

## ЦИФРОВЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОГЛАСНО КОНЦЕПЦИИ INDUSTRY 4.0

Г.М. Мартинов (МГТУ «СТАНКИН»)

Представлены ключевые направления исследований кафедры компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН» в области цифровых производственных технологий согласно концепции Industry 4.0. Рассмотрены возможности применения цифровой управляющей платформы АксиОМА Контроль в качестве базы для промышленной автоматизации. Проиллюстрирована реализация ряда проектов с применением технологий Industrial Internet of Things (IIoT), Web-технологии, OPC UA, технологии полной и дополненной реальности<sup>1</sup>.

Ключевые слова: цифровое производство, машиностроение, дискретное производство, OPC UA, IIoT, дополненная реальность.

Цифровые технологии, перешагнув границы производственного сектора в рамках Industry 4.0, делают новый вызов, цель которого — создание суперинтеллектуального общества на основе использования цифровых технологий во всех сферах жизни. Эта концепция получила название Общество 5.0 (Society 5.0, Super Smart Society). Новые вызовы формируют и новые направления исследований, выполняемых коллективом кафедры компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН» (рис. 1).

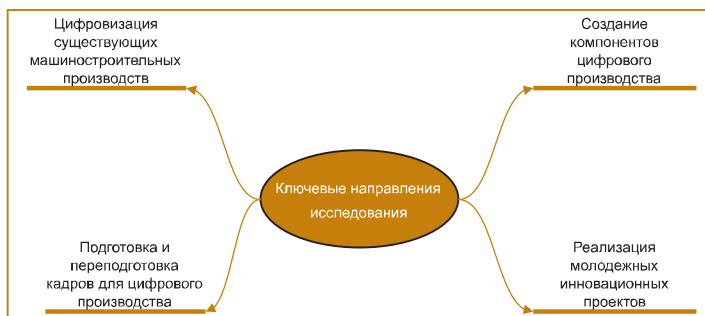


Рис. 1. Направления исследований МГТУ «СТАНКИН»

### Ключевые направления исследования

Первоочередной задачей является *цифровизация существующих машиностроительных производств*, так как большинство отечественных предприятий уже имеют сложившуюся структуру производства и готовы к переходу на следующий уровень развития. В этом направлении требуется обеспечить совместимость между производственными системами управления и технологическим оборудованием различных производителей, использующих разнообразные протоколы обмена данными; включить в контур управления закрытые проприетарные продукты, учитывать вопросы лицензирования и т. д.

Следующее стратегическое направление заключается в *создании компонентов цифрового производства* на базе отечественной управляющей платформы АксиОМА Контроль.

В университете активно выполняются *молодежные инновационные проекты* в области Industry 4.0 и Общество 5.0, включая исследовательский этап и пилотную реализацию.

Практика показала эффективность выполнения работ и небольшими группами молодых энтузиастов под руководством опытного специалиста. За последние 2...3 года порядка 10 молодежных проектов в области цифрового производства, выполненных на кафедре компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН», выиграли гранты и контракты по программам «УМНИК», «Технократ» и «Старт». Молодые специалисты участвовали в совместных проектах с ИТМО и т. д.

Университет развивает компетенцию в области *подготовки и переподготовки кадров для цифровых производств*. Речь идет о расширении существующих и создании новых образовательных программ для ма-



Рис. 2. Применяемость цифровой управляющей платформы АксиОМА Контроль

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения Госзадания (№ 2.1237.2017/4.6) и проводилось с использованием оборудования, предоставленного центром коллективного пользования МГТУ «СТАНКИН».

гистратуры и курсов повышения квалификации, нацеленных на подготовку специалистов, соответствующих запросам современных производств.

### Цифровая управляющая платформа как основа промышленной автоматизации

Разработанная в университете цифровая управляющая платформа АксиОМА Контрол [1] ориентирована на создание специализированных систем ЧПУ, систем сбора и обработки производственных данных, систем мониторинга технологических процессов, использование инструментария с элементами дополненной (augmented reality, AR) и виртуальной (virtual reality, VR) реальностей, работу с облачными решениями и т. д.

