

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
1. ВВЕДЕНИЕ. СТРУКТУРА И СОСТАВ ИСПУ. МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ.....	6
1.1. Термины и определения .....	6
1.2. Общие сведения ИСПУ .....	6
1.3. Проводная радиосвязь.....	8
1.3.1. Технология Ethernet .....	8
1.3.2. Интерфейс UART .....	9
1.3.3. Интерфейс RS-485 .....	9
1.3.4. Интерфейс SPI.....	9
1.3.5. Интерфейс I2C.....	10
1.3.6. Интерфейс 1-Wire.....	11
1.3.7. Протокол Modbus.....	11
1.4. Беспроводная радиосвязь.....	11
1.4.1. Технология Wi-Fi .....	12
1.4.2. Беспроводная локальная сеть Bluetooth .....	12
1.4.3. Инфракрасная связь .....	12
2. ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ.....	13
2.1. Scada-система Trace Mode 6 .....	14
2.2. Программирование на языке Техно ST. Особенности языка.....	15
2.3. Практическое занятие 1. Создание проекта диспетчеризации с применением компонентов визуализации: «Текст», «Стрелочный прибор», «Кнопка» и «Тренд». Привязка каналов к аргументам экрана.....	20
Задания для самостоятельной работы .....	28
2.4. Практическое занятие 2. Знакомство со свойствами элемента «Линия». Создание графических объектов. Тиражирование .....	29
Задания для самостоятельной работы .....	33
2.5. Практическое занятие 3. Программирование на языке Техно ST .....	34
Задания для самостоятельной работы .....	37
2.6. Практическое занятие 4. Работа с базами данных.....	37
Задания для самостоятельной работы .....	42
2.7. Практическое занятие 5. Создание и настройка отчетов тревог .....	42
Задания для самостоятельной работы.....	49
3. ПРИМЕРЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ SCADA-СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ .....	49
3.1. SCADA TRACE MODE в АСУ ТП насосно-фильтровальной станции «Костромаводоканал».....	49
3.2. MasterSCADA в типовой АСУ котельных городских теплосетей и предприятий .....	50
Библиографический список.....	52

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Данные методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе составлены в соответствии с рабочими программами дисциплин Дистанционное управление технологическими процессами и производствами (15.03.04), Дистанционное управление техническими системами (27.03.04), Диспетчеризация промышленных зданий (15.03.04), Диспетчеризация жилых и общественных зданий (27.03.04) для обучающихся по образовательным программам бакалавриата в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет».

Автоматизация технических систем и процессов с их одновременным дистанционным контролем, управлением и учетом касается отраслей промышленности и народного хозяйства, связанных с обеспечением, распределением и потреблением энергоресурсов — электричества, тепла, воды, нефти, газа и т.д.

В методических указаниях основное внимание уделено вопросам реализации автоматизированных управляющих систем диспетчеризации производственных и технологических процессов на базе существующих проводных и беспроводных технологий радиосвязи. Приведены примеры реализации систем ИСПУ с помощью SCADA-технологий и примеры существующих внедренных систем. Дан список рекомендуемой учебной, научной и нормативной литературы.

# 1. ВВЕДЕНИЕ. СТРУКТУРА И СОСТАВ ИСПУ. МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

## 1.1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Система** — это множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство.

В соответствии с ГОСТ 34.003–90:

**Автоматизированная система (АС)** — система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций [1].

**Автоматизированное рабочее место (АРМ)** — программно-технический комплекс АС, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. Примечание: видами АРМ, например, являются АРМ оператора-технолога, АРМ инженера, АРМ проектировщика, АРМ бухгалтера и др.

**Дистанционное управление (ДУ)** — это передача информации целевому объекту от оператора, если первый находится на значительном расстоянии, движется, т.е. передать сигнал напрямую не представляется возможным.

**Интегрированная автоматизированная система (ИАС)** — совокупность двух или более взаимосвязанных АС, в которой функционирование одной из них зависит от результатов функционирования другой (других) так, что эту совокупность можно рассматривать как единую АС.

**Интегрированные системы проектирования и управления (ИСПУ)** — программно-аппаратный комплекс, предназначенный для проектирования АСУТП и реализации его функций.

