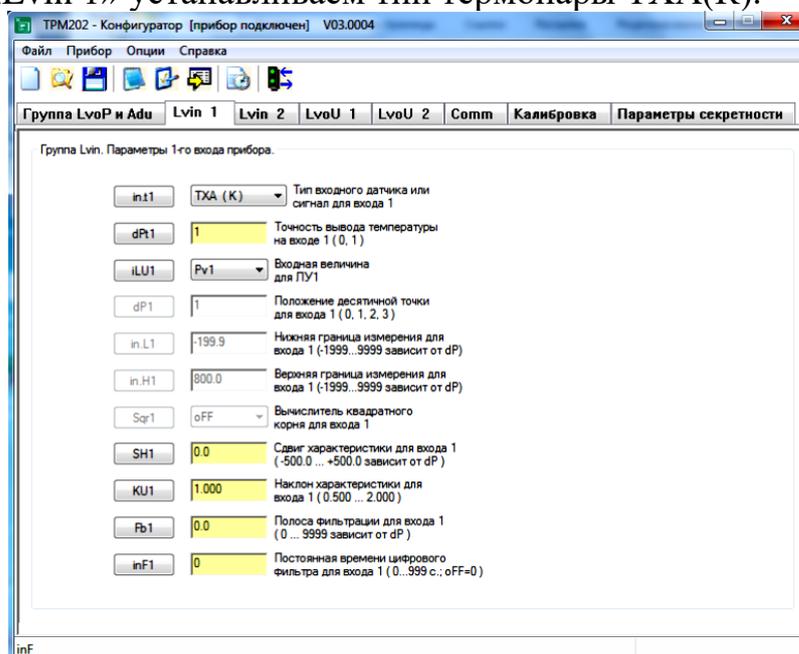
После установки сетевых настроек следуют произвести подключение прибора. Нажимаем клавишу подключение прибора, после чего появляется окно:



Нажимаем ОК и наблюдаем показания температуры в конфигураторе:



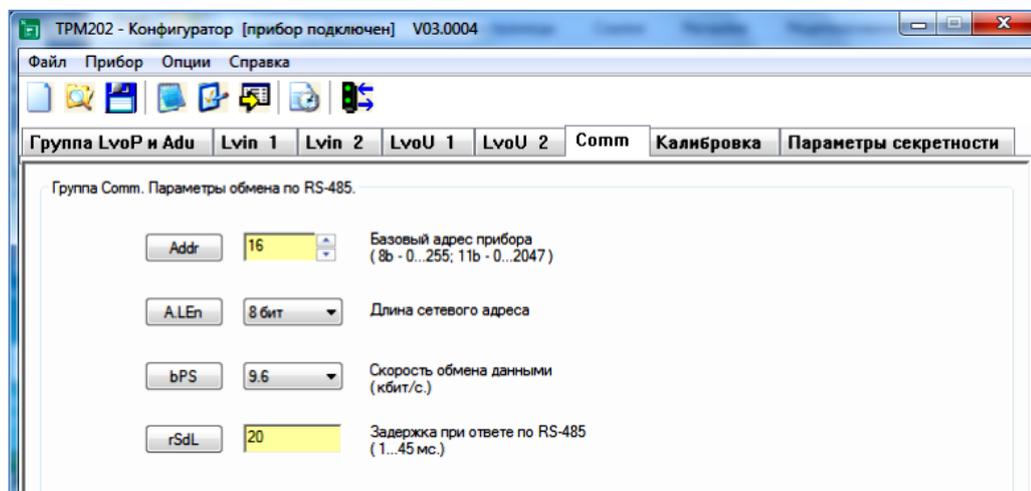
В опции «Lvin 1» устанавливаем тип термопары ТХА(К).



Как правило, все приведенные в конфигураторе опции интуитивно понятны и подробно описаны в документации к приборам либо на сайтах фирм изготовителей. Вследствие большого разнообразия устройств нет возможности произвести описание каждого устройства. Вместе с тем, следует отметить возможности выбора в конфигураторе вида входного сигнала, типа датчика,

диапазона измерений, выбора характеристик фильтра и т.д. К этим параметрам следует относиться ответственно, так как от них зависит корректность получаемых в эксперименте результатов.

При необходимости в конфигураторе можно изменить сетевые параметры (и не забыть их зафиксировать, в том числе и в виде наклейки на приборе). Это осуществляется в окне «Comm»:



В измерителях регуляторов, с целью их автономного использования, обычно предусмотрено программирование и с помощью кнопок на панели прибора. Меню калибровки отображается на дисплее прибора в виде символьной графики (рис.7).

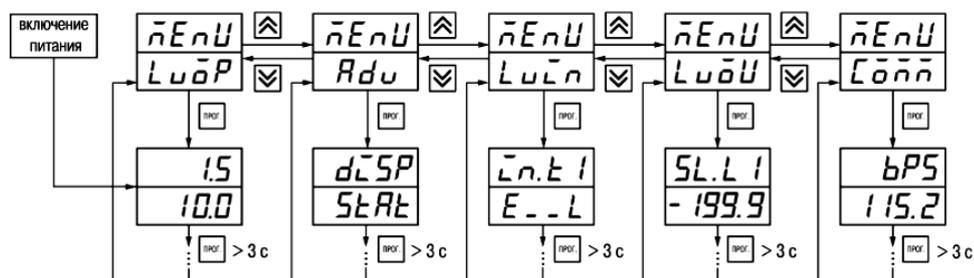


Рисунок 7. Навигация в меню настройки ОВЕН ТРМ 202

С панели прибора осуществляется и вход через пароль в меню калибровки и юстировки прибора. Подробно операции по настройке приборов приводятся в документации. Протоколы обмена используемые в приборе приведены в табл.3.

Таблица 3 – Параметры протоколов обмена

Параметр	Протокол		
	ОВЕН	ModBus RTU	ModBus ASCII
Количество стоп-бит	1	2	2
Длина слова данных	8 бит	8 бит	7 бит
Контроль четности	нет	нет	нет

Программирование с панели прибора обеспечивает доступ практически к всем функциям устройства, в том числе установке протокола обмена (табл.7) и

сетевым параметрам. Доступ к последним облегчает их восстановление при потере.

Контрольные вопросы.

1. Перечислите типы приборов используемых в системе контроля и управления технологическими процессами,
2. В чем состоит отличие измерителей и измерителей-регуляторов?
3. В чем состоит особенность применения модулей ввода/вывода?
4. Какие датчики называются параметрическими, а какие генераторными?
5. Что такое ГСП?
6. Какие параметры настраиваются в конфигуляторах приборов?
7. Какие параметры относятся к сетевым?
8. На каком эффекте работает термопара?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3. Микроконтроллеры в АСУТП

Цель занятия. Ознакомится с микроконтроллерной техникой в средствах контроля и управления технологическими объектами и системах защиты окружающей среды. Получить практические навыки работы с микроконтроллерами.

Приборное оборудование:

1. Микроконтроллер ATmega328,
2. Плата Arduino UNO,
3. Солнечная батарея,
4. Датчик примесей в воздухе,
5. Светодиод.

Программное обеспечение:

1. Монитор Порты Про 1.7.1.
2. Driver <ch341ser>
3. SerialPlot v0.10.0-win32(64).exe

В настоящее время большое распространение для сбора, переработки информации и управлению различными процессами приобрели микроконтроллеры и одноплатные компьютеры. Особенностью компьютеров является наличие управляющей операционной системы, в то время как микроконтроллеры выполняют определенную последовательность команд и операций. В качестве примера можно сравнить широко распространенные настоящее время микроконтроллерные платы Arduino и миниатюрные одноплатные компьютеры типа Raspberry Pi (рис.1).

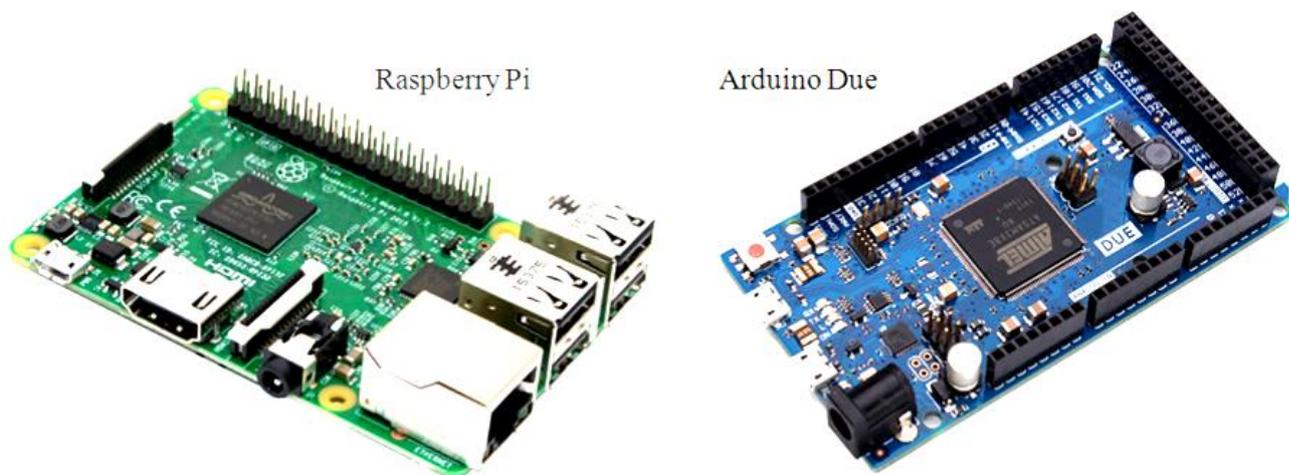


Рисунок 1. Одноплатный компьютер Raspberry Pi и микроконтроллерная плата Arduino Due

Платы, содержащие микроконтроллеры, не являются полноценными компьютерами. На них нет операционной системы как таковой, микроконтроллер просто выполняет код, интерпретируемый прошивкой. Однако для определенного

типа задач такое непосредственное выполнение несложного кода протекает проще, а при работе не возникает никаких издержек, связанных с операционной системой. Различия между одноплатными компьютерами и микроконтроллерами хорошо прослеживаются по их отношению к электропитанию, работой с сетью и датчиками.

Микроконтроллеры обладают набором интерфейсных аналоговых и цифровых портов. Поэтому микроконтроллеры отлично подходят для тех случаев, когда предполагается сбор информации с аналоговых или цифровых датчиков и выполнение серии команд для работы электрических или электромеханических устройств.

Стоит отметить, что микроконтроллеры могут быть легко подключены к шине RS485 совместно с промышленными сертифицированными измерителями-регуляторами или модулями ввода/вывода. При этом открываются большие возможности при компьютеризации экспериментальных установок или систем контроля и наблюдения, в том числе и с точки зрения получения надежных сертифицированных данных.

2.1. Характеристики микроконтроллеров

Микроконтроллер - это специальная микросхема, предназначенная для управления различными электронными устройствами. Микроконтроллеры впервые появились в том же году, что и микропроцессоры общего назначения (1971). В отличие от микроконтроллера работа микропроцессора реализуется в составе материнской платы. В микроконтроллере все эти возможности встроены в один чип, и отсутствует потребность в материнской плате и многих других компонентах. При этом слаботочные устройства можно подключить напрямую к микроконтроллеру. В микропроцессорах такой возможности нет.

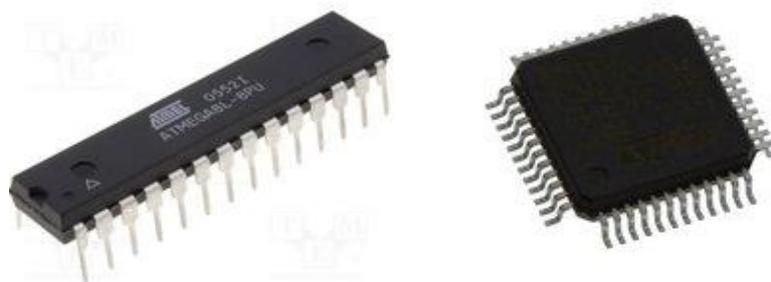


Рисунок 2. Микроконтроллеры AVR - ATmega8L-8PU (корпус DIP 28) и ARM семейства STM32F10x (корпус LQFP 48)

В микроконтроллерах процессор, память, ПЗУ и периферия находятся внутри одного корпуса, внешне похожего на обычную микросхему (рис.2). Следовательно, микроконтроллер - это компьютер, функционирующий на одном кристалле, который способен выполнять относительно несложные операции.

Микроконтроллер характеризуется большим числом параметров, поскольку он одновременно является сложным программно-управляемым устройством и электронным прибором (микросхемой). Приставка "микро" в названии

микроконтроллера означает, что выполняется он по микроэлектронной технологии.

Для облегчения работы микроконтроллер часто устанавливается на плату с обслуживаемыми его дополнительными элементами – стабилизаторами, преобразователями, контактами и т.д. Микроконтроллеры позволяют гибко управлять различными электронными и электрическими устройствами. Для целей сбора информации и управления исполнительными устройствами важно наличие у микроконтроллера набора аналоговых и цифровых входов и выходов.

Платы, содержащие микроконтроллеры, содержат, как правило, также стабилизаторы напряжения, USB порты с преобразователями сигналов USB-UART и т. д. (рис.3).

Входы и выходы МК GPIO (*general-purpose input/output*) относятся к интерфейсу ввода/вывода общего назначения. Предназначены для связи между компонентами компьютерной системы, к примеру, микропроцессором и различными периферийными устройствами. Контакты GPIO могут выступать как в роли входа, так и в роли выхода, что, как правило, конфигурируется в среде программирования.

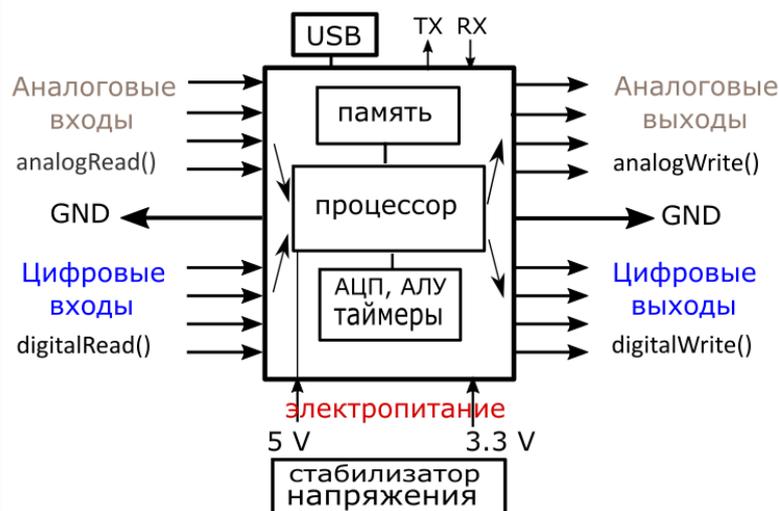


Рисунок 3. Схематический интерфейс платы содержащей микроконтроллер

Аналоговые входы. На платах они иногда обозначаются буквой [A] (Analog) и предназначены для приема сигналов от аналоговых генераторных или параметрических датчиков напряжением не более 3 или 5 В в зависимости от типа микроконтроллера. Аналоговые входы воспринимают только положительный сигнал. Для подключения датчика достаточно подключить его + к контакту (пину, Pin – *англ. вывод*) аналогового входа, а минус к контакту GND.

Аналоговый вход подключен к **аналого-цифровому преобразователю**, который переводит напряжение в цифровой код. Обычно используются 8, 10, 12 и 16 битные АЦП. Разрядность АЦП связана с количеством частей, на которые разбивается опорное напряжение:

АЦП 8 бит :	$2^8 = 256$
АЦП 10 бит:	$2^{10} = 1024$
АЦП 12 бит:	$2^{12} = 4096$
АЦП 16 бит:	$2^{16} = 65536$

Опорное напряжение является платформой для работы АЦП. Оно создается стабилизатором платы микроконтроллера и в первом приближении равно напряжению питания микроконтроллера. Если опорное напряжение равно 5 В, то чувствительность аналогового входа будет составлять:

АЦП 8 бит :	$5/256 = 0,01953125 \text{ В} = 19.5 \text{ мВ}$
АЦП 10 бит:	$5/1024 = 0,00488 \text{ В} = 4.88 \text{ мВ}$
АЦП 12 бит:	$5/4096 = 0,00122 \text{ В} = 1.22 \text{ мВ}$
АЦП 16 бит:	$5/65536 = 0,0000762 \text{ В} = 0.076 \text{ мВ}$

Эти части являются мерами, которыми измеряются поступающее на аналоговый вход напряжение. Таким образом, чем выше разрядность АЦП, тем более чувствительным будет аналоговый вход. Если, например, необходимо измерять температуру с помощью термопары, которая генерирует термо ЭДС около 5 мВ на 100°C, то нет смысла использовать 10 битный АЦП, а необходим АЦП 16 бит. Обычно в микроконтроллерах имеется возможность установки нескольких уровней опорного напряжения.

Программно аналоговые входы можно перевести в цифровые.

Цифровые входы. На платах, содержащих МК AVR, они обычно обозначаются буквой [D] (Digital). Считывают значение с заданного входа: HIGH или LOW. HIGH – соответствует логической единице, а LOW – логическому нулю. Логическая единица соответствует напряжению 3 или 5 вольт в зависимости от типа микроконтроллера, логический 0 это 0 В. Применяются для считывания управляющих напряжений типа «включено/выключено», например, от кнопки, контактов реле, цифровых датчиков или счетчиков.

Уровень напряжения на аналоговых и цифровых входах не должен превышать допустимого значения (обычно 3 или 5 В), иначе микроконтроллер выйдет из строя.

Выводы TX и RX. Выводы приемопередатчика. Последовательный интерфейс <Serial> для подключения внешних устройств, таких как модули Bluetooth, преобразователи UART-RS485 и др. На микросхемах микроконтроллеров присутствуют выводы TX и RX через которые, с помощью специальных преобразователей типа CP2102 или аналогичных, микроконтроллер может быть подключен к USB порту компьютера. На ряде плат, содержащих МК, например Ардуино, обычно установлены микросхемы преобразователей UART-USB, что позволяет напрямую подключать их через порт USB к компьютеру.

Аналоговые выходы. Следует отличать настоящие (истинные) аналоговые выходы и условно аналоговые генерирующие широтно-импульсную модуляцию (ШИМ). Истинно аналоговые выходы предполагают наличие в микроконтроллере цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). Такие выходы присутствуют только у некоторых микроконтроллеров, таких как плата Arduino Due, MassDuino или некоторых других. На таких выходах формируется аналоговый сигнал постоянного напряжения любой заданной величины в пределах напряжения питания CPU (*Central Processing Unit*) контроллера. После усиления такой аналоговый сигнал можно использовать для управления устройствами, генерирования звука, управления стабильными источниками света, либо, например, в электрохимическом анализе и т.д.

Широтно-импульсная модуляция представляет собой набор импульсов с логическими 0 и 1 разделенных во времени. Если, например, продолжительность импульсов одинакова, то усредненное логическое напряжение равно 0.5 от его максимальной величины. При максимальном напряжении 5 В усредненное составит 2.5 В. Если продолжительность 0-импульса равна 30%, а 1-импульса 70%, то усредненное напряжение будет равно $5 \times 0.7 = 3.5$ В. Программным путем задавая время действия импульсов, можно на выходе создавать нужное усредненное напряжение. ШИМ-сигнал удобно наблюдать с помощью осциллографа в виде прямоугольных импульсов.

Поскольку частота следования импульсов высока, то многие устройства, условно говоря, «воспринимают» не мгновенные значения напряжения в импульсах, а в итоге как некоторое усредненное напряжение. ШИМ важнейший способ управления многими мощными устройствами: силовыми ключами, нагревателями, двигателями и т.д. По этой причине данный способ вывода присутствует во всех микроконтроллерах. В большинстве микроконтроллеров используется 8 или 10-битный ШИМ. В первом случае точность поддержания усредненного напряжения составляет 1/256 долю максимального напряжения, во втором 1/1024 долю.

Величина тока, которую выдерживают аналоговые выходы, составляет в среднем величину порядка двух десятков (зависит от микроконтроллера) миллиампер. Поэтому, если нагрузка будет иметь малое электрическое сопротивление, то вследствие большого тока выход, а то и микроконтроллер, выйдут из строя. Если по условиям допустимый ток выхода около 20 мА (0.02 А), то сопротивление нагрузки должно составлять при напряжении 5 В: $5/0.02 = 250$ Ом. Такое сопротивление целесообразно поставить в цепь нагрузки, если есть сомнения во внутреннем сопротивлении регулируемого устройства.

На платах ШИМ реализуется на некоторых цифровых контактах обозначаемых буквой [D] (Digital). Номера таких контактов приводятся к описанию микроконтроллера.

Цифровые выходы. Создают напряжение на цифровых входах/выходах: только HIGH или LOW. Применяются для включения или выключения управляющих устройств, например, реле. Также как и аналоговые выходы требуют защиты от протекания большого тока.

Входы/выводы электропитания. В микроконтроллерах используется напряжение 3.3 и 5 В. Микроконтроллеры, рассчитанные на работу от 3 вольт, не допускают подачи на аналоговые и цифровые входы напряжения 5 вольт. Порты выдают 3,3 В, а в режиме входа принимают до 3,3 Вольт.

На рис.4 представлена расположение контактов микроконтроллера **Атмега 328**.

Основные характеристики микроконтроллера:

- Наименование: Atmega328;
- тактовая частота: 20 МГц;
- размер программной памяти (FLASH) (программная память): 32 кБ;
- память данных (EEPROM): 1024 Б;

- память озу (sram) (ram): 2000 Б;
- кол-во таймеров (таймеров): 3
- кварцевый резонатор 32 кГц;
- разрешение и количество каналов аналого-цифрового преобразователя (ацп): 8×10 -bit;
- аналоговый компаратор напряжения (кол-во) (компаратор): 1;
- количество линий ввода-вывода (I/O): 23;
- типы последовательных интерфейсов и кол-во каналов (последовательные интерфейсы): UART; SPI; I2c;
- встроенный температурный датчик (датчик температуры);
- напряжение питания (min) ($U_{пит} (min)$): 1;8 В;
- напряжение питания (max) ($U_{пит} (max)$): 5;5 В;
- минимальная рабочая температура (t_{min}): -40 °C;
- максимальная рабочая температура (t_{max}): 85 °C;

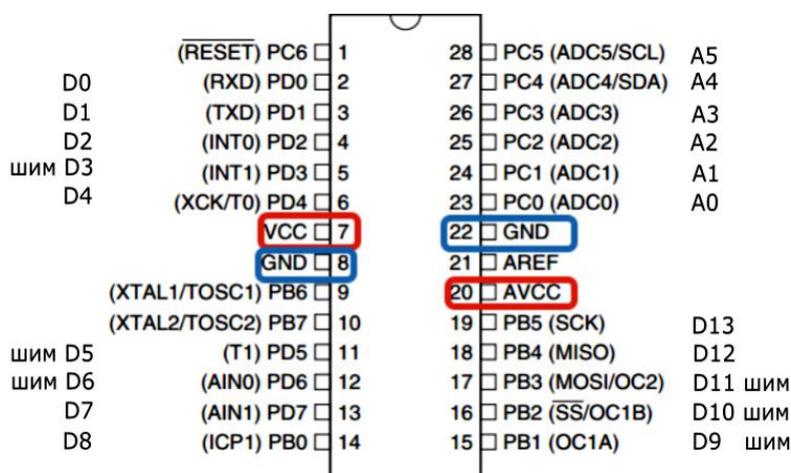


Рисунок 4. Расположение входов и выходов GPIO МК Atmega328

Классической платой содержащей микроконтроллер Atmega328 является **Arduino Uno** (рис.5). На ней предусмотрено всё необходимое для удобной работы с микроконтроллером: 14 цифровых входов/выходов (6 из них могут использоваться в качестве ШИМ-выходов), 6 аналоговых входов, кварцевый резонатор на 16 МГц, разъём USB, разъём питания, разъём для внутрисхемного программирования (ICSP) и кнопка сброса.

Элементы платы:

Микроконтроллер ATmega328P является сердцем платформы Arduino Uno.

Микроконтроллер ATmega16U2 обеспечивает связь микроконтроллера ATmega328P с USB-портом компьютера. При подключении к компьютеру, плата Arduino Uno определяется как виртуальный COM-порт.

На плате имеются:

- **Цифровые входы/выходы:** пины 0–13. Логический уровень единицы — 5 В, нуля — 0 В. Максимальный ток выхода — 40 мА. С использованием

функций `pinMode()`, `digitalWrite()` и `digitalRead()` каждый из цифровых выводов может работать в качестве входа или выхода.

