

# Информационно-управляющие системы для производителей электроники

Андрей Власов, к.т.н., доцент, руководитель лаборатории CALS технологий» МГТУ им. Н.Э. Баумана  
Александр Михненко, технический директор АО «Технологические системы»

*Управление современным предприятием не может быть эффективным без использования новых информационных технологий обеспечения руководителей производства необходимыми средствами оперативного управления финансово-хозяйственной деятельностью, оптимального планирования ресурсов, а также управления технологическими процессами, интегрированными в единую CALS-инфраструктуру.*

Аббревиатура CALS (Continuous Acquisition and Life Cycle Support, дословно — «непрерывность поставок продукции и поддержки ее жизненного цикла») впервые появилась в США в 1985 г., но тогда расшифровывалась как Computer Aided Logistic Support — компьютерная логистическая поддержка. Известны и другие расшифровки. В русскоязычной литературе обычно используется термин ИПИ (информационная поддержка изделий). Укажем, что CALS не является программным комплексом или технологией, но скорее, концепцией, способом организации информационной поддержки продукта за время его жизненного цикла.

Первая часть термина (Continuous Acquisition) означает постоянное повышение эффективности (развитие) как самого изделия, так и процессов взаимодействия между поставщиком и потребителем в течение всего жизненного цикла изделия (ЖЦ). Вторая часть термина (Life Cycle Support) обозначает внедрение новых организационных методик разработки изделия, например, параллельного проектирования или междисциплинарных рабочих групп. Это требует увеличения инвестиций на этапах создания и модернизации, но позволяет более полно учесть потребности заказчика и условия эксплуатации, что, в свою очередь, приводит к снижению затрат на этапах эксплуатации и обслуживания и, в конечном итоге, к сокращению затрат на весь ЖЦ изделия.

Основой концепции CALS является повышение эффективности процессов ЖЦ изделия за счет более эффективного управления информацией об изделии. Задачей CALS является преобразование ЖЦ изделия в высокоавтоматизированный процесс путем

реструктуризации (реинжиниринга) входящих в него бизнес-процессов.

CALS предусматривает однократный ввод данных, их хранение в стандартных форматах, стандартизацию интерфейсов и электронный обмен информацией между всеми участниками проекта.

Две основные проблемы стоят на пути повышения эффективности управления информацией. Во-первых, с увеличением сложности изделий и применением для их разработки компьютеризованных систем значительно увеличивается объем данных об изделии. При этом традиционные методы уже не позволяют обеспечивать точность, целостность и актуальность данных при сохранении приемлемых временных и материальных затрат. Во-вторых, увеличение количества разработчиков изделия (особенно в случае виртуального предприятия) создает серьезные проблемы при обмене информацией между участниками из-за наличия коммуникационных барьеров (например, из-за несовместимости компьютерных систем).

Для реализации концепции CALS необходимо использовать три группы методов, так наз. CALS-технологий:

1. Технологии анализа и реинжиниринга бизнес-процессов — набор организационных методов изменения способа функционирования предприятия с целью повышения его эффективности. Эти технологии позволяют корректно перейти от бумажного к электронному документообороту и внедрить новые методы разработки изделий.

2. Новые технологии представления данных — набор методов представления в электронном виде данных об изделии, относящихся к отдельным процессам ЖЦ изделия. Эти

технологии предназначены для автоматизации отдельных процессов ЖЦ и представляют собой первый этап создания единого информационного пространства (ЕИП).

3. Технологии интеграции данных об изделии — набор методов для интеграции автоматизированных процессов ЖЦ и относящихся к ним данных, представленных в электронном виде, в рамках ЕИП. Эти технологии относятся ко второму этапу создания ЕИП.

Современные предприятия имеют, как правило, распределенную структуру, состоящую из центрального предприятия и удаленных от него предприятий-смежников и офисов, управление и взаимодействие с которыми возможно только с помощью распределенной информационно-телекоммуникационной сети, использующей современные аппаратно-программные средства и информационные технологии.

Общую структуру такого предприятия можно условно разделить на три уровня.

На первом уровне находится информационный центр и взаимодействующая с ним локальная вычислительная сеть (ЛВС) головного предприятия.

Второй уровень образуют коммуникационная система и подсистема обеспечения безопасности. Сюда входят сервер безопасности (коммуникационный сервер) с обслуживающей рабочей станцией, маршрутизаторы, АТС, каналообразующее и другое оборудование, необходимое для взаимодействия между элементами системы как внутри предприятия, так и вне его.