**Исполнительное устройство (ИУ)** — устройство для преобразования электрического сигнала, поступающего от АРМ в то или иное физическое воздействие.

**Комплекс средств автоматизации автоматизированной системы (КСА АС)** — это совокупность всех компонентов АС за исключением людей.

**Программное обеспечение автоматизированной системы** — это совокупность программ на носителях данных и программных документов, предназначенная для отладки, функционирования и проверки работоспособности АС.

**Технологический процесс (ТП)** — последовательность взаимосвязанных действий, необходимых для получения нужного результата.

## 1.2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ИСПУ

Автоматизация технических систем и процессов с их одновременным дистанционным контролем, управлением и учетом напрямую связана с развитием отраслей промышленности и народного хозяйства, обеспечивающих распределение и потребление энергоресурсов — электричества, тепла, воды, нефти, газа и т.д.

Важным фактором является и экономия этих ресурсов. Для этого реализуются законы, рекомендации, стандарты, правила, указания рационального их использования [2, 3], а также внедрение в хозяйство возобновляемых, альтернативных источников энергии [4].

На основе полученных результатов эталонного оценивания бюджетных учреждений России в методических рекомендациях [5] установлены целевые значения по снижению потребления ресурсов индивидуально для каждого учреждения в зависимости от имеющегося у него потенциала энергосбережения. Это позволит дифференцировать задания государственным учреждениям и не устанавливать для всех единые количественные требования.

Для выполнения установленных требований управляющим необходимо повысить энергоэффективность своих учреждений с помощью проведения мероприятий по внедрению современных средств обеспечения, распределения и потребления энергоресурсов. Для этого необходимо разработать и реализовать концепцию управления потреблением энергоресурсов,

одной из характерных черт которой является дистанционное управление системами, узлами и исполнительными механизмами, отвечающими за подачу и регулирование энергоресурсов.

Необходимость применения дистанционного управления системами и процессами показала и вспышка коронавирусной инфекции COVID-19. Когда правительства многих стран стали переводить своих граждан на дистанционный режим работы, многие отрасли не были готовы к такому — требовалось присутствие человека для управления, регулирования, контроля процессов, работы систем. Такие жесткие ограничения на работу предприятий и передвижение людей отразились на предприятиях выработки, распределения энергоресурсов [6]. Случились перебои с оборудованием, снизились качество и объем поставляемых ресурсов.

Современный мир высокотехнологичных и универсальных программных средств автоматизации, а также проводимые Правительством РФ реформы ЖКХ [7] заставляют постепенно заменять существующие, устаревшие средства регулирования учета энергоресурсов на современные, которые установлены для централизованного сбора данных учета, начиная с городов, предприятий, общественных и жилых зданий и заканчивая отдельными офисами и квартирами — инженерными объектами. Каждый из них должен как регулировать потребляемые энергоресурсы, так и вести их учет. При этом вся информация должна поступать в вычислительные центры, обрабатываться там. Данные о потреблении ресурсов, управление ими осуществляется в расчетном центре с помощью разработанного программного обеспечения. Оно включает в себя программы обработки больших объемов информации потребления ресурсов и программы диспетчеризации, необходимые для управления ресурсами по каналам связи — проводным и беспроводным.

Структурная схема ИСПУ изображена на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Структура ИСПУ

Человек–оператор — человек, трудовая деятельность которого заключается во взаимодействии с органами управления каким–либо процессом на основе его информационной модели.

Оператор — человек, выполняющий определенный круг действий, предписанный руководством посредством приема/передачи информации/команд на АРМ. Автоматизированных рабочих мест оператора может быть несколько. Все они объединены в промышленную сеть. Связь между АРМ и датчиками, входящими в ИСПУ, осуществляется с помощью протоколов и интерфейсов. Среди них выделяются:

- сетевая технология Ethernet с транспортными протоколами UDP и TCP;
- интерфейсы RS-485, UART, I2C, SPI и 1-Wire;
- протокол Modbus.

Кроме этого АРМ оператора может получать информацию от датчиков объекта управления с использованием каналов беспроводной радиосвязи:

- технологии Wi-Fi и Bluetooth;
- инфракрасной связи и др.

