

Инновационный подход к роботизации производства кабельных сборок и жгутов

Ряд технологических аудитов, проведенных за последние два года специалистами группы компаний «СЕРП», показал низкий уровень интеграции систем автоматизации и роботизации в производственные процессы российских предприятий. А ведь именно автоматизация, а потом уже и роботизация на всех этапах выпуска продукции обеспечивает прослеживаемость и повторяемость характеристик каждого изделия от разработки до серийного выпуска. Поэтому в данной статье предлагаем по-новому взглянуть на процессы цифровой трансформации производства и совместно строить идеологию создания роботизированных киберфизических систем на всех этапах жизненного цикла изделия.

Сергей Сидоров

s.sidorov@s-erp.ru

Дмитрий Полторыхин

d.poltorykhin@s-erp.ru

Для начала разберемся с терминами. Существует постоянная путаница в отношении понятий «оцифровка», «цифровизация» и «цифровая трансформация». Более того, разница между ними весьма значительна и должна учитываться при обсуждении того, какие изменения предприятие делает или нацелено сделать.

Оцифровкой называют создание цифровых представлений существующих физических объектов или процессов. Сама оцифровка не имеет коммерческой ценности. Она закладывает основу для дальнейшего развития. Организация, которая хочет стать «цифровой», должна фокусироваться на автоматизации процессов, чтобы сделать их более эффективными.

Термин «цифровизация» используется для описания трансформации, предусматривающей более сложный процесс, чем просто замена физического ресурса цифровым или информационным. На промышленном предприятии процессы могут стать онлайн-диалогами между сторонами, которые раньше напрямую даже не общались.

Цифровая трансформация — это глубокое преобразование бизнес-деятельности, компетенций и бизнес-моделей на предприятии для полного использования возможностей цифровых технологий.

Единая информационная система является основой, на которой строится цифровая трансформация производства.

Единая информационная система — комплекс методических и технических средств сбора, обработки, передачи, хранения и получения информации о состоянии всех аспектов хозяйственной деятельности компании в единой базе данных. Такая система подразумевает создание единого информационного хаба предприятия, где информация используется на всех стадиях жизненного цикла производственного проекта.

Примером единой информационной системы является S-EIM — система управления корпоративной информацией, представляющая собой линейку модульных программных продуктов, обеспечивающую комплексный подход к управлению данными предприятия, независимо от месторасположения задействованных пользователей, устройств и времени применения, с целью превращения их в знания, способствующие эффективному управлению бизнесом. Эти модульные ячейки могут автономно обеспечивать децентрализацию и автоматизацию решений в отношении производства, а также имеют возможность обмениваться информацией с помощью промышленного «Интернета вещей»





Рис. 2. Коллаборативный робот компании Hans Robot Ltd.

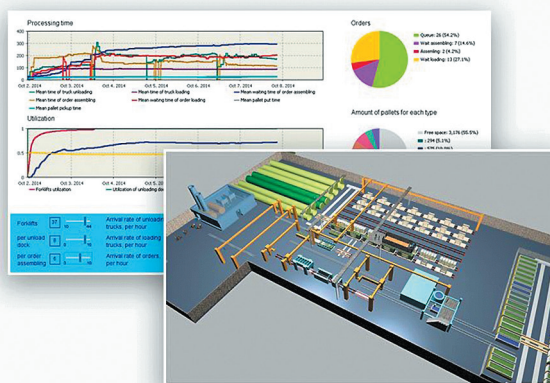


Рис. 4. Цифровая модель производства

(ПоТ) как с сотрудниками, выполняющими обязанности операторов, так и с интеллектуальными ячейками, тем самым создавая полную цифровую трансформацию процесса производства.

Полноценное построение системы S-EIM (рис. 1) для производства подразумевает внедрение следующих систем:

- S-PLM (Product Lifecycle Management) — управление данными о продукте на протяжении его жизненного цикла;
- S-MES (Manufacturing execution system) — система управления производственными процессами;
- S-ERP (Enterprise Resource Planning) — планирование ресурсов предприятия.

