



МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА МНОГОУРОВНЕВОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЦИФРОВОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

С.Н. Григорьев, Г.М. Мартинов (МГТУ «СТАНКИН»)

Представлен анализ современного цифрового машиностроительного производства с позиций формирования комплексной информационной модели. Выявлены ключевые технологии, необходимые для успешной реализации цифровых производств. Обоснована необходимость применения комплексного подхода к подготовке специалистов в области цифрового машиностроительного производства. Представлены методы и инструментальные средства многоуровневой подготовки специалистов в области цифрового машиностроительного производства.

Ключевые слова: цифровое производство, промышленные информационные системы, прогрессивные технологии, подготовка специалистов.

Основными проблемами отечественного машиностроения являются острая необходимость существенного повышения производительности труда, сокращения длительности производственного цикла изготовления конкурентоспособной продукции, обеспечения импортозамещения наукоемких изделий. В настоящее время эффективное решение этих задач возможно только в рамках цифрового производства, реализуемого в единой виртуальной среде с помощью инструментов конструкторско-технологического проектирования, планирования, контроля и моделирования производственных процессов [1]. Реально ощущимый эффект от цифровых высокотехнологичных производств можно получить только организовав для них непрерывную практико-ориентированную подготовку специалистов.

Современное цифровое машиностроительное производство

Термин «цифровое производство» обозначает информационную модель высокотехнологичного производства, охватывающую все области разработки и производства от проектирования до получения функционально завершенного изделия, реализуемые на базе перспективных производственных технологий, новых материалов и информационно-коммуникационного обеспечения. Модель реализуется на базе интегрированной компьютерной системы, включающей средства моделирования, 3D-визуализации, анализа и совместной работы, ориентированные на одновременную разработку изделий и технологических процессов их изготовления. Эта модель включает информацию обо всех процессах, протекающих на производстве, а также всю информацию об изделии в соответствии с этапами его жизненного цикла: конструкторские и технологические данные, логистические данные; эксплуатационные данные; экономические данные [2].

Сбор и структурирование всей информации, относящейся к конкретному изделию, осуществляют в виде электронного описания изделия на базе EPD-технологии (Electronic Product Definition), которая позволяет связать в единую систему все службы предприятия, участвующие в проектировании изделия, технологической подготовке и его производстве, а также службы, обеспечивающие снабжение, сбыт готовой продукции и сервис. Это позволяет получать необходимую информацию об изделии на любом этапе жизненного цикла в контексте решаемой задачи за счет того, что структура производственных процессов привязывается к структуре данных о самом изделии. При этом жестким условием становится требование полной совместимости и конвертируемости данных и программных средств, информационных и производственных моделей [3].

В настоящее время актуальна задача организации комплексных промышленных информационных систем, способных аккумулировать всю необходимую документацию, коды и носители информации, имеющие непосредственную связь с системами управления предприятий, отрасли, а в идеале — и промышленность в целом.

Информационная модель цифрового машиностроительного производства строится на базе единого информационного пространства предприятия. В информационной модели выделяют модели: данных, взаимодействия объектов, динамическую и функционирования объекта управления. Последняя является наиболее сложной, так как связана с объектами, работающими в режиме реального времени (системы ЧПУ, ПЛК, контроллеры станков и др.) [4, 5]. Но эта модель позволяет получать обратную связь о реальных технологических операциях, она устанавливает количественные и логические связи между переменными, характеризующими состояние контролиру-

Цифры – семена сюта, из которых вырастает капитал цифрового производства.

Ремейк по фразе К. Мадея

емых показателей деятельности предприятия и его участков [6, 7].

Набор базовых элементов цифрового производства в настоящее время активно расширяется, обозримые перспективы позволяют использовать технологии «безлюдного» производства, высокоскоростной обработки (ВСО), аддитивные, комбинированные и гибридные. Отметим важнейшие их свойства.

Технологии «безлюдного» производства реализуются на базе гибких производственных систем (ГПС), построенных с использованием принципов модульности и открытости, что позволяет интегрировать в систему стандартные обрабатывающие и вспомогательные компоненты через стандартные промышленные протоколы, организуя их работу в системе в автоматическом режиме без участия человека [8, 9]. Подход требует глубокой интеграции специализированного программного обеспечения. Его преимущества заключаются в возможности создавать любые технологические комплексы, конфигурируя их в соответствии практически с любыми требованиями заказчика [10].

