

## **ВНЕДРЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ЦИФРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

*А.Х. Нуркенов*

В данной работе рассмотрена суть концепции, потребность в кадрах и этапы подготовки специалистов для реализации Цифрового производства и ИНДУСТРИИ 4.0. Применительно к образовательному процессу представлены ключевые инструменты для формирования компетенции обучающихся на кафедре технологии автоматизированного машиностроения ЮУрГУ и предложены основные направления для совершенствования процесса подготовки кадров на базе вузов.

Ключевые слова: цифровое производство, Индустрия 4.0, подготовка кадров, ЮУрГУ.

Современное общество в связи с интенсивным развитием высоких технологий характеризуется массовым цифровым потоком информации в быту, образовании, работе и досуге. Данный тренд формирует потребность

в новых подходах к управлению процессами, в результате чего формируются различные сектора цифровизации: цифровая экономика, цифровое производство, цифровой университет и т. д. (рис. 1). Суть данной цифровой трансформации общества описана в концепции «Индустрии 4.0», которая заключается в массовом внедрении киберфизических систем в обслуживание человеческих потребностей [1–5].

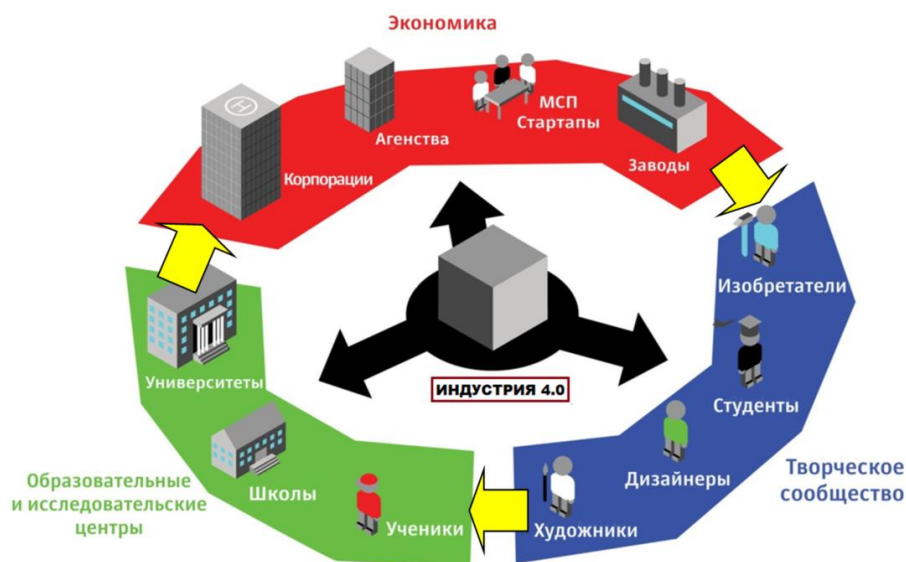


Рис. 1. Концепция внедрения Индустрии 4.0 в общество

Университет как образовательный и исследовательский центр является переходной средой трансформации между обществом и производством. Таким образом, обучение работе с инструментами цифрового производства, цифровой экономики и цифровой среды в целом формирует уровень его конкурентоспособности на рынке образовательных услуг. В Южно-Уральском государственном университете развитие данного направления происходит совместно с программой «5–100», в которой ключевым направлением является цифровая трансформация университета. Применительно к машиностроительной отрасли базовой кафедрой подготовки кадров в университете является кафедра технологии автоматизированного машиностроения. Обучение инструментам цифрового производства осуществляется на основе поэтапного обучения, по принципу развития инструментов сквозного проектирования с 50-х годов XX века по настоящее время (рис. 2).