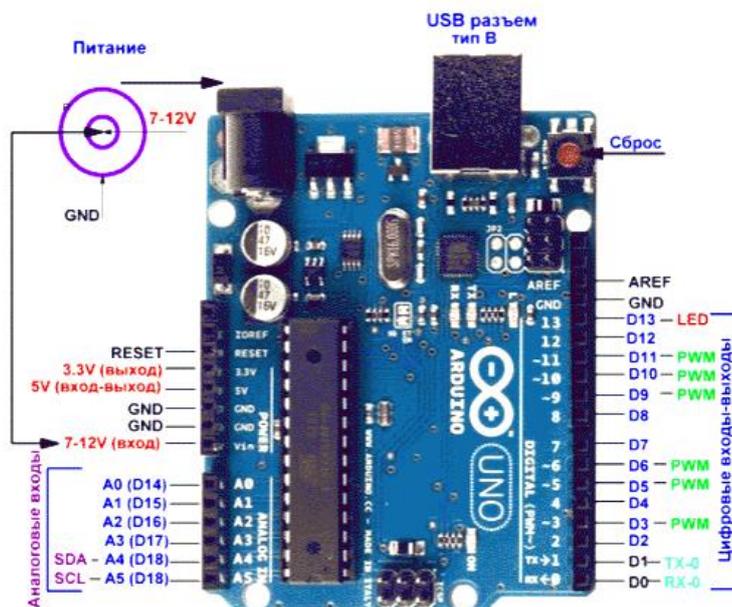


Рисунок 5. Плата Arduino Uno

- **ШИМ:** пины 3,5,6,9,10 и 11 позволяют выводить 8-битные аналоговые значения в виде ШИМ-сигнала.
- **АЦП:** пины A0–A5 6 аналоговых входов, каждый из которых может представить аналоговое напряжение в виде 10-битного числа (1024 значений).
- **UART:** пины 0(RX) и 1(TX) выводы соединены с соответствующими выводами микроконтроллера ATmega16U2, выполняющего роль преобразователя USB-UART. Используется для коммуникации платы Arduino с компьютером или другими устройствами через класс Serial.
- **Разъём USB Type-B** предназначен для прошивки и работы микроконтроллера платформы Arduino Uno с помощью компьютера.

Электропитание осуществляется через следующие выводы.

VIN. Через этот вывод можно как подавать внешнее питание, так и потреблять ток, если к устройству подключён внешний адаптер. Подаваемое напряжение поступает на стабилизатор, а затем на процессор и выходы напряжения 5 и 3.3 В. Рекомендуется величину внешнего питания на контакте VIN поддерживать на уровне 7-12 вольт.

5V. На вывод поступает напряжение 5 В от стабилизатора платы. Данный стабилизатор обеспечивает также питание микроконтроллера. Вывод допускает протекание тока до 800 мА и может использоваться для питания маломощных устройств. Если ток превысит рекомендуемую величину, может выйти из строя стабилизатор платы или перегореть токопроводящая дорожка платы. Запитывать микроконтроллер через вывод 5 В нестабилизированным напряжением не рекомендуется – в этом случае не используется стабилизатор и при скачке напряжения выше 5 В плата выйдет из строя.

3.3V. Используется для питания внешних устройств с напряжением питания 3,3 В от стабилизатора платы. В зависимости от типа микроконтроллера максимальный ток вывода может находиться в диапазоне от 50 до 800 мА.

GND. Выводы земли. Все внешние устройства подключаются к микроконтроллеру с использованием данного вывода.

Reset. Формирование низкого уровня (LOW) на этом выводе приведет к перезагрузке микроконтроллера.

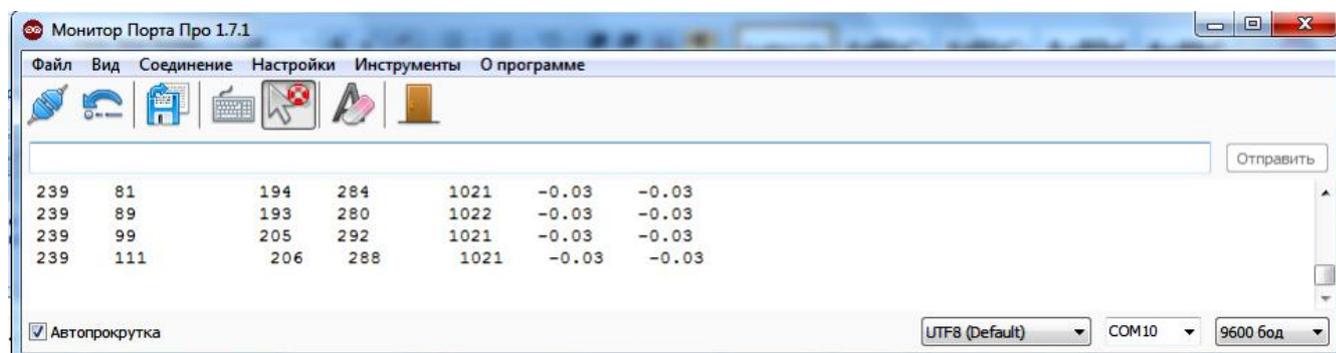
2.2. Порядок выполнения работы

1. Подключить внешние устройства к плате Arduino Uno согласно табл.1.

Таблица 1 – Подключение внешних устройств к плате Arduino Uno

Внешнее устройство	Контакт на внешнем устройстве	Контакт на плате Arduino Uno
Солнечная батарея	–	GND
	+	A1
Датчик примеси	GND	GND
	VCC	5 V
	A0	A0
Светодиод	– (черный провод)	GND
	+ (красный провод)	~11

2. Подключить плату Arduino Uno с помощью кабеля к компьютеру. В диспетчере устройств определить номер виртуального COM порта.
3. Запустить *Монитор Порты Про 1.7.1*.
Установить скорость обмена данными 9600 бод. Номер COM порта следует установить по данным диспетчера устройств.



4. Установить соединение через опцию «Соединение». На экране появятся значения показаний датчика примесей (A0 – первая колонка) и электрического потенциала на солнечной батарее (A1- вторая колонка)

5. Перекрыть световой поток, поступающий на солнечную батарею, и наблюдать снижение потенциала.
6. К датчику примесей приблизить образец, содержащий летучий углеводород или спирт. Зафиксировать увеличение показаний датчика примесей.
7. Пользуясь табл.2 через строку «Отправить » *Монитора Порты* подать потенциал на светодиод. Установить значение 555 и наблюдать постепенное увеличение яркости светодиода. Числом 333 остановить нарастание яркости светодиода.
8. Закрывать светодиод солнечной батареей и управляя яркостью светодиода зафиксировать увеличение потенциала на батарее.
9. Через опцию меню «Файл» сохранить данные в виде текстового файла

Таблица 2 – Настройки микроконтроллера

Программные команды на микроконтроллере
<ul style="list-style-type: none"> • Код выводит в монитор порта или Serialplot-0.10.0 пять сигналов с контактов A0-A4, подает напряжение 5 В на контакты D6-D8 после выполнения команд "6, 7, 8". Для выключения напряжения используются команды "60, 70, 80". • Предусмотрена работа с аналогово-цифровым преобразователем • ADS1115 с разрядностью 16 бит по дифференциальной схеме подключения входов (readADC_Differential). • Предусмотрены фильтрация и усреднение сигналов датчиков на входах A0-A4. • На D9 и D10 подается 10-разрядный ШИМ (0-1023), частоту которого можно изменять в строке Timer1.initialize(1000). ШИМ сигнал на контакте D11 (0-255) восьмиразрядный. • ШИМ на D9 регулируется потенциометром на 45 кОм подключенным по схеме 5V--A0--GND. • Ступенчатое значение ШИМ сигнала D11 определяется командами 50, 101, 130, 150, 200 и 255, что соответствует приближенному напряжению 1, 2, 2.5, 3, 4 и 5 Вольт на контакте D11. • При команде 555 происходит непрерывное нарастание ШИМ(PWM) от 0 до 5 В на D11. Командой 333 развертку можно остановить, а повторной (333) сбросить. • Для регистрации цифровых данных можно использовать стандартный монитор порта или, например, "Монитор порта Про 1.7.1." (http://arduino.on.kg/serialMonitor), "CoolTerm" и аналогичные. • Для графиков и управления рекомендуется использовать "Serialplot-0.10.0" с отличным интерфейсом: (https://bitbucket.org/hyOzd/serialplot/downloads/) • Можно фиксировать данные и осуществлять управление по Bluetooth, например, с использованием модуля HC-05 или HC-06.

10. Выйти из программы *Монитор Порты* и запустить программу *SerialPlot v0.10.0.*

11. Установить в программе настройки порта и используя инструкцию по работе с SerialPlot v0.10.0 вывести информацию с датчиков в графическом виде.
12. Прodelать операции пунктов 5-8 и наблюдать изменения сигналов с датчиков (рис.6).

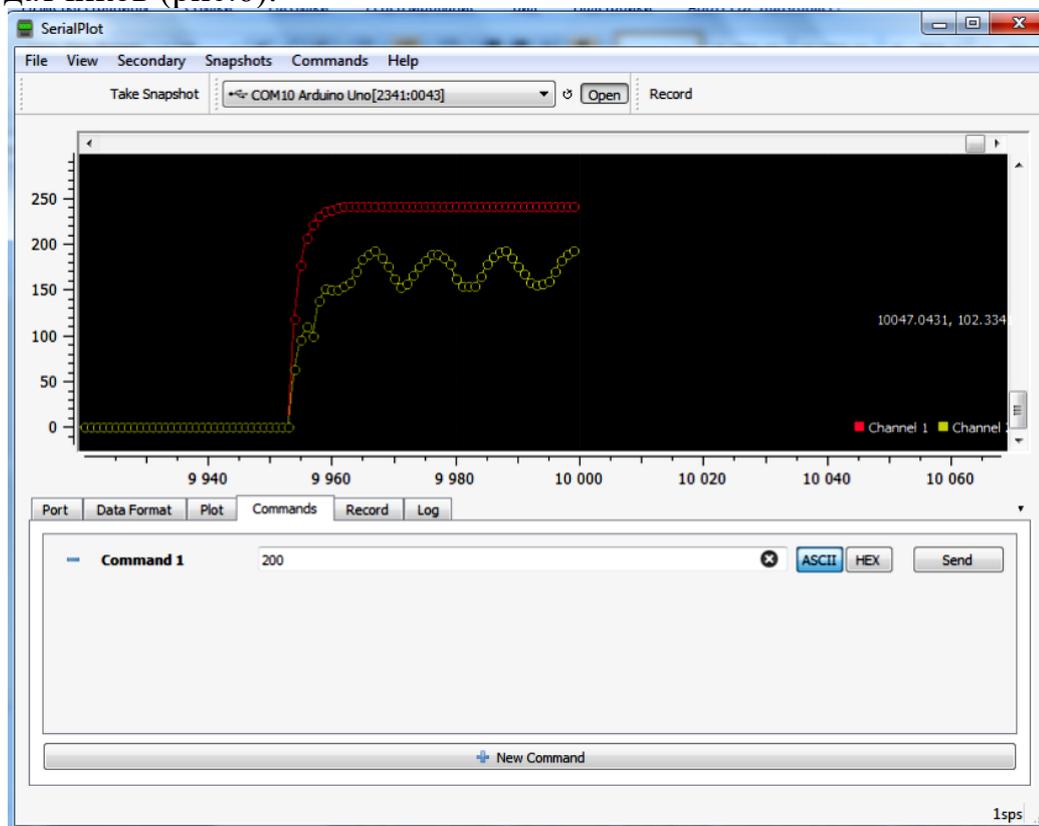


Рисунок 6. Интерфейс SerialPlot v0.10.0

13. Через пункт меню «Command» включить светодиод.

Контрольные вопросы.

1. В чем состоит разница между микропроцессором и микроконтроллером?
2. Охарактеризуйте аналоговые и цифровые входы микроконтроллера.
3. В чем состоит особенность широтно-импульсной модуляции?
4. Как определить номер виртуального СОМ порта при подключении внешнего оборудования?
5. В чем состоит принцип работы аналого-цифрового преобразователя?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4. OPC сервер в системе контроля и управления, его структура и настройка

Цель занятия. Приобретение навыков разработки автоматизированных информационных процессов контроля технологических параметров в объектах управления на базе контрольно-измерительных приборов, персонального компьютера и соответствующего программного обеспечения. Ознакомление с интерфейсом OPC сервера.

Приборное оборудование:

1. Измеритель регулятор ОВЕН ТРМ 202
2. Преобразователь (адаптер) интерфейса А4 (или аналог)
3. Термопара ТХА (К)

Программное обеспечение:

1. Конфигуратор <Setup_TPM101_TPM2xx_3.0.5.exe>
2. Driver <ac4_usb_driver_windows_7_8_8.1_10>
3. ОВЕН OPC-сервер v1.10.63

1. Общие сведения об OPC сервере

Аббревиатура OPC расшифровывается, как *OLE for Process Control* или, как ныне принято, *Open Platform Communications*. OLE – Object Linking and Embedding (связывание и внедрение объектов). OPC-сервер – **компьютерная программа**, преобразующая данные из формата измерительных устройств в формат OPC (и наоборот), которые доступны для OPC-клиентов. OPC-клиентом является программа, принимающая от OPC-сервера данные в формате OPC.

Клиентами OPC-сервера, как правило, являются **SCADA-системы** (аббревиатура от англ. *supervisory control and data acquisition* – диспетчерское управление и сбор данных) – специальные компьютерные программы на которых путем визуального программирования создаются схемы управления технологическим объектом.

Таким образом, **OPC-сервер** является **связывающим звеном** между **физическими устройствами и компьютерной программой контроля и управления** (рис. 1).

Для реализации схемы контроля необходимо иметь:
на физическом аппаратном уровне:

- Измеритель, измеритель-регулятор, или микроконтроллер;
- Преобразователи USB-RS485 или RS232–RS485;
- Первичные измерительные преобразователи (датчики);
- при использовании микроконтроллеров, не имеющих выхода RS485 необходим преобразователь UART(TTL) – RS485;

на программном уровне:

- SCADA система;
- OPC сервер;

- конфигуратор измерителя или измерителя-регулятора (идет в комплекте поставки);
- драйвер преобразователя USB-RS485 или RS232–RS485;
- среда программирования для микроконтроллера (при использовании микроконтроллера).

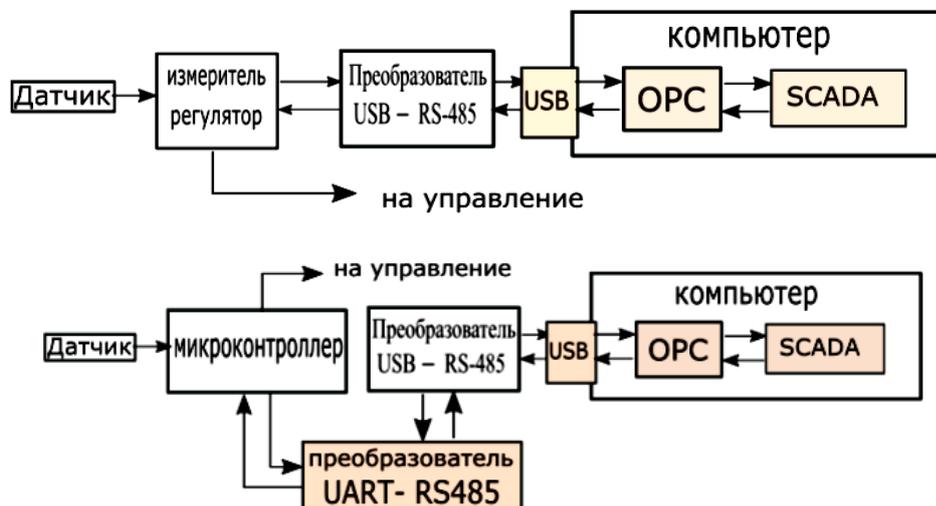


Рисунок 1. Схемы сопряжения физического уровня с программным обеспечением

Использование OPC-сервера позволяет:

- при смене физического оборудования заменять только OPC-сервер, OPC-клиент продолжает работать;
- при смене OPC-клиента на новый все оборудование, работающее через OPC-сервер, можно будет использовать далее, не опасаясь отсутствия драйвера в новом приложении.

Таким образом, OPC-технология обеспечивает независимость потребителей от наличия или отсутствия драйверов или протоколов, что позволяет выбирать оборудование и программное обеспечение, наиболее полно отвечающее реальным потребностям пользователя.

До создания OPC-технологии производителю промышленного оборудования приходилось создавать и поддерживать множество драйверов для наиболее распространенных систем автоматизации (или договариваться с производителями этих систем). Применение OPC-технологии позволяет отказаться от создания драйверов и заменяет их одним универсальным OPC-сервером, многократно сокращая затраты на разработку и дальнейшее сопровождение. При этом обеспечивается возможность подключения любой системы автоматизации, наиболее подходящей клиенту, а не только одной из нескольких наиболее распространенных.

2. Структура OPC сервера

Главная задача OPC сервера состоит в сборе информации от отдельных датчиков, передачи ее клиенту, а при необходимости передать управляющие воздействия от клиента сервера на исполнительные устройства. Этой задаче подчинена структура OPC сервера, которая реализована в дереве объектов интерфейса OPC сервера.

Главным элементом дерева объектов является «сервер» (рис. 2). К серверу программно подключаются коммуникационные узлы. К серверу можно подключить несколько узлов с различающимися COM портами. При выборе узлов устанавливается разрешенный в OPC сервере протокол обмена – Modbus RTU, Modbus ASCII, Modbus TCP/IP, OВЕН и т.д. Задача узла состоит в идентификации COM порта, к которому подключается, например, преобразователь интерфейса USB-RS485 или микроконтроллер (табл. 1). К каждому серверу могут быть подключено до 32 узлов, а к каждому узлу до 32 устройств со своими тегами. Бесплатные варианты OPC серверов, как правило, имеют ограничения по суммарному количеству тегов (обычно 32). Этого количества связей физических приборов с компьютером, в основном, вполне достаточно для решения многих экспериментальных задач.

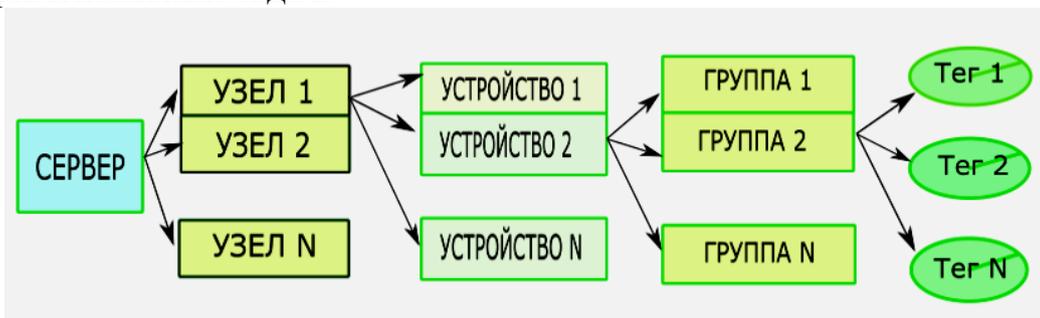


Рисунок 2. Структура дерева объектов интерфейса OPC сервера

Таблица 1 - Пример настройки характеристик коммуникационного узла OPC сервера

Узел «COM RTU Master»: «название узла»	
Общие настройки	
Комментарий	
Включен в работу	True
Настройки COM	
Порт	17
Скорость	9600
Данные	8
Контроль четности	Нет
Стоп биты	1
Межсимвольный таймаут (мс)	0
Использовать режим ASCII	False
Использовать модем	False
Скрипт	
Выполнение скрипта	False
Дополнительные настройки	
Принудительный разрыв соединения в каждом цикле	False
Использовать резервные каналы	False

К коммуникационному узлу через соответствующие меню подключаются устройства, каждое из которых имеет обязательно свой адрес, а также другие характеристики приведенные в табл. 2. Адреса устройств начинаются с «1». **Исходный адрес промышленных измерительных устройств приведен в их сопроводительной документации.** Все характеристики являются настраиваемыми. Такая характеристика, как «период опроса» должна соответствовать поставленной задаче исследования. Нет смысла устанавливать период опроса в миллисекундах, если эксперимент продолжается десятками минут или часами. Кроме того, время опроса должно правильно соотноситься с инерционностью датчика и прибора, к которому датчик подсоединен. Во многих случаях правильный выбор параметров позволяет избежать появления ошибок при работе системы «оборудование-ОПС сервер». Иногда этому помогает увеличение количеств повторов при ошибке.

Таблица 2 - Пример настройки характеристик устройства ОПС сервера

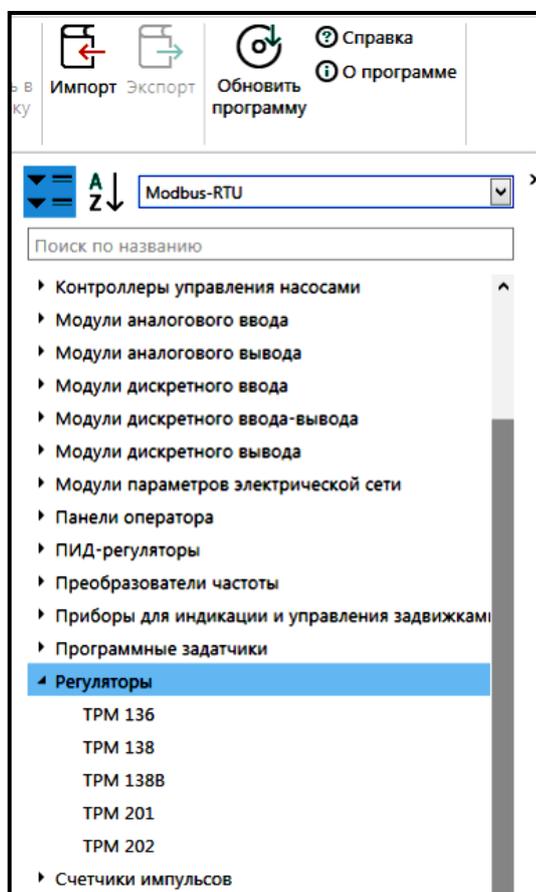
Устройство «MODBUS»: <i>«имя устройства»</i>		
Общие настройки		
Комментарий		
Включено в работу		True
Адрес	(0x01)	1
Время ответа (мс)		1000
Повторы при ошибке		12
Повторное соединение после ошибки через (с)		1
Реинициализация узла при ошибке		False
Период опроса		250
Размерность периода опроса		ms
Начальная фаза		0
Размерность фазы		ms
Старт после запуска		True
Задержка запроса после получения ответа (мс)		80
Скрипт		
Выполнение скрипта		False
Настройка запросов		
Максимальное количество HOLDING регистров в запросе чтения		125
Максимальное количество INPUT регистров в запросе чтения		125
Не использовать команду WRITE_SINGLE_COIL (0x05)		True

К устройствам через главное или контекстное меню подключаются группы тегов или непосредственно **теги**, которые, по сути, являются каналами связи физических устройств с компьютером. В пределах одного устройства минимальный адрес тега равен «0». Если количество тегов (измеряемых параметров) невелико, то их можно добавить непосредственно к устройству. Если же измеряемых параметров много, и тем более они разноплановые, то целесообразно к устройству добавить группу тегов, назвать ее по функциональным свойствам, а затем в группу добавить теги. Каждый тег должен иметь свой индивидуальный адрес, тип данных, тип доступа – чтение, запись, чтение/запись (табл. 3).

Таблица 3 - Пример настройки характеристик тега OPC сервера

Тег <<HOLDING_REGISTERS>>: MO [2]	
Общие настройки	
Комментарий	
Включен в работу	True
Адрес (0x0002)	2
Тип данных в устройстве	int16
Тип данных в сервере	int32
Тип доступа	Read Write
Использовать перестановку байтов в значении	True
Перестановка байтов в значении	10325476
Последний тег в групповом запросе	False
Пересчет (A*X + B)	False
Скрипт	
Разрешение выполнения скрипта после чтения	False
Разрешение выполнения скрипта перед записью	False
HDA	
HDA доступ	False

3. Настройка Owen OPC Server'a для работы с измерителем-регулятором TPM 202



Owen OPC Server собирает данные с устройств, передает команды управления, отслеживает качество управляемых данных, преобразует типы данных, создает программный интерфейс для доступа SCADA систем к данным сервера. Owen OPC Server подходит для опроса устройств OWEN: TPM, Mx110, ПП по сети RS485; ПЛК, Mx210 по Ethernet. Положительным моментом данного сервера является наличие библиотеки для большого количества приборов, что позволяет в программу управления вставить нужный прибор со всеми его входами/выходами и другими характеристиками (рис.3).

Рисунок 3. Библиотека приборов Owen OPC Server

Кроме того, составленные пользователем программы, например для микроконтроллера, могут быть внесены в библиотеку как отдельный функциональный блок, что упрощает

разработку более сложных программ.

Постановка задачи: *Необходимо настроить ОВЕН OPC сервер для опроса входов измерителя-регулятора ОВЕН ТРМ202 и передачи этих данных в SCADA систему.*

В качестве опрашиваемого устройства подключаем по СОМ-порту компьютера через преобразователь интерфейса АС4 прибор ТРМ202 (см. л/р №1). Выберем протокол передачи данных Modbus RTU.

