

INDUSTRY 4.0: ПОДГОТОВКА ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ БУДУЩЕГО

Е.О. Волкова, М.В. Сонных (ООО «Бош Рексрот»), В.А. Холопов (МИРЭА)

Статья рассматривает проблемы подготовки кадров для реализации современного высокоэффективного цифрового производства в контексте существующих направлений подготовки технических специалистов высшей школы РФ. Показаны новые ключевые требования, предъявляемые индустрией к таким специалистам. На основе практического опыта внедрения технологий Industry 4.0 на производствах группы компании Bosch рассматривается лабораторная модель гибкого цифрового производства.

Ключевые слова: Industry 4.0, подготовка кадров, цифровое производство, модульность, гибкость, цифровая фабрика.

Интерес к цифровым технологиям набирает обороты среди предприятий самых разных отраслей России. Этот процесс сейчас хорошо заметен в машиностроении, горнодобывающей промышленности, производстве товаров, химической промышленности и многих других отраслях [1]. Комплексное применение информационных технологий в промышленности дало жизнь концепции цифрового производства, которое в разных источниках имеет следующие определения.

1. Цифровое производство — интегрированная система, включающая средства численного моделирования, трехмерной (3D) визуализации, инженерного анализа и совместной работы, предназначенные для разработки конструкции изделий и технологических процессов их изготовления (<https://www.plm.automation.siemens.com>).

2. Цифровое производство представляет собой модель высокотехнологического производства, охватывающую основные направления перспективных производственных технологий, новых материалов и информационно-коммуникационного обеспечения. Данная формулировка подразумевает включение в информационную модель сведения обо всех процессах и объектах, входящих в производство и протекающих в процессе выпуска продукции, и обязательно включает всю полноту информации о производимых изделиях на всех этапах их жизненного цикла [1].

Ключевой составляющей концепции цифрового производства является использование определенного интегрированного ПО, позволяющего всем участникам производственного процесса осуществлять свою деятельность более эффективно за счет комплексной автоматизации всех уровней предприятия.

Дальнейшее развитие цифрового производства привело к формированию концепции четвертой промышленной революции, включающей как интеграцию производственных процессов с Internet-технологиями, так и изменение подходов к организации самого производства и управлению жизненным циклом изделий.

Наиболее полно состав цифровых компонентов Industry 4.0 представлен на рис. 1 (<https://www.pwc.com/gx/en/industries/industry-4.0.html>), для реализации функциональности которых необходимо сформулировать и решить ряд научных, научно-практических и инженерных задач. Примером такой задачи является определение требуемого уровня гибкости технологических систем многономенклатурных производств в зависимости от стратегии развития предприятия. Это центральная проблема, решение которой существенно ускорит процесс перехода промышленных предприятий к концепции Industry 4.0, так как позволит более точно обосновать инвестиционную программу развития предприятия.

Наряду с данной проблемой интерес представляют такие задачи, как: синтез сборочных ТП на основе киберфизических систем и коллаборативных роботов, предикативный анализ технологических систем в составе «Информационной фабрики» и т. п.

Также актуальной задачей является организация обучения новым подходам к производству настоящим и будущим специалистов по различным программам (бакалавры, магистры и специалисты), а также подготовка кадров высшей квалификации (аспирантура).



Рис. 1. Industry 4.0 – цифровые компоненты

Актуальными направлениями подготовки кадров, наиболее полно охватывающими цифровое производство и концепцию Industry 4.0, являются: «Автоматизация технологических процессов и производств», «Информатика и вычислительная техника», «Мехатроника и робототехника», «Программная инженерия» и др. Вместе с этим на данный момент ни одно из указанных направлений самостоятельно не охватывает все аспекты Industry 4.0. Полный охват концепции цифрового производства достигается путем синергии и систематизации программ каждого из указанных направлений, что предполагает существенное изменение и дополнение существующих программ подготовки кадров.

Подобная проблема характерна как для российской, так и для международной высшей школы. Так, д-р Герт Цинке, руководитель проекта профессионального образования 4.0 Федерального института профессионального образования Германии (BIBB), в рамках презентации о подготовке инженерных кадров для Industry 4.0 отмечает, что ни одна из существующих программ подготовки специалистов полностью не удовлетворяет требованиям, предъявляемым перспективным профилем «специалиста в области инжиниринга Industry 4.0». При этом он перечисляет навыки, необходимые для работы в условиях Industry 4.0:

- увеличиваются требуемые области пересечений профессиональных знаний специалистов в области автоматизации, мехатроники и ИТ;
- навыки использования информационных технологий, относящиеся к узконаправленным системам и процессам, приобретают большое значение;
- понимание производственных процессов и систем в целом, также как и способность к комплексному решению проблем станут основными критериями при подборе сотрудников для работы в рамках данного направления [2].