На первом этапе осуществляется обучение созданию цифровых двойников изделий применительно к конструкторской подготовке производства. Студент осваивает компетенции по построению 2D- и 3D-элементов чертежей, сборок, конструкций (рис. 3). Таким образом, это позволяет сформировать объемное параметрическое мышление о принципах стандартизации, взаимозаменяемости и конструировании изделий. Следует отметить, что за рубежом активно развивается тенденция перехода от 2D-эскизов и черте-

жей к 3D цифровым двойникам изделий, хранящим как геометрическую (ISO 1101:2017), так и CAE информацию (материал и его прочностные характеристики), что сформировало прямую потребность во втором этапе подготовки студентов. Данный этап обучения сформирован для освоения методов создания расчетных методик определения прочностных характеристик изделий при работе в технологической системе, а также создания цифровых моделей кинематических схем узлов (рис. 4). Данное направление в развитии компетенции специалистов показывает суть цифровой трансформации специалистов, которая требует междисциплинарных знаний.

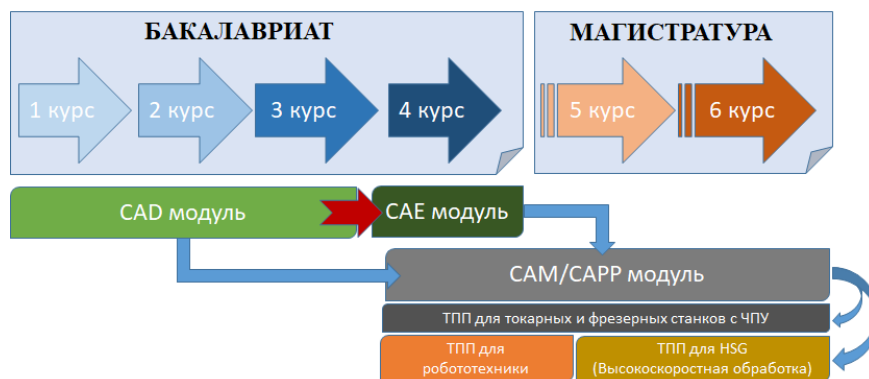


Рис. 2. Схема этапов обучения студентов инструментам цифрового производства

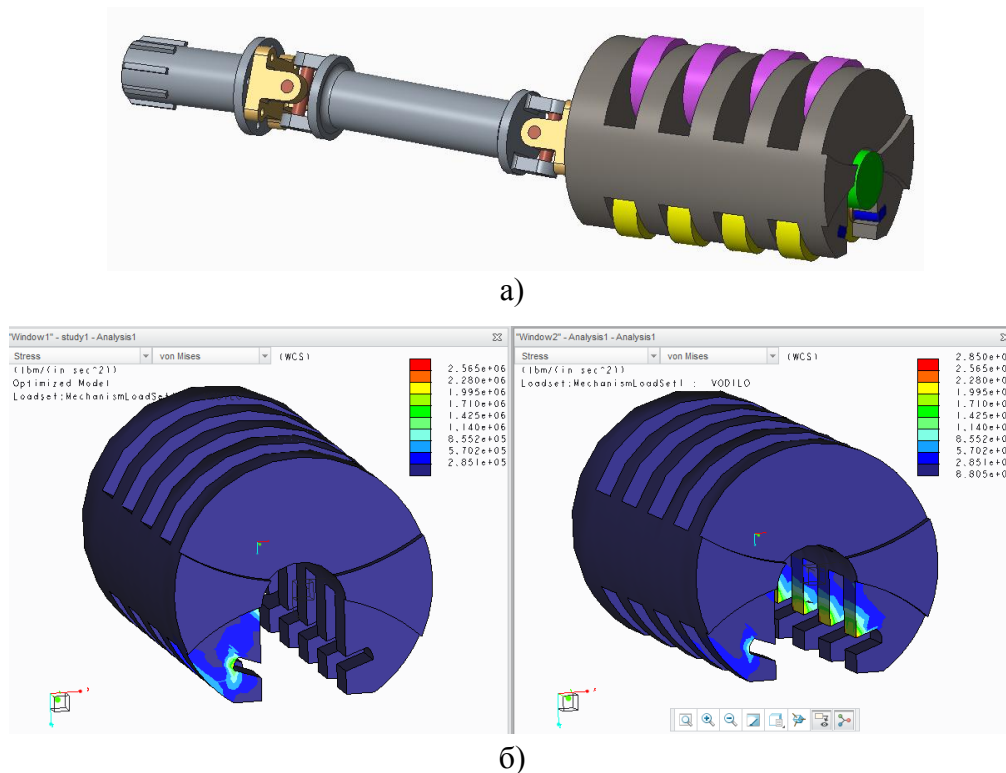


Рис. 3. Пример создания цифровых двойников изделий в образовательном процессе: а – цифровой двойник сборки изделий; б – расчет прочностных характеристик сборки изделий