1. Выделив «Сервер» добавим (рис. 4) через контекстное меню или через главное меню «Узел».

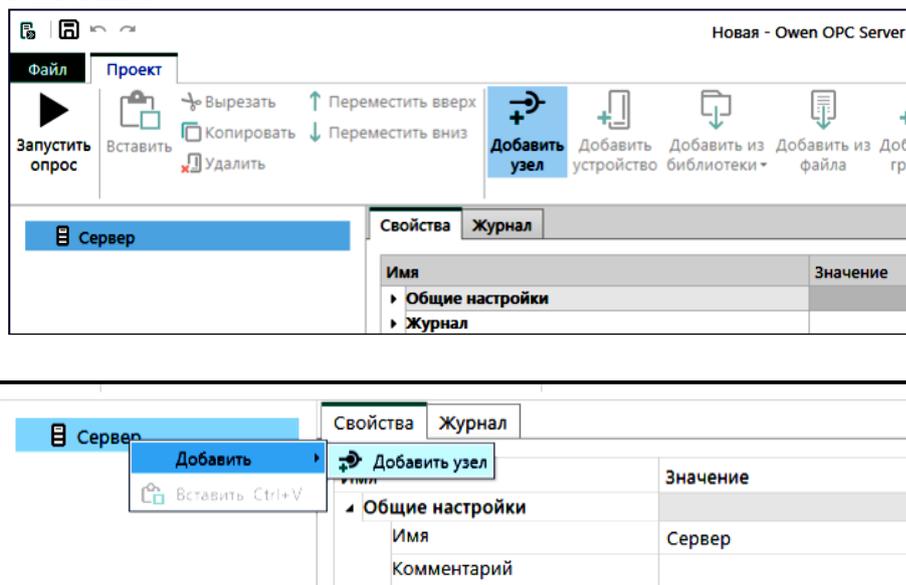


Рисунок 4. Добавление коммуникационного узла

2. Осуществим настройку узла. В общих настройках можно указать имя узла и комментарий. В выпадающем списке "Включен в работу" выбрать вариант "Да". В выпадающем списке «Протокол» выбрать "Modbus RTU" (рис. 5).

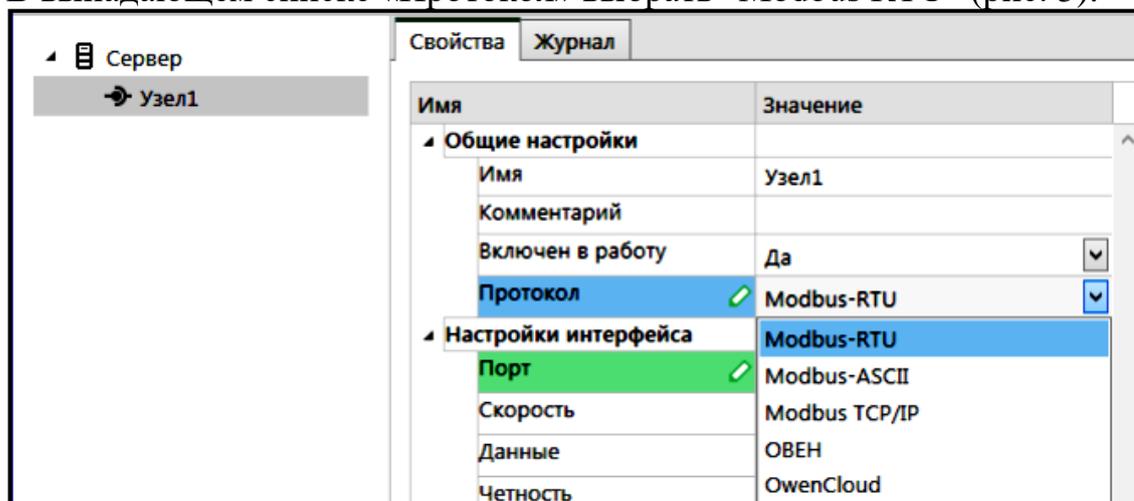


Рисунок 5. Выбор протокола передачи данных

3. В выпадающем списке "Порт" выбрать порт, к которому подключено устройство (рис. 6). Уточнить номер COM порта и его характеристики можно в диспетчере устройств.

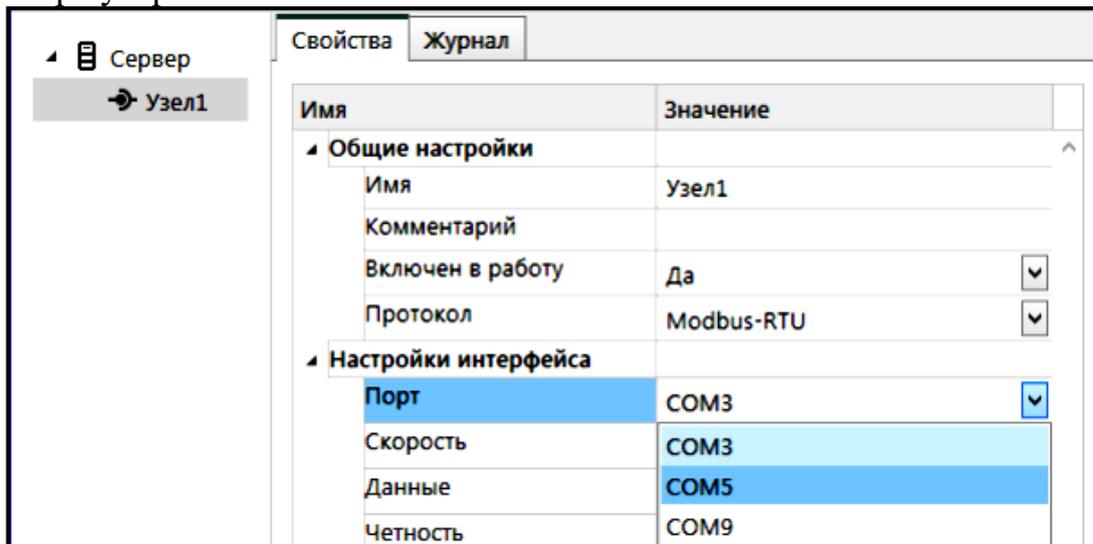


Рисунок 6. Выбор COM порта

4. Ввести сетевые настройки прибора: "Скорость", например, - 9600, "Данные" - 8, "Четность" - none, стоп-биты – 1 (рис. 7). Для того чтобы узнать сетевые настройки устройства, следует обратиться к руководству по эксплуатации устройства.

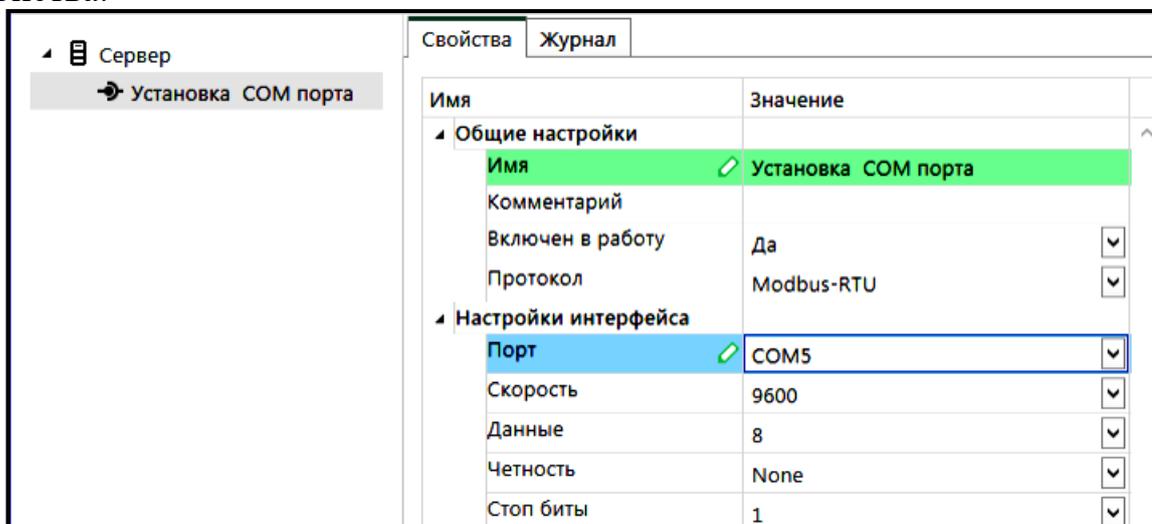


Рисунок 7. Пример настройки COM порта

5. Добавить необходимое устройство с помощью меню: *Добавить из библиотеки* → *Регуляторы* → *TRM202* или через контекстное меню: *Добавить* → *Устройство из библиотеки* → *Регуляторы* → *TRM202*. Устройство будет добавлено в дерево объектов. Можно также перетащить нужное устройство из библиотеки в созданный узел (рис. 8) левой клавишей мышки.

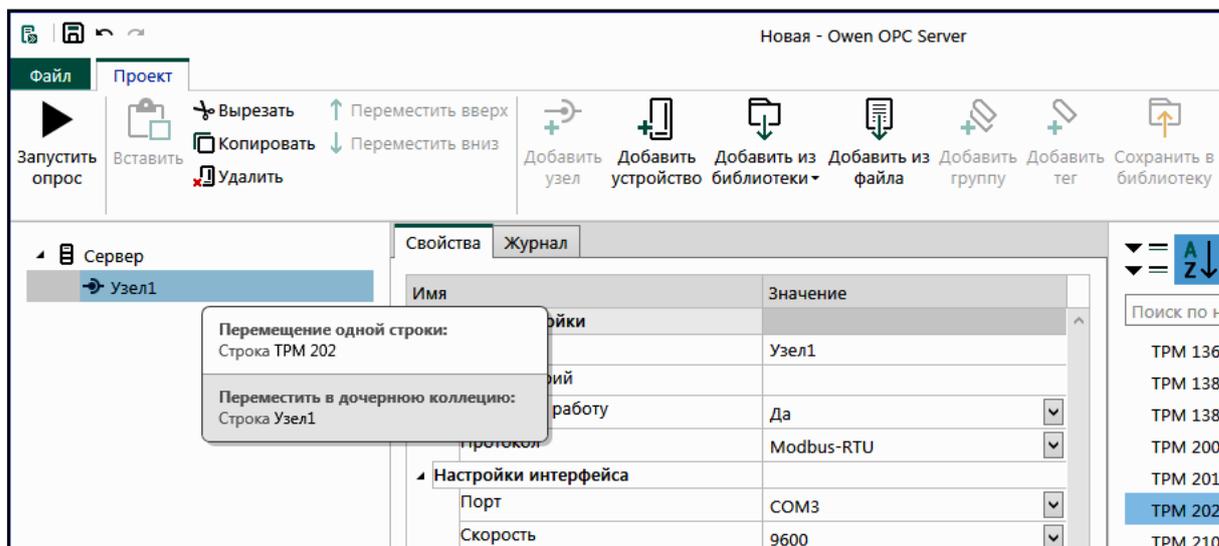


Рисунок 8. Добавление устройства в коммуникационный узел

В появившемся меню настроек прибора можно осуществить настройки отдельных элементов и функций прибора. Необходимо указать сетевой адрес устройства. Если не известен сетевой адрес устройства, то следует обратиться к руководству по эксплуатации устройства. В дальнейшем его можно изменить через конфигуратор прибора. В разделе "Общие настройки" можно настроить параметры опроса устройства: "Время ожидания ответа", "Повторы при ошибке", "Пауза между запросами", "Период опроса", "Начальная фаза" (рис. 9).

Имя	Значение
Общие настройки	
Имя	ТРМ 202
Комментарий	Измеритель-регулятор двухканальный ТРМ 202
Включен в работу	Да
Адрес	16
Время ожидания ответа (ms)	1000
Повторы при ошибке	3
Пауза между запросами (ms)	0
Период опроса	1 с
Начальная фаза	0 мс
Настройки группового опроса	
Количество HOLDING регистров в запросе чтения	125
Количество INPUT регистров в запросе чтения	125
Макс. допустимый разрыв адресов	0
Читать каждый тег отдельно	Нет
Использовать команду запись единичного регистра	Нет

Рисунок 9. Пример настройки устройства

Если выделить отдельный элемент устройства, то в правом окне интерфейса OPC сервера появятся значения и характеристики соответствующего элемента. В принципе установка прибора из библиотеки предполагает некоторые оптимальные значения и в большинстве случаев не требует изменения.

Исключение составляет адрес. Заводской адрес нового прибора указывается в его документации. Однако у эксплуатировавшегося прибора он может быть изменен, как и другие сетевые настройки прибора. В этом случае восстановление настроек можно осуществить с помощью конфигуратора прибора, который поставляется с прибором или может быть скачан с сайта фирмы изготовителя. На этом настройка завершена.

6. Для проверки правильности настроек запустить режим опроса OPC-сервера. Программа предложит сохранить внесенные настройки. Нажать ОК. Ввести имя файла конфигурации и указать место для записи файла.



Рисунок 10. Меню пуска/остановки OPC сервера

7. Начнется опрос подключенного устройства. Результат опроса будет выводиться на экран при выборе объектов. Если в столбце "Значения" появляются изменяющиеся значения параметров, а в столбце "Качество" стоят значения "GOOD" (рис. 11), значит, подключение OPC сервера осуществлено правильно.

Теги		Устройства			
Имя	Адрес	Значение	Тип данных	Качество	
ТРМ 202.Оперативные параметры.Из...	Holding Registers [4105]	26,17822	Float	GOOD	
ТРМ 202.Оперативные параметры.Из...	Holding Registers [4107]	28,85645	Float	GOOD	
ТРМ 202.Оперативные параметры.Вхо...	Holding Registers [4109]	26,17822	Float	GOOD	
ТРМ 202.Оперативные параметры.Вхо...	Holding Registers [4111]	28,85645	Float	GOOD	

Журнал		Ошибки			
№	Метка времени	Устройство	Порт	Формат посылки	
0000000884	26-07-2020 19:24...	Узел1.ТРМ 202	Rx	10 03 10 41 D1 6D 00 41 E6 DA 00 41 D1 6D	
0000000883	26-07-2020 19:24...	Узел1.ТРМ 202	Tx	10 03 10 09 00 08 93 8F	

Рисунок 11. Вывод данных в OPC сервере

Контрольные вопросы.

1. Какую функцию выполняет OPC сервер?
2. Дайте определение тега.
3. Перечислите известные Вам протоколы обмена,
4. Какие сетевые параметры необходимы для настройки OPC сервера?
5. Что такое период опроса?
6. Что включает дерево объектов интерфейса OPC сервера?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5. Подключение микроконтроллера к ОВЕН OPC серверу

Цель занятия. Приобретение навыков разработки автоматизированных процессов контроля технологических параметров в объектах управления на базе микроконтроллерной техники. Ознакомление с интерфейсом ОВЕН OPC сервера и его настройка при работе с микроконтроллером.

Постановка задачи: *Настроить ОВЕН OPC_1.10.70.0 сервер для обмена данными с микроконтроллером. Заливка микроконтроллера предполагает, в том числе, считывание данных с аналоговых входов и вывод ШИМ сигнала на цифровые выходы.*

Приборное оборудование:

1. Микроконтроллер ATmega328,
2. Плата Arduino UNO,
3. Солнечная батарея,
4. Датчик примесей в воздухе,
5. Светодиод.

Программное обеспечение:

1. Driver <ch341ser>
2. OPCSetup_1.10.70.0

Порядок выполнения работы.

1. Подключить внешние устройства к плате Arduino Uno согласно табл.1.

Таблица 1 – Подключение внешних устройств к плате Arduino Uno

Внешнее устройство	Контакт на внешнем устройстве	Контакт на плате Arduino Uno
Солнечная батарея	–	GND
	+	A1
Датчик примеси	GND	GND
	VCC	5 V
	A0	A0
Светодиод	– (черный провод)	GND
	+ (красный провод)	~11

2. Подключить плату Arduino Uno с помощью кабеля к компьютеру. В диспетчере устройств определить номер виртуального COM порта.
3. Выделив «Сервер» добавить (рис.1) через контекстное меню или через главное меню «Узел». При желании выбрать свое имя узла. Установить свойства узла: номер порта, протокол обмена, биты данных, количество

стоп бит. Установить скорость обмена такую, которая была принята в программе, залитой в микроконтроллер (9600 бод). Выбрать протокол передачи данных Modbus RTU.

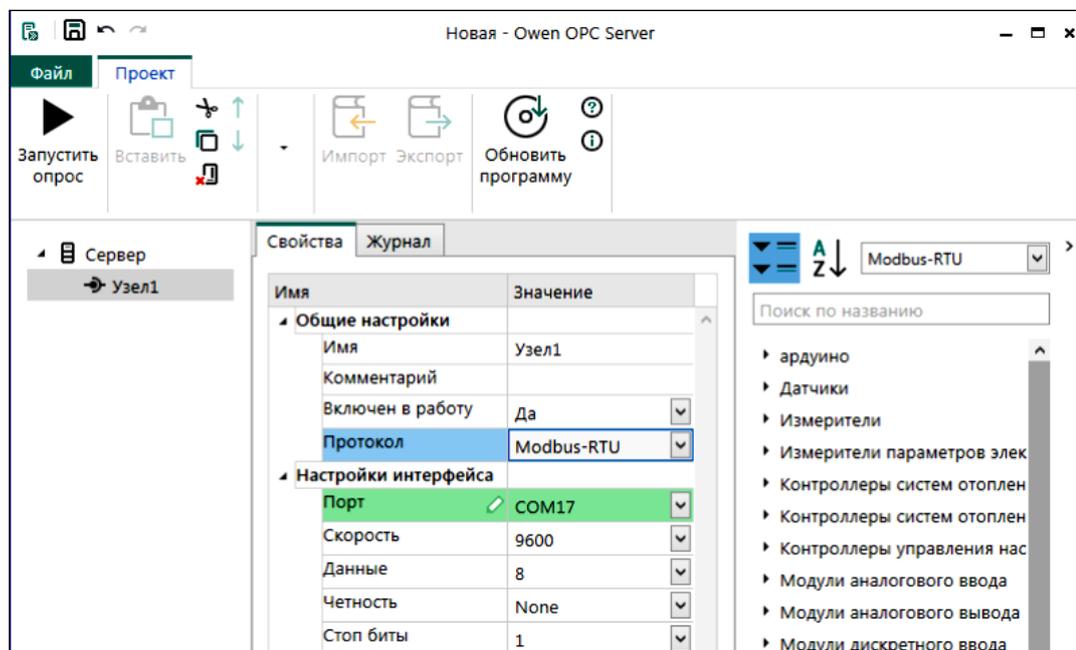


Рисунок 1. Настройка характеристик узла

4. С помощью верхнего меню, или контекстного меню, добавить устройство и при желании дать ему свое имя (рис.2). Первое устройство узла имеет адрес равный 1.

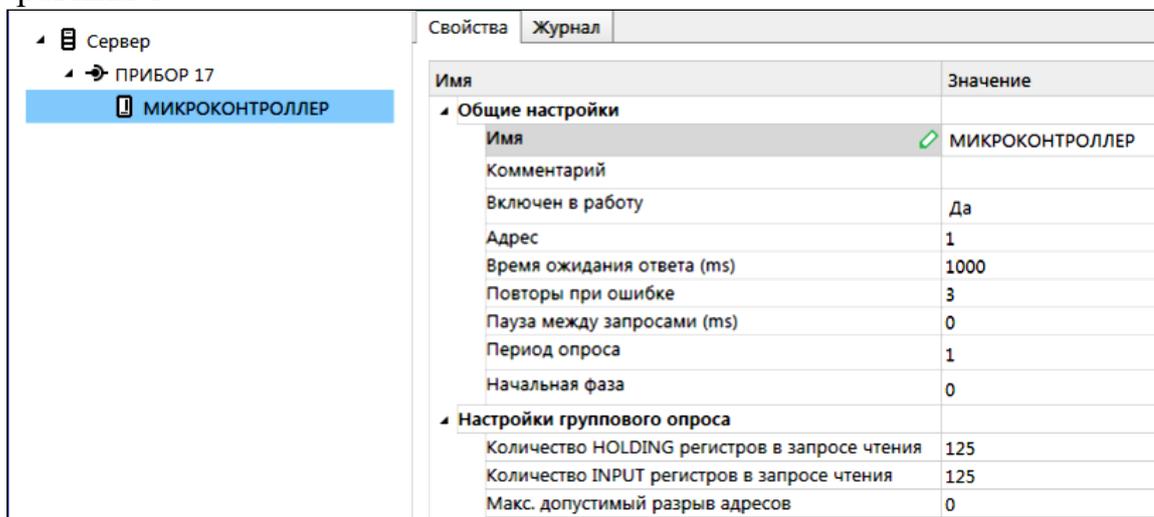


Рисунок 2. Пример настройки свойств микроконтроллера

5. Поскольку предполагается наличие большого числа линий передачи данных, то к устройству целесообразно подключать не отдельные теги, а сначала группы тегов, каждая из которых будет включать теги одной функциональной направленности и соответственно для удобства может быть названа. Так данные, поступающие с мультиплексора,

целесообразно объединить, например, в группу «Мультиплексор», данные с АЦП в группу «АЦП 1115», выходы ШИМ в группу «ШИМ» (рис.3) и т.д.

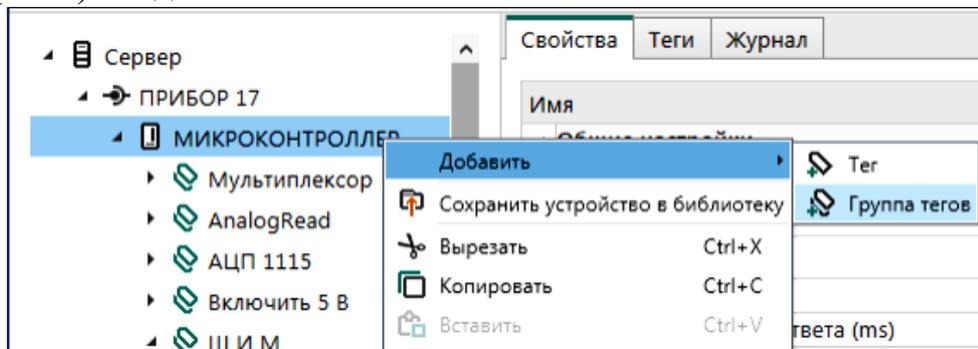


Рисунок 3. Формирование групп тегов

6. Далее в группы следует вставить отдельные теги и их настроить. Нумерация адресов тегов в пределах устройства начинается с 0. При нумерации и установке адресов тегов руководствоваться табл.2

Таблица 2 – Фрагмент программы ввода-вывода данных из микроконтроллера. Цифры в квадратных скобках являются адресами тегов в OPC сервере

```

MScada_4_3_3_2ASD1115_PWM_var_RS485_USB
// Включение/выключение 5 В
digitalWrite(6, au16data[6]); // (0-5 В) на контакте D6
digitalWrite(7, au16data[7]); // (0-5 В) на контакте D7
digitalWrite(8, au16data[8]); // (0-5 В) на контакте D8

// Изменение значения ШИМ (от 0 до 5 В) на контактах D 9, 10, 11 -
// (управление числами 0 ÷ 255 на D11 ШИМ 8 разрядный)
// (управление числами 0 ÷ 1023 на D9 и D10 ШИМ 10 разрядный)

Timer1.pwm(9, au16data[9]); // устанавливает ШИМ на контакте D9
Timer1.pwm(10, au16data[10]); // устанавливает ШИМ на контакте D10
analogWrite(11, au16data[11]); // устанавливает ШИМ на контакте D11
// **** уравнение расчета температуры*****
//term = -0.0215*pow((results1 * multiplier),2)+24.687*(results1 * //multiplier)+0.0479;

// Чтение аналоговых входов (АЦП)на контактах А0-А3 до 5 В
// (0 = 0 В и 1023 = 5 В)
au16data[0] = analogRead( A0 ); //ввод данных на контакт А0,
au16data[1] = analogRead( A1 ); // ввод данных на контакт А1,
au16data[2] = analogRead( A2 ); // ввод данных на контакт А2,
au16data[3] = analogRead( A3 ); // ввод данных на контакт А3,
// Чтение входов на АЦП 1115
// au16data[4] = (results* multiplier); //mV (диф.А0-А1)
// au16data[5] = term; //температура (диф.А2-А3)

```

Для проверки правильности настроек запустить режим опроса OPC-сервера. Если в столбце "Значения" появляются изменяющиеся значения параметров, а в

столбце "Качество" стоят значения "GOOD" (рис.4), значит, подключение OPC сервера осуществлено правильно.

Для проверки передачи данных от OPC сервера на микроконтроллер или, например, промышленный регулятор, следует выбрать тег передачи данных на цифровые выходы микроконтроллера и сделать при работающем OPC сервере два клика по значению тега. При этом откроется меню набора значений передаваемого на микроконтроллер или регулятор сигнала (Рисунок4). Если данные восприняты, то на соответствующем выходе контроллера/регулятора появится определенное напряжение. Если выход подсоединен к электромеханическому реле, то будут слышны щелчки реле.