На третьем уровне находятся информационные системы филиалов,



Рис. 1. Этапы жизненного цикла изделия и логистическая цепь

а также удаленные объекты, работоспособность которых обеспечивается данной АИС. В общем случае, аппаратные и программные средства информационных систем предприятий должны быть унифицированы между собой и аппаратно-программными

средствами информационного центра головного предприятия. Это упрощает эксплуатацию системы в целом, ускоряет и упрощает документооборот, сокращает непроизводительные издержки на информатизацию организационной деятельности. Основ-

ные этапы жизненного цикла изделия и соответствующие элементы логистической цепи иллюстрирует рисунок 1.

Цель технологической подготовки производства на предприятии — организация эффективного процесса изготовления продукции с наименьшими затратами и высоким качеством, для чего технолог нуждается в получении требуемой оперативной и качественной информации о состоянии процессов в сфере его деятельности. На этапе технологической подготовки производства осуществляется разработка технологии изготовления изделий, подготовка инструмента и приспособлений для производства, подготовка программ для станков с ЧПУ по спроектированным технологиям.

**Анализ движения информационных и материальных потоков на радиотехническом предприятии**

Помимо хранения и обеспечения доступа пользователей к конструкторской и технологической документации, задачей информационно-уп-

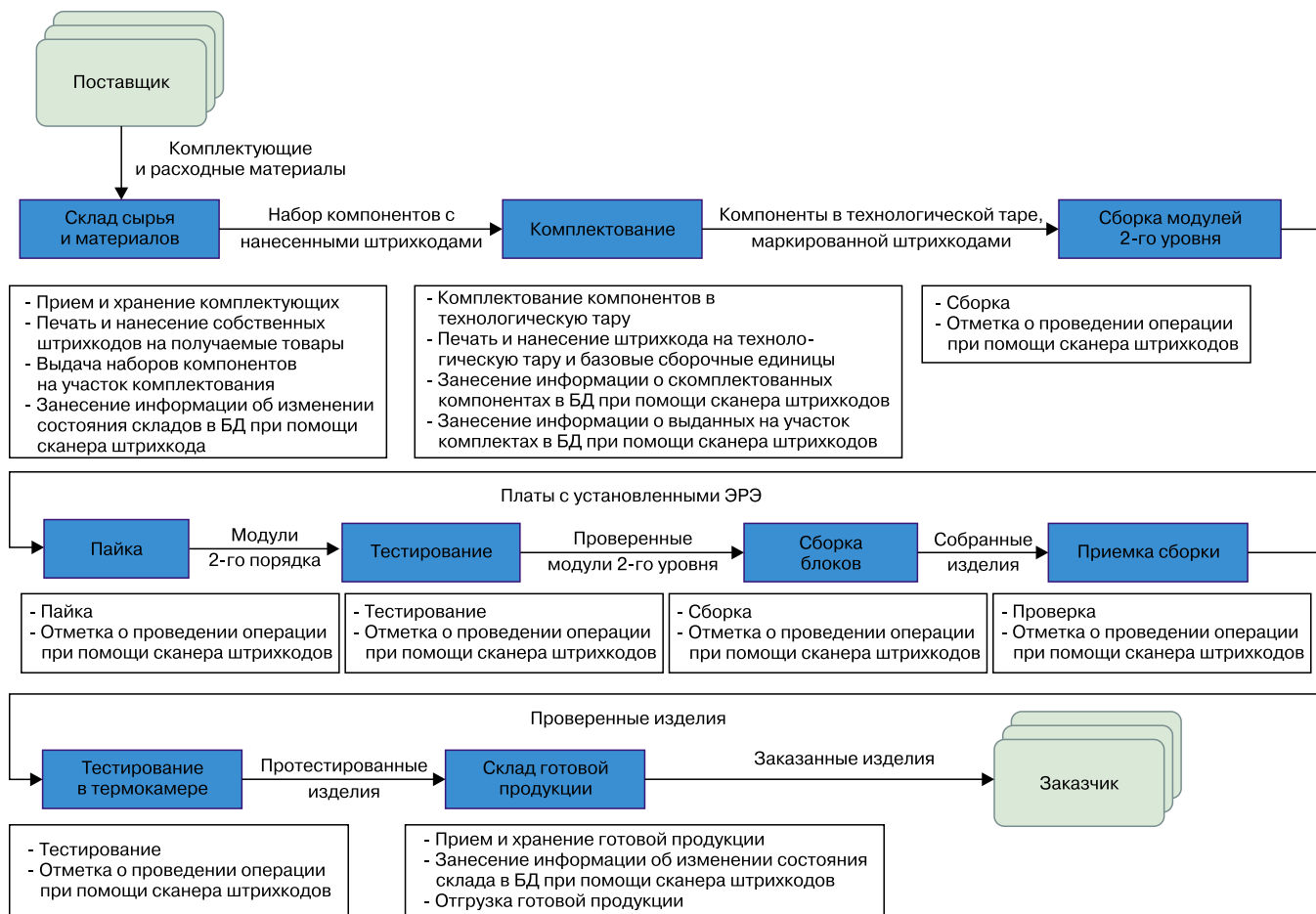


Рис. 2. Пример движения материальных потоков на этапе производства

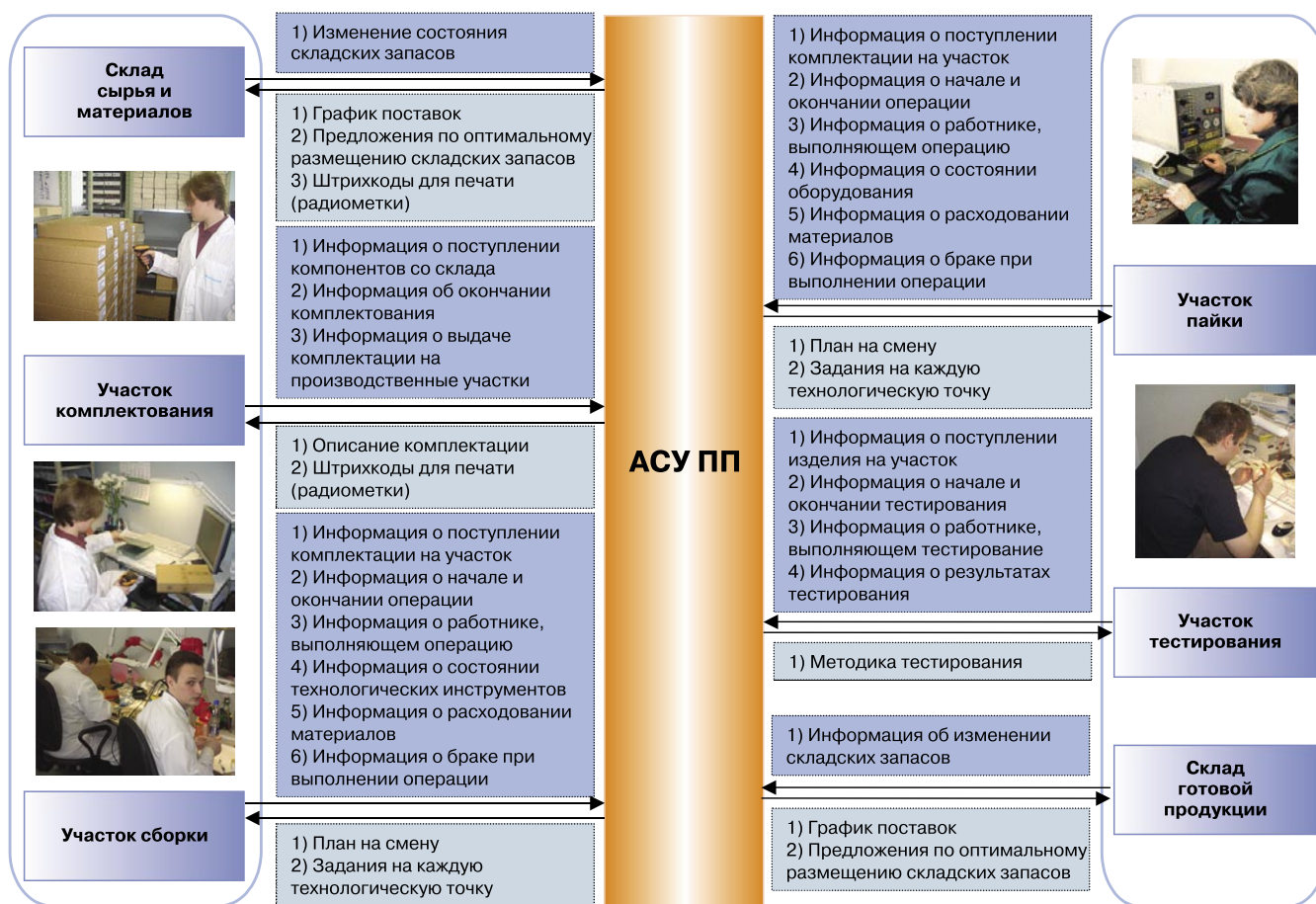


Рис. 3. Информационные потоки предприятия

правляющей системы предприятия ИУС ПП является контроль производственных процессов. На рисунке 2 показан пример движения материальных потоков на этапе производства, когда происходит не только их перемещение с одного производственного участка на другой, но и изменение их состояния после каждой операции. Например, при сборке модулей 2-го уровня на участок поверхностного монтажа в технологической таре приходят электронные компоненты, материалы, и печатные платы, а после окончания монтажа на участок пайки отправляются модули 2-го уровня.