Управляющее программно-аппаратное решение характеризуется открытой модульной архитектурой. Портируемое ядро используется при создании специализированных систем управления технологическим оборудованием (ЧПУ, ПЛК, контроллеры движения [2]) и работает под управлением операционных систем Windows RTX, а также RT Linux и Windows (для испытательных стендов) (рис. 2).

Технологии Web и OPC UA (OPC Unified Architecture) используется для создания приложений по удаленной диагностике и мониторингу технологического оборудования, в том числе и удаленной настройке машинных параметров.

Компоненты отображения применяют при построении интерфейсов оператора, создании дополнительных терминалов и инструментария с использованием виртуальной и дополненной реальности. Например, для обучения персонала (операторов станков с ЧПУ, технологов-программистов и наладчиков) и при выполнении технологических операций в виртуальной среде перед сеансами обработки ответственных изделий. Виртуальная реальность позволяет полноценно работать с цифровым двойником системы ЧПУ станка в виртуальной среде, проводить весь комплекс мероприятий по технологической подготовке, настройке и обслуживанию станка и обработке заготовки.

### Применение ключевых технологий

Реализация цифрового производства требует применения новых технологий, в том числе входящих

из области компьютерной индустрии и других смежных областей:

- Industrial Internet of Things (IIoT);
- стандарт OPC UA, технология больших данных, периферийные вычисления и др. (на этапе сбора и обработки данных от технологического оборудования);
- датчиков и периферийных устройств, характеризующихся современными функциями (самодиагностика и т. д.);
- облачных систем управления технологическим оборудованием;
- цифровых двойников (системы ЧПУ, ПЛК и контроллеров движения; моделирование процесса обработки деталей);
- средств виртуальной и дополненной реальностей;
- аддитивных технологий;
- решений на базе искусственного интеллекта (нейронные сети и т. д.);
- современные технологии хранения истории изменения управляющих программ (блокчейн и смарт-контракт).

Применение перечисленных технологий и решений в сфере промышленной автоматизации проиллюстрировано на примере нескольких проектов, выполненных сотрудниками СТАНКИН.

#### Industrial Internet of Things

В работе [3] представлена реализация пилотного проекта по сбору текущих показаний с внешних датчиков температуры, установленных на ключевых элементах станка. Информация от внешних датчиков поступает на одноплатный компьютер Raspberry, затем посредством сети Internet отправляются в облачную платформу Microsoft Azure, располагающую инструментарием для последующего анализа данных.

#### Мониторинг технологического оборудования

Системы мониторинга технологического оборудования (Machine Data Collection) осуществляют:

- оперативный сбор и обработку информации с производственного участка;
- использование собранных данных для генерации рекомендаций по эксплуатации технологического оборудования;
- синхронизацию и диспетчеризацию потоков данных от различных систем управления и по разнородным промышленным протоколам связи;

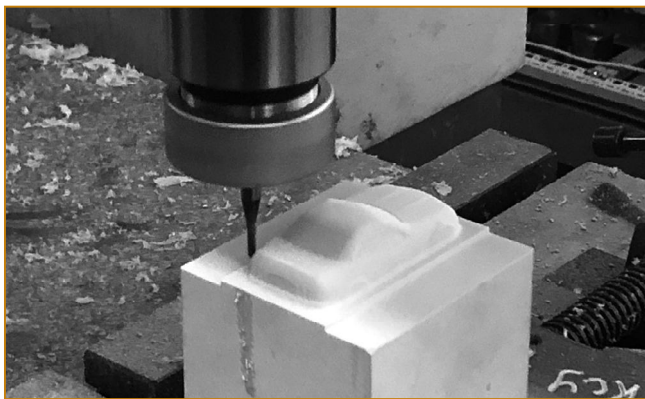


Рис. 3. Практическая реализация инновационных проектов



• интеграцию разнородного оборудования в единое информационное пространство предприятия. Обмен данными в основном осуществляется по протоколу OPC UA, но иногда подключение реализуется по API интерфейсу конкретной системы управления.