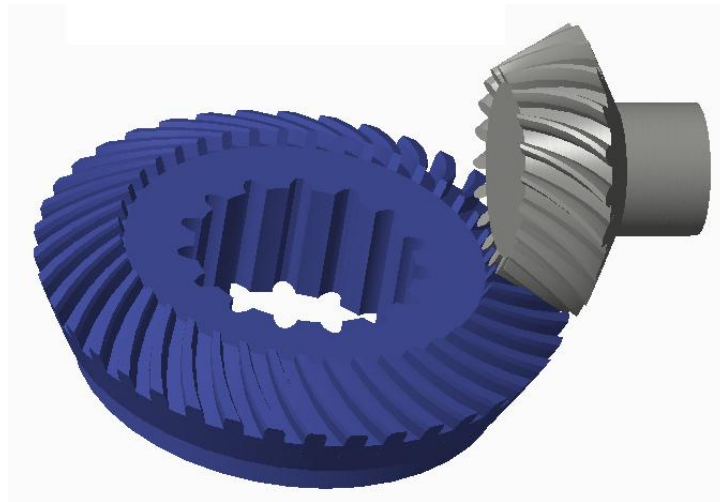


Рис. 4. Пример создания цифровых моделей кинематических схем узлов в образовательном процессе

Третьим этапом обучения сквозным инструментам проектирования является создание цифровых двойников технологических процессов применительно к технологической подготовке производства. Студент осваивает работу с базами данных инструментов, оснастки, классификатора операций и формирует модель «цифрового дерева» технологического процесса, которое содержит в себе полный комплект данных технологического процесса (рис. 5). Развитием данного направления является создание цифровых двойников технологической системы станков с ЧПУ в виде полных копий элементов технологической системы, состоящих из цифровых двойников узлов станка, приспособлений, оснастки, заготовки, готовой детали с полной имитацией функций физического оборудования и системы ЧПУ (рис. 6) [6, 7]. Основная цель данных инструментов – отработка технологии до выхода на станок, что позволяет снизить производственные издержки, связанные с простоем, поломкой оборудования и переработкой пробных заготовок.

На кафедре также развиваются направления по обучению цифровым инструментам для аддитивной и высокоскоростной обработки. Первое направление связано с созданием цифрового двойника технологического процесса нанесения упрочняющего покрытия и выращиванием изделий из композитов с применением роботизированных систем (комплекс из робота и позиционера). В качестве базового инструмента используется САМ-система для разработки управляющей программы взаимного перемещения робота и заготовки в процессе нанесения покрытия. Во втором направлении рассматривается многолетний опыт проектирования высокоскоростных операций шлифования для станков с ЧПУ [8–12] путем апробации исследований и создания инструментов проектирования высокоскоростных операций в виде программного обеспечения. Студент формирует компетенции по оптимизации данных технологий в виде освоения расчетных методик и проектирования управляющих программ.