Возникает вопрос, каким образом конкретные входы/выходы приборов или микроконтроллеров связаны с определенными тегами в OPC сервере? Это осуществляется путем взаимосогласования адресов входов/выходов устройств и адресов тегов в OPC сервере.

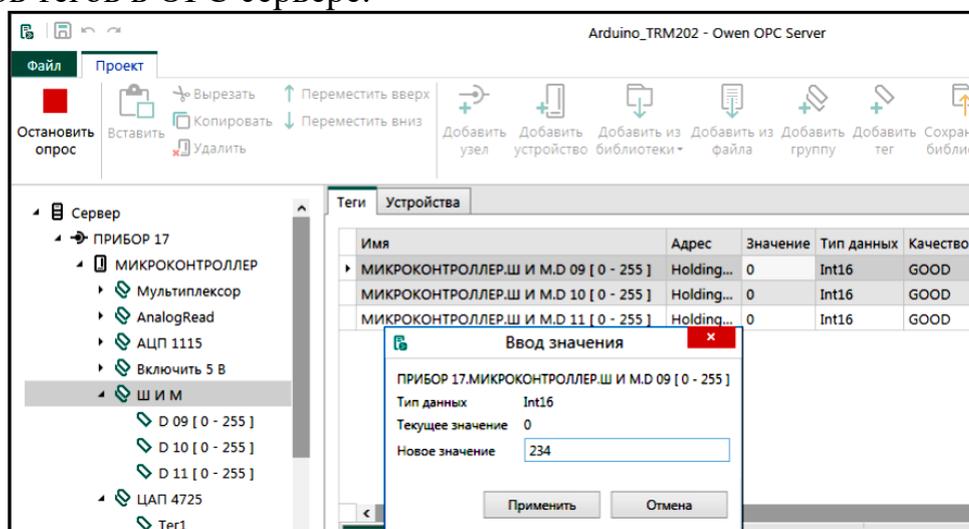


Рисунок 5. Ввод значений в OPC сервер

При использовании устройств из библиотеки, адреса их входов/выходов программно заложены в OPC сервер, поэтому сразу определяются в интерфейсе сервера при добавлении прибора. В случае с программируемыми микроконтроллерами используются специальные библиотеки, включаемые в программу микроконтроллера, которые согласуют адреса входов/выходов микроконтроллера и тегов в OPC сервере. Суть таких библиотек сводится к формированию оцифрованных параметров, которые воспринимаются OPC сервером. Цифра в этом параметре воспринимается OPC сервером как адрес тега. В пределах программы микроконтроллера, этим оцифрованным параметрам можно задать значение любого входа/выхода микроконтроллера. Ниже приведен элемент программы согласования адресов:

Пример 1:

```

au16data[10] = analogRead( A0 );
au16data[11] = analogRead( A1 );
au16data[12] = analogRead( A2 );
au16data[13] = analogRead( A3 );

```

или, пример 2:

```
au16data[10] = analogRead( A0 );
au16data[11] = analogRead( A1 );
au16data[12] = analogRead( A2 );
au16data[13] = analogRead( A3 );
```

В левой части равенств находятся параметры, которые воспринимаются OPC сервером как теги. Для примера 1 это адреса тегов в OPC сервере – 0, 1, 2, 3. Во втором примере – 10, 11, 12 и 13.

В правой части находятся элементы программы, которые считывают данные с физических аналоговых входов микроконтроллера A0÷A3.

Таким образом, для второго примера тег в OPC сервере с адресом 10 будет связан с входом микроконтроллера A0, тег с адресом 12 связан с входом A2 и т.д. Если же в программе в микроконтроллере записать, например,

```
au16data[10] = analogRead( A3 );
```

то на адрес 10 в OPC сервере поступит сигнал с входа A3 микроконтроллера.

Как видно, настройка OPC сервера требует тщательности и внимания, поэтому при запуске сервера часто возникают ошибки, вызванные, как правило, несогласованием параметров адресов COM портов сервера и устройств, несоответствием скоростей обмена. Эти ошибки характерны в основном при использовании приборов из библиотеки. В случае других устройств, перечень возможных ошибок дополняется несоответствием типов данных в сервере и устройстве, некорректном периоде опроса. Достаточно часто работа сервера сопровождается периодическим появлением ошибок, что может быть связано с электромагнитными помехами на линии связи или некорректном периоде опроса. При этом целесообразно увеличить число повторов при ошибке. Более серьезная ситуация может возникнуть при работе с микроконтроллерами, когда не удастся установить связь с OPC сервером. В основном это связано с ошибкой в программе микроконтроллера. Здесь можно рекомендовать начать работу с простых программ и на них приобрести навыки, либо использовать надежные источники программ для микроконтроллера. Стоит отметить, что некоторые OPC серверы, в том числе OВЕН OPC сервер, позволяют идентифицировать ошибки (табл.3)

Таблица 3 - Статус качества для каждого параметра (выводится в журнале в колонке "Качество").

OPC DA Quality Codes		Качество
0	BAD	Плохое качество.
4	BAD_CONFIG_ERROR	Проблема конфигурации тега.
8	BAD_NOT_CONNECTED	Не может быть установлено соединение с устройством.
12	BAD_DEVICE_FAILURE	Определена ошибка устройства.
16	BAD_SENSOR_FAILURE	Определена ошибка датчика.
20	BAD_LAST_KNOWN	Связь с устройством прервалась, но имеется

		последнее полученное значение.
24	BAD_COMM_FAILURE	Связь с устройством прервалась, и не имеется достоверного полученного с него предыдущего значения.
28	BAD_OUT_OF_SERVICE	Устройство недоступно для опроса.
32	BAD_WAITING_FOR_INITIAL_DATA	Начальное качество для элемента добавлено в адресное пространств сервера.
64	UNCERTAIN	Не определено.
68	UNCERTAIN_LAST_USABLE	Качество не определено. Представлено последнее значение.
80	UNCERTAIN_SENSOR_CAL	Значение вышло за границы допустимого диапазона или устройство не откалибровано.
84	UNCERTAIN_EGU_EXCEEDED	Значение за пределами указанных лимитов
88	Uncertain [Sub-Normal]	Значение вычисляется на основе нескольких источников, при этом хотя бы один источник не имеет качества "GOOD".
192	GOOD	Хорошее.
216	GOOD_LOCAL_OVERRIDE	Значение было переопределено.
65535	QUALITY_NOT_SET	Качество не задано.

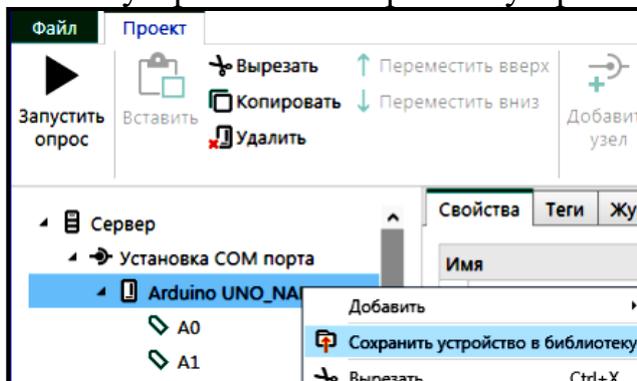
При правильной настройке OPC сервера его интерфейс позволяет выполнить следующие функции:

Адрес тега в OPC сервере	Функция	Размерность, Действие
Вывод данных из микроконтроллера		
0	Данные с датчика примеси	0 ÷ 1023
1	Потенциал с солнечной панели	0 ÷ 1023
2	–	
3	–	
Ввод данных в микроконтроллер		
6	Включить/выключить 5 вольт на контакте 6	False–True
7	Включить/выключить 5 вольт на контакте 7	False–True
8	Включить/выключить 5 вольт на контакте 8	False–True
9	Установить ШИМ на контакте 9	0 ÷ 1023
10	Установить ШИМ на контакте 10	0 ÷ 1023
11	Установить ШИМ на контакте 11	0 ÷ 255

После настройки OPC сервера его необходимо сохранить через меню «Файл» опцию <Сохранить как...>.

Удобным сервисом ОВЕН OPC сервера является возможность сохранения отработанного устройства в библиотеку. Чтобы сохранить устройство с его настройками в библиотеку необходимо:

1. Выбрать устройство в дереве объектов,
2. В контекстном меню устройства "Сохранить устройство в библиотеку",



3. В открывшемся окне ввести параметры (например):

где:

- Имя устройства* имя, которое будет отображаться в библиотеке и в дереве объектов.
- Категория* меню, в котором может быть выбрана существующая категория (датчики, измерители, модули аналогового ввода и т.д.) для размещения устройства или создание новой категории.
- Имя категории* если в меню "Категория" выбрано "Создать новую категорию", то отображается данное поле. Необходимо ввести название категории, в которой будет сохранено устройство.

4. Выполнить "Применить". Устройство будет сохранено в выбранной категории библиотеки.

Устройства из библиотеки можно экспортировать, а в библиотеку импортировать. Функция импорта открывается при выделении курсором категории или устройства в пределах меню библиотеки. Экспорт возможен при выделении конкретного устройства библиотеки. Экспортированный файл с расширением *dev* открывается из среды Excel (в виде таблицы) или текстового редактора (в сплошном текстовом виде) и содержит основные характеристики устройства, в частности адреса тегов, что может быть полезно при использовании приборов в среде других OPC серверов. При открытии файла из среды Excel необходимо установить опцию «все файлы» и игнорировать информационные сообщения Excel.

Контрольные вопросы.

1. Охарактеризуйте преимущества использования OPC сервера в системе контроля и управления.
2. Каким образом осуществляется согласование адресов тегов OPC сервера и входов микроконтроллера?
3. Как определить номер виртуального COM порта, к которому подключено внешнее оборудование?
4. В каких единицах выражается скорость обмена?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6. Создание коммуникационного узла микроконтроллер – MasterOPC Universal Modbus Server

Цель занятия. Приобретение навыков разработки автоматизированных процессов контроля технологических параметров в объектах управления на базе микроконтроллерной техники. Ознакомление с интерфейсом ОВЕН OPC сервера и его настройка при работе с микроконтроллером.

Постановка задачи: *Настроить ОВЕН OPC_1.10.70.0 сервер для обмена данными с микроконтроллером. Заливка микроконтроллера предполагает, в том числе, считывание данных с аналоговых входов и вывод ШИМ сигнала на цифровые выходы.*

Приборное оборудование:

1. Микроконтроллер ATmega328,
2. Плата Arduino UNO,
3. Солнечная батарея,
4. Датчик примесей в воздухе,
5. Светодиод.

Программное обеспечение:

3. Driver <ch341ser>
4. MasterOPC Universal Modbus Server

1. Характеристика MasterOPC Universal Modbus Server

Удобным и устойчивым в работе является MasterOPC Universal Modbus Server фирмы ИнСАТ. В принципе создание дерева объектов существенно не отличается от ранее рассмотренного OPC сервера и начинается с добавления коммуникационного узла (рис.1).

- 1.** Коммуникационный узел следует добавить через верхнее меню OPC сервера или через контекстное меню с помощью правой клавиши мыши после выделения опции «Server».

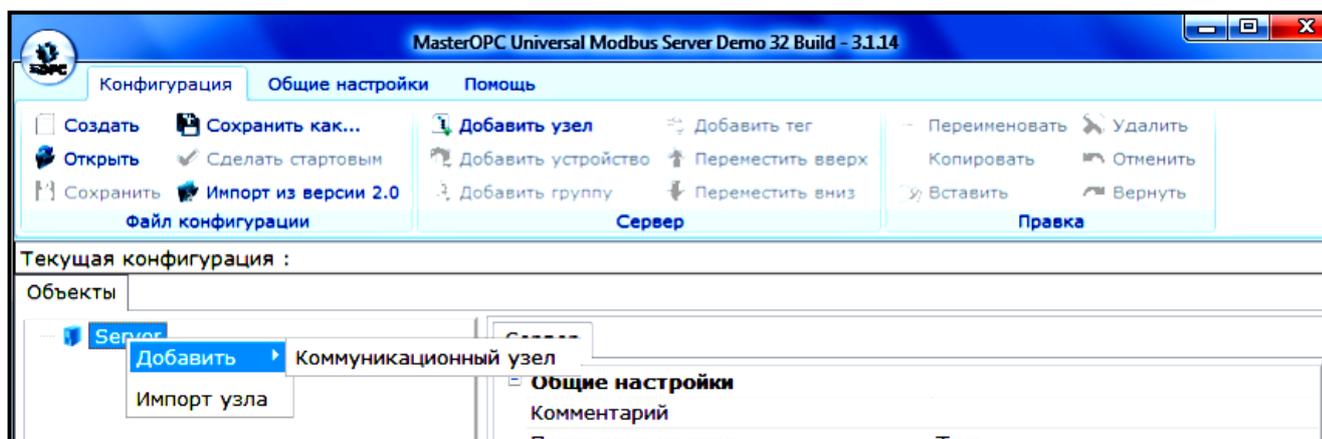


Рисунок 1. Добавление коммуникационного узла

Меню настройки узла появляются в виде отдельных последовательных окон (рис.2).

- 2.** В типе узла выбрать, как правило, COM порт, а затем в следующем окне его настроить (рис.2). Имеется возможность после настройки тиражировать количество узлов.

Настройка COM порта в основном включает:

- номер COM порта – определяется в диспетчере устройств после подключения внешнего оборудования к компьютеру;
- скорость обмена данными – по умолчанию 9600 бит/с;
- биты данных – 8;
- контроль четности – нет;
- стоп биты - 1

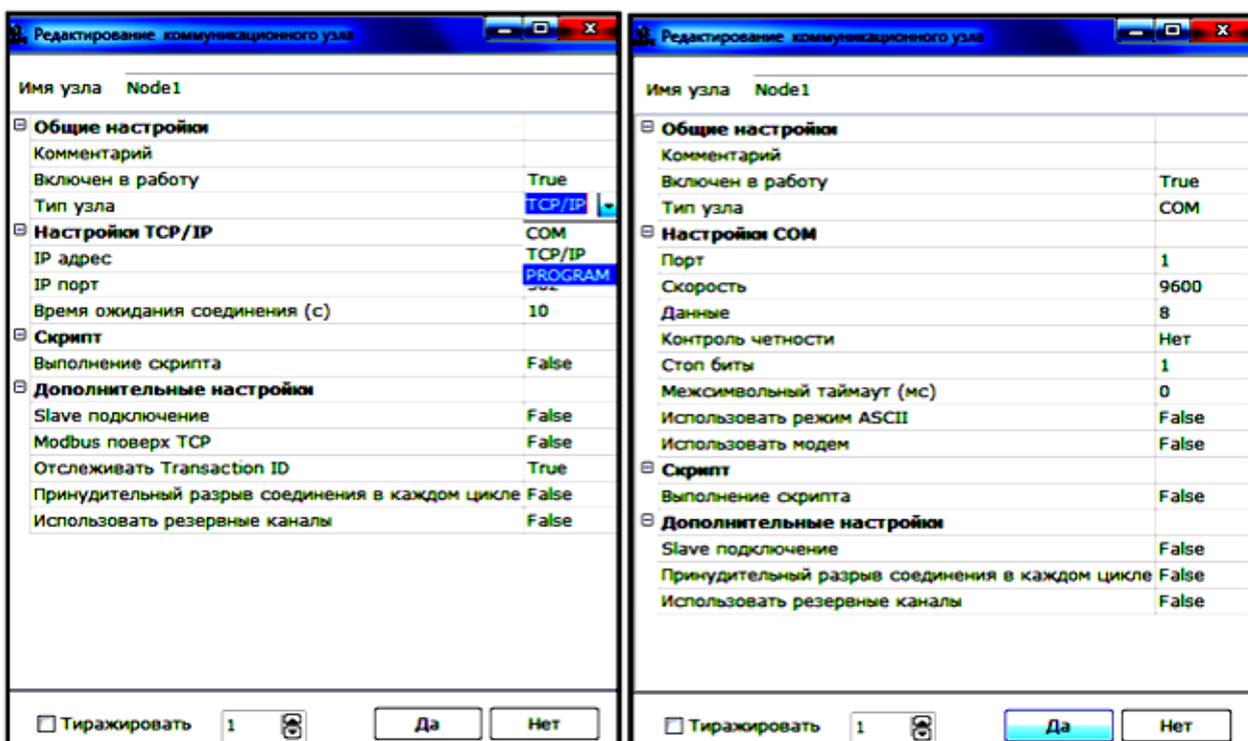


Рисунок 2. Окна меню настройки

- 3.** Далее в узел можно добавить устройства в необходимом количестве (рис.3).

Если используются промышленные регуляторы или модули ввода/вывода, то **адреса** устройств должны совпадать с адресами, записанными в их конфигурациях.

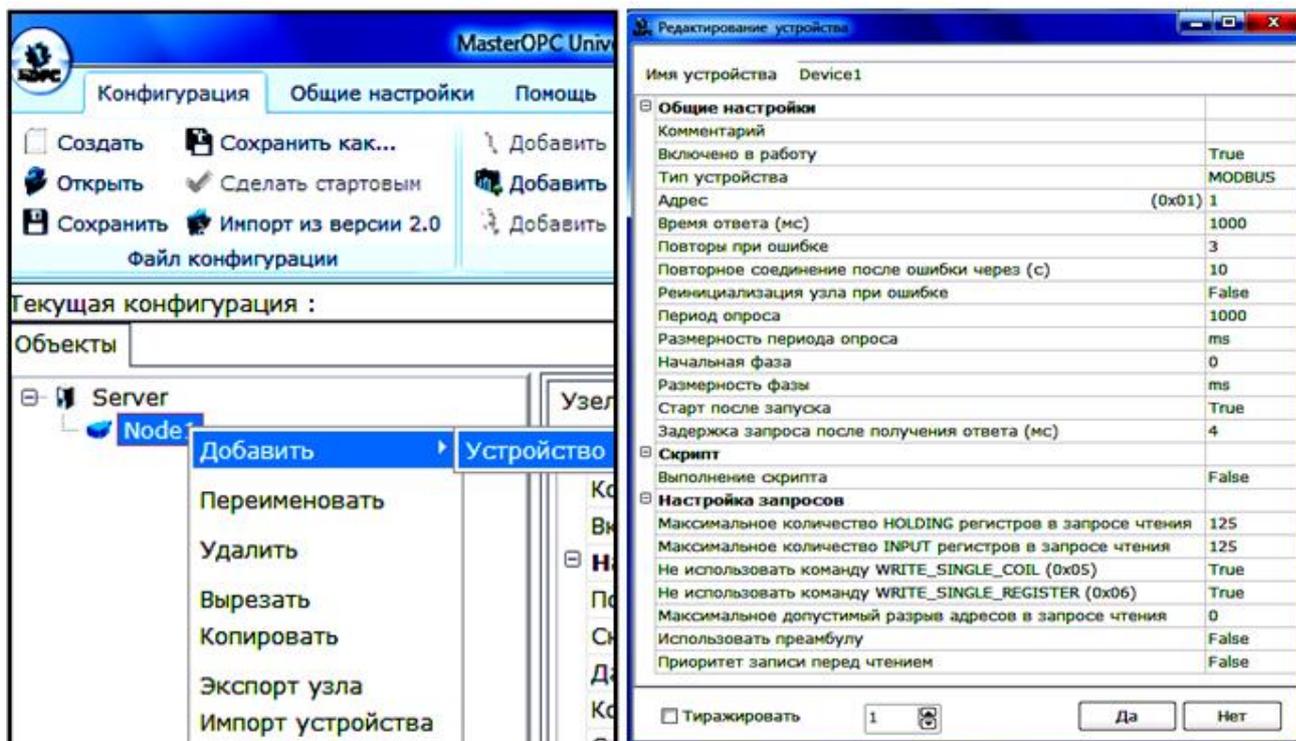
В случае других устройств адреса начинаются с 1. В пределах узла дублирование адресов не допускается. При работе с микроконтроллерами устанавливаем для первого микроконтроллера - **адрес 1**.

Настройка устройств производится по следующим параметрам:

- Тип устройства – обычно «MODBUS»;

- Адрес;
- Период опроса – сначала по умолчанию 1000 мс;

Другие параметры также по умолчанию.



4. В устройства через верхнее или контекстное меню добавляем теги или группу (рис.4)

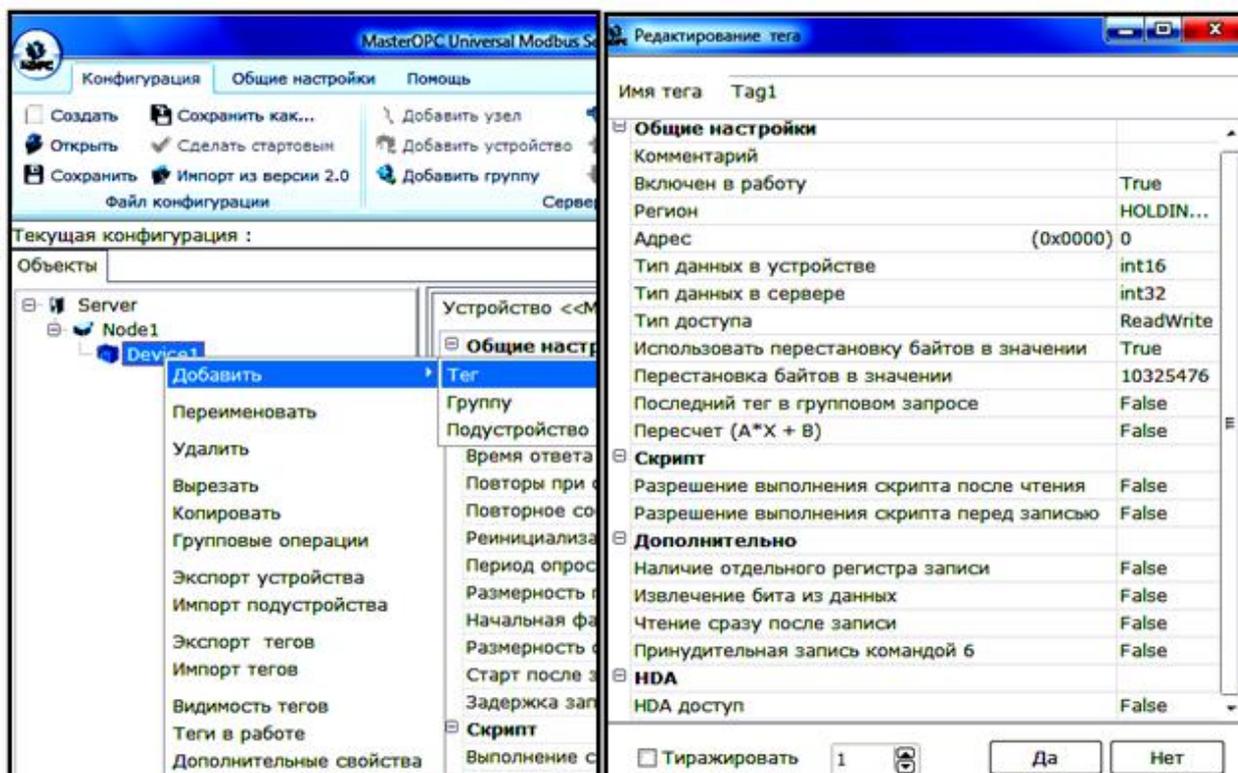


Рисунок 4. Пример настройки тега

В зависимости от количества тегов в устройство можно вставить непосредственно теги или группы тегов (рис. 5).

Если тегов много и они разноплановые, то однотипные целесообразно объединить в одну группу, в которую через контекстное меню добавить отдельные теги. Причем количество тегов в группе или устройстве можно тиражировать. Все теги вставляются с разными адресами, которые при необходимости можно корректировать.