Датчики — устройства, предназначенные для преобразования технологических параметров в информационные показатели и обратно — температуры, влажности, вибрации, звука и т.д. Датчики преобразовывают физические величины в электрические, понятные АРМ. Датчики установлены на объекте управления.

По типу связи с вышестоящим уровнем в системе автоматизации различают:

1) аналоговые датчики, информация с которых передается в виде непрерывного аналогового сигнала;

2) цифровые датчики, информация с которых передается в цифровом виде по цифровым протоколам с использованием проводных интерфейсов передачи данных, указанным выше.

Объект управления (ОУ) представляет собой перечень оборудования, необходимого для реализации ТП. Оборудованием ОУ управляют исполнительные механизмы по разработанному алгоритму или оператор АРМ.

Разработка ИСПУ состоит:

1) в исследовании технологического объекта, процессов, протекающих в нем;

2) подборе датчиков и исполнительных механизмов, а также выборе каналов связи между датчиками и исполнительными механизмами ОУ ТП;

3) организации связи, определении протоколов и интерфейсов взаимодействия датчиков и исполнительных механизмов ОУ ТП;

4) разработке программного обеспечения для связи устройств ИСПУ;

5) проведения испытаний ИСПУ и вводе ее в эксплуатацию.

Когда технологический объект исследован и сформирован ориентировочный перечень датчиков и исполнительных механизмов рассматриваемого ОУ ТП, проектировщики приступают к выбору каналов связи входящих в ИСПУ систем и устройств. Как известно, существует проводная и беспроводная радиосвязь, каждая из которых обладает своими особенностями.

### **1.3. ПРОВОДНАЯ РАДИОСВЯЗЬ**

Проводная радиосвязь — это система связи, которая позволяет передавать сигнал радиовещания по проводам. Таким образом, может быть построена проводная сеть. В этом случае все устройства сети соединяются путем проводов и кабелей. Взаимодействуют между собой с помощью физических линий связи по различным технологиям, реализующим множество протоколов и интерфейсов связи.

#### **1.3.1. Технология Ethernet**

Является семейством пакетной передачи данных между устройствами для компьютерных и промышленных сетей. Пакет — определенный блок данных небольшого размера. Стандарт Ethernet является проводным соединением, когда все данные, передаваемые одним членом сети, одновременно доступны остальным. Для организации подобной сети у всех членов должны быть установлены сетевые платы, изображение которой приведено на рис. 1.2, *а*. Как правило, подобная сеть организована с помощью коммутаторов (Hub'ов, Switch'ей — другими словами, концентраторов, изображение которых приведено на рис. 1.2, *б*). Концентратор — сетевое устройство, предназначенное для объединения нескольких устройств Ethernet в общий сегмент сети [8, с. 21]. Это позволяет отправлять пакеты данных лишь до адресатов, что повышает скорость и безопасность работы в сети.

В сетевой технологии Ethernet существуют различные протоколы передачи данных. Среди них выделяются: UDP и TCP.

UDP является одним из основных протоколов транспортного уровня, расположенных непосредственно над IP. Он предоставляет прикладным процессам транспортные услуги, которые не многим отличаются от услуг, предоставляемых протоколом IP. Протокол UDP обеспечивает ненадежную доставку дейтаграмм и не поддерживает соединений из конца в конец. Другими словами, его пакеты могут быть потеряны, продублированы или прийти не в том порядке, в котором они были отправлены.



Рис. 1.2. Составные части сети стандарта Ethernet: *а* — сетевая плата; *б* — коммутатор

В стеке протоколов TCP/IP протокол TCP работает, как и протокол UDP, на транспортном уровне. Протокол TCP предоставляет транспортные услуги, отличающиеся от услуг UDP. Вместо ненадежной доставки дэйтаграмм без установления соединений он обеспечивает гарантированную доставку с установлением соединений между прикладными процессами в виде байтовых потоков. Протокол TCP используется в тех случаях, когда требуется надежная доставка сообщений. Большие возможности TCP даются не бесплатно. Реализация TCP требует большой производительности процессора и большой пропускной способности сети. Внутренняя структура модуля TCP гораздо сложнее структуры модуля UDP [8, с. 271].

### 1.3.2. Интерфейс UART

При передаче информации по интерфейсу UART используются два информационных провода:

«RX» — линия приемника;

«TX» — линия передатчика.