В этом предметном направлении в университете выполнены следующие проекты:

• хранение на собственном REST-сервере эксплуатационных параметров, полученных от технологического оборудования, и машинных параметров системы ЧПУ, использование этих данных для контроля правильности использования оборудования и соблюдения регламента его эксплуатации [4];

• мониторинг технологического процесса, включая непрерывный контроль производственных данных о загрузке оборудования цехов и участков, контроль прохождения детали по технологическому маршруту, контроль качества изготовленных изделий и регистрация полученных отклонений и изменений [5].

*Интерактивный AR комплекс для обучения программированию и наладке станков с ЧПУ*

Комплекс дополненной реальности основывается на графическом компоненте построения 3D моделей изделия в реальном времени (рис. 3). Этот компонент получает координаты режущего инструмента от системы ЧПУ, используя информацию о кинематике станка, размеры и формы заготовки, учитывая геометрию инструмента. Комплекс позволяет строить цифровые двойники обрабатываемых изделий в процессе обработки [6].

Интерактивный комплекс дополненной реальности позволяет программировать и отслеживать процесс обработки изделий, верифицировать управляющие программы для систем ЧПУ с учетом приспособлений и инструментов и выявлять коллизии в процессе отладки.

#### Заключение

Использование новых цифровых производственных технологий в области машиностроения позволит вернуть интерес молодежи к промышленной автоматизации.

Цифровая управляющая платформа «АксиОМА Контроль» в сочетании с инновационными тех-

нологиями Industrial Internet of Things, Web, OPC UA, дополненной реальности позволяет решить задачи по цифровизации существующих машиностроительных производств, по созданию новых компонентов цифрового производства и по подготовке и переподготовке кадров для цифровых производств.

Исследования кафедры в рамках Industry 4.0 дают новый импульс работам, проводимым в рамках партнерской программы с ОАО «НИАТ» по управлению аддитивными технологиями [7], повышению точности обработки [8] и унификации способа программирования для разных систем ЧПУ [9].

#### Список литературы

1. *Мартинов Г.М., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Григорьев А.С., Обухов А.И., Мартинова Л.И.* Метод декомпозиции и синтеза современных систем с ЧПУ // Автоматизация в промышленности. 2013. № 5. С. 9-15.
2. *Ковалев И.А., Нежметдинов Р.А., Квашин Д.Ю., Черыжов В.В.* Разработка подхода агрегирования информации о работе технологического оборудования с применением промышленного интернета вещей // Автоматизация в промышленности. 2019. № 5. С. ....
3. *Пушков Р.Л., Саламатин Е.В., Евстафиева С.В.* Сбор и визуализация эксплуатационных данных с технологического оборудования // Автоматизация в промышленности. 2019. № 5. С. ....
4. *Никишечкин П.А., Червонова Н.Ю., Никич А.Н.* Построение системы мониторинга технологических процессов в рамках реализации концепции "Индустрия 4.0" // Автоматизация в промышленности. 2019. № 5. С. ....
5. *Обухов А.И., Рыбников С.В., Евстафиева С.В.* Архитектура и реализация системы твердотельного моделирования обработки изделий в реальном времени // Автоматизация в промышленности. 2019. № 5. С. ....
6. *Коваленко А.В.* // Автоматизация в промышленности. 2019. № 5. С. ....
7. *Коваленко А.В.* Универсальная система ЧПУ для аддитивного технологического оборудования и гибкой производственной системы.
8. *Мартинова Л.И., Фокин Н.Н.* Создание унифицированного приложения для программирования систем ЧПУ в диалоговом режиме // Автоматизация в промышленности. 2019. № 5. С. ....

*Мартинов Георгий Мартинович — д-р техн. наук, проф., зав кафедрой компьютерных систем управления ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН».*  
 Контактный телефон (499) 972-94-40.  
 E-mail: e-mail@ncsystems.ru