Robotic Process Automation, RPA — направление автоматизации бизнес-процессов, позволяющее коренным образом изменить сам подход к исполнению повторяемых задач, связанных с ручным вводом и обработкой данных. Особенность RPA в том, что в рамках данной технологии одно приложение (программный робот) взаимодействует с другим приложением не через API (Application Programming Interface) или интеграционную шину, а через существующий пользовательский интерфейс. То есть одна программа общается с другой программой, имитируя действия пользователя.

Collaborative Robot (коллаборативный робот, кобот) (рис. 2) — робот, предназначен-

ный для прямого взаимодействия с человеком в рамках определенного рабочего пространства, где робот и человек могут выполнять задачи одновременно в ходе производственной операции.

Автономные мобильные роботы могут самостоятельно перемещаться в динамической среде благодаря своим сенсорным системам и алгоритмам безопасности, не мешая инфраструктуре производственных объектов. Это позволяет им безопасно работать рядом с людьми.

Процесс роботизации является поэтапным и на действующих предприятиях может осуществляться шаг за шагом на отдельных участках. Рассмотрим в качестве примера кейс по роботизации производственного участка кабельных сборок и жгутов с использованием разработанной в ГК «СЕРП» системы управления производством S-MES и оборудованием в рамках программы импортозамещения.

Производственно-технологическая среда отечественных серийных цехов по изготовлению кабельных сборок и жгутов, несмотря на прошедшую программу технического перевооружения, находится на уровне 80-х годов прошлого века (рис. 3). Производственное оборудование и инструмент в значительной степени не соответствует современным требованиям способности функционировать в единой информационной среде.

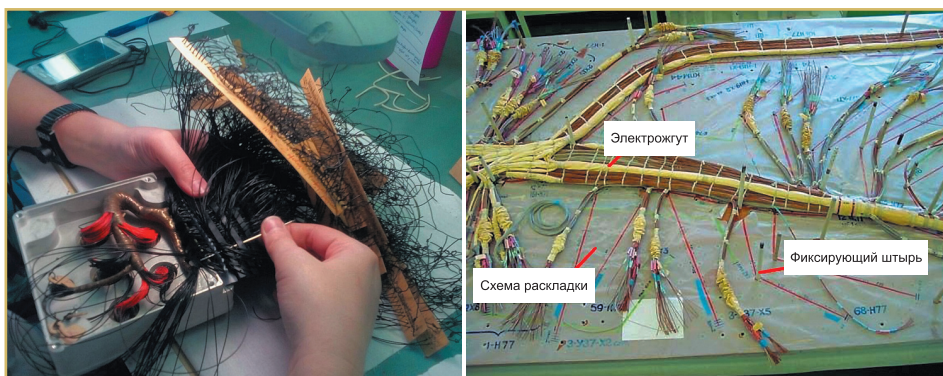


Рис. 3. Существующий технологический процесс производства жгутов

В рамках проекта по роботизации одному из заказчиков понадобилось изменить большую часть технологических процессов, которыми пользовались свыше 20 лет. Производственная среда, в которой планировалась реализация проекта, включала огромное количество ручного инструмента и оборудования, которое необходимо было довести до высокого уровня интеграции в единую систему управления производственными процессами и мониторинга. В ряде случаев это требовало массивных вмешательств в функционал оборудования, чтобы провести поэтапную интеграцию в общую среду, позволяющую консолидировать данные об изделии в общем информационном пространстве, повышающем уровень оперативного планирования, управляемость и мониторинг производственного процесса, сохранность и актуальность документов. Реализация этого подхода помогла решить задачи синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпускаемой продукции.