UART — полнодуплексный интерфейс, то есть приемник и передатчик могут работать одновременно, независимо друг от друга. За каждым из них закреплен порт — одна ножка управляющей микросхемы (микроконтроллера, ПЛИС). Порт приемника обозначают RX, передатчика — TX. Последовательной установкой уровней на этих портах относительно общего провода передается информация.

Типичный диапазон скоростей передачи данных: 2400...115 200 бит/с.

### 1.3.3. Интерфейс RS-485

Один из наиболее распространенных стандартов физического уровня связи модели OSI. Проводная сеть, построенная на интерфейсе RS-485, представляет собой соединенные с помощью витой пары микросхемы приемников и передатчиков. RS-485 — полудуплексный интерфейс: прием и передача идут по одной паре проводов с разделением по времени.

В основе интерфейса лежит принцип дифференциальной передачи данных. Это означает, что передача информации осуществляется по двум проводам, при этом передается один и тот же сигнал. Однако по одному проводу (обозначаемому, как правило, «А») идет оригинальный, а по второму («В») — инверсный сигнал.

Максимальная скорость связи по спецификации RS-485 может достигать 10 Мбит/с. Максимальное расстояние — до 1500 м. Если необходимо организовать связь на большем расстоянии, то можно использовать усилители (повторители сигнала).

### 1.3.4. Интерфейс SPI

Последовательный периферийный синхронный интерфейс передачи данных. Не поддерживает адресацию. Связь по интерфейсу SPI поддерживает только одного ведущего на шине, который устанавливает скорость обмена данными и другие параметры, такие как полярность и фаза тактирования. Обмен данными происходит в режиме полного дуплекса, что означает: устройства на шине могут одновременно передавать и принимать данные.

Информация передается по четырем проводам:

«SS» — выбор ведомого устройства. Иногда обозначается, как «CS» (chip select);

«MISO» — вход ведущего, выход ведомого;

«MOSI» — выход ведущего, вход ведомого;

«SCK» — сигнал тактирования.

Несмотря на то что интерфейс называется 4-проводным, для подключения нескольких ведомых понадобится по одному проводу SS для каждого ведомого (в полнодуплексной реализации). Сигналы MISO, MOSI и SCK являются общими для всех устройств на шине. Ведущий посылает сигнал SS для того ведомого, обмен данными с которым будет осуществляться [9].

Популярные варианты применения: микросхемы сдвиговых регистров (рис. 1.3, *а*), применяемые для подключения LED-индикаторов (рис. 1.3, *б*) к устройствам автоматизации.

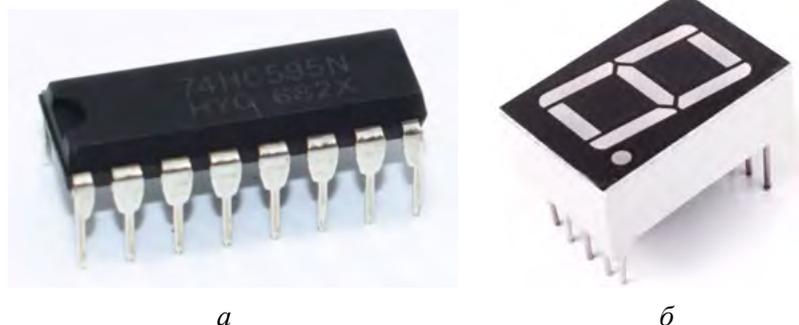


Рис. 1.3. Микросхема сдвигового регистра (*а*), подключаемая к семисегментному LED-индикатору (*б*)

### 1.3.5. Интерфейс I2C

Шина I2C является синхронной, так как отправка и чтение данных производится по тактам. В шине есть ведущий и один или несколько ведомых устройств. При этом как ведущий, так и ведомый могут выполнять роль и приемника, и передатчика информации. Однако только ведущее устройство может быть инициатором обмена. Обмен между двумя ведомыми устройствами невозможен. На одной двунаправленной шине может быть больше 100 устройств.

Для организации связи используются два провода:

«SDA» — линия данных, по которой передаются биты информации;

«SCL» — линия тактового сигнала. При поступлении такта сигнала ведомое устройство анализирует уровень входного сигнала: «0» или «1».