Изменение состояния изделия — один из важнейших параметров, который должна контролировать ИУС ПП, причем результаты контроля при реализации комплексной автоматизации предприятия используются не только техническими службами или дирекцией для оценки объемов выполненных работ, но и финансовыми службами, которые готовят отчетность, в том числе, для налоговых органов. Очевидно, ИУС

ПП должна следить за каждым компонентом на всех этапах жизненного цикла изделия от поступления на склад сырья и материалов и заканчивая отгрузкой со склада готовой продукции, а также хранить информацию о нем в течение всего срока эксплуатации изделия.

Для решения этой задачи требуется «привязать» конструкторские и технологические документы к изделию и вводить подробную информацию о проведении каждой операции в базу данных (БД). Тогда после изготовления изделия можно будет просмотреть полный перечень входящих в него компонентов с подробной информацией о них вплоть до даты поставки на склад сырья и материалов. Помимо этого, в системе будут храниться данные о техпроцессе, гораздо более полные, чем в привычной технологической документации, т.к. ИУС ПП учитывает не только последовательность операций, выполненных при изготовлении изделия, но и данные о работниках, выполнявших каждую операцию, и времени установки ЭРЭ

на плату. Обработка этой информации может существенно облегчить выявление нарушений технологических процессов и облегчить работу службе главного технолога и службе качества.

На рисунке 3 представлено движение информационных потоков между отдельными производственными участками и ядром ИУС ПП, от внедрения которой существенно выигрывают, в первую очередь, склады предприятия, т.к. их работники получают возможность заниматься материальными ресурсами, значительно снижая затраты времени на подготовку отчетности (приходных и расходных ведомостей и ведомостей инвентаризации). Помимо этого на склады поступает информация от других подсистем о графике поставок и отгрузок, которая позволяет подготовить комплектацию или места для хранения изделий заранее. Информация о текущем состоянии складов становится доступной на всех участках, где она необходима, т.к. в систему постоянно поступает информация о поставках и списании складских запасов.