Первым шагом на пути к реализации данного кейса стала задача по аудиту текущего состояния технологических процессов на предприятии (рис. 4). При этом принятие решений, касающихся развития, оптимизации или реорганизации производства, обусловлено множеством факторов. Часто довольно трудно заранее оценить потенциальную прибыль или убыток от реализации подобных решений. Традиционно принятие решений основано на прошлом опыте и интуиции, иногда решения принимаются при помощи Excel-таблиц. Эти подходы рискованны и далеки от современных систем поддержки принятия решений. Одним из наиболее мощных средств для анализа производства является имитационное моделирование. Проведение имитационных экспериментов позволяет оценить влияние изменения различных параметров системы и принять правильное решение.

В данном проекте имитационное моделирование широко использовалось для решения различных проблем, от оптимизации промежуточных процессов до стратегического



Рис. 5. Специализированная одежда со штытыми RF-метками

управления. Моделирование позволило анализировать не только конкретный процесс, но и систему производства в целом, что дало возможность проверить капиталоемкость той или иной стратегии управления. Проведение экспериментов с помощью модели избавило от необходимости выполнения экспериментов в реальной жизни и не мешало работе производства.

Таким образом, была построена много-векторная математическая модель с целью выявления узких мест в цепочках процессов, а также путей их дублирования.

Самым сложным на этом этапе был процесс вовлечения сотрудников в описание реальных бизнес-процессов на предприятии, их принятие и готовность применить в производстве новые технологические процессы. Совместное мышление в ходе повседневной работы помогло усилить приверженность сотрудников оптимизации и дальнейшему развитию возможностей системы. На первый взгляд была проведена рядовая операция, но процесс цифровой трансформации на предприятии был начат с создания корпоративной культуры, а именно разработки и пошива единой униформы для всего персонала предприятия. Так это выглядело для рядовых сотрудников, однако цифровизация здесь в том, что в каждый рабочий комбинезон были вшиты RF-метки (рис. 5), с помощью которых началась работа над построением цифрового двойника будущего производства.

На протяжении всего проекта сотрудникам было необходимо разработать технологическое видение. После запуска каждого этапа проводился аудит и оценка, а после отработывалась обратная связь и вносились корректировки. С целью выполнения единых стандартов по обучению производственного персонала были использованы очки дополненной реальности, благодаря которым в наблюдаемую реальность с помощью компьютерных средств в режиме реального времени вносятся цифровые сведения, дополняя знания об окружающем пространстве или предметах (рис. 6).

Вторым этапом стало внедрение S-MES-системы (рис. 7), которая автоматизирует про-