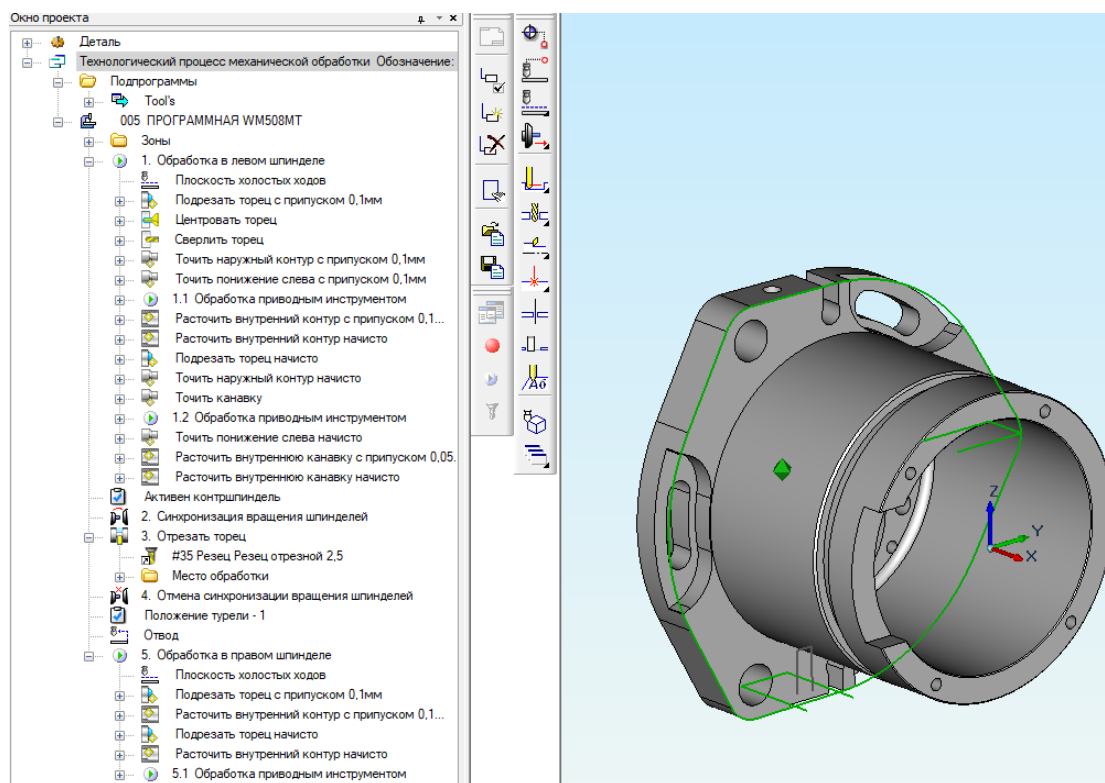


Рис. 5. Пример создания «цифрового дерева» технологического процесса

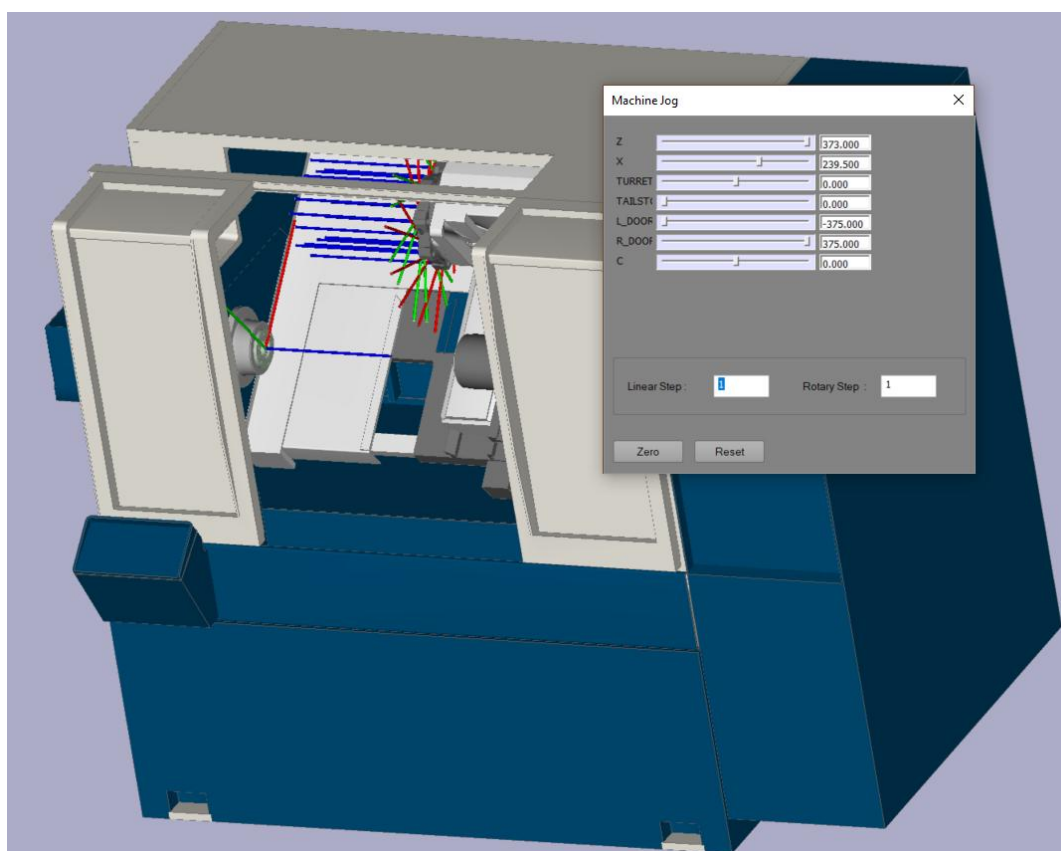


Рис. 6. Пример создания цифрового двойника технологической системы станка с ЧПУ

Анализ исследований показал тенденцию перехода от применения инструментов сквозного проектирования (CAD/CAM/CAE/CAPP-системы) к инструментам цифрового планирования и управления производством (PDM/ERP/PLM/MES-системы) [13–16]. Однако это стадия, в которой находится сейчас отечественный сектор производства, является предыдущим этапом развития, так как в концепции Индустрии 4.0 подразумевается «бесшовность» цифровых технологий, то есть работа не на принципе «цифровых островов» информации как аккумуляторов информации, а на принципе потока информации, интегрированного на уровне «производственной культуры» [17–18]. Применительно к будущему периоду ключевыми направлениями развития машиностроительной отрасли и цифровой трансформации в целом предполагаются следующие направления.

1. Полный переход от заказа продукции к поставке конечному потребителю через электронную форму-конфигуратор. То есть сформируются инструменты с функциями требований заказчиков, технических заданий и опросных листов в виде электронных ресурсов и баз данных. Таким образом, необходимо развитие направления обучения специалистов по цифровой экономике.