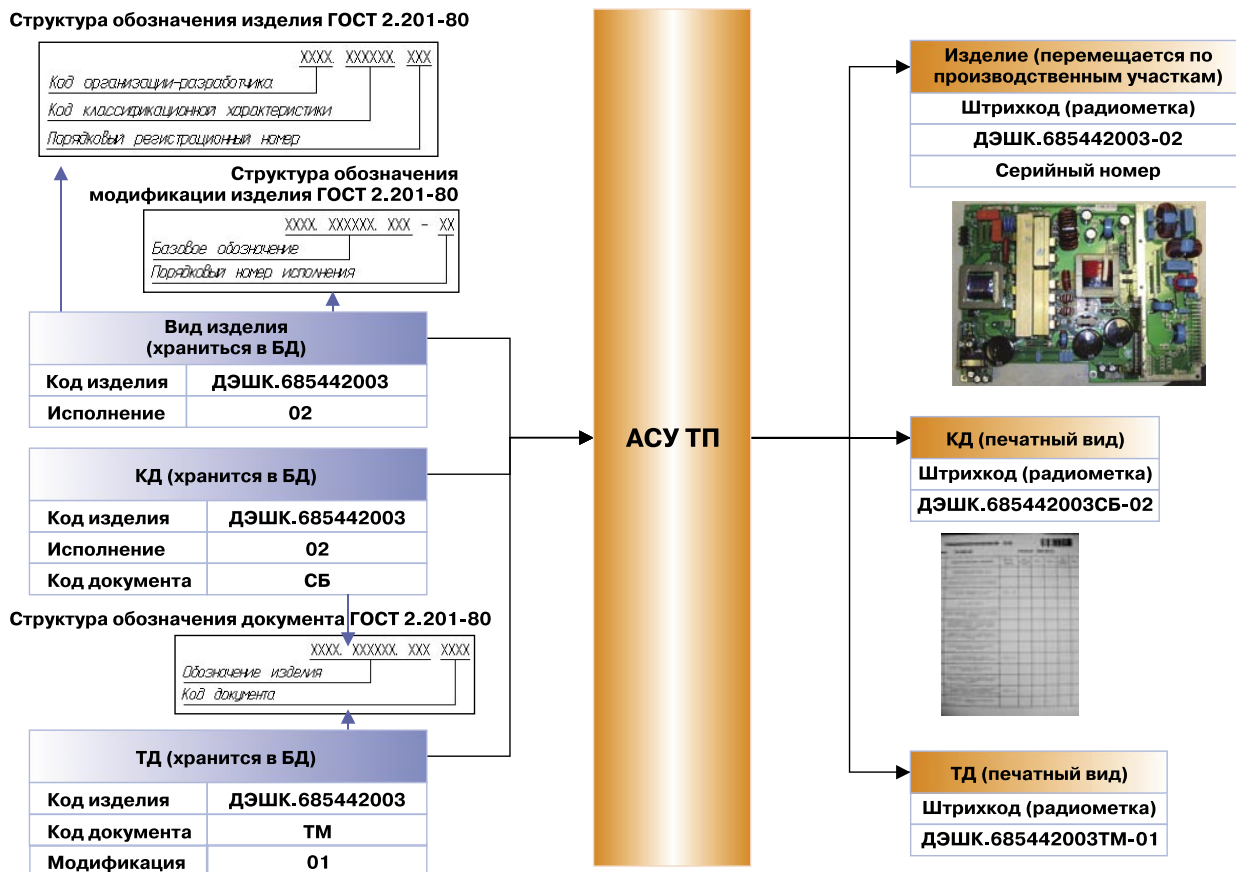


Рис. 4. Связи объектов с информационной системой

На участке комплектования при внедрении ИУС ПП производительность труда также возрастает, т.к. заблаговременное поступление информации о комплектации на основе предварительного планирования производства позволяет подготовиться к получению комплектации со склада и выдаче на производственные участки необходимых комплектующих в технологической таре. В систему заносится информация о всех фазах комплектования, таким образом, всегда можно оценить время начала и окончания работ.

На участки сборки, пайки и тестирования система предоставляет информацию о плане работ на различные периоды, и подробную технологическую документацию на каждое рабочее место для проведения операции. С участков в систему поступает информация о ходе работ, на основании которой службы контроля производства могут оценивать отклонения от плана.

**Оптимизация технологических процессов**

Ранее было показано, что с помощью САПР ТП возможно проекти-

ровать оптимальные по какому-либо критерию технологические процессы. Основным критерием для выбора варианта ТП обычно являются затраты, т.е. себестоимость данного ТП. Оптимальным назовем вариант технологического процесса, имеющий минимальную величину себестоимости. Множество допустимых вариантов может содержать сотни и тысячи возможных решений, поэтому задача оптимизации ТП является весьма трудоемкой и сложной задачей, которую технолог решить не в состоянии. Поэтому разработка технологических процессов, если она носит субъективный характер, сильно зависит от опыта и квалификации технолога-разработчика. От качества ТП во многом зависит прибыль предприятия, поэтому задача их оптимизации является весьма актуальной.

Типизация технологических решений применительно к условиям предприятия позволяет резко сократить количество генерируемых вариантов за счет использования лишь вариантов наиболее вероятных и прогрессивных для данного предприятия. Чем выше

типизация решений, тем легче генерацию решений заменить их выбором и, следовательно, ускорить проектирование.

Если система оценок на каком-либо уровне слабо формализована, то необходимо вмешательство технолога в процесс автоматизированного проектирования, что дает возможность осуществления направленного поиска оптимального варианта, учитывающего оперативную обстановку на предприятии. При этом, однако, в процесс проектирования вносится субъективный фактор.

Выигрыш в объемах и качестве информации, которая может быть предоставлена ИУС ПП, достигается только при своевременном вводе в систему достоверной информации. Таким образом, основная проблема на пути реализации достоинств ИУС ПП состоит в обеспечении своевременного и безошибочного ввода информации об изделии на всех этапах производственного цикла. При ручном вводе информации возможны ошибки, которые, накапливаясь в системе, сведут все ее преимущества