Рис. 6. Очки дополненного зрения

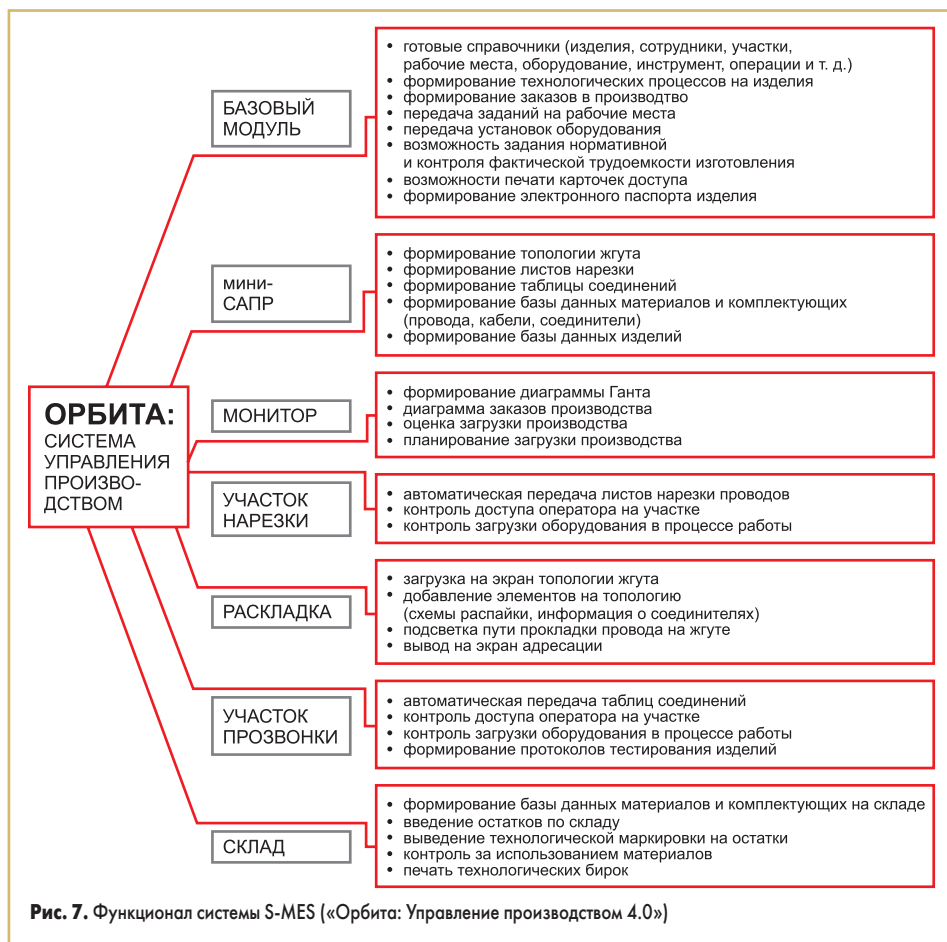


Рис. 7. Функционал системы S-MES («Орбита: Управление производством 4.0»)

цессы управления заказами на изготовление продукции, технической подготовки и планирования производства, материально-технического снабжения, а также тесно интегрирована с автоматическим оборудованием и автоматизированными системами более высокого уровня, позволяет формировать всю необходимую техническую документацию согласно ГОСТ и ОСТ, начиная от техпроцесса и заканчивая паспортом изделия.

Данная система позволила обеспечить решение следующих задач:

- эффективное управление производством на уровне цеха;
- электронное моделирование технологических процессов;
- накопление информации, управление данными;
- обеспечение безопасности за счет использования информационных каналов на основе квантовых технологий;
- контроль ключевых показателей эффективности;

- минимизация бумажного документооборота.

Были автоматизированы следующие процессы:

- контроль состояния и распределения ресурсов;
- оперативное детальное планирование и контроль реальных сроков выпуска;
- расчет единого оперативного плана;
- выдача и контроль исполнения заданий;
- управление персоналом;
- управление производственными фондами;
- сбор и хранение данных;
- производственный документооборот;
- отслеживание истории изделия;
- управление процессами, нормативно-справочной информацией и т. д.

Третий этап — внедрение на производстве современного технологического и контрольно-проверочного оборудования и роботов.

Рассмотрим более подробно предложенные зоны применения оборудования и его стыковку с роботами.

1. Склад материалов и комплектующих

Предложенное решение основывалось на использовании двух типов оборудования для склада.

Состав участка:

- система хранения проводов, кабелей и прочих мерных материалов с предустановленным коботом для комплектования;
- система хранения комплектующих (соединители, контакты, наконечники, муфты сращивания, формовые части и прочее) с интеграцией с системой S-EIM и соответственно «1С: УПП»;
- машина для перемотки проводов из бухты на катушку;
- машина для свивания проводов и намотки на катушку;
- термотрансферный принтер для печати бирок на катушки.

При получении заказа в производство система хранения комплектующих готовит комплектацию на конкретный заказ, параллельно кобот производит комплектацию проводов, кабелей, трубок и оплеток, необходимых для производства заказа. Готовая комплектация выкладывается в специализированную тару для перевозки ее к зоне мерной нарезки и изготовления заготовок проводов, а также на участок сборки.

2. Участок мерной нарезки и зачистки проводов и кабелей

Готовая комплектация поступает на этот участок с помощью мобильного робота (рис. 8), основной задачей которого является погрузка/выгрузка и перевозка по цеху специализированной тары с комплектацией, а также перевозка кабельных заготовок и готовых изделий между разными участками на производстве.