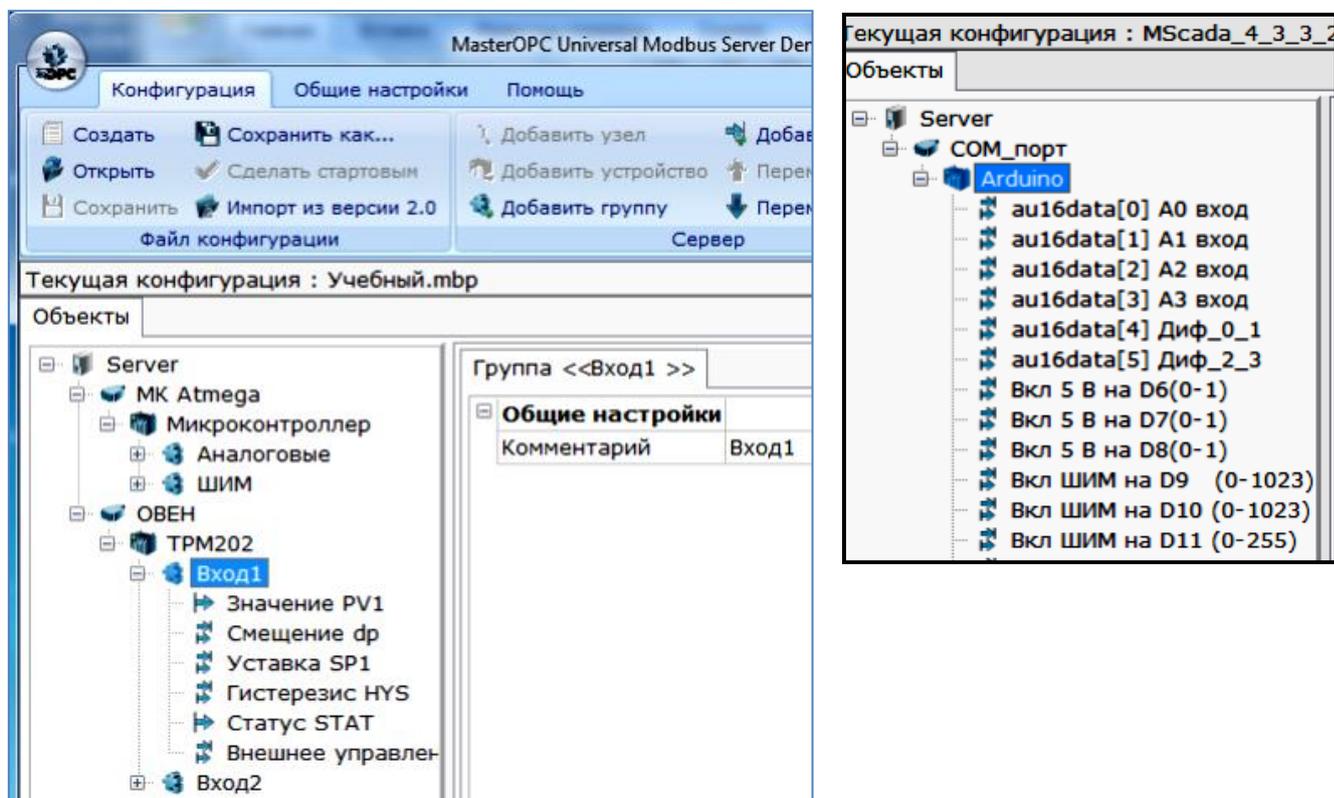


Рисунок 5. Установка тегов в устройство

Адреса тегов при работе с произвольным микроконтроллером можно начинать с 0. Для представленного для работы микроконтроллера следует использовать адреса тегов приведенные в табл.1. При использовании промышленного оборудования адреса тегов устанавливаются производителем и даются в описании к приборам.

Таблица 1 – Адреса тегов в сервере MasterOPC Universal Modbus Server для согласования с контактами микроконтроллера

Адрес тега в OPC сервере	Функция на контакте микроконтроллера	Размерность, Действие
Вывод данных из микроконтроллера на OPC сервер		
0	Данные с датчика примеси на контакте A0	0 ÷ 1023
1	Потенциал с солнечной панели на контакте A1	0 ÷ 1023
2	–	

3	–	
Ввод данных в микроконтроллер из OPC сервера		
6	Включить/выключить 5 вольт на контакте 6	False–True
7	Включить/выключить 5 вольт на контакте 7	False–True
8	Включить/выключить 5 вольт на контакте 8	False–True
9	Установить ШИМ на контакте 9	0 ÷ 1023
10	Установить ШИМ на контакте 10	0 ÷ 1023
11	Установить ШИМ на контакте 11	0 ÷ 255

Кроме установки адреса настройка тега включает:
Тип данных в устройстве

- 5.** Для проверки правильности настроек запустить режим опроса OPC-сервера. Если в столбце "Значения" появляются изменяющиеся значения параметров, а в столбце "Качество" стоят значения "ОК" (рис.6), значит подключение OPC сервера осуществлено правильно.

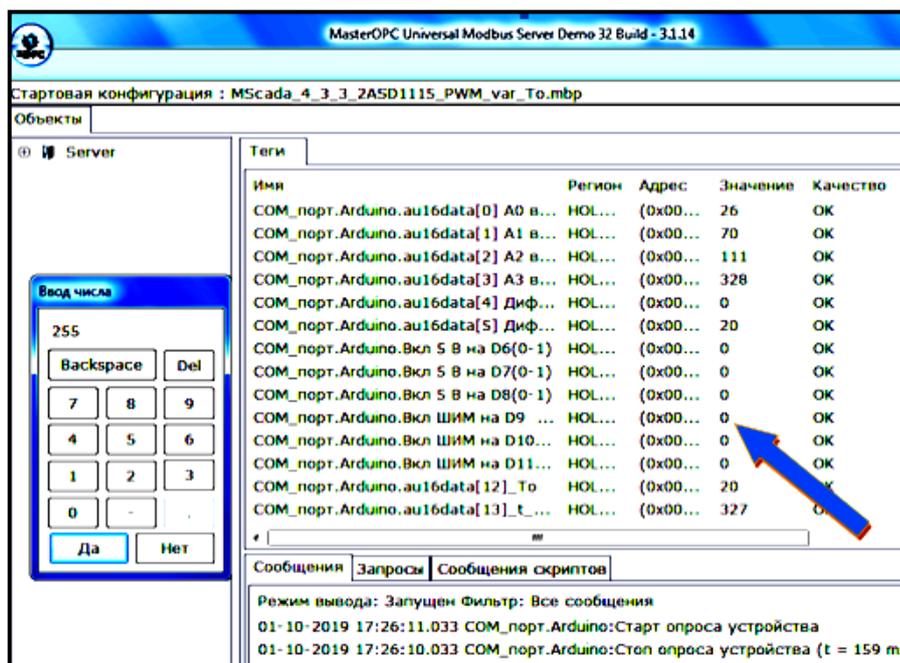


Рисунок 6. Отправление сообщения на устройство

Для проверки отправки данных с OPC сервера необходимо вызвать меню данных, что осуществляется двумя кликами мыши по значению параметра. При этом появляется меню типа калькулятора, с которого можно опрavit данные в устройство (рис.6).

После настройки OPC сервера при работающем сервере:

1. Перекрыть световой поток, поступающий на солнечную батарею, и наблюдать снижение потенциала на теге с адресом 1.

2. К датчику примесей приблизить образец, содержащий летучий углеводород или спирт. Зафиксировать увеличение показаний датчика примесей на теге с адресом 0.
3. Подключить красный провод светодиода к контакту 6 микроконтроллера. Пользуясь табл.2, через тег с адресом 6 подать потенциал на светодиод.
4. Подключить красный провод светодиода к контакту 11 микроконтроллера. Закрывать светодиод солнечной батареей и управлять яркостью светодиода устанавливая на теге 11 значения в диапазоне от 0 до 255. Проследить за изменением показаний на теге 1.

Удобный сервис данного OPC сервиса состоит в возможности экспортировать и импортировать **устройства**. Это удобно делать через контекстное меню (рис.7), которое открывает окно экспорта тегов. Теги в верхней части окна нужно выделить и переместить в окно «Файл CSV» после чего через кнопку «Готово» сохранить. Содержание файла иллюстрирует табл.2. Экспортированный файл тегов можно импортировать в устройство.

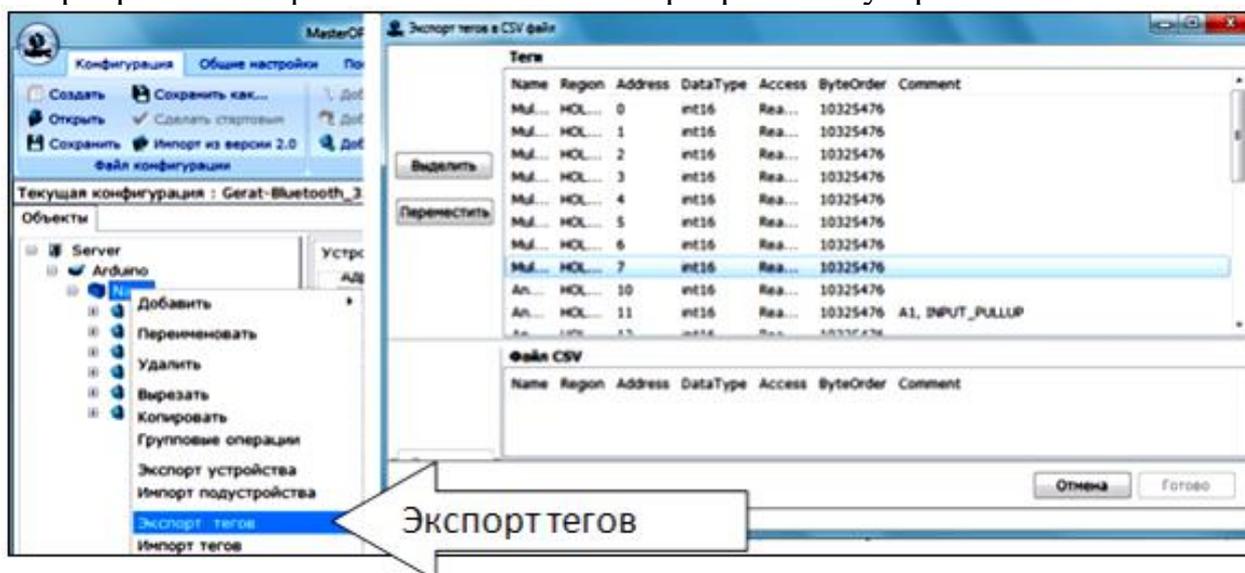


Рисунок 7. Экспорт тегов в файл CSV

Таблица 2 – Пример фрагмента экспортированного файла тегов

Name	Region	Address	DataType	Access
Multipleksor{g}M7 [7]	HOLDING_REGISTERS	7	int16	ReadWrite
AnalogRead{g}A0 [10] ВЫХОД CD4051	HOLDING_REGISTERS	10	int16	ReadWrite
AnalogRead{g}A1 [11]	HOLDING_REGISTERS	11	int16	ReadWrite
AnalogRead{g}A2 [12] PULLUP	HOLDING_REGISTERS	12	int16	ReadWrite
AnalogRead{g}A3 [13] ВЫХОД ЦАП 4725	HOLDING_REGISTERS	13	int16	ReadWrite
AnalogRead{g}A6 [22]	HOLDING_REGISTERS	22	int16	ReadWrite
AnalogRead{g}A7 [23]	HOLDING_REGISTERS	23	int16	ReadWrite
ADS 1115{g}Dif 0-1 [17]	HOLDING_REGISTERS	17	int16	ReadWrite
ADS 1115{g}SingleEnded 3 [20]	HOLDING_REGISTERS	20	int16	ReadWrite
Ш И М{g}D 09 [0-1023] [14]	HOLDING_REGISTERS	14	int16	ReadWrite
Ш И М{g}D 10 [0-1023] [15]	HOLDING_REGISTERS	15	int16	ReadWrite

Ш И М {g}D 11 [0-255] [16]	HOLDING_REGISTERS	16	int16	ReadWrite
Включить 5 В {g}D 7 [0-1] [8]	HOLDING_REGISTERS	8	int16	ReadWrite
Включить 5 В {g}D 8 [0-1] [9]	HOLDING_REGISTERS	9	int16	ReadWrite
ЦАП 4725 {g}0-4093 [21]	HOLDING_REGISTERS	21	int16	ReadWrite

Экспорт/импорт можно осуществить и для **узла**. Для этого узел нужно выделить курсором и через контекстное меню провести его **экспорт**. Файл узла сохраняется в формате *snd*. При разработке новой программы OPC сервера файл узла может быть импортирован в «Server» дерева объектов OPC сервера. Это осуществляется через контекстное меню при «Server» дерева объектов. При импорте сохраняются все настройки устройств и тегов. Это весьма удобно для создания резервных копий файлов OPC сервера, а также для формирования сложных программ контроля и управления.

Контрольные вопросы.

1. По каким параметрам осуществляется настройка коммуникационного узла?
2. Какие основные параметры включает настройка устройств?
3. Дайте определение тега.
4. Какие основные параметры включает настройка тегов?
5. Что представляет собой библиотека устройств?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7. Системы контроля и управления на основе микроконтроллеров и измерителей-регуляторов

Цель занятия. Разработка комбинированных автоматизированных систем контроля технологических параметров в объектах управления на базе микроконтроллерной техники и промышленных измерителей регуляторов.

Постановка задачи: Разработать систему контроля и управления на основе MasterOPC Universal Modbus Server'a сопряженного с микропроцессорной техникой и промышленными измерителями-регуляторами.

Приборное оборудование:

1. Микроконтроллер ATmega328.
2. Измеритель-регулятор TPM202.
3. Плата AVR-KIT-BOARD.
4. Преобразователь интерфейса USB-RS485 AC4.
5. Преобразователь XY-017.
6. Плата Arduino UNO.
7. Термопара ХА.
8. Солнечная батарея.
9. Датчик примесей в воздухе.
10. Светодиод.

Программное обеспечение:

1. Driver <ch341ser>.
2. MasterOPC Universal Modbus Server.

Подключение промышленных средств автоматизации преимущественно осуществляется с использованием интерфейса **RS485**. Интерфейс RS485 является наиболее распространенным в промышленной автоматизации. Его используют промышленные сети Modbus, Profibus DP, ARCNET, BitBus, WorldFip, LON, Interbus и множество нестандартных сетей. Связано это с тем, что по всем основным показателям данный интерфейс является наилучшим из всех возможных при современном уровне развития технологии. В RS485 используется многоточечная топология, что позволяет подключить несколько приемников и передатчиков. В одном сегменте сети RS485 может быть до 32 устройств, а с помощью дополнительных повторителей и усилителей сигналов до 256 устройств. В один момент времени активным может быть только один передатчик.

Основными его достоинствами являются:

- двусторонний обмен данными всего по одной витой паре проводов;
- возможность организации сети;
- большая длина линии связи;
- достаточно высокая скорость передачи.

Интерфейс RS485 использует дифференциальный сигнал для передачи данных. Существует два типа RS485:

- RS485 с 2 контактами, работает в режиме полудуплекс,

- RS485 с 4 контактами, работает в режиме полный дуплекс.

В основе построения интерфейса RS485 лежит передача импульсов напряжения по двум проводам, при этом реализуется *дифференциальный способ* передачи сигнала, когда напряжение, соответствующее уровню логической единицы или нуля, отсчитывается не от "земли", а измеряется как разность потенциалов между двумя передающими линиями: Data+(A) и Data-(B). То есть когда на одном проводе появляется положительный потенциал, то на другом по отношению к первому потенциал отрицательный (рис.1). При этом напряжение каждой линии относительно "земли" может быть произвольным, но, например, для RS485 не должно выходить за диапазон -7...+12 В.

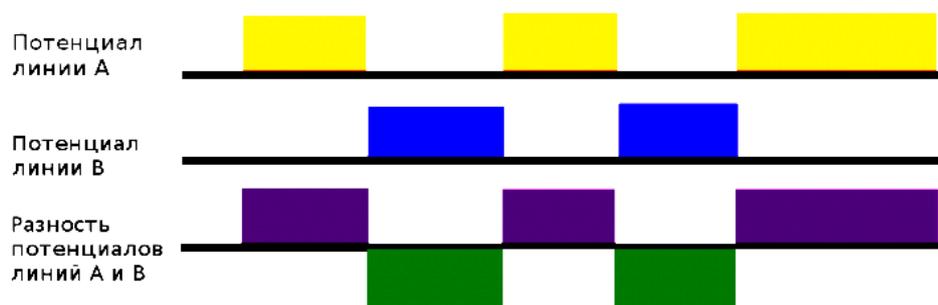


Рисунок 1. Принцип дифференциального способа передачи сигнала

Приемники сигнала являются дифференциальными, т.е. воспринимают только разность между напряжениями на линии Data+ и Data-. В RS485 при разности напряжений более 200 мВ (до +12 В) считается, что на линии установлено значение логической единицы, при напряжении менее -200 мВ (до -7 В) - логического нуля. Дифференциальное напряжение на выходе передатчика в соответствии со стандартом должно быть не менее 1,5 В, поэтому при пороге срабатывания приемника 200 мВ помеха (в том числе падение напряжения на омическом сопротивлении линии) может иметь размах 1,3 В над уровнем 200 мВ. Такой большой запас необходим для работы на длинных линиях с большим омическим сопротивлением. Фактически, именно этот запас по напряжению и определяет максимальную длину линии связи (1200 м) при низких скоростях передачи (менее 100 кбит/с).

Благодаря симметрии линий относительно "земли" в них наводятся помехи, близкие по форме и величине. В приемнике с дифференциальным входом сигнал выделяется путем вычитания напряжений на линиях, поэтому после вычитания напряжение помехи оказывается равным нулю. В реальных условиях, когда существует небольшая асимметрия линий и нагрузок, помеха подавляется не полностью, но ослабляется существенно. Для минимизации чувствительности линии передачи к электромагнитной наводке используется **витая пара проводов**. Токи, наводимые в соседних витках вследствие явления электромагнитной индукции, по "правилу буравчика" оказываются направленными навстречу друг другу и взаимно компенсируются. Степень компенсации определяется качеством изготовления кабеля и количеством витков на единицу длины.

Длительность импульсов и частота следования и определяют смысл передаваемой информации.

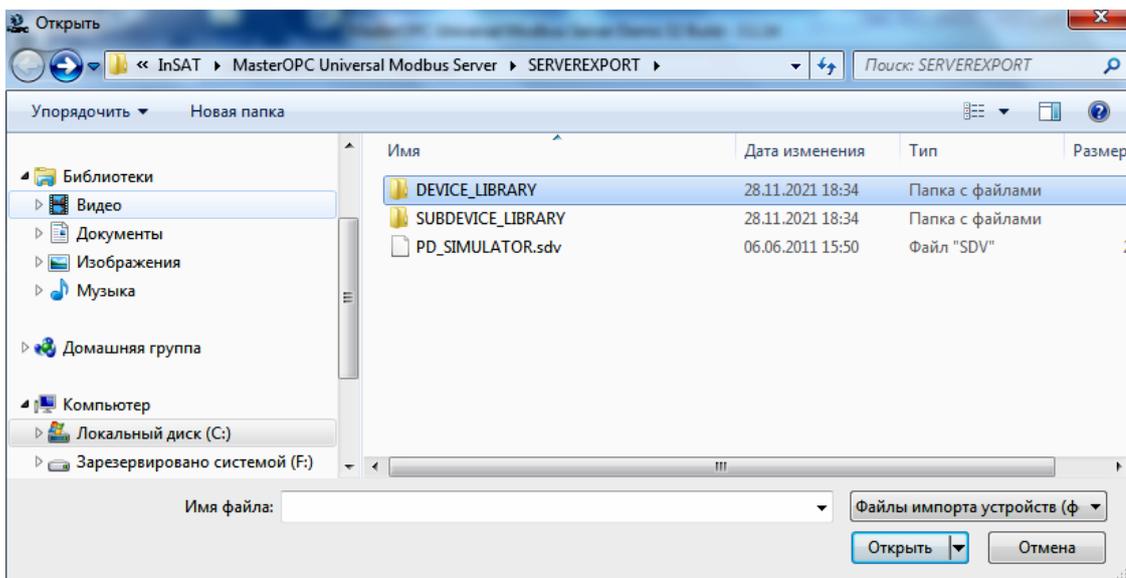
Порядок выполнения работы.

1. К входу №1 (контакты 2 и 3) TPM202 подключить, соблюдая полярность, термопару ХА.
2. Подключить TPM202 к преобразователю АС4 как показано на рис.3
3. Преобразователь АС4 с помощью специального кабеля подключить к компьютеру.
4. В качестве платы с микроконтроллером использовать плату Arduino UNO.
5. Подключить внешние устройства к микроконтроллерной плате, используя данные табл.1.

Таблица 1 – Подключение внешних устройств к плате Arduino Uno

Внешнее устройство	Контакт на внешнем устройстве	Контакт на плате Arduino Uno
Солнечная батарея	–	GND
	+	A1
Датчик примеси	GND	GND
	VCC	5 V
	A0	A0
Светодиод	– (черный провод)	GND
	+ (красный провод)	~11

6. Подключить плату к компьютеру.
7. Загрузить диспетчер устройств и определить номера виртуальных COM портов, к которым подсоединено оборудование.
8. Загрузить *MasterOPC Universal Modbus Server*.
9. Добавить первый коммуникационный узел, и назвать его, например, «Atmega». В настройках узла указать номер COM порта, к которому подключена плата микроконтроллера и скорость обмена 9600 бод.
10. К коммуникационному узлу добавить устройство, назвав его, например, «Микроконтроллер». Задать адрес устройства – 1.
11. К устройству добавить две группы, например «Аналоговые » и «ШИМ».
12. В группы добавить теги с адресами 0, 1 (Аналоговые) и 11(ШИМ).
13. Добавить через контекстное меню к опции <Server> второй коммуникационный узел и назвать его, например, «ОВЕН». В настройках к узлу указать номер COM порта, к которому подключен преобразователь АС4 и скорость обмена 9600 бод.
14. Выделить узел «ОВЕН» и через контекстное меню открыть опцию <Импорт устройства>. В открывшемся окне последовательно открыть DEVICE LIBRARY→OWEN→TPM202.sdv.



При этом в дерево объектов OPC сервера в узел «ОВЕН» будут вставлены все характеристики TRM202. Общий вид окна OPC сервера представлен на рис.4.

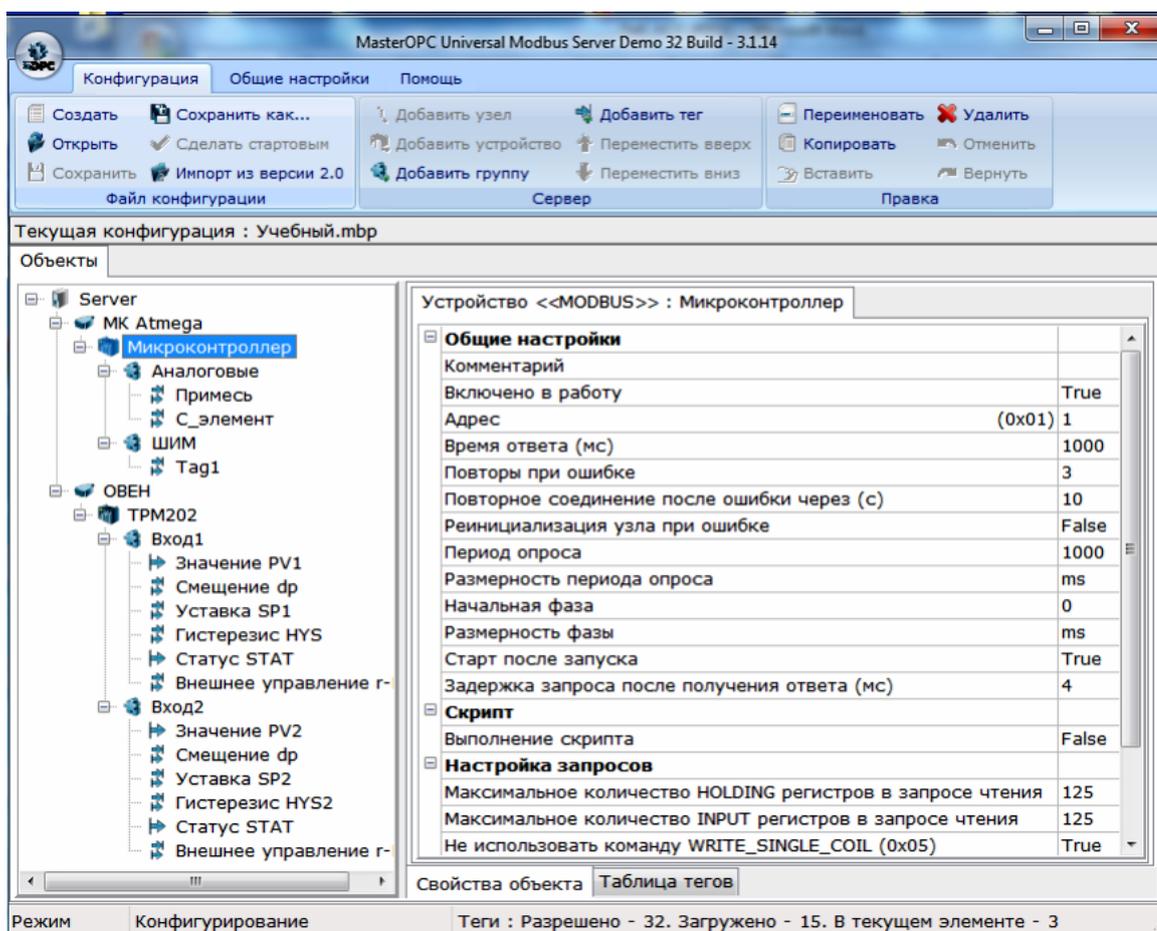


Рисунок 4. Примерный вид окна *MasterOPC Universal Modbus Server* после создания дерева объектов.