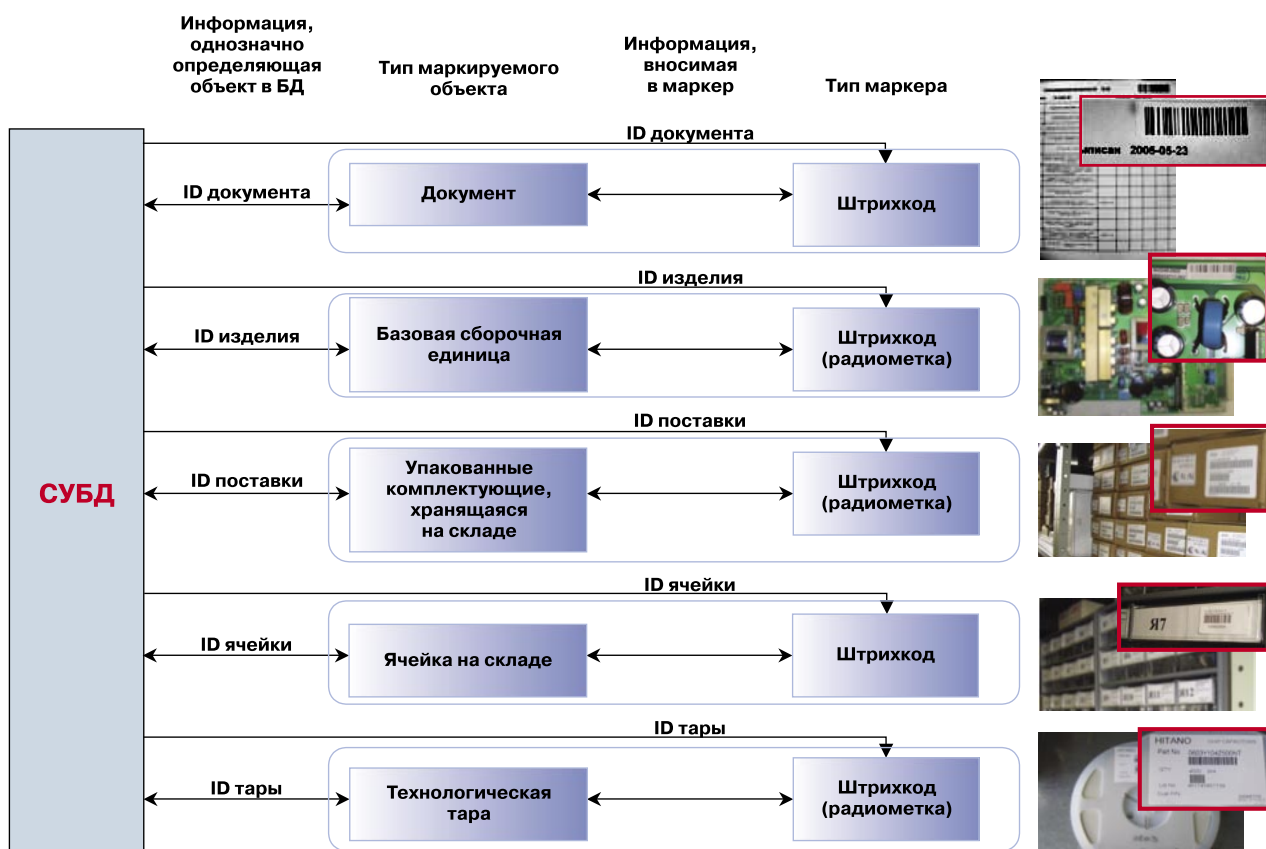


Рис. 5. Идентификация маркированных объектов

к нулю. Поэтому информация в системе должна по возможности вноситься автоматически или полуавтоматически.

Сегодня во всем мире наибольшее распространение получили две технологии маркировки изделий: штрихкодирование и радиочастотная идентификация. Их применение существенно снижает ошибки при вводе информации и упрощает работу пользователя системы.

**Типы маркируемых объектов**

Помимо документов на предприятии необходимо отслеживать следующие объекты:

- базовые сборочные единицы или изделия;
- технологическую тару для комплектации ЭРЭ и материалов;
- комплектующие;
- складские ячейки.

Для контроля эти объекты необходимо однозначно идентифицировать в системе, присвоив каждому из них свой уникальный номер, отличающийся от других подобных объектов. Базовые сборочные единицы и изделия контролируются аналогично до-

кументам, т.е. их номер формируется на основании ГОСТ 2.201-80, но, кроме этого, добавляется еще серийный номер изделия. Этой информации достаточно, чтобы однозначно идентифицировать изделие в системе. Присвоенный номер необходимо хранить в БД и нанести на объект, для того чтобы по нему можно было получить полную информацию об изделии.

Для идентификации складских ячеек в системе используют двенадцатизначную структуру, где первые четыре цифры означают номер прохода, следующие четыре цифры — номер стеллажа, и последние четыре цифры — номер ячейки. Для комплектующих, хранящихся на складе, используют номер поставки, присвоенный ей при занесении информации в БД.

Технологическую тару маркируют девятизначным числом, где первые три цифры — тип тары, последующие 6 цифр — порядковый номер.

На рисунке 4 изображена схема, показывающая связь между объектом и его информационной моделью хранящейся в БД, на рисунке 5 показан механизм идентификации маркированных объектов.

**Методы кодирования информации**

Один из наиболее распространенных методов кодирования информации — штрихкодирование, широко применяемое в различных отраслях хозяйства. Его целью является преобразование данных в формат, легко воспринимаемый компьютером. На рисунке 6 представлена классификация методов штрихкодирования.

Штриховым кодом или бар-кодом называют графическое представление некоторой последовательности цифр (и букв) в виде полосок или штрихов. Цифры, на основании которых строится указанное представление, называются цифровым эквивалентом штрихового кода. Программы получения изображения штрихового кода на основании заданных знаков называются генераторами штрихового кода. Если поднести к изображению штрихового кода специальное считывающее устройство — сканер, соединенный с компьютером, программа вновь воспроизведет из штрихов исходный цифровой эквивалент. Эти данные будут сразу введены в компьютер без помощи клавиатуры.



Рис. 6. Классификация методов штрихкодирования

Штрихкоды принято классифицировать по следующим признакам.