Состав участка:

- линия мерной резки и зачистки;
- машина лазерной зачистки;
- станция скручивания жилы;
- станция флюсования;
- станция лужения;
- станция для маркирования заготовок;
- кобот на основе двух манипуляторов (рис. 9).

При доставке на участок проводов из комплектации производится считывание кода метки, по этому коду в линию мерной резки и подключенному к ней коботу из системы S-MES загружается вся необходимая для производства заготовок информация: лист нарезки проводов (с указанием типа каждого провода, длины нарезки, длины зачистки и пр.), лист маркировки проводов.

Благодаря быстросменной оснастке и бирке на каждой катушке кобот выполняет считывание информации о катушке и автоматическую загрузку катушки и провода в машину. Машина понимает, какой тип провода установлен, и начинает работу.

Кобот принимает каждый провод, нарезанный в размер, на выходе из машины мерной резки и зачистки и последовательно производит такие операции, как:

- лазерная зачистка изоляции провода;
- скрутка жилы;
- флюсование жилы;
- лужение жилы;
- установка технологической маркировки;
- укладка заготовок проводов в специализированную тару.

Весь процесс полностью автоматизирован и позволяет выполнить быструю переналадку для изготовления нового заказа.

3. Участок сборки жгутов

Заготовки проводов с участка мерной резки и зачистки проводов и кабелей поступают на участок сборки с помощью мобильного робота.

Состав участка:

- специализированные плазы для сборки жгутов с использованием двух коботов для раскладки;
- тестер для прозвонки жгутов.

При поступлении заготовок проводов кобот (рис. 10) считывает информацию с тары о поступившем заказе, автоматически из системы S-MES подгружается информация о топологии жгута, комплектации и схеме расстановки держателей на плаз.

Коботы производят расстановку держателей на плаз. Далее, работая синхронно, коботы считывают бирку с каждой заготовки и производят установку каждой заготовки в нужные держатели. Заготовка

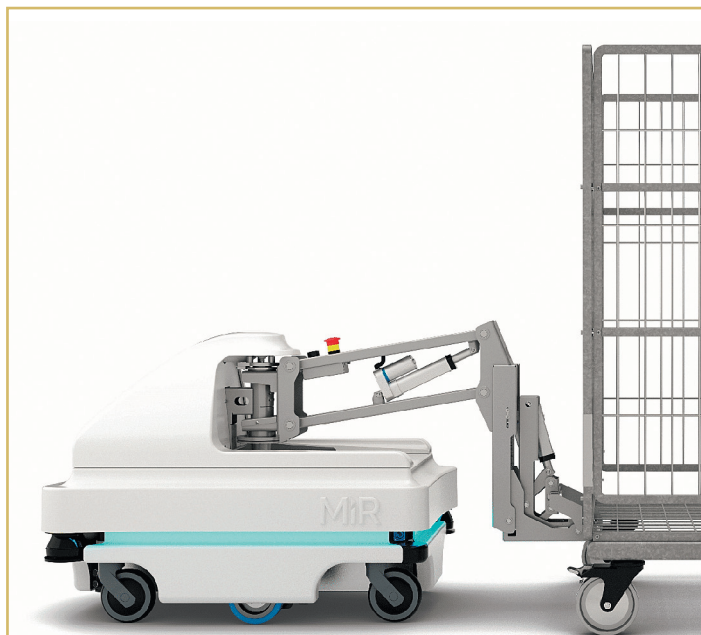


Рис. 8. Мобильный робот MIR-100



Рис. 9. Работа линии мерной резки и зачистки производства компании Schleuniger AG с коботом на основе двух манипуляторов