Высокоскоростная, в том числе и многокоординатная обработка на станках с ЧПУ ориентирована на изготовление сложных изделий машиностроения. Технология реализует самые прогрессивные тенденции инжиниринга: интенсификация режимов резания, повышение качества и производительности обработки, эффективное использование современных станков с ЧПУ, в том числе за счет изготовления сложных деталей с поверхностями двойной кривизны с использованием твердотельного моделирования и специализированных CAD/CAM-систем.

Комбинированные и гибридные технологии используют принципы сочетания технологий на базе различных физических эффектов (электро-физико-химическая обработка, лазерные и лучевые методы и др.) или сочетания различных традиционных методов (точение, фрезерование, шлифование, термическая обработка) на одном станке. Такие методы применяются для изготовления сложных деталей, в частности, крупногабаритных деталей, деталей из труднообрабатываемых материалов, и позволяют значительно сократить время технологического цикла.

Аддитивные технологии или технологии послойного синтеза, которые по сути представляют 3D-печать, когда объект создается послойно на основе трехмерной компьютерной модели, а не снятии «лишнего» материала с заготовки для получения готовой детали. На основе аддитивных технологий возможно получение изделий практически любой сложной формы с конструктивными элементами труднореализуемыми при традиционных технологиях. При этом изготовленные методом послойного синтеза изделия по сво-

им свойствам — плотности, остаточному напряжению, механическим характеристикам, микроструктуре — отличаются в лучшую сторону от изделий, изготовленных традиционными методами (литием, штамповкой, механической обработкой). Данная технология — образец консолидации инновационного потенциала в области материалов и цифровых технологий.

Спектр прорывных технологий, нацеленных на сокращение временных и стоимостных затрат на проектирование и производство как существующих, так и принципиально новых образцов изделий, быстро расширяется. Задача состоит в их своевременной органичной интеграции в производственные процессы.

Единый подход к подготовке высококвалифицированных кадров для цифровых производств

Предпосылки для формирования единого подхода к подготовке высококвалифицированных кадров для цифровых производств содержатся в следующих аспектах:

- дорогое технологическое оборудование нельзя доверять недостаточно квалифицированному персоналу (стоимость одной единицы оборудования может превышать сотни млн. руб.);
- разрозненная подготовка отечественных специалистов не построена на системном подходе и чаще всего ориентирована на старые системы управления;
- нередки случаи, когда программированию обучают на системах ЧПУ 30-летний давности, обосновывая тем, что на производстве имеется 80% таких систем;
- подавляющее большинство систем ЧПУ в мире построено на базе компьютеров, что предоставляет практически неограниченный потенциал для применения эмуляторов в области обучения;
- перспективные технологии цифрового производства находятся в фазе проведения фундаментальных и поисковых исследований, и подготовка кадров должна вестись параллельно с исследовательским процессом.

Одним из ключевых вопросов в подготовке кадров для цифровых производств является повышение уровня знаний в области промышленной автоматизации. Это обусловлено растущей интеграцией PLM-систем (product lifecycle management) и систем автоматизации.

Представление о современной системе ЧПУ как объекте изучения

Исследование систем ЧПУ позволило выявить целый ряд проблем, проявляющихся на разных этапах их жизненного цикла. Обратим внимание на ключевые. Разделение труда между производителями систем ЧПУ и станкостроителями обнажило проблемы наличия квалифицированных специалистов по настройке многокоординатных станков с ЧПУ. Часто 5-координатные станки с ЧПУ известных мировых фирм используются заказчиком лишь