1. **Многомерность.** Существуют одномерные и двумерные штрихкоды. Одномерные штрихкоды (см. рис. 7) наиболее распространены. К ним относятся коды, в которых чередуются штрихи и пропуски. К их достоинствам можно отнести простоту изготовления и считывания, а к основным недостаткам — малый объем кодируемой информации.

Двумерные штрихкоды (далее 2D) — более свежие разработки в области штрихового кодирования (см. рис. 8). Они также кодируют данные вертикальными штрихами и пропусками, но позволяют увеличить объем кодируемой информации за счет расположения штрихкодов одного над другим. Эти штрихкоды обеспечивают разумную плотность и средний объем информации (до 144 символов), а

также и коррекцию ошибок, что позволяет правильно считывать даже частично поврежденные штрихкоды. Оборудование для работы с двумерными штрихкодами довольно дорого.

2. **Наличие контрольного разряда.** Для повышения достоверности считываемой информации и исключения ошибок, связанных с порчей этикетки, в некоторых типах штрихкодов используется контрольный разряд, добавляемый к основной информации для получения контрольной суммы.

3. **Виды допустимых символов.** Штрихкоды различаются по типу кодируемой информации. Одни из них допускают кодирование только цифр, другие — латинских букв, третьи кодируют множество символов, включая кириллицу.

4. **Направление считывания.** Информация со штрихкода может быть считана как с одной стороны, так и с

обеих. Большинство широко используемых штрихкодов являются двунаправленными, это позволяет пользователю не задумываться о том, какой стороной повернут код при считывании, что существенно сокращает ошибки при вводе данных.

**Обоснование выбора метода маркировки объектов**

Выбор метода маркировки объектов зависит от многих факторов. Исходя из данных, которые должны быть нанесены на объекты, можно составить требования к маркировке объектов:

- буквенно-цифровая информация (допустимы кириллические символы);
- переменная длина данных;
- контролепригодность, т.к. с объектами обычно работают много людей.

Этим требованиям соответствует несколько стандартов одномерных штрихкодов, почти все двумерные штрихкоды и все радиочастотные метки.

Количество информации, вносимое в метки, не превышает 20 символов, поэтому двумерный штрих код в данном случае будет избыточными.



Рис. 7. Образец одномерного штрихкода



Рис. 8. Образец двумерного штрихкода

Радиочастотную идентификацию удобно использовать при отслеживании перемещения объектов на производстве и складах, чтобы исключить вмешательство человека в систему, но у этой технологии есть существенные ограничения для применения ее на радиотехническом предприятии. Одним из них является достаточно большой размер радиометок, который не позволяет маркировать небольшие модули 2-го уровня. Помимо этого усложняется отметка о выполнении операций: если вблизи считывателя будут находиться несколько радиометок, то возникнет проблема выбора между ними. В подобных случаях используют комбинированную систему, когда на радиометку наносится штрихкод. Требованиям производства вполне удовлетворяет штрихкод системы Code128 (см. рис. 9) — одномерный двунаправленный код переменной длины, который позволяет отобразить 128 знаков ASCII.

**Система радиочастотной идентификации**

Система состоит из трех основных компонентов: считывателя (ридера), метки (тэга) и компьютерной системы обработки данных. Считыватель имеет прямо-передающее устройство и антенну, которые посылают сигнал к метке и принимают ответ; микропроцессор, который проверяет и декодирует данные; а также память, которая сохраняет данные для последующей передачи, если это необходимо. Основные компоненты метки — антенна и интегральная схема, хранящая идентификационный код, другие данные и управляющая связью со считывателем. Метка воспринимает сигнал от считывателя и начинает передавать данные, сохраненные в его памяти, обратно. Поскольку радиосигнал легко проникает через неметаллические материалы, не требуется контакт или прямая видимость между считывателем и меткой, которая может быть скрыта внутри объекта, подлежащего идентификации.

Метки бывают активными или пассивными. Активные метки работают от присоединенной или встроенной батареи, они требуют меньшей мощности считывателя и, как правило, имеют большую дальность чтения. Пассивная метка функционирует без источника питания, получая энергию

из сигнала считывателя. Пассивные метки меньше и легче активных, менее дороги, имеют фактически неограниченный срок службы. Активные и пассивные метки могут быть только для чтения, с чтением-записью и однократно записываемыми, данные в которые могут быть занесены пользователем.

Структура системы радиочастотной идентификации представлена на рисунке 10.

Антенны, излучающие радиосигналы, которые должны активировать RFID-метку и записать или считать данные с нее, могут быть встроены в дверь, ими может быть оборудован проезд, ворота склада, фургон грузового автомобиля и т.д. Считыватели будут получать данные с меток, которые находятся на вещах или у людей, проходящих через зону действия антенны. Можно установить несколько антенн в отдельной зоне охвата, тогда гарантируется выполнение функций во всей области охвата.