Запустить OPC сервер. В окне сервера должны появиться данные тегов, как представлено на рис.5.

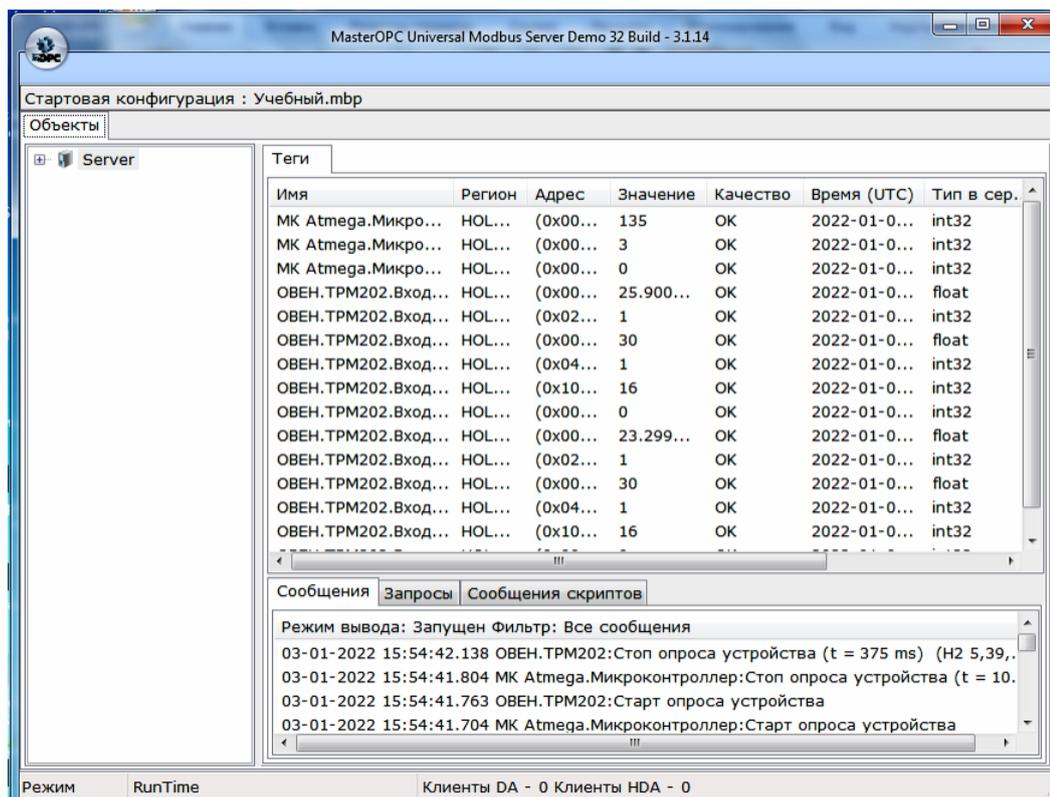


Рисунок 5. Вид окна MasterOPC Universal Modbus Server при выводе данных.

С адреса 11 (группа «ШИМ») можно осуществлять управление потенциалом на цифровом выходе D11 микроконтроллера.

Сохранить файл с настройками OPC сервера.

После настройки OPC сервера при работающем сервере:

1. Перекрыть световой поток, поступающий на солнечную батарею, и наблюдать снижение потенциала на теге с адресом 1.
2. К датчику примесей приблизить образец, содержащий летучий углеводород или спирт. Зафиксировать увеличение показаний датчика примесей на теге с адресом 0.
3. Подключить красный провод светодиода к контакту 11 микроконтроллера. Закрывать светодиод солнечной батареей и управлять яркостью светодиода устанавливая на теге 11 значения в диапазоне от 0 до 255. Проследить за изменением показаний на теге с адресом 1.
4. Нагреть терморпару ХА и зафиксировать изменение температуры на дисплее прибора ТРМ202 и в OPC сервере.

Задание.

Собрать и запрограммировать схему управления, представленную на рис.2 Для микроконтроллера использовать плату AVR-KIT-BOARD

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8. Разработка автоматизированной системы контроля и управления на основе SCADA SIMP Light

Цель занятия. Ознакомление с программным пакетом создания АСУТП <SCADA SIMP Light>. Освоение принципов создания автоматизированных систем контроля и управления технологическими параметрами в объектах управления и системах защиты окружающей среды.

Приборное оборудование:

11. Микроконтроллер ATmega328.
12. Измеритель-регулятор TPM202.
13. Плата Arduino UNO.
14. Термопара ХА.
15. Солнечная батарея.
16. Датчик примесей в воздухе.
17. Светодиод.

Программное обеспечение:

3. Driver <ch341ser>.
4. SCADA SIMP Light
5. Конфигуратор <Setup_TPM101_TPM2xx_3.0.5.exe>

1. Сведения о SCADA системах

Основным программным обеспечением процессов контроля и управления технологическими процессами являются SCADA системы. **SCADA** (*supervisory control and data acquisition – диспетчерское управление и сбор данных*) это программный комплекс, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления. SCADA может являться частью АСУ ТП, системы экологического мониторинга, научного эксперимента, автоматизации здания и т. д. Данное программное обеспечение устанавливается на компьютеры и, для связи с объектом, использует драйверы ввода-вывода или OPC и DDE (Dynamic Data Exchange) серверы. Как отмечалось, для OPC сервера SCADA является клиентом, который получает информацию, при необходимости ее визуализирует и архивирует, перерабатывает и формирует сигнал на управление.

Иногда SCADA-системы комплектуются дополнительным программным обеспечением для программирования промышленных контроллеров. Такие SCADA-системы называются интегрированными и к ним добавляют термин *SoftLogic*.

Значение термина SCADA претерпело изменения вместе с развитием технологий автоматизации и управления технологическими процессами. В 80-е годы под SCADA-системами чаще понимали программно-аппаратные комплексы сбора данных реального времени. С 90-х годов термин SCADA больше

используется для обозначения только программной части человеко-машинного интерфейса АСУ ТП.

SCADA-системы решают следующие задачи:

- обмен данными с «устройствами связи с объектом» (то есть с промышленными контроллерами и платами ввода/вывода) в реальном времени через драйверы;
- обработка информации в реальном времени;
- логическое управление;
- отображение информации на экране монитора в удобной и понятной для человека форме;
- ведение базы данных реального времени с технологической информацией;
- аварийная сигнализация и управление тревожными сообщениями;
- подготовка и генерирование отчетов о ходе технологического процесса;
- осуществление сетевого взаимодействия между SCADA ПК;
- обеспечение связи с внешними приложениями (СУБД, электронные таблицы, текстовые процессоры и т. д.). SCADA-системы позволяют разрабатывать АСУ ТП в клиент-серверной или в распределённой архитектуре.

SCADA—система обычно содержит следующие подсистемы:

- драйверы или серверы ввода-вывода – программы, обеспечивающие связь SCADA с промышленными контроллерами, счётчиками, АЦП и другими устройствами ввода-вывода информации;
- система реального времени – программа, обеспечивающая обработку данных в пределах заданного временного цикла с учетом приоритетов;
- человеко-машинный интерфейс (НМИ, англ; Human Machine Interface) – инструмент, который представляет данные о ходе процесса человеку оператору, что позволяет оператору контролировать процесс и управлять им;
- программа-редактор для разработки человеко-машинного интерфейса;
- система логического управления – программа, обеспечивающая исполнение пользовательских программ (скриптов) логического управления в SCADA-системе; набор редакторов для их разработки;
- база данных реального времени – программа, обеспечивающая сохранение истории процесса в режиме реального времени;
- система управления тревогами – программа, обеспечивающая автоматический контроль технологических событий, отнесение их к категории нормальных, предупреждающих или аварийных, а также обработку событий оператором или компьютером;
- генератор отчетов – программа, обеспечивающая создание пользовательских отчетов о технологических событиях; Набор редакторов для их разработки;
- внешние интерфейсы – стандартные интерфейсы обмена данными между SCADA и другими приложениями. Обычно OPC, DDE, ODBC, DLL и т. д.

Термин SCADA обычно относится к централизованным системам контроля и управления всей системой, или комплексами систем, осуществляемого с участием человека. Большинство управляющих воздействий выполняется автоматически с помощью RTU (Remote Terminal Unit – Устройство связи с объектом) или PLC (Programmable logic controller, ПЛК). Они непосредственно управляют объектом, а SCADA получает информацию от данных устройств, при необходимости изменяет режим управления. Цикл управления с обратной связью проходит через RTU или ПЛК, в то время как SCADA система контролирует полное выполнение цикла.

Сбор данных начинается в RTU или на уровне PLC и включает – показания измерительного прибора. Далее данные собираются и форматируются таким способом, чтобы оператор диспетчерской, используя человеко-машинный интерфейс, мог принять контролирующие решения – корректировать или прервать стандартное управление средствами RTU/ПЛК. Данные могут также быть записаны в архив для построения трендов (графиков) и другой аналитической обработки накопленных данных.

2. SCADA система SIMP Light

SCADA система SIMP Light позволяет собирать данные с любых **OPC DA/HDA** серверов или с MODBUS совместимых устройств, а также создавать собственные, свободно настраиваемые виртуальные каналы (с программируемой логикой работы). С подробной документацией можно познакомиться на сайте https://simplight.ru/manual_next/menedzher-proektov-simp-light.

Примерная схема подключение контрольно-измерительных и управляющих приборов для работы с SCADA системой представлена на рис.1

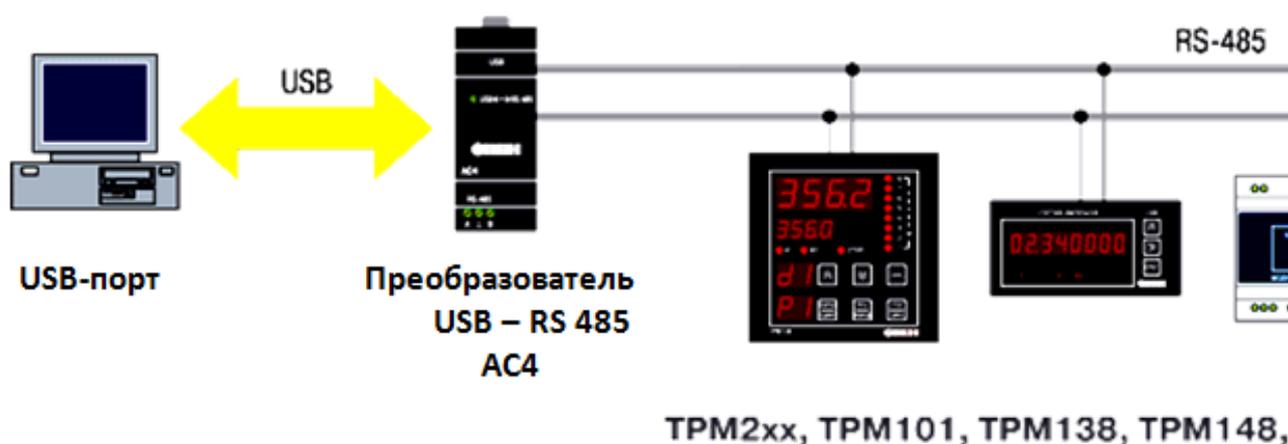
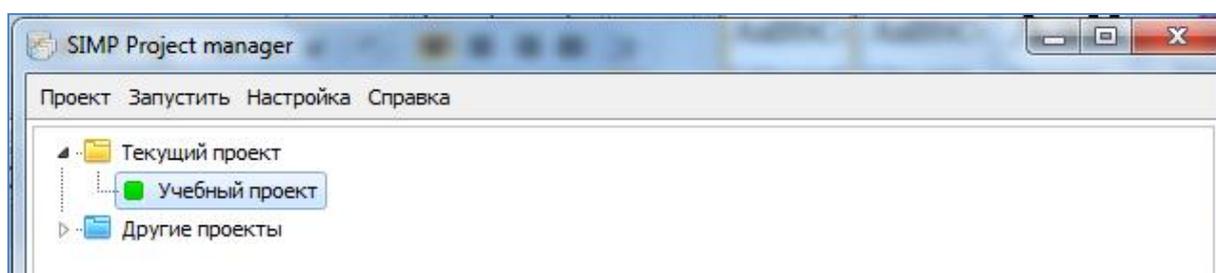
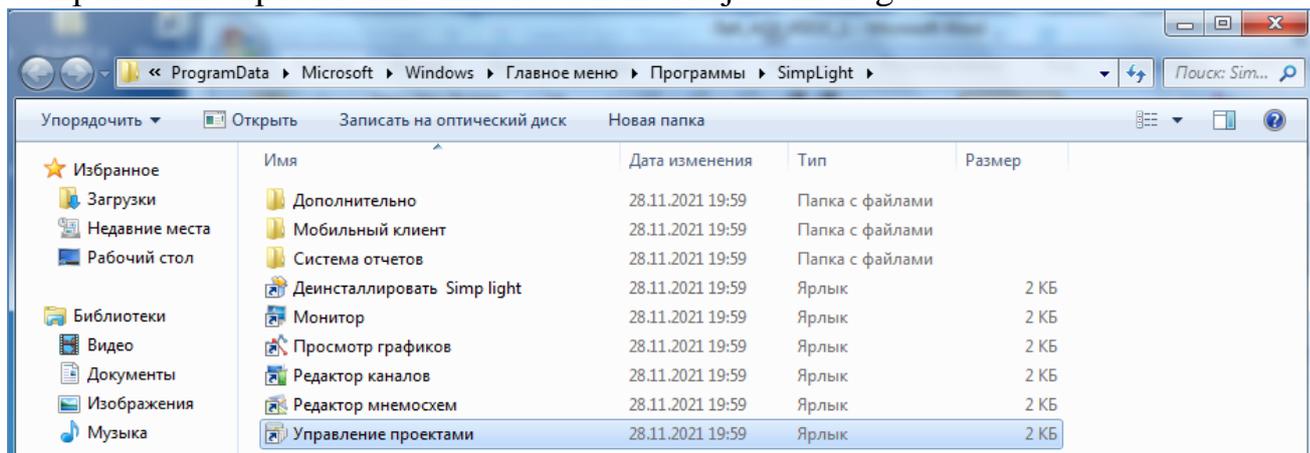


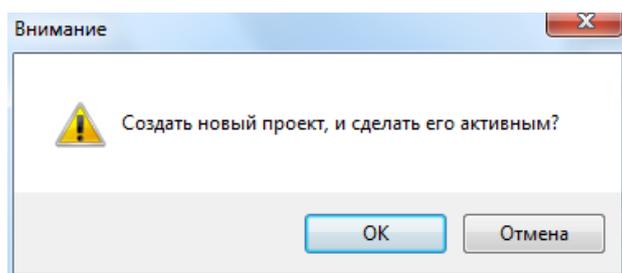
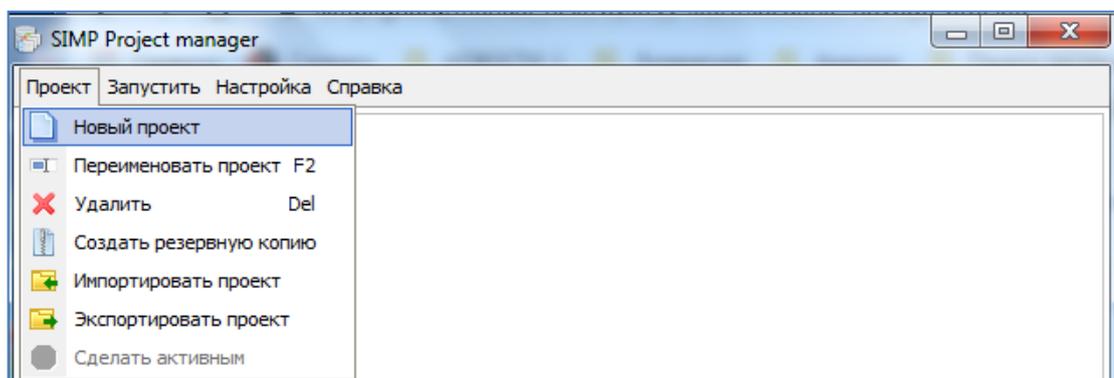
Рисунок 1. Схема подключение контрольно-измерительных и управляющих приборов для работы с SCADA системой

2.1. Создание нового проекта

Для того чтобы создать новый проект, необходимо открыть модуль «Управление проектами» иначе «SIMP Project manager».

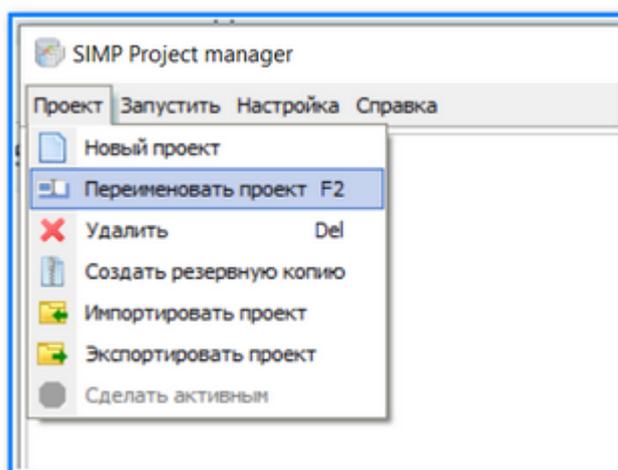


Затем открываем меню «Проект» и выбираем пункт меню «Новый проект», появится диалоговое окно, в котором нужно подтвердить создание нового проекта. Далее появится еще одно окно, в котором будет предложено добавить комментарий для резервной копии.



После всех действий проект будет создан, название у него будет стандартным «Новый проект». Чтобы переименовать его, необходимо выбрать

меню "Проект" и выбрать пункт меню <Переименовать проект> (либо нажать клавишу "F2").



2.1.1. Добавление устройств и тегов через Modbus driver

Настройки подключения производятся в модуле «**Редактор каналов**».

Запустить «Редактор каналов» можно из меню модуля «SIMP Project manager» через опцию «Запустить» или через контекстное меню, вызываемое правой клавишей мыши после выделения имени проекта.

Редактор каналов позволяет пользователю управлять рабочими или активными каналами и настроить процесс чтения информации из каналов. Предоставляется возможность манипулировать временными интервалами и условиями чтения данных из канала, а также контрольными граничными значениями, о достижении которых монитор автоматически извещает диспетчера системы. Пользователь может настроить шаблон математической формулы, с помощью которой данные преобразуются и сохраняются. В редакторе каналов доступна работа с **ОПС серверами** и с **Modbus driver**.

После открытия редактора каналов в панели «Источник» можно видеть в списке источников данных наименование «Modbus driver», который необходимо настроить (рисунок 2).

Для открытия редактора "**Редактор ModBus драйвера**" в нижней части панели "Источник" необходимо нажать кнопку "Настройка ModBus драйвера", это приведет к открытию окна редактора «Редактор ModBus драйвера». Другой способ открытия редактора осуществляется через контекстное меню.

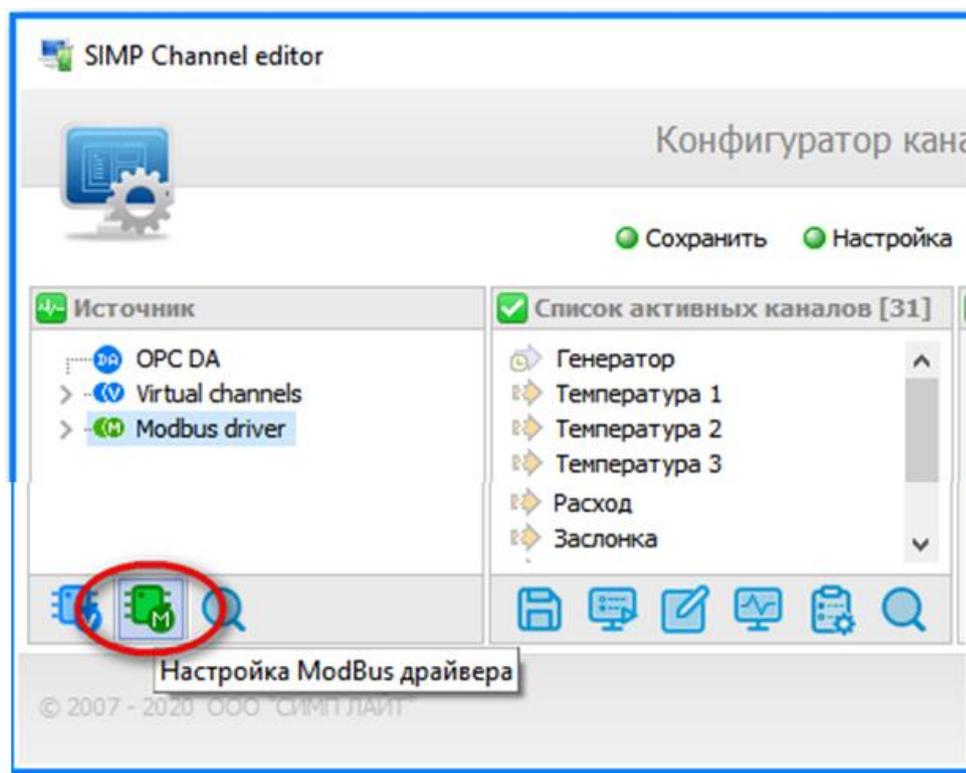


Рисунок 2. Вызов Modbus drive

Подключение устройств и их настройка через функцию Modbus drive в значительной степени эквивалентна настройке OPC сервера с той разницей, что OPC сервер настраивается индивидуально, а Modbus drive в среде SCADA.

После вызова редактора каналов (SIMP Chanel edite), нужно выделить правой клавишей мыши «**Modbus drive**» и в контекстном меню выбрать «**Настройка Modbus драйвера**» (рис.3).

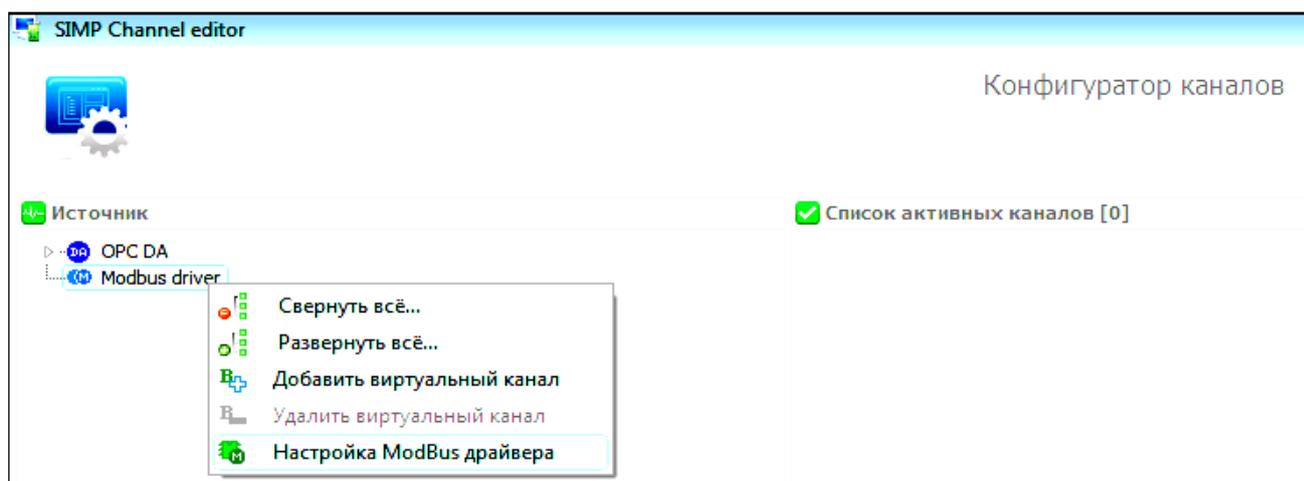


Рисунок 3. Переход в режим настройки Modbus drive

В появившемся окне настройки через меню «Узел» или контекстное меню добавить узел и установить тип «COM» (рис.4).

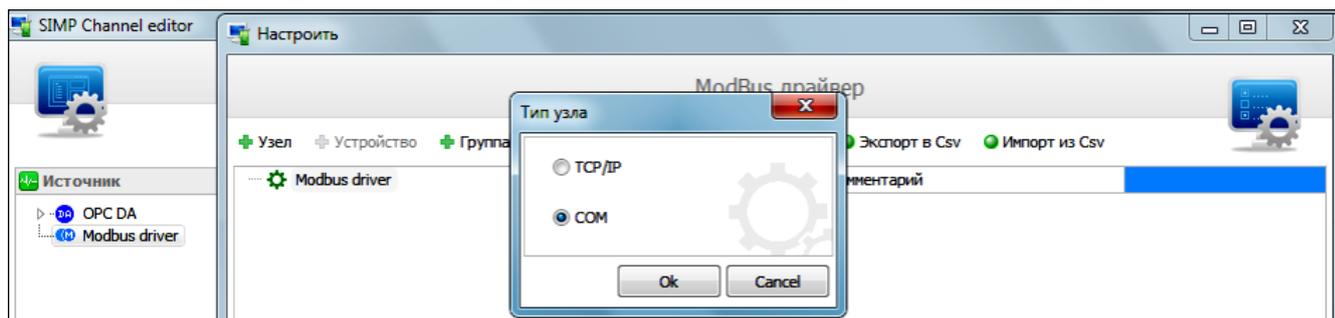


Рисунок 4. Установка COM узла

Далее необходимо настроить свойства узла (рис.5), которые должны в точности совпадать со свойствами COM порта в диспетчере устройств. Скорость обмена по умолчанию принимают равной 9600 бод. Здесь же можно задать для узла его имя.