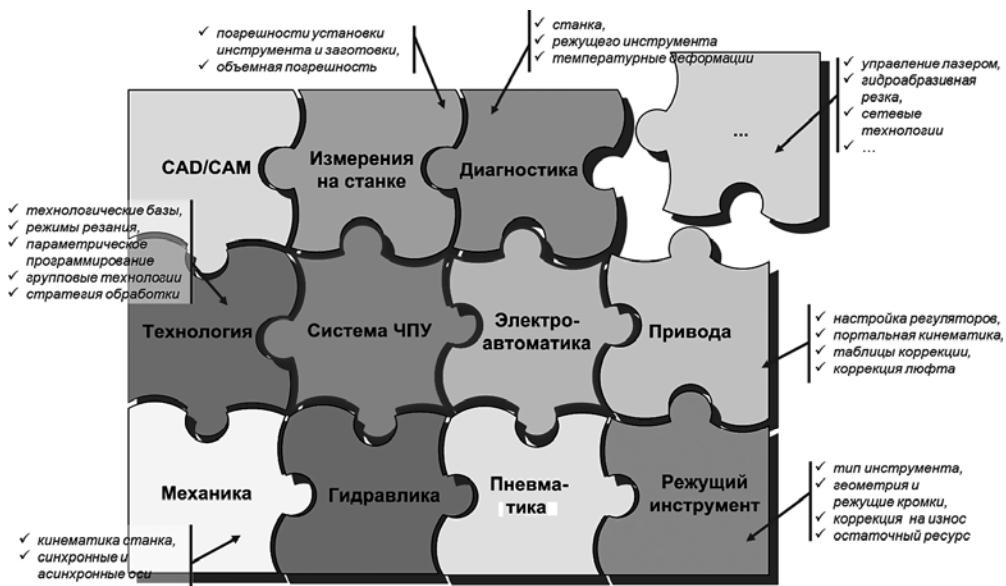


Рис. 1. Междисциплинарная база подготовки специалистов по системам ЧПУ

для 3-координатной обработки, тогда как и станок и система ЧПУ могут решать гораздо более серьезные производственные задачи. Кризис 2008 г. выдвинул в ряд лидирующих проблему энергоэффективности технологического оборудования с ЧПУ. Когда выпуск продукции автомобильного производства упал в 3 раза, оказалось, что автомобильные заводы платят за электроэнергию такую же сумму, как и раньше. Последующие 2..3 года производители систем ЧПУ в экстренном порядке разрабатывали методы и средства, реализующие энергоэффективность технологического оборудования по типу режима Stand-by для ПК.

Приведенные примеры демонстрируют, что при подготовке специалистов в области систем управления для цифрового машиностроительного производства требуется передача знаний в смежных областях (рис. 1), число которых постоянно расширяется. Разработанная в МГТУ «СТАНКИН» междисциплинарная база подготовки специалистов по системам ЧПУ ориентирована на пополняемый спектр знаний, реагирующий на быстрое появление инновационных решений.

Многоуровневая подготовка и переподготовка специалистов в МГТУ «СТАНКИН»

Организация многоуровневой подготовки и переподготовки специалистов в области цифрового машиностроительного производства потребовала решения таких задач, как:

- консолидация существующих отечественных и мировых решений и методик в области цифрового производства;
- использование многолетних традиций, сложившихся научных школ и партнерских отношений с зарубежными университетами и исследовательскими центрами для формирования необходимого кадрового потенциала университета;

- формирование технологического полигона, обладающего сверхсовременным оборудованием, передовыми технологиями для цифровых производств;

- организация связи «наука-обучение-производство» с партнерами из институтов РАН, отраслевых НИИ и ведущих производственных корпораций стратегических машиностроительных отраслей;

- организация совместных программ обучения и зарубежных стажировок для студентов и аспирантов с использованием партнерских отношений с зарубежными университетами и исследовательскими центрами;

- организация проектирования, разработки, экспериментального производства и поддержки специализированных многоуровневых обучающих комплексов на базе ЧПУ для школ, колледжей, вузов и предприятий;

- разработка комплекта учебно-методического обеспечения;

- создание Internet-ресурса в области систем ЧПУ с элементами дистанционного обучения (www.ncsystems.ru).

Организация процесса многоуровневой практико-ориентированной подготовки и переподготовки специалистов в области цифрового машиностроительного производства (рис. 2) предполагает, с одной стороны, разделение зон ответственности, с другой — общее взаимодействие структурных единиц в рамках единого процесса.

Выпускающие кафедры: «Технология машиностроения», «Высокоэффективные технологии обработки» и «Компьютерные системы управления» осуществляют профессиональную подготовку академических бакалавров и магистров по разработанным кафедрами программам и методикам. Занятия проводятся в специализированных учебных классах и лабораториях. Для образовательного процесса лабораторных практикумов и студенческих исследовательских работ кафедры используют научно-исследовательские площадки технологического полигона — Государственного инженирингового центра (ГИЦ) и центров разработки. В структуру ГИЦ включены подразделения, ведущие работы по всем прорывным технологиям, составляющим основу современного цифрового производства. В центрах разработки студенты выполняют исследовательскую часть диплом-