2. Применение виртуальной (VR), дополненной (AR) и смешанной реальности (MR) как инструментов подготовки специалистов к работе с высокотехнологичным дорогостоящим оборудованием. Применительно к машиностроению – это в первую очередь многокоординатные станки с ЧПУ и роботизированные комплексы.

3. Переход от локального использования программного обеспечения на предприятиях к работе через облачные сервисы, которые позволяют существенно снизить объем затрат и издержек, связанных с покупкой, техническим сопровождением и обновлением программного обеспечения для сквозного проектирования и управления производством.

Для кафедры технологии автоматизированного машиностроения в первую очередь перспективным направлением является внедрение инструментов виртуальной (VR), дополненной (AR) и смешанной реальности (MR) в процесс обучения, например, на этапе изучения наладки и программирования станков с ЧПУ и роботизированных систем. А также на этапе знакомства с производством путем цифровых двойников виртуальных производственных подразделений (цех–участок–рабочее место).

#### Библиографический список

1. Гурьянов, А.В. Маршруты сквозного автоматизированного проектирования документации изделий приборостроения на предприятиях «ИНДУСТРИИ 3.0» и «ИНДУСТРИИ 4.0» / А.В. Гурьянов, Д.А. Заколдаев, И.О. Жаринов // Вопросы оборонной техники. Серия 16: технические средства противодействия терроризму. – 2018. – № 1–2. – С. 167–174.