Примечание: при проектировании системы связи не стоит забывать об общем проводе — «GND».

Популярные варианты применения: модули часов реального времени (RTC), дисплейные модули, изображения которых приведены на рис. 1.4.



Рис. 1.4. Изображения модулей, использующих интерфейс I2C: *а* — модуль часов реального времени на микросхеме DS3231; *б* — дисплей LCD1602 с интерфейсным модулем I2C

### 1.3.6. Интерфейс 1-Wire

Интерфейс 1-Wire представляет собой двунаправленную шину связи для устройств с низкоскоростной передачей данных (обычно 15,4 Кбит/с, максимум 125 Кбит/с) [10].

Топология сети: общая шина. В этом случае к одному кабелю подключены все абоненты. Один из абонентов отправляет сообщение в сеть, которое принимают все абоненты, но обрабатывает лишь тот, кому оно адресовано.

Для организации связи используются два провода:

«OUT» — питающее и одновременно выходное напряжение в диапазоне от 0 до +5 В);

«GND» — общий провод.

Популярные варианты применения: датчики температуры DS18B20, изображение которых приведено на рис. 1.5.



Рис. 1.5. Датчик температуры DS18B20 в герметичном корпусе

### 1.3.7. Протокол Modbus

Протокол Modbus — протокол обмена данными в малых локальных сетях. Как правило, используется для передачи данных через интерфейсы RS-232, RS-485, RS-422, в сетях TCP/IP, UDP.

В сети Modbus устройства, как правило, соединены по топологии «общая шина», при этом в сети присутствуют ведущее и ведомые устройства. При этом главное устройство сети — ведущее, а один или несколько подчиненных устройств — ведомые. Взаимодействие происходит следующим образом: ведущее устройство формирует запрос с адресом ведомого устройства. Определив свой адрес в запросе, ведомое устройство формирует ответное сообщение ведущему. Обмен может быть инициирован только ведущим устройством.

Существует несколько протоколов Modbus-сети, среди которых выделяются [11]:

– Modbus ASCII — текстовый протокол. В нем используются только ASCII символы, где каждый байт передается как два шестнадцатеричных символа;

– Modbus RTU — числовой протокол, в котором данные передаются в двоичном виде.

Популярные варианты применения: организация промышленных сетей с программируемыми логическими контроллерами (ПЛК).

## 1.4. БЕСПРОВОДНАЯ РАДИОСВЯЗЬ

Беспроводная передача информации предусматривает взаимодействие между абонентами (электронными устройствами, модулями, компьютерами и т.п.) посредством инфракрасных и радиочастотных сигналов. Таким образом, может быть построена беспроводная сеть. При этом информационное обеспечение подобной сети представляет собой набор баз данных адресов и характеристик абонентов, находящихся на локальных устройствах — аппаратном

обеспечении сети. К нему могут относиться ноутбуки, персональные компьютеры, вычислительные станции и центры, коммутаторы, роутеры, а также сами устройства, содержащие приемники и передатчики радиосигнала — радиомодули.

#### 1.4.1. Технология Wi-Fi

Технология Wi-Fi является технологией беспроводной локальной сети, к которой подключены различные электронные устройства с возможностью беспроводного обмена информации — смартфоны, компьютеры, видеокамеры и т.д.

Как правило, в схему подобной сети входят несколько клиентов и как минимум одна точка доступа. Точкой доступа может быть Wi-Fi роутер, клиент сети. Также возможно подключение между собой двух клиентов сети «напрямую».

Скорость передачи информации может достигать до 11 Гбит/с, а в 2024 году по прогнозам может достичь уровня до 24 Гбит/с. [12].

#### 1.4.2. Беспроводная локальная сеть Bluetooth

Технология Wi-Fi является технологией беспроводной локальной сети, к которой подключены различные электронные устройства с возможностью беспроводного обмена информации — смартфоны, компьютерные мыши, наушники, клавиатуры, видеорегистраторы и т.д.

Дальность связи составляет от 10 м в старых версиях протокола и до 1500 м, начиная с версии Bluetooth 5 [13].