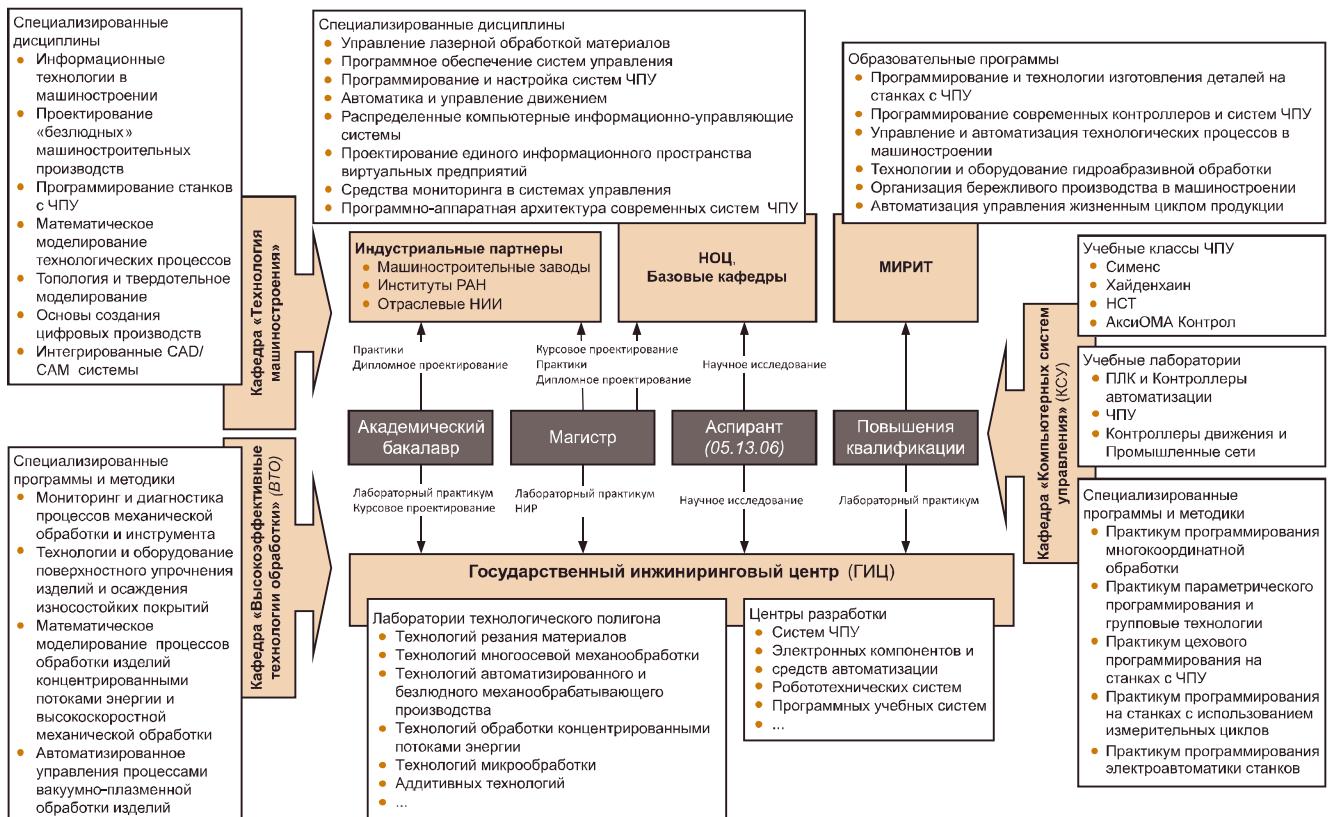


Рис. 2 . Структура многоуровневой подготовки по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)» и повышению квалификации специалистов в области автоматизированного машиностроительного производства

ных и курсовых проектов и реализуют практические приложения своих работ. Площадки ГИЦ служат научно-технической базой для отработки профессорско-преподавательским составом кафедр учебно-методических материалов.

Усиление практической составляющей в учебно-образовательном процессе обеспечивается за счет использования научно-технического потенциала индустриальных партнеров — машиностроительных предприятий, институтов РАН, отраслевых НИИ, где студенты проходят производственные практики и выполняют дипломное проектирование.

Научно-образовательные центры (НОЦ) и базовые кафедры ориентированы на подготовку магистров и аспирантов. Они используются, в том числе и как площадки для исследовательских работ и апробации научных результатов в рамках научных семинаров, конференций.

Основные задачи:

- целевая подготовка высококвалифицированных научных кадров и специалистов для профильных предприятий высокотехнологичных секторов экономики и закрепление молодежи в сфере науки, образования и высоких технологий;
- развитие и повышение эффективности фундаментальных и прикладных исследований на основе активного использования механизмов интеграции науки и образования;

• реализация совместных научно-образовательных проектов в рамках различных международных и федеральных инвестиционных программ;

• развитие мобильности научных и научно-педагогических кадров путем совместного выполнения научных исследований учеными и преподавателями в Научно-образовательном центре.