Среди конкретных новых ключевых требований, предъявляемых к таким специалистам, Г. Цинке выделяет:

- концептуальное понимание всех уровней управления предприятием и производством и связей между ними от стратегического (OLAP) до исполнительного (MES);
- понимание архитектуры и принципов построения децентрализованных масштабируемых систем управления производственными процессами реального времени;
- владение навыками кроссплатформенного прикладного программирования как на уровне управления производственными процессами, так и на уровне систем управления верхнего уровня;
- использование интерактивных мобильных технологий и приложений в рамках нижнего уровня производственной системы с целью увеличения эффективности и прозрачности производственных процессов;

- использование концепции дополненной реальности на производстве;
- понимание причинно-следственных связей и принятие решений на основе сбора и анализа больших данных;
- синтез сборочных ТП на основе киберфизических систем и коллаборативных роботов;
- взаимодействие с базами данных;
- использование облачных сервисов на производстве.

Решение поставленных проблем актуально и для отечественных вузов. Так, в научно-исследовательские работы Московского технологического университета (МИРЭА) и Российского представительства компании «Бош Рексрот», направленные на подготовку специалистов в рамках концепции Industry 4.0, включены следующие области науки: «Мехатроника и робототехника», «Автоматизация технологических процессов и производств», «Информационные системы и технологии» и «Экономика предприятий».

При этом, поскольку разработка самых современных технологий зачастую ведется параллельно внедрению, учебные заведения должны постоянно корректировать программы обучения будущих специалистов, базируясь на практиках и результатах внедрения, полученных на ведущих российских и международных производственных предприятиях.

Одной из глобальных компаний, реализующих широкое внедрение концепции Industry 4.0 на своих заводах по всему миру, является группа Bosch. Концерн в течение нескольких лет реализует дуальную стратегию в отношении Industry 4.0. В рамках этой стратегии прикладные концепции и практики цифрового производства, разрабатываемые внутри компании, апробируются и внедряются на более чем 250 заводах группы Bosch по всему миру. Успешные



Рис. 2. Система «mMS 4.0 Мехатроника»



Рис. 3. Интеграция практических приложений Industry 4.0: система обучает работников различным методам программирования сборки изделий в рамках партии, состоящей из одного товара

апробации в составе пилотных линий масштабируются на другие заводы группы компаний.

Анализ сложившейся практики внедрения пилотных проектов уровня Industry 4.0 внутри группы Bosch, проведенный специалистами в области обучения корпоративной академии Bosch Rexroth Drive & Control Academy, позволил сделать два ключевых вывода.

- Во-первых, введение Industry 4.0 возможно только при поддержке работников. Для достижения поставленных целей им необходима соответствующая квалификация. Получение требуемых знаний возможно при прохождении практических курсов на специально разработанном учебном оборудовании.

- Во-вторых, требуемые ключевые навыки зависят от роли каждого из сотрудников. Программисту необ-



Рис. 4. На сборочной линии завода Bosch Rexroth в Хомбурге/Саар идет сборка более 200 типов различных гидравлических клапанов. Справа видна интерактивная платформа ActiveCockpit. ПО подготавливает ключевые показатели производительности в графическом виде и оперативно передает их на большой сенсорный экран

ходимы совсем иные профессиональные качества, чем оператору машины или сервисному специалисту. Системы обучения для Industry 4.0 должны соответствовать изменяющимся требованиям как в области аппаратного, так и программного обеспечения, а также методов обучения, используя модульный подход.

Исходя из имеющегося опыта, в академии Bosch Rexroth Drive & Control Academy была разработана система обучения «mMS 4.0. Мехатроника» (рис. 2) в комплекте с необходимыми дидактическими материалами для самых различных целей. Как законченная автоматизированная производственная станция данная система включает технологии интеллектуальных приводов, датчиков и пневматических устройств, а также систему управления по стандартам Industry 4.0.

Система демонстрирует сборку куба в реальном времени от системы хранения заготовок через модель гибкого производственного процесса и вплоть до хранения готового изделия на автоматизированном многоярусном складе.

Система обучения состоит из нескольких наборов узлов и компонентов, которые можно использовать в реальном производстве. Bosch Rexroth предоставляет как комплексные системы, так и отдельные модули, полностью собранные, установленные и запрограммированные. Они готовы к оперативному использованию и практически требуют минимальной подготовки оператора благодаря мультимедийным методам обучения и учебным планам, специально разработанным для каждой отдельной цели.

