

УДК 621.002:658.011:681.3

ПОДГОТОВКА ЦЕЛЕВОГО ПЕРСОНАЛА САПР В СРЕДЕ УЧЕБНОГО ВИРТУАЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

© 2021 А.А. Черепашков, В.Н. Воронин, А.Г. Шараухова

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 10.06.2021

Статья посвящена задачам обучения инженеров технологов, работающих в составе интегрированных САПР. Для развития у технологов умений деятельности в едином информационном пространстве разрабатываются учебно-исследовательские виртуальные предприятия (УИВП). Предлагается состав и структура комплексных средств обеспечения УИВП. Описывается методика применения онтологического анализа оптимальных траекторий подготовки специалистов.

Ключевые слова: машиностроение, виртуальные предприятия, автоматизированное проектирование, методическое обеспечение.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-3-69-72

ВВЕДЕНИЕ

Процессы разработки и изготовления современных изделий машиностроения уже невозможно представить без использования САПР (CAD\CAM\CAE...CA"x" – систем и технологий), которые стали неотъемлемой частью комплексных систем информационной поддержки жизненного цикла изделий (Product Lifecycle Management – PLM systems) [1]. При этом внедрение и эксплуатация человеко-машинных систем в обязательном порядке предусматривает обучение персонала, от компетенций которого напрямую зависит эффективность сложной автоматизированной системы в целом [2].

Проектирование по своему определению является творческой инженерной деятельностью, для которой, наряду с обширными знаниями и навыками в области техники и технологий необходимо развитие специфических компетенций, развитие которых происходит исключительно в процессе практической деятельности человека [3]. И если в настоящее время достаточно глубоко и полно освоены методики обучения инженеров и техников на локальных этапах проектных работ, то подготовка специалистов, обладающих необходимыми профессиональными компетенциями для деятельности в интегрированной информационной среде (ИИС) требует новых идей, практических разработок и исследований.

Андрей Александрович Черепашков, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты». E-mail: eg@samgtu.ru
Валерий Николаевич Воронин, старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты». E-mail: voronin.vn@samgtu.ru
Анастасия Григорьевна Шараухова, аспирант кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты». E-mail: anshag13@yandex.ru

ПРОБЛЕМАТИКА ОБУЧЕНИЯ САПР

Важность «человеческого фактора» при создании и эксплуатации САПР (СА"x" – систем) ярко проявляется в том, что практически все ведущие разработчики (компании вендоры) активно занимаются созданием и продвижением многочисленного методического обеспечения (МтО), предназначенного специально для пользователей [4]. Кроме обязательной контекстной справочно-информационной системы (Help) сюда относятся:

- Подробные описания функционала всех компонент (Manuals);
- Практические руководства (User Guides);
- Инструкции (Readme) и рекомендации (Tutorials);
- Специально подобранные примеры проектных решений Samples.

Кроме этого вендоры, зарабатывающие продажей прикладного программного обеспечения предлагают пользователям средства, чисто учебного назначения:

- Учебники (Textbooks) представленные как в классической бумажной, так и современной электронной форме;
- Пособия для самоподготовки (CAST – Computer Aided Self Training);

В настоящее время при реализации МтО САПР используется практически весь спектр компьютерных технологий от универсальных средств электронного обучения (E-Learning) до предметно-ориентированных баз знаний [5]. Однако они хорошо поддерживают учебный процесс только в области формирования знаний.

Для формирования профессиональных умений и навыков необходима практическая работа в среде САПР. К сожалению, программное обеспечение (ПО) промышленного назначения

далеко не всегда соответствует требованиям учебного процесса (стоимость владения, простота освоения и эксплуатации, наглядность и т.д.). Для этих целей приходится разрабатывать специальные учебные программы и комплексы (Training Tools). К этой категории средств методического обеспечения САПР можно отнести:

- Практикумы и упражнения (Exercises);
- Учебные (сокращённые и упрощённые) версии промышленного ПО (Light version);
- Компьютерные тренажеры (Simulators) и учебные САПР (Student Edition version).

Особую разновидность методического обеспечения для обучения практическим навыкам профессиональной деятельности представляют виртуальные среды (virtual environment):

- Виртуальные лаборатории (virtual laboratory - VL);
- Виртуальные предприятия (virtual enterprise - VE).

ВИРТУАЛЬНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ НАВЫКАМ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГОВ- МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ В ЦИФРОВОЙ ПРОЕКТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЕ

Для ускорения адаптации проектного персонала и развития у пользователей САПР умений и навыков практической работы в среде комплексных автоматизированных систем предложено создавать в вузах и учебных центрах специализированные учебно-исследовательские виртуальные предприятия (УИВП - educational and research VE). Кроме того, УИВП (ERVP) могут использоваться как своеобразный макет (электронный двойник) PLM-решений, предназначенный проверки новых технологий, и опережающего выполнения пилотного проекта в проектах внедрения комплексных САПР [6].

Тренирующие функции УИВП проявляются в процессе многократного, циклического прохождения определенных стадий и этапов, предусмотренных методикой учебного автоматизированного проектирования, что позволяет развивать полученные пользователями умения, доводя их до заданного уровня.

В самарском государственном техническом университете (СамГТУ) разработано и в течение ряда лет используется для подготовки магистров техники и технологии УИВП, охватывающее, прежде всего, процессы конструкторской подготовки производства [7].

Структура и состав методического обеспечения УИВП отличаются от использованных промышленных решений существенно большей сложностью. Базы данных были оснащены дополнительными разделами, в которых размещены разработанные авторами:

- учебник и учебные пособия по различным разделам САПР;
- сборники заданий и упражнений;
- методические рекомендации для преподавателей по реализации учебного проектирования;
- сборники показательных проектов и примеров инженерных решений.

В данной статье рассматривается расширение обучения комплексной автоматизации и на этап технологической подготовки производства, а в дальнейшем и изготовление образцов изделий на цифровом оборудовании, с использованием аддитивных технологий.

Анализ процессов автоматизированной технологической подготовки современного машиностроительного производства в ИИС [6-8] показал, что информационный технолог (назовем так специалиста, обладающего развитыми компетенциями, как в области технологий машиностроения, так и соответствующей информационной подготовкой - IT technologist - ИТТ) должен обладать значительно более широким комплексом компетенций по сравнению с многими другими участниками процессов КТПП:

$$K^{ITT} = K^{CAD} \cup K