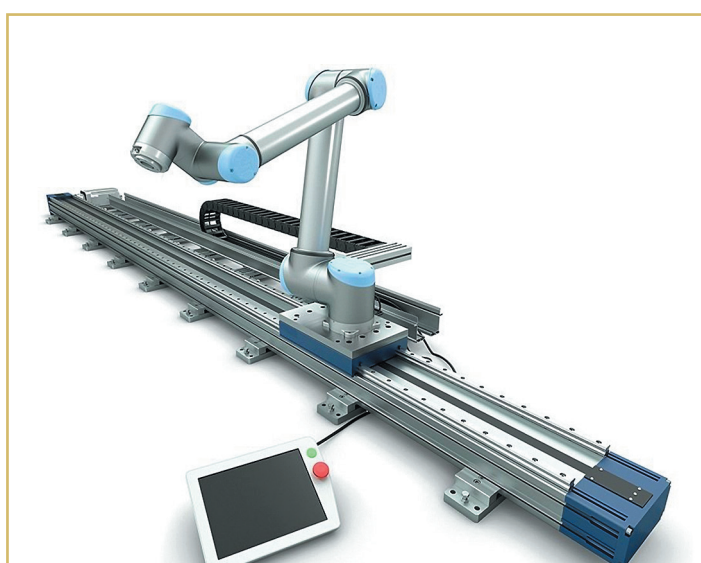


Рис. 10. Кобот для участка сборки жгутов

за заготовкой коботы делают раскладку. Особенностью конструкции данных коботов является скрутка проводов между собой, возможность фиксации стволов и ветвей жгута, возможность снятия жгута с плаз.

Дополнительной возможностью является проверка на соответствие схеме ЭЗ жгута при помощи кабельного тестера, встроенного в плаз.

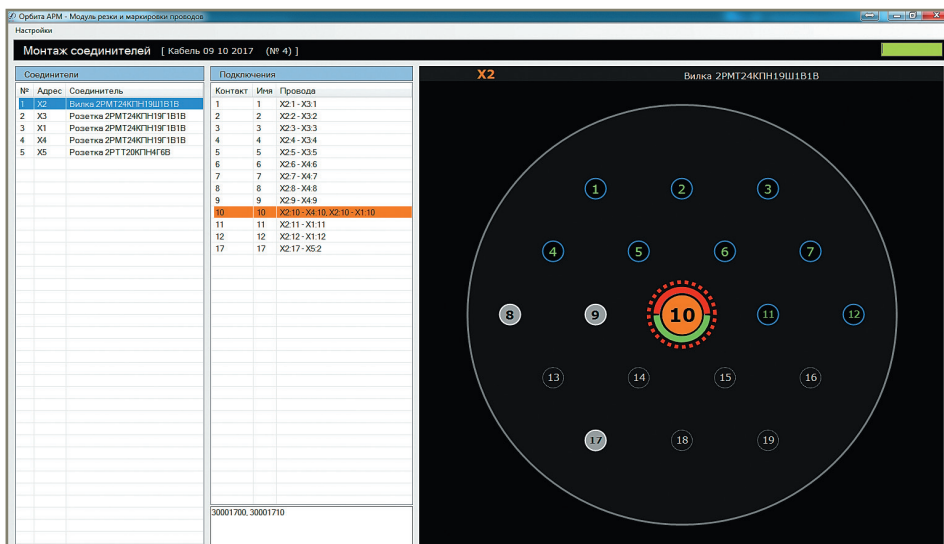


Рис. 11. Интерфейс системы S-MES для участков пайки и сборки жгутов

4. Участки пайки и сборки соединителей

Жгут проводов с зафиксированными стволами и ветвями при помощи мобильных роботов доставляется на участки пайки и сборки.

В рамках данного проекта пайка соединителей осуществлялась вручную. В настоящее время уже есть решения по использованию специализированных коботов для пайки.

При поступлении жгута происходит считывание бирки с кодом. Автоматически из системы S-MES происходит загрузка технологического процесса по данному изделию и загрузка технологического процесса на экран персонального компьютера монтажника. На экране отображается вся информация, необходимая для пайки и сборки (рис. 11).

5. Участок заливки соединителей

Жгут с распаянными соединителями поступает на участок заливки при помощи мобильных роботов.