Настройке узла следует уделять особое внимание, так как в большинстве случаев отсутствие связи между компьютером и внешними устройствами обусловлено разными настройками характеристик портов, а также адресами устройств и тегов.

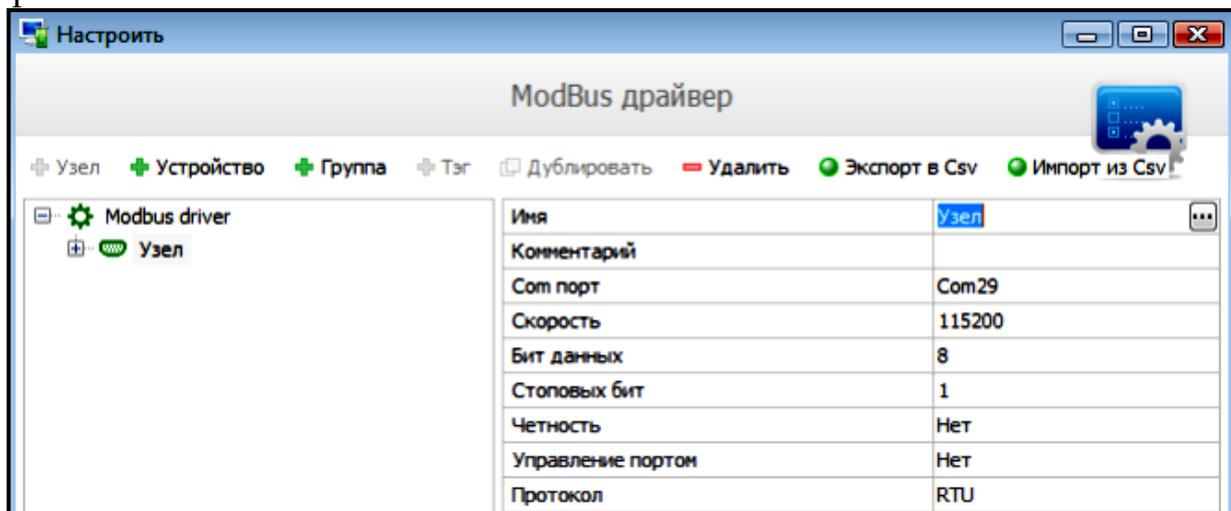


Рисунок 5. Настройка узла

После настройки узла через верхнее или контекстное меню добавить «Устройство» (рис.6, 7). При добавлении устройства предлагается два варианта:

1. создать новое устройство;
2. добавить из шаблона.

Первый вариант предполагает создание нового устройства характеристики которого задаются разработчиком. Этот вариант вполне реализуем для работы с микроконтроллерами в качестве устройств. Для новых устройств нумерацию адресов можно начать с единицы (рис.7).

Второй вариант предполагает работу со стандартным оборудованием фирмы ОВЕН. Здесь можно выбрать *измерители, регуляторы, модули аналогового ввода/вывода, модули дискретного ввода/вывода* и т.д. Устройства добавляются со всеми тегами, их характеристиками и адресами (рис.6).

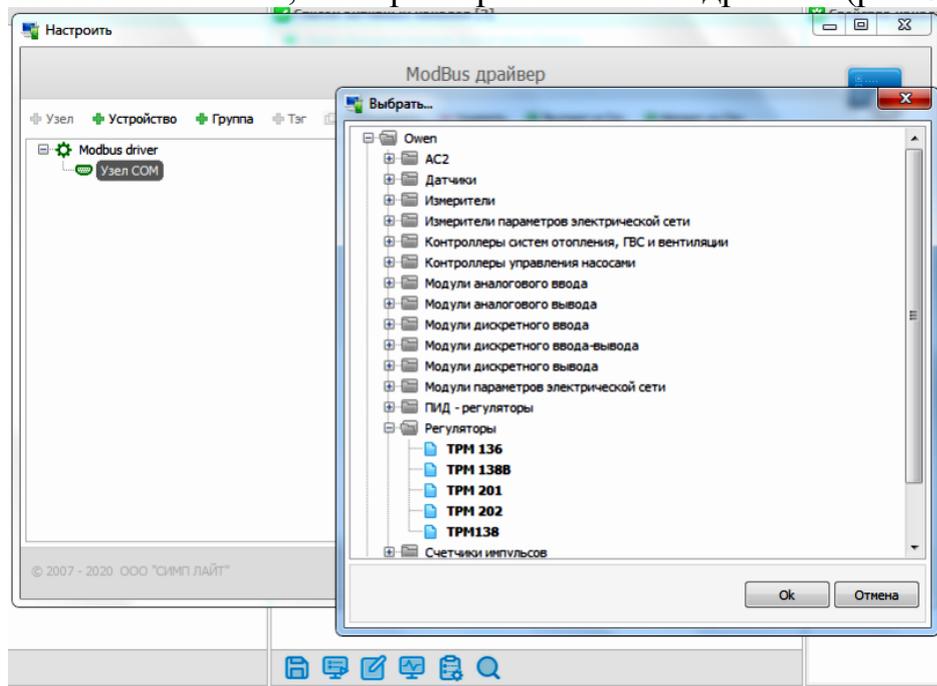


Рисунок 6. Добавление устройства из опции «Выбрать из шаблона»

Вместе с тем, **адрес устройства** должен быть согласован с адресом записанным в конфигурацию прибора. Например, регулятор TRM202 вставляется из шаблона с адресом 216, хотя установка реального адреса в конфигураторе может быть равна 16. Естественно, что должна быть проведена корректировка адреса с 216 на 16.

Целесообразно устройству дать свое оригинальное имя, а также краткий комментарий.

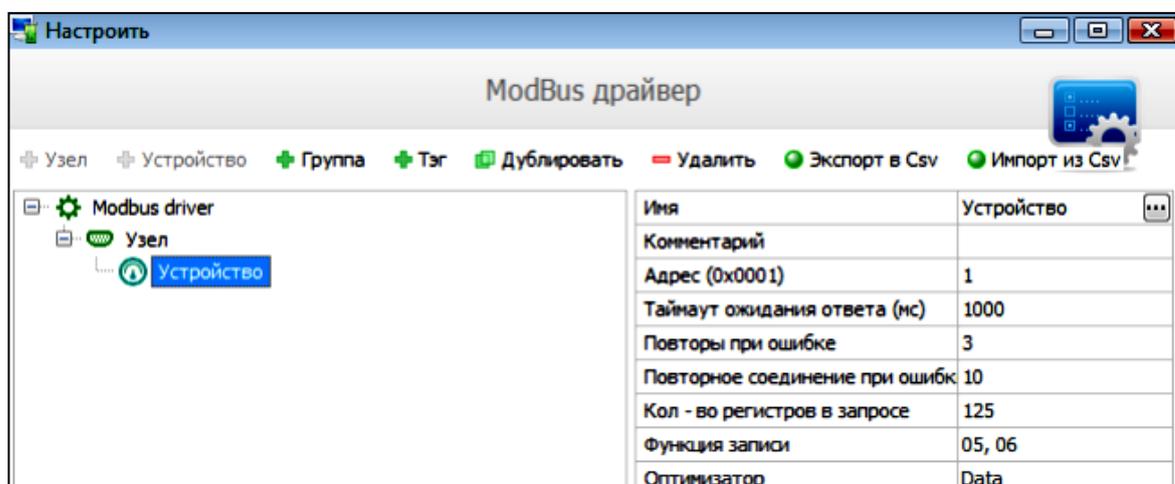


Рисунок 7. Настройка устройства

После настройки устройства через верхнее или контекстное меню добавить теги (рис.8.), а также произвести их настройку, как это реализуется в OPC сервере. Обязательно указать их **адреса, тип переменных**.

Для новых устройств адреса тегов могут начинаться с 0 и далее по порядку. Для тегов устройств добавленных из шаблона, адреса устанавливаются автоматически и могут иметь совершенно разные значения. Например, в том же TRM202 встречаются адреса тегов 5 -10 и 4105, 4107 и т.д.

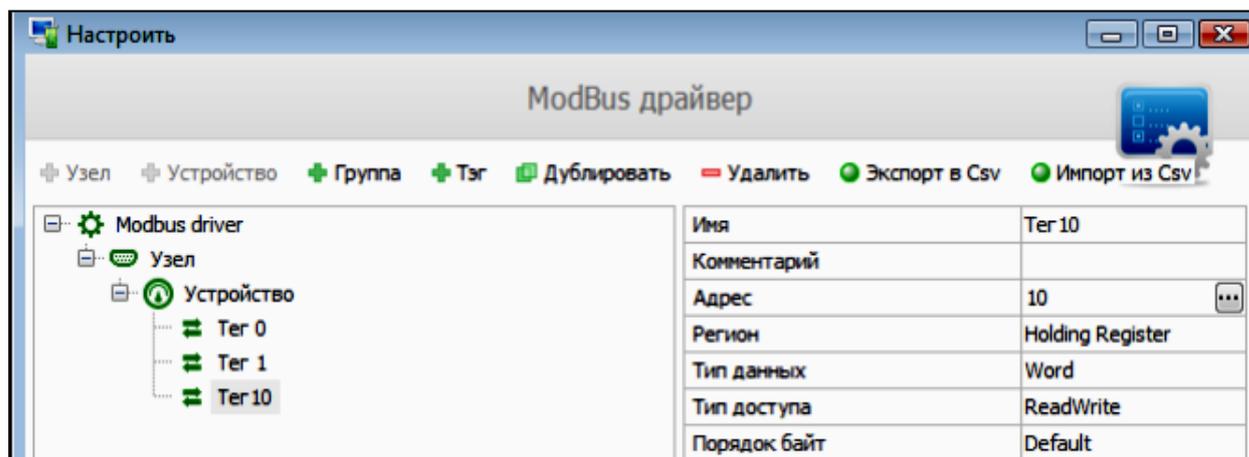


Рисунок 8. Пример настройки тега устройства

Для работы с тегами и проверки сопряжения с прибором необходимо ЛК мыши перетянуть теги из окна «Источник» в окно «Список активных каналов» (рис.8).

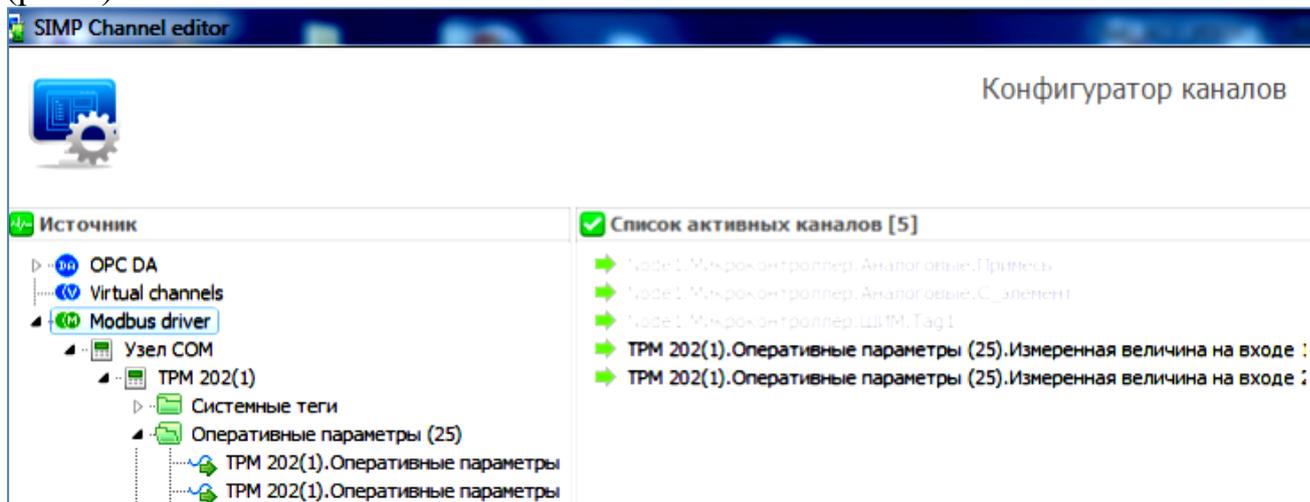


Рисунок 8. Пример создания списка активных каналов.

После этого выделить теги и произвести их настройку (рис.9). Не забыть установить флаг в опцию «**Опрашивать канал**». Установить верх и низ шкалы тега, интервал опроса.

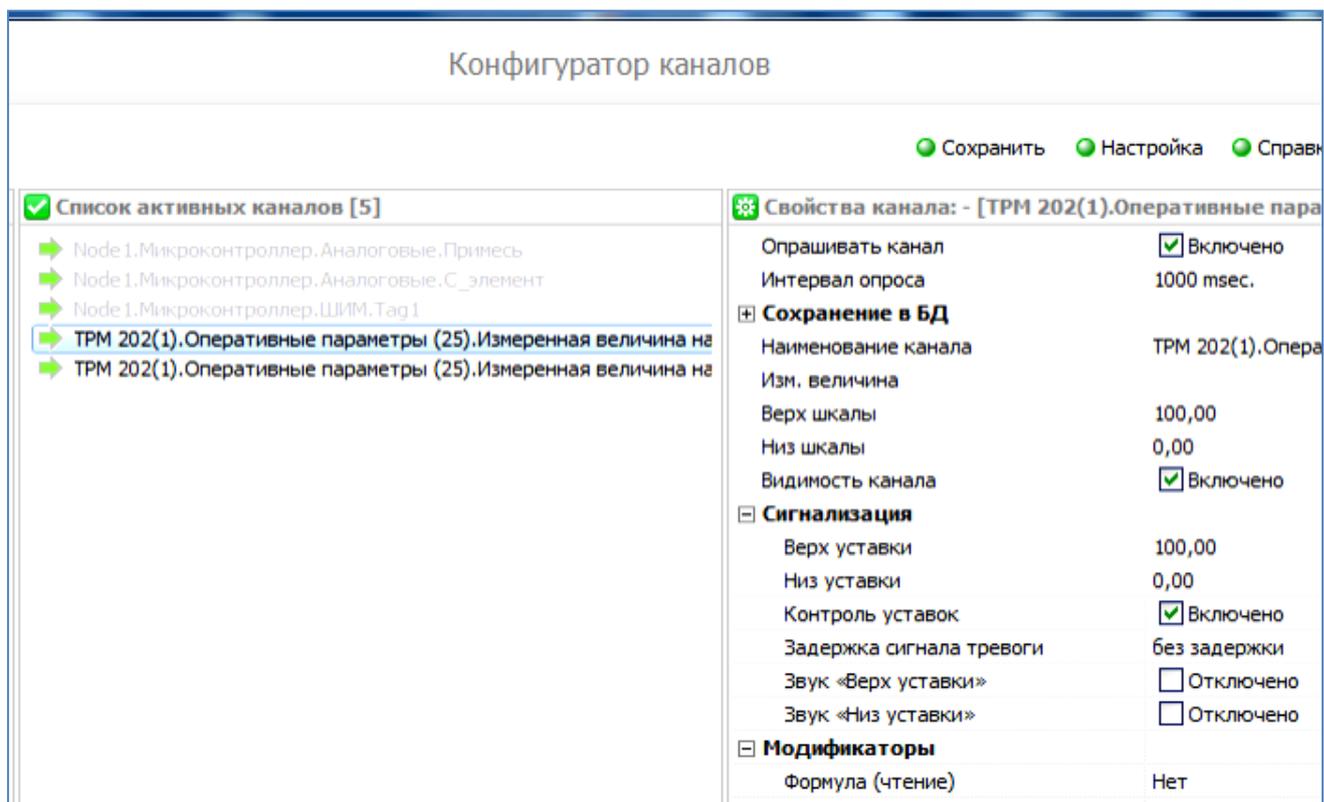


Рисунок 9. Фрагмент окна настройки тегов.

Проверка работоспособности осуществляется нажатием кнопки «Тест каналов», которая находится внизу окна «Тест каналов». При этом напротив тегов появляется цифровая индикация данных (рис.10).

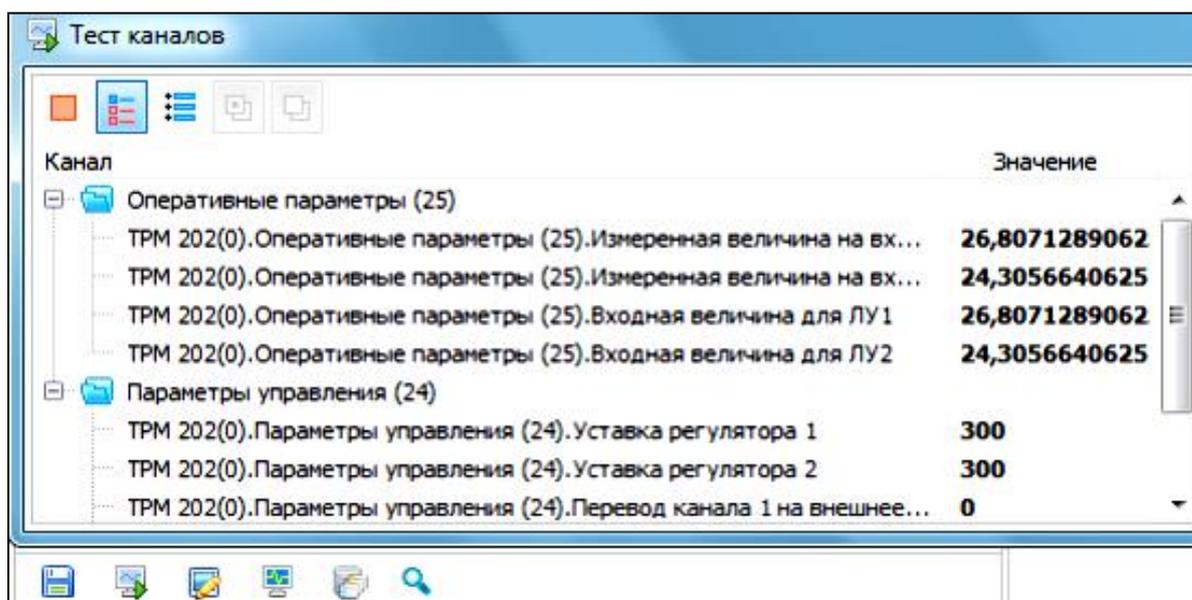


Рисунок 10. Пример выполнения функции «тест каналов» в редакторе каналов.

2.1.2. Подключение устройств через OPC-сервер

Работу с системой начинаем следующим образом:

1. Из меню «Пуск» в папке **SIMP Light** запускаем «**Редактор каналов**». В окне «Источник» раскрываем меню «**OPC DA**» (рис.10), выбираем и открываем OPC сервер, к которому подключено устройство для получения информации с внешнего прибора.

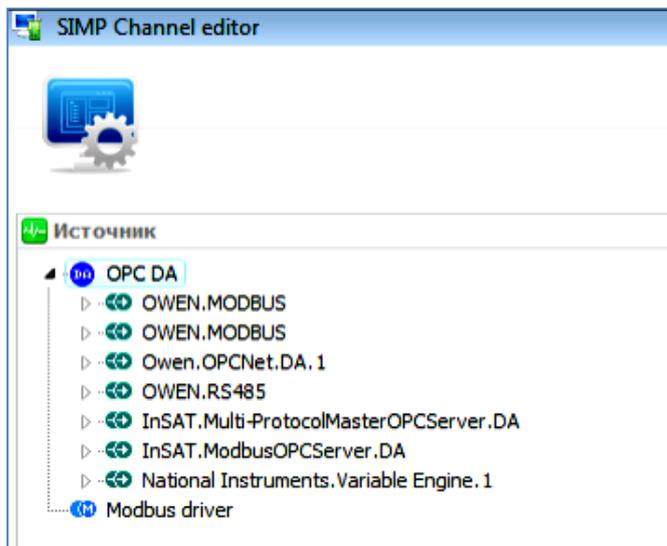
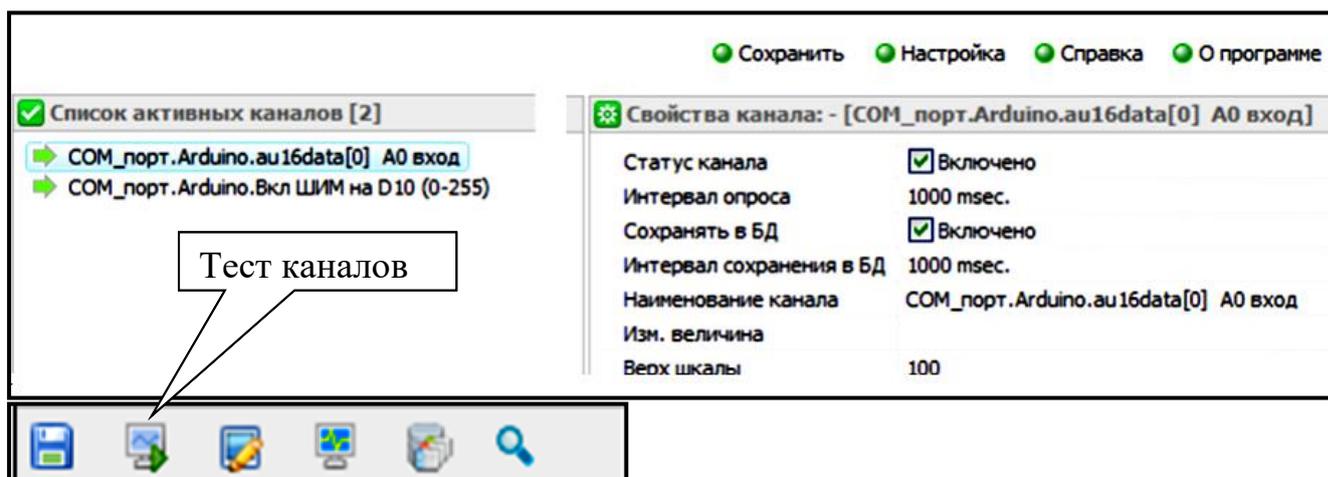


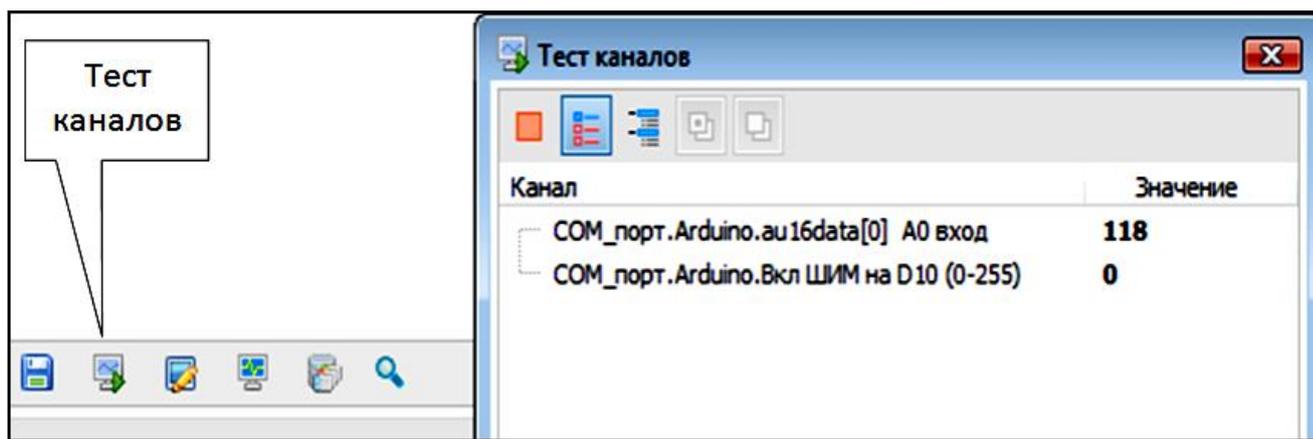
Рисунок 10. Меню OPC серверов

2. Перетягиваем ЛК мыши каналы из «Источника» в «Список активных каналов»

3. Выделяем в списке активных каналов нужный канал и в его свойствах устанавливаем статус канала в положение «*включено*», а также редактируем, если необходимо, другие свойства выбранного канала, а **также пределы измеряемой величины**. Также поступаем со всеми выбранными активными каналами.



4. Для проверки соединения с прибором запускаем «Тест каналов» кнопкой, находящейся внизу окна «Список активных каналов». В появившемся новом окне через некоторое время должна появиться информация с прибора. Если такой информации нет, то следует проверить правильность согласования установки COM порта в OPC сервере и диспетчере устройств.