Отличительными особенностями данной сети являются низкий уровень энергопотребления и невысокая стоимость приемопередатчиков. Для осуществления связи в устройствах должен быть приемопередатчик [14]. Для установки модуля приемопередатчика на электронное устройство вполне подойдет относительно недорогой модуль HC-05, изображение которого приведено на рис. 1.6. Стоимость модуля — от 600 руб., ток потребления — 50 мА. Для работы с данным модулем предусмотрен интерфейс UART [15].

#### 1.4.3. Инфракрасная связь

Инфракрасная связь — передача данных с использованием инфракрасного (ИК) диапазона световых волн в качестве носителя информации. Является разновидностью атмосферной оптической линии связи ближнего радиуса действия.

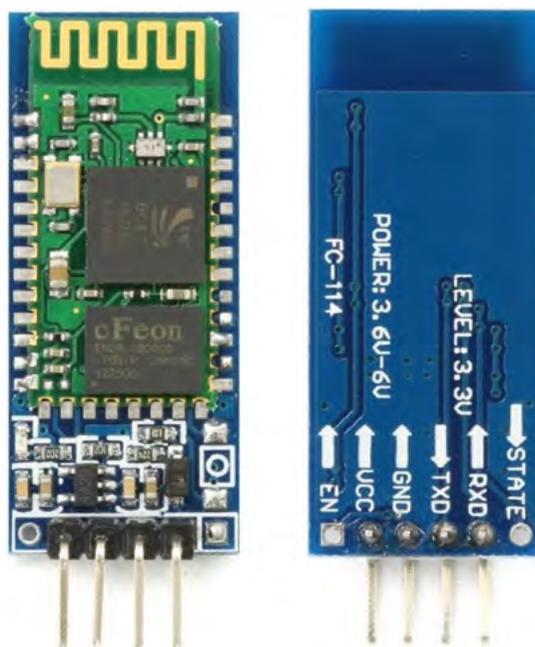


Рис. 1.6. Bluetooth-модули HC-05

В зависимости от применяемых в радиосвязи полупроводниковых диодов выделяются две группы ИК-связи [16]:

1 группа — системы до 1 км со скоростями до 20 Мбит/с;

2 группа — обеспечивает значительно бóльшие дальности передачи, в зависимости от погодных условий и требований к качеству канала, со скоростями до 622 Мбит/с (коммерческие системы) или до 10 Гбит/с (опытные системы).

Среди особенностей ИК-связи можно выделить:

- 1) зависимость расстояния и скорости передачи данных от атмосферных условий;
- 2) передача информации осуществляется узким прямым лучом;
- 3) низкая помехоустойчивость при воздействии сильных источников света.

Аппаратная реализация представляет собой пару из передатчика в виде светодиода и приемника в виде фотодиода, расположенных на каждой из сторон линии связи. Наличие и передатчика, и приемника на каждой из сторон является необходимым для использования протоколов гарантированной доставки данных. На рис. 1.7 приведены изображения приемника (модуль с реле) и передатчика (пульт дистанционного управления) ИК-связи.



Рис. 1.7. Реле с ИК-приемником и пультом дистанционного управления:  
*а* — на один канал; *б* — на четыре канала

Характеристика реле: способны коммутировать низко- и высоковольтную (до 220 В, 10 А) «нагрузку» при дальности связи до 100 метров на открытом пространстве [17].

Среди часто встречающихся применений ИК-связи выделяются: управление наручными часами со своего смартфона, связь устройств умного дома и многое др.

В последнее время ИК-связь была вытеснена технологиями передачи радиосигналов Wi-Fi и Bluetooth. Однако известны работы по созданию новых ИК-модулей со скоростями передачи данных, превышающими известные проводные и беспроводные стандарты связи [18].

## 2. ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Для реализации ИСПУ может быть использованы различные системы и технологии. Одними из наиболее популярных являются SCADA-системы, которые можно комбинировать с интернет-сайтами, мобильными приложениями и создавать смешанные системы.

SCADA-системы предназначены для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления. SCADA-система может являться частью ИСПУ АСУ ТП, системы мониторинга, автоматизации здания и т.д. SCADA-системы используются во всех отраслях хозяйства, где требуется обеспечивать операторский контроль технологических процессов и производств в режиме реального времени. Данное программное обеспечение устанавливается на ПК (или АРМ). Программный код может быть написан на одном из языков программирования либо сгенерирован в среде проектирования.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)