Система поддерживает языки программирования ПЛК, входящие в международный стандарт МЭК 61131-3. Использование технологий Open Core Engineering [3] открывает уникальные возможности высокоуровневого программирования и подключения к различным информационным системам или облачным сервисам, а также БД. Данная программная технология является одним из компонентов систем управления и интеллектуальных приводов Rexroth. Также учебные стенды могут взаимодействовать со смартфонами или планшетами. Разработанные для мобильных устройств приложения упрощают запуск, эксплуатацию и диагностику стандового оборудования, обеспечивая широкий выбор интерфейсов и языков программирования.

Модульная структура позволяет обеспечить соответствие системы и упражнений уровню обучаемых, что позволяет ее использование в технических институтах и университетах при подготовке специалистов по смежным специальностям



Рис. 5. Завод Bosch, производящий компоненты и системные решения для дизельных технологий, в г. Фейербах применяет концепцию Industry 4.0 для оптимизации всех процессов, уделяя особое внимание человеку, как основному участнику. В лаборатории АТМО i4.0 Bosch использует метод "живой" разработки для тестирования новых форм взаимодействия людей и роботов на производстве. На рисунке изображен коллаборативный робот Bosch APAS

с возможностью дальнейшего углубленного обучения. Например, сюда входит подключение баз данных, функции RFID-идентификации и идентификации оператора для автоматической подстройки под его индивидуальные особенности, например, настройки языка интерфейса или высоты рабочего места. Система обучения (рис. 3) содержит реальные приложения уровня Industry 4.0, уже используемые группой компаний Bosch на собственных заводах.

Учебная система mMS 4.0 позволяет также изучать возможности горизонтального объединения модулей автоматизации и построения их вертикальных связей с ИТ-инфраструктурой предприятия.

Система обучения может использоваться для отработки процессов производства различных товаров вплоть до многономенклатурного выпуска мелкосерийных или индивидуальных изделий. Примером такого производства может служить завод по производству управляющих гидравлических клапанов для мобильной техники Bosch Rexroth в г. Хомбурге, Германия (рис. 4).

В рамках такого производства рабочие детали оснащаются метками RFID — уникальными идентификаторами. Технологические установки в составе производственной линии считывают эти метки и по ним получают всю требуемую информацию о типе производства детали. Таким образом, продукт сам информирует узлы линии о необходимых методах обработки, что позволяет производить мелкие пар-

тии изделий по себестоимости серийного изделия. При этом платформа интерактивной визуализации и обмена данными ActiveCockpit регистрирует все сведения о производстве и отображает их в графическом виде в режиме реального времени. Эти данные впоследствии используются в рамках реализации процесса непрерывного улучшения на производстве.

Помимо практических курсов внутрикорпоративного обучения система mMS 4.0 используется в различных учебных заведениях. Например, Баден-Вюртембергский кооперативный государственный университет (DHBW) (г. Мосбах, Германия) открыл учебную лабораторию «Цифровая фабрика», в которой система mMS 4.0 является важным элементом. «Цифровая фабрика» создает комплексный поток данных от ввода заказа в ERP-систему, передачи данных системе управления производственными процессами (MES) и до управления складированием. При помощи данной системы университет обеспечивает подготовку квалифицированных

инженеров с самыми современными практическими навыками. Система позволяет обучить студентов выполнению работ на стыке различных функций, что становится нормой на современных предприятиях.

Система mMS 4.0 иллюстрирует практически все грани Industry 4.0 на базе реальных промышленных компонентов. Существует возможность добавления и технических обновлений ПО. Кроме того, поддерживаются все актуальные индустриальные протоколы Ethernet реального времени, что позволит системе долгое время сохранять свою актуальность. Модульные блоки системы позволяют компаниям и учебным центрам подготавливать работников к конкретной работе в сфере Industry 4.0 с необходимым уровнем модификаций под конкретные прикладные производственные задачи.

Список литературы

1. Григорьев С.Н., Кутин А.А., Долгов В.А. Принципы построения цифровых производств в машиностроении // Вестник МГТУ СТАНКИН. 2014. № 4 (31). С. 10-15.
2. Dr. Gert Zinke, BIBB: Industrie 4.0 in der Facharbeit und Konsequenzen fuer die produktionstechnischen Berufe // 26. BAG-Fachtagung "Digitale Vernetzung der Facharbeit" am 22./23. April 2016 in Karlsruhe.
3. Кремнев Д.Е., Сонных М.В. Open Core Engineering — инструмент для реализации специальных пользовательских функций машин // Автоматизация в промышленности. 2016. Т. 05. С. 21-24.

Волкова Елена Олеговна — руководитель направления обучения,

Сонных Максим Владимирович — руководитель отдела промышленной автоматизации ООО "Бош Рексрот",

Холопов Владимир Анатольевич — канд. техн. наук, доцент МИРЭА.

Контактный телефон +7(495) 560-96-40.

E-mail: fa@boschrexroth.ru