Индустриальные партнеры университета на основании договоров о сотрудничестве предоставляют свою технологическую базу для проведения всех видов практик для студентов.

Государственный инжиниринговый центр (ГИЦ) по машиностроительным технологиям является испытательным полигоном инновационных решений и площадкой для подготовки высококвалифицированных кадров. Здесь студенты и аспиранты проходят обучение на учебно-экспериментальных комплексах и осуществляют научные эксперименты, участвуют в разработке систем управления и электрооборудования для учебно-экспериментальных комплексов в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Межотраслевой институт развития инновационных технологий (МИРИТ) совместно с профильными кафедрами реализует программы повышения квалификации работников высокотехнологичных машиностроительных предприятий в соответствии с запросами предприятий и организаций промышленности. Программы дополнитель-

ного профессионального образования ориентированы на формирование компетенций для решения насущных практических задач предприятий в зависимости от особенностей целевой аудитории. В обучении задействован профессорско-преподавательский состав кафедр. Практическая часть учебных программ реализуется на базе учебных лабораторий и стендов кафедр и технологического полигона ГИЦ. Комплексная многоуровневая подготовка специалистов в области систем ЧПУ

(рис. 3) в рамках цифрового машиностроительного производства ориентирована практически на все профессии, связанные с системами ЧПУ. Рост спроса на данные программы обусловлен осуществляемым в настоящее время масштабным техническим перевооружением производства, в рамках которого проводится замена устаревшего оборудования станками с ЧПУ последнего поколения.

Список литературы

- Григорьев С.Н., Мартинова Л.И. Подход к построению информационно-вычислительных сред виртуальных производственных корпораций // Межотраслевая информационная служба. №4. 2012. С.31-37.
- Григорьев С.Н. Развитие отечественного станкостроения - фундамент модернизации машиностроительного производства. // Автоматизация в промышленности. 2012. №5. с.4-7.
- Мартинов Г.М., Мартинова Л.И. Формирование базовой вычислительной платформы ЧПУ для построения специализированных систем управления // Вестник МГТУ "Станкин". 2014. №1(24). с. 92-97.
- Соколов С.В. «Специфика реализации мониторинга технологических параметров в системе управления мехатронным оборудованием» // Вестник МГТУ "Станкин". 2011. №4(17). с. 89-92.
- Козак Н. В., Мартинова Л. И., Савинов К. А., Дубровин И.А. Построение гетерогенной распределенной компьютерной системы управления для высокотехнологичных децентрализованных производств на основе web-технологий // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 11. с. 44-48.
- Мартинов Г.М., Любимов А.Б., Бондаренко А.И. и др. Подход к построению мультипротокольной системы ЧПУ//Автоматизация в промышленности. 2012. № 5. с. 8-11.
- Мартинов Г.М., Мартинова Л.И., Козак Н.В. и др. Принципы построения распределенной системы ЧПУ технологическими машинами с использованием открытой модульной архитектуры // Справочник. Инженерный журнал. 2011. №12.
- Martinova L.I., Pushkov R.L., Kozak N.V., Trofimov E.S. Solution to the problems of axle synchronization and exact positioning in a numerical control system // Automation and Remote Control. 2014. Vol. 75. № 1. pp. 129-138.
- Мартинова Л.И., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л. Реализация открытости управления электроавтоматикой станков в системе ЧПУ класса PCNC//Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2011. № 2. С. 11-16.
- Мартинов Г.М., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А. и др. Метод декомпозиции и синтеза специализированных систем ЧПУ // Автоматизация в промышленности. 2013. № 5. С. 8-14.



Рис. 3. Уровни подготовки специалистов в области систем ЧПУ

Григорьев Сергей Николаевич – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой “Высокоэффективные технологии обработки”, ректор МГТУ “СТАНКИН”,
Мартинов Георгий Мартинович – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Компьютерные системы управления» МГТУ «СТАНКИН».

Контактный телефон (499) 972-94-40.

E-mail: e-mail@ncsystems.ru

Оформить подписку на журнал "Автоматизация в промышленности" вы можете:

через каталоги "Роспечать" 81874 и "Пресса России" 39206 • сайт журнала <http://www.avtrom.ru> • Редакцию

Адрес редакции: 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, офис 360 Тел.: (495) 334-91-30, (926)212-60-97 E-mail: info@avtrom.ru