Рис. 9. Образец кода в формате Code 128

Когда метка попадает в электромагнитную зону, она отвечает на сигнал считывателя, который расшифровывает данные и отправляет их на связующее ПО. Считыватели могут поддерживать связь посредством различных интерфейсов. Это может быть либо сетевой компьютер, либо сетевое устройство, работающее по протоколу RS-232.

**Классификация радиометок**

Радиометки можно классифицировать по нескольким основным признакам (см. рис. 11).

Активные метки работают от присоединенной или встроенной батареи, они требуют меньшей мощности считывателя и, как правило, имеют боль-

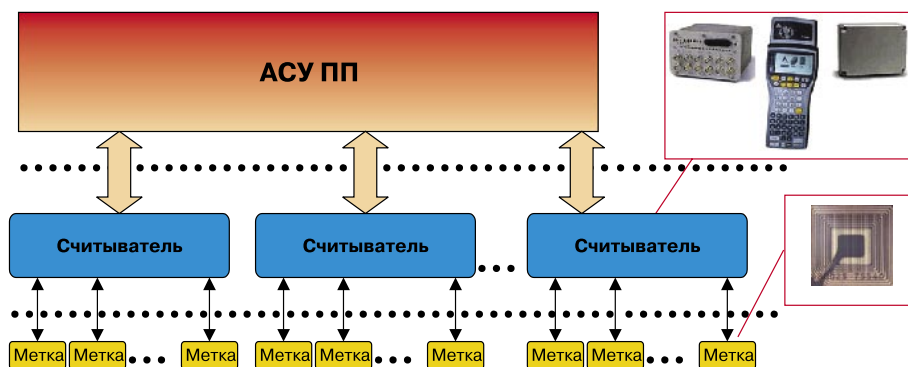


Рис. 10. Структура системы радиочастотной идентификации

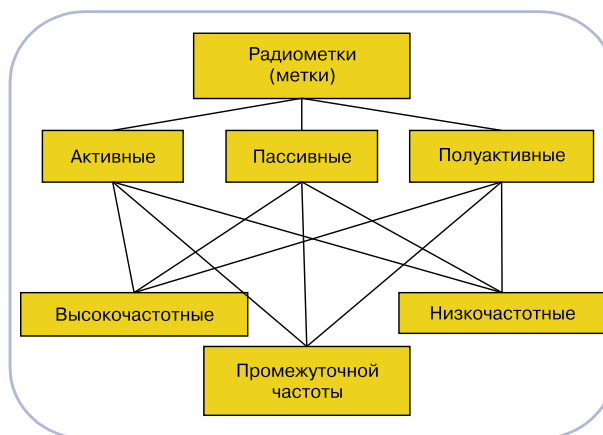


Рис. 11. Типы радиометок

Таблица 1. Основные параметры радиометок

	Активные	Пассивные	Полупассивные
Функциональные возможности	Только чтение, чтение/запись	Только чтение, чтение/запись	Только чтение, чтение/запись
Частота	132 кГц/433 МГц/2,45 ГГц чтение/запись	125 кГц/13,56 МГц/915 МГц/2,45 ГГц чтение/запись	125 кГц/13,56 МГц/915 МГц/2,45 ГГц чтение/запись
Расстояние считывания (с установленной антенной), м	30+	До 6+	До 6+
Размеры, мм	До 40 в диаметре	До 0,8 в диаметре	разные, минимум 30 × 30
Вес, г	120...320	6...54	80...200
Память, байт	До 2М	До 16К	До 2М
Срок эксплуатации, лет	10	10	10
Рабочая температура, °С	-10...50	-40...70	-25...80

шую дальность чтения. Пассивные метки функционируют без источника питания, получая энергию из сигнала считывателя. Они меньше, легче и дешевле активных, имеют фактически неограниченный срок службы. Полупассивные метки работают от присоединенной батареи, если дан запрос от считывающего устройства, в остальное время они находятся в спящем режиме.

Область применения системы определяется ее частотой. RFID-сис-

темы делятся на высокочастотные (850...950 МГц и 2,4...5 ГГц для больших расстояний и высоких скоростей чтения), промежуточной частоты (10...15 МГц для передачи большого количества данных) и низкочастотные (100...500 кГц для небольших расстояний между объектом и считывателем).

Большая антенна считывателя позволяет увеличить дальность действия системы, но излучение высоковольтных линий, моторов, компьютеров,

люминесцентных ламп и т.п. может мешать ее работе.

Основные параметры каждого из типов радиометок представлены в таблице 1.

*Окончание статьи будет опубликовано в следующем номере журнала. Речь пойдет об основных принципах и особенностях развертывания информационной системы контрактного производителя электронной техники на примере конкретной фирмы.*