2. Серебренников, С.С. Сбор, оценка и прогнозирование кадровых потребностей промышленности / С.С. Серебренников, С.С. Харитонов, А.Е. Стуловский // Стандарты и качество. – 2018. – № 1. – С. 66–71.
3. Игнатова, Л.Н. Цифровая экономика и ее роль в управлении социальным инвестированием / Л.Н. Игнатова, Д.Р. Мешкова // Сборник материалов Второй Международной научно-практической конференции «Предприятия в условиях цифровой экономики: риски и перспективы». – М.: Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, 2018. – С. 163–168.
4. Schuh, G. Framework for a successful implementation of industrie 4.0 in R & D / G. Schuh, M. Riesener, S. Barg, C. Mattern // ZWF Zeitschrift fuer Wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Vol. 112, Iss. 1–2, February, 2017. – Pp. 86–90.
5. Yusof, Y. Survey on computer-aided process planning / Survey on computer-aided process planning / Y. Yusof, K. Latif // International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 75, Iss. 1–4, 11 October 2014. – Pp. 77–89.
6. Богданов, Д.С. Автоматизация технологических процессов механической обработки металлов / Д.С. Богданов, Д.К. Луков // Сборник научных трудов XXI Международной научно-практической конференции «Научные исследования: ключевые проблемы III тысячелетия» – М.: «Проблемы науки», 2018 – С. 28–31.
7. Нуркенов, А.Х. Адаптация параметров обработки для высокоскоростной операции на станках с ЧПУ / А.Х. Нуркенов // Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации». – Пенза, 2017. – С. 186–188.
8. Городкова, А.Е. Теплофизическое моделирование процесса микрошлифования / А.Е. Городкова, А.А. Дьяконов, А.В. Геренштейн // СТИН. – 2017. – № 1. – С. 33–36.
9. Дегтярева, А.С. Обзор методов проектирования операций высокоскоростной обработки с применением систем адаптивного контроля / А.С. Дегтярев // Наука ЮУрГУ: материалы 69-й научной конференции. Секции технических наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – С. 231–235.
10. Shipulin, L.V. Development of Module for Automated Abrasive Tool Selection on High-speed Machining Operation / L.V. Shipulin, A.A. Dyakonov, M.M. Al-Aqeeli // Procedia Engineering. 2017. Vol. 206. Pp. 1211–1214.
11. Gorodkova, A.E. Thermophysical modeling of microgrinding / A.E. Gorodkova, A.A. Dyakonov, A.V. Herreinstein // Russian Engineering Research. – 2017. – Pp. 640–647.
12. Guzeev, V.I. Calculation of Technological Limits in Designing High-Speed Operations / V.I. Guzeev, A.K. Nurkenov // Procedia Engineering. 2017. Vol. 206. – Pp. 1221–1226.
13. Банкрутенко, В.В. Подход к интеграции расчетно-программного обеспечения и системы сквозного проектирования изделий машиностроений / В.В. Банкрутенко, П.Ю. Белокрылов // Системы управления и информационные технологии. – Т. 58. – 2014. – № 4. – С. 22–26.
14. Концепция цифрового инструментального производства (FAB LAB) для прототипирования изделий электронной техники / Д.И. Арабов, А.И. Власов, В.Н. Гриднев и др. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 5–3 (47). – С. 23–34.

15. Анализ манипуляторов для решения задач пространственного проектирования / Л.В. Журавлева, А.С. Захарова, А.И. Корчагин, Е.А. Марикова и др. // Международный научно-исследовательский журнал. – 2018. – № 3 (69). – С. 34–41.

16. Schuh, G. Knowledge Discovery Approach for Automated Process Planning / G. Schuh, J.-P. Prote, M. Luckert, P. Hünnekes // 50th CIRP Conference on Manufacturing Systems, CIRP CMS 2017; Taichung City Hall Taichung – Procedia CIRP. 2017. Vol. 63. – Pp. 539–544.

17. Биленко, П.Н. Модель развития производственных программ через поиск умных подключенных продуктов для диверсификации производства / П.Н. Биленко // Оборонная техника. – 2018. – В. 1. – С. 1–6.

18. Верховский, Н. Пространство корпоративных инноваций / Н. Верховский, П.Н. Биленко // Новый оборонный заказ. Стратегии. – 2018. – В. 02. – С. 82–86.

[К содержанию](#)