Состав участка:

- специализированный вакуумный миксер (для смешивания герметика) (рис. 12);

- дозатор для подачи;
- 3D-принтер для печати форм для бескорпусной заливки.

При поступлении жгута с распаянными соединителями считываются бирки с кодом. Автоматически из системы S-MES происходит загрузка технологического процесса по данному изделию и загрузка технологического процесса на экран персонального компьютера оператора линии.

После процесса заливки изделия помещаются в печь для сушки.

6. Участок оплетения

Жгут с распаянными и герметизированными соединителями поступает на участок оплетения при помощи мобильных роботов.

Состав участка:

- автоматическая линия по оплетению жгутов (рис. 13);
- линия намотки катушек для оплетения.

При поступлении жгута происходит считывание бирки с кодом. Автоматически из системы S-MES выполняется загрузка технологического процесса по данному изделию и за-



Рис. 12. Пример установки для смешивания и дозированной подачи особо вязких компаундов для герметизации соединителей

грузка технологического процесса на экран персонального компьютера оператора линии.

7. Участок проверки готовых изделий

Готовые жгуты поступают на участок проверки при помощи мобильных роботов.

Состав участка:

- кабельный тестер для проверки жгутов на соответствие схеме, сопротивление изоляции и пробой (рис. 14);
- система хранения адаптеров для подключения;
- кобот для установки адаптеров на коммутационную панель кабельного тестера.

При поступлении жгутов считываются бирки с кодом. Автоматически из системы S-MES загружаются таблицы соединений по данному изделию.

Кобот расставляет адаптеры на коммутационную панель кабельного тестера. Автоматически из системы S-MES происходит загрузка технологического процесса по данному изделию и загрузка технологического процесса на экран персонального компьютера оператора кабельного тестера.



Рис. 13. Автоматическая оплеточная машина компании OMA Braiding



Рис. 14. Кабельный тестер для автоматической проверки жгутов

После проведения проверки в системе формируется паспорт изделия.

8. Склад готовой продукции

Проверенные жгуты поступают на склад готовой продукции при помощи мобильных роботов.

Состав участка:

- линия автоматической упаковки с коботом для загрузки;
- линия по производству картонной тары;
- система хранения готовой продукции с коботом для загрузки;
- термотрансферный принтер для печати бирок.

При поступлении проверенных жгутов на склад готовой продукции считываются бирки с кодом. Изделия запаковываются в тару при помощи кобота-упаковщика.

Далее кобот, работающий с системой хранения готовой продукции, укладывает жгуты в систему хранения. Автоматически инфор-

мация о местонахождении конкретного жгута вносится в систему S-MES.

Вывод

Таким образом, предложенное решение в виде «Роботизированной ячейки по производству жгутов» позволило перевести предприятие на новый технологический уровень. С одной стороны, за счет автоматизации и роботизации производства достигнуто значительное сокращение трудоемкости изготовления изделий, сокращена зависимость от человеческого фактора и повышено качество продукции. С другой — предложенная модель цифрового производства является очень гибкой и позволяет осуществлять быструю перенастройку для производства новых изделий. Это как раз самый распространенный случай на предприятиях, когда имеется малая серия производства жгутов, большая номенклатура одиночных жгутов, постоянный рост

числа исполнений жгутов за счет доработок документации и введения новых изделий. Особенностью предложенного решения стало использование цифрового «двойника» производства, системы мониторинга и прогнозирования на производстве, технологии дополненного зрения для осуществления контроля и технического обслуживания оборудования.

В настоящее время разработаны прототипы роботизированных ячеек и для других типов производств, таких как:

- участок по механической обработке;
- участок гальванических покрытий;
- участок по сборке электроники;
- участок литейного производства.

В конечном итоге после того, как все из представленных ячеек будут внедрены и отработаны у заказчиков, можно объединить все эти решения через систему управления корпоративными данными S-EIM в единое цифровое пространство согласно концепции «Индустрии 4.0».