2.1.3. Создание новой мнемосхемы

Для визуализации данных и создания системы управления экспериментальной установкой необходимо составить мнемосхему управления. Для этого из конфигуратора каналов через «**Настройки**» открываем окно «**Запустить редактор мнемосхем**».

Для того чтобы создать новую мнемосхему, выбрать в главном меню «**Редактора мнемосхем**» пункт **Файл->Новый**. Редактор мнемосхем автоматически создаст новый файл мнемосхемы в папке текущего активного проекта. При отсутствии галереи ее можно вызвать через меню «**Вид**» или кнопкой в верхнем меню. Главное окно **Редактора** приобретет следующий вид:

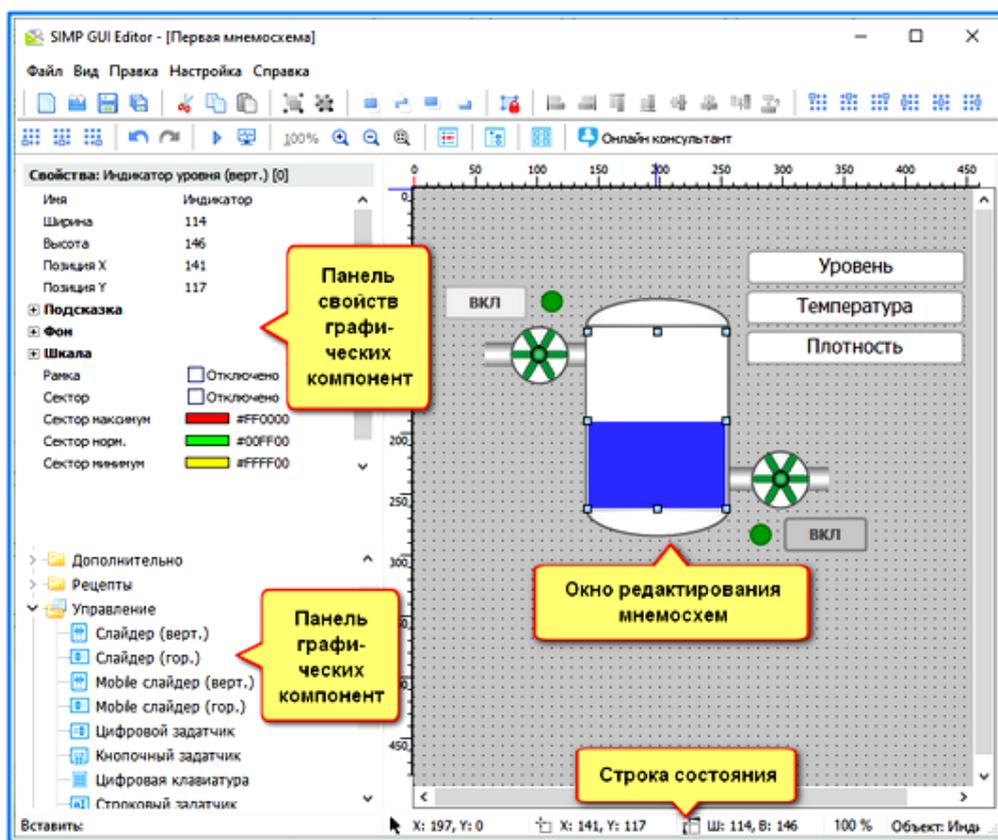


Рисунок 11. Окно редактора мнемосхемы после вставки некоторых элементов галереи и палитры

Панель графических компонент содержит палитру графических компонент, которые можно добавлять в мнемосхемы. Графические компоненты структурированы по разделам, названным созвучно выполняемым графическими компонентами функциями. То есть графические компоненты, отвечающие за работу с изображениями, следует искать в разделе "Изображения", а графические компоненты, эмулирующие элементы включения/выключения оборудования, располагаются в разделе "Управление".

Палитра компонент становится активной после создания нового проекта мнемосхемы или открытия существующего. Компоненты активной палитры можно перетаскивать в окно мнемосхемы.

Панель свойств графических компонент. Содержит список свойств графической компоненты, выбранной в окне редактирования (рис.12). Все свойства сгруппированы в разделы, которые могут быть свернуты/развернуты, что позволят не загромождать пространство панели и фокусировать своё внимание только на актуальных в данный момент свойствах.

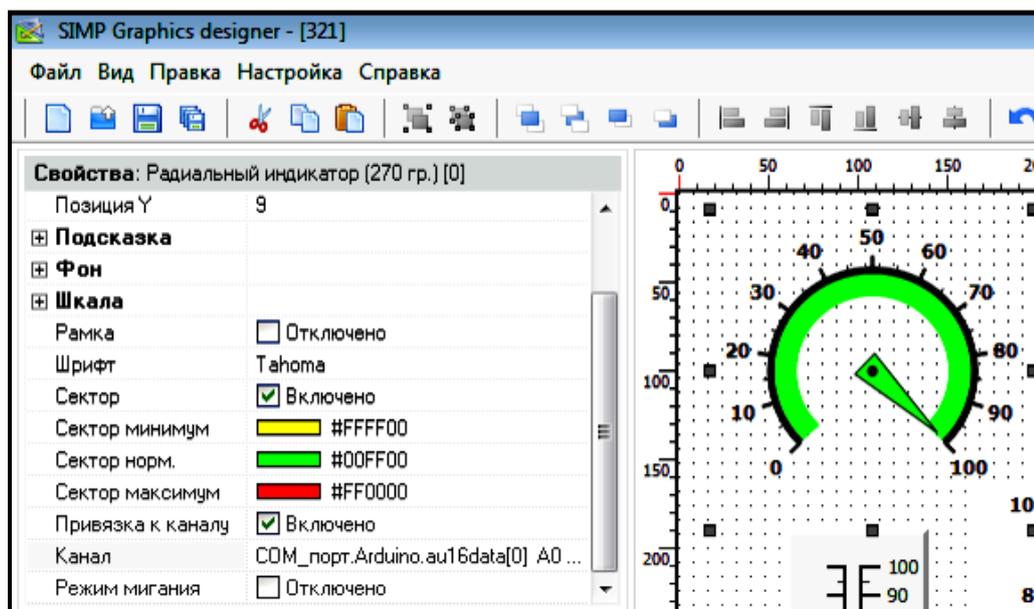


Рисунок 12. Панель свойств графических компонент

Если в окне редактирования мнемосхем выделить графический элемент, то его свойства можно редактировать в панели свойств.

Окно (поле) редактирования вида мнемосхемы. В данной области отображается визуальное представление графических компонент мнемосхемы. Вид компонент можно настраивать: изменять размер, положение, группировать и выравнивать, менять свойства сетки и др.

Строка состояния. Отображает координаты курсора и текущей графической компоненты относительно координатной сетки, размеры текущей компоненты и ее название, масштаб отображения мнемосхемы.

Последовательность создания мнемосхемы.

1. Запустить модуль SIMP Light под названием "Редактор мнемосхем".
2. Выбрать в меню «Файл» пункт «Новая мнемосхема» для создания нового пустого проекта мнемосхемы. Главное окно модуля «Редактор мнемосхем» содержит только сетку, облегчающую расположение графических компонент.
3. Устанавливаем свойства поля мнемосхемы: "Ширина", "Высота" или "Во весь экран". Установите ширину в 500 единиц, а высоту в 400.
4. Отыщите в списке графических компонент следующие компоненты: «Емкость (верт.)»; «Клапан 2»; «Радиальный индикатор (180 гр.)"», «Тренд», «Цифровая клавиатура», «Индикатор уровня».
5. Для размещения графических компонентов на поле редактирования, просто перетащите выбранные компоненты из палитры компонент на поле редактирования. После перетаскивания компонентов на поле редактирования можно изменить их размер и другие свойства. Разместите графические компоненты на поле редактирования, так как показано на рис.14.

Привязка элементов мнемосхемы к внешнему оборудованию

Для привязки активных каналов к элементам мнемосхемы необходимо вывести список каналов в редактор мнемосхемы. Для этого в редакторе открываем меню «Вид» и включаем опцию «Список каналов» (рис.13,14).

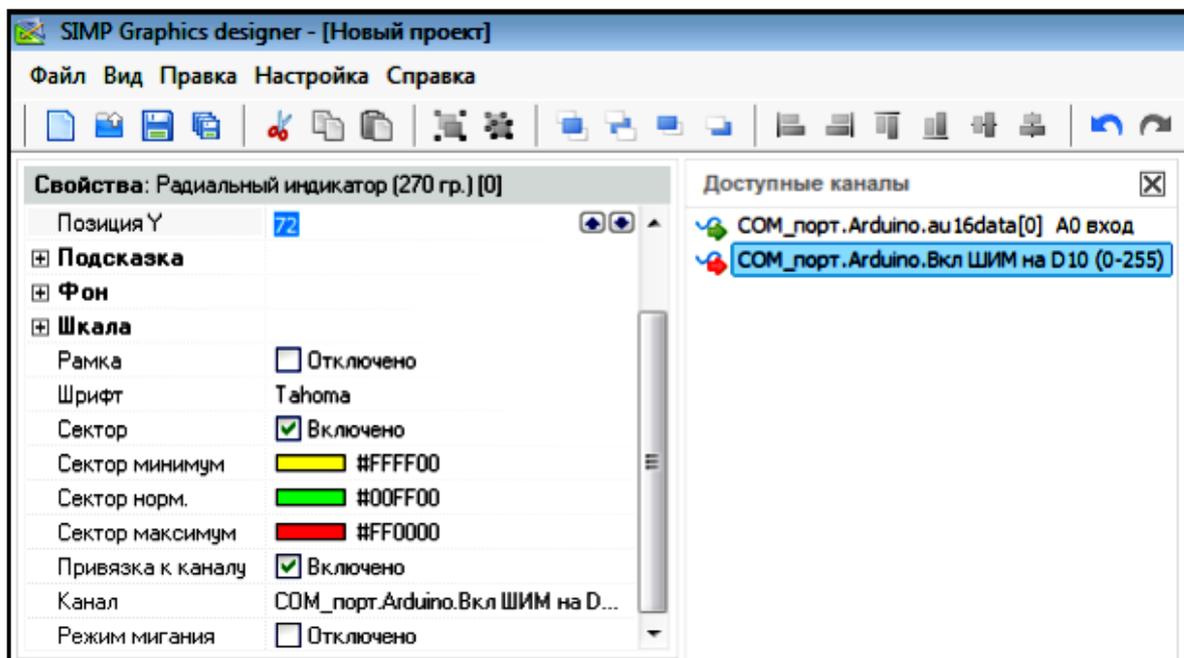


Рисунок 13. Вид фрагмента редактора мнемосхемы при привязке активного канала к элементу мнемосхемы

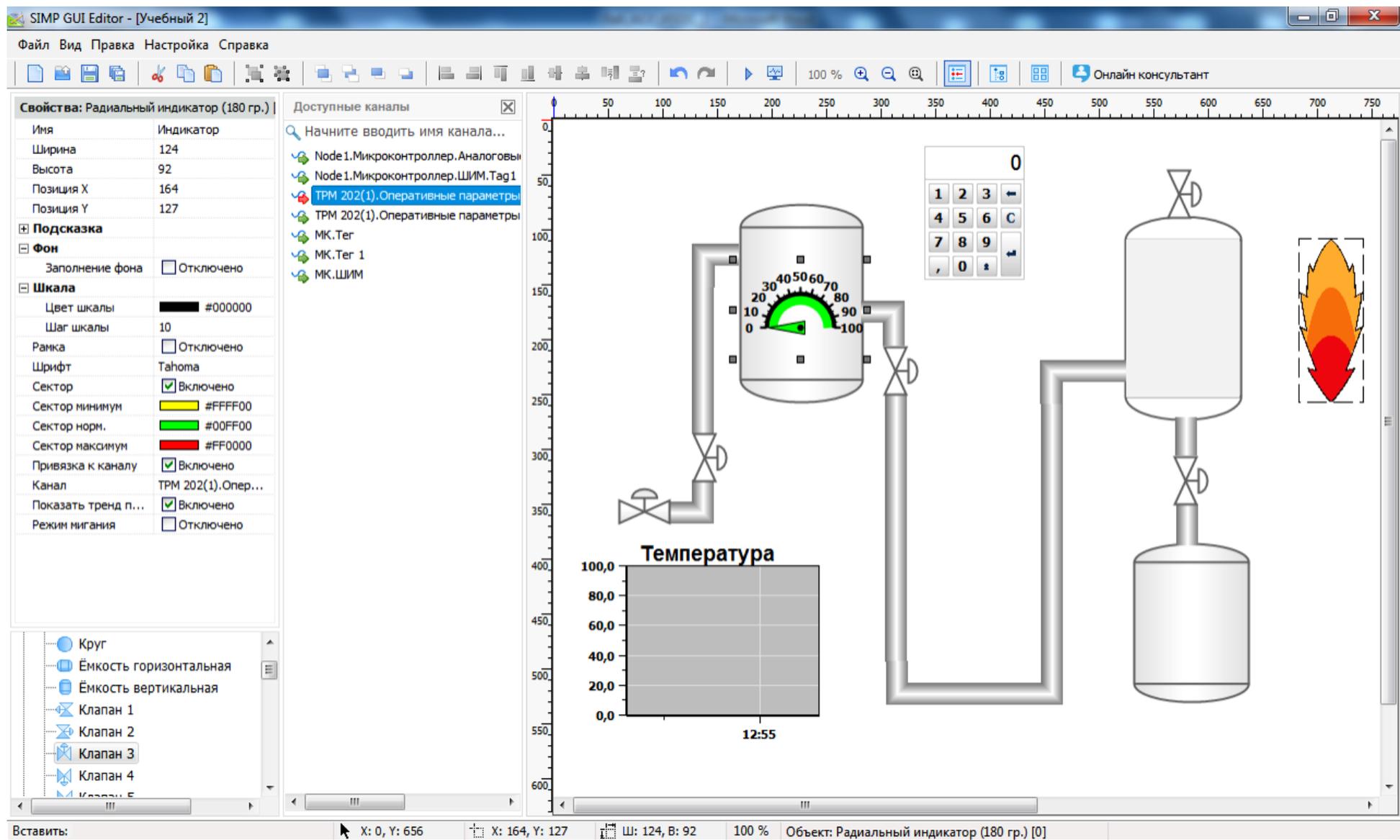


Рисунок 14. Контрольное задание

Далее:

1. Выделяем элемент на мнемосхеме. При этом на панели свойств графических компонент появляются все его доступные для редактирования свойства: размер, цвет фона и т.д.
2. Выделяем активный канал на панели «Доступные каналы».
3. Устанавливаем флаг в опции «Привязка к каналу».
4. Выполняем операции 2 и 3 для всех активных каналов.
5. Сохраняем изменения.
6. Через меню «Настройка» выполняем опцию «Запустить монитор».

После этих операций действия на мнемосхеме будут передаваться на подключенные контрольно-измерительные приборы, а информация с приборов передаваться на мнемосхему.

Замечание.

1. Следует учесть, что поступающая с внешних приборов информация фиксируется графическими компонентами расположенные в рубриках «Индикация» и «Тренды» на панели графических компонент. Это различного вида графические и цифровые индикаторы и графики.
2. Управляющие воздействия на внешние приборы-регуляторы осуществляются графическими компонентами расположенные в рубрике «Управление». К таким компонентам относятся слайдеры, кнопки и цифровые задатчики.

3. ЗАДАНИЕ

1. Собрать схему представленную на рис.15. Подключение устройств произвести согласно табл.1.

Таблица 1 – Подключение внешних устройств к плате Arduino Uno

Внешнее устройство	Контакт на внешнем устройстве	Контакт на плате Arduino Uno
Солнечная батарея	–	GND
	+	A1
Датчик примеси	GND	GND
	VCC	5 V
	A0	A0
Светодиод	– (черный провод)	GND
	+ (красный провод)	~11

Термопара ХА	– (черный провод)	Контакт 11 ТРМ202
	+ (красный провод)	Контакт 10 ТРМ202

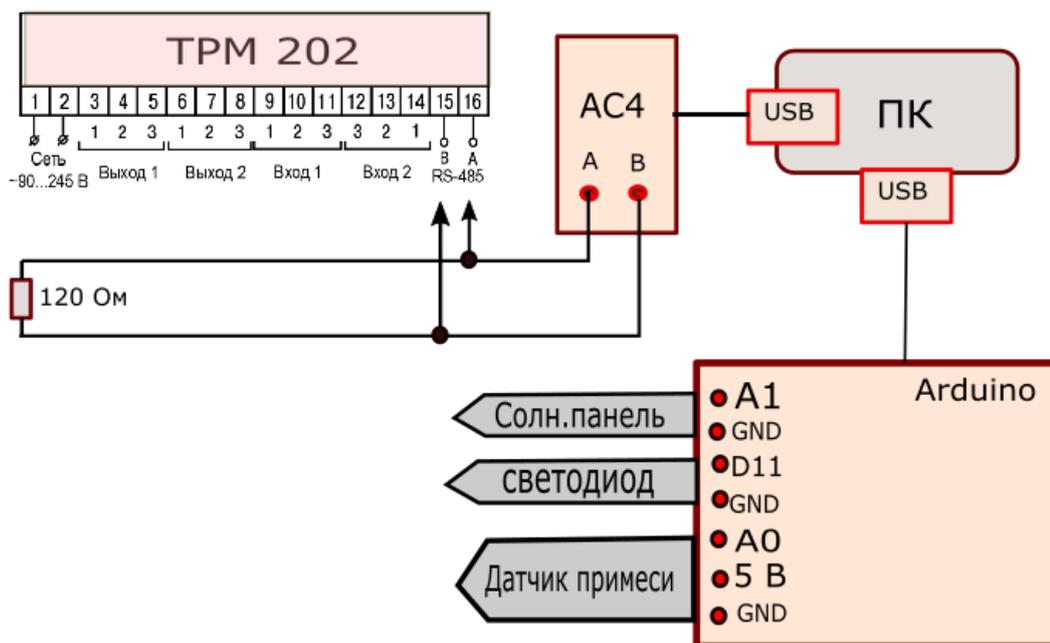


Рисунок 15. Схема подключения внешних устройств к компьютеру

2. Загружаем SCADA SIMP Light.
3. Настраиваем Modbus drive.
4. Создаем мнемосхему, представленную на рис.14.
5. Сопрягаем активные каналы с элементами мнемосхемы:
 - ШИМ с цифровой клавиатурой;
 - Вход 1 ТРМ202 с графиком температуры и радиальным индикатором;
 - Солнечную панель (как имитатор уровня) с индикатором уровня;
 - Клапана с ШИМ.
6. Добавьте на мнемосхему график для фиксации показаний датчика загрязняющих веществ.
7. Запускаем монитор.
8. В цифровой клавиатуре набираем значения $0 \div 255$ и наблюдаем изменение интенсивности светодиода;
9. При освещении солнечной панели – изменение уровня на емкости;
10. Нагреваем термопару. Фиксируем изменение температуры на графике и радиальном индикаторе.
11. Воздействуем на датчик примеси парами летучего углеводорода и фиксируем на графике наличие загрязнения воздуха.

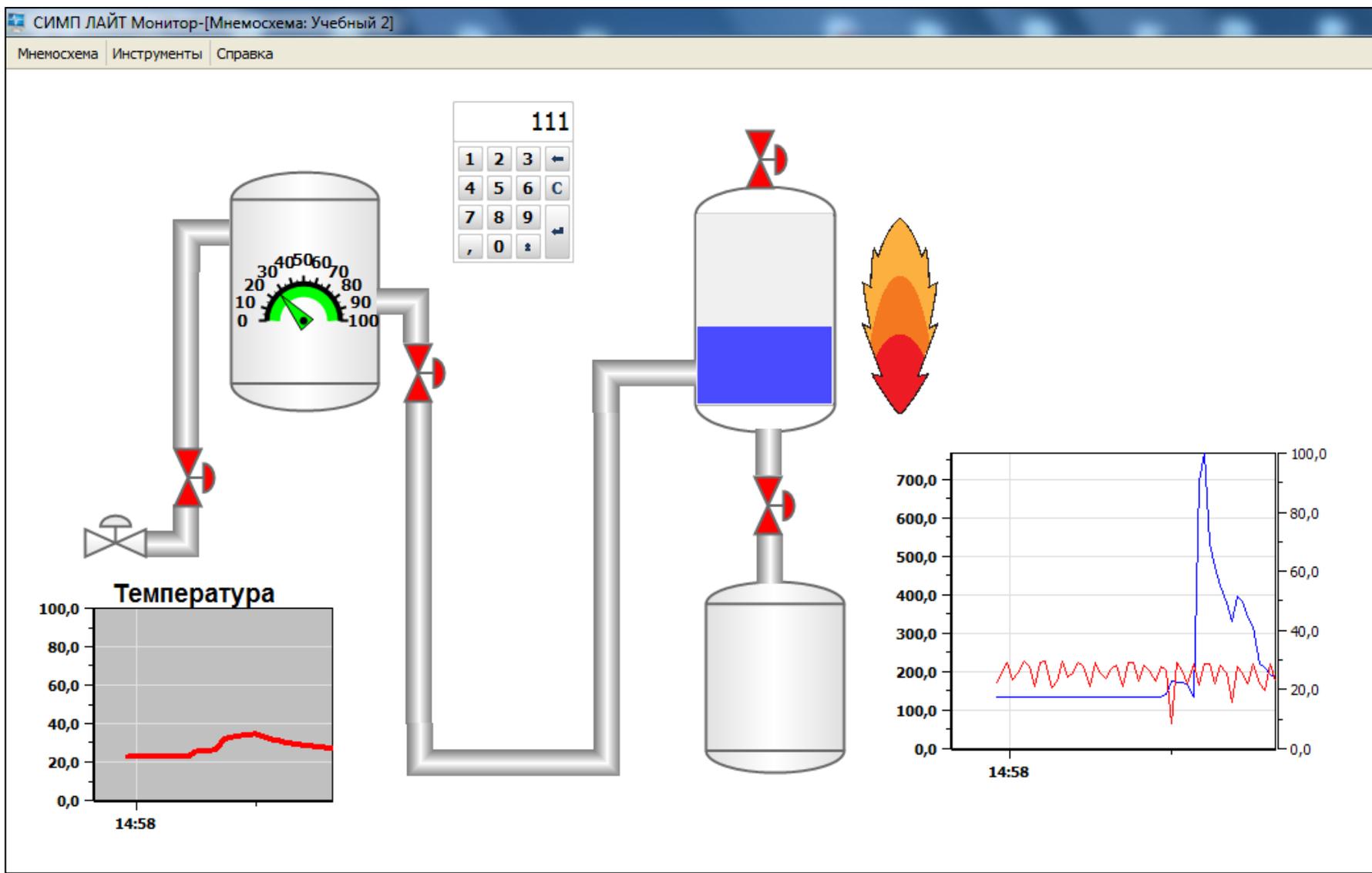


Рисунок 16. Вид мнемосхемы в рабочем состоянии

Контрольные вопросы.

1. Расшифруйте понятие SCADA.
2. В чем отличие использования OPC сервера и Modbus driver.
3. Дайте определение человеко-машинному интерфейсу.
4. Каким образом подается сигнализация об аварийной ситуации?
5. Для какой программы SCADA является клиентом?
6. Перечислите задачи решаемые SCADA.
7. Какие подсистемы содержит SCADA?

Список рекомендованной литературы

1. Гаврилов, А. Н. Системы управления химико-технологическими процессами. Часть 2 : учебное пособие / А. Н. Гаврилов, Ю. В. Пятаков. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2014. — 200 с. — ISBN 978-5-00032-044-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/47451.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Документация по SCADA системе Simp Light. URL: https://simplight.ru/manual_next/redaktor-mnemoskhem/bystryy-start

3. MasterSCADA. http://www.masterscada.ru/?additional_section_id=141

4. Фёдоров А.Ф., Кузьменко Е.А. Системы управления химико-технологическими процессами. Учебное пособие. Электронная ознакомительная версия.- Томск: Изд. ТПУ, 2009, - 217с (http://edulib.pgta.ru/els/su_himiko-tehn_processami.pdf)

5. Беспалов А.В., Харитонов Н.И. Системы управления химико-технологическими процессами. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. - 690 с.

6. ГОСТ 21.208—2013. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2016. – 18 с.

Internet-ресурсы

(сайты производителей приборов и программного обеспечения)

1. <http://www.insat.ru/>
2. <http://www.owen.ru/>

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
для практических занятий по дисциплине
«Системы управления и контроля технологическими процессами»

Составители:

Шаповалов Валерий Васильевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии и охраны окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ»;

Горбатко Сергей Витальевич – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной экологии и охраны окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ».

Ответственный за выпуск:

Шаповалов Валерий Васильевич – заведующий кафедрой «Прикладная экология и охрана окружающей среды» ГОУВПО «ДОННТУ», доктор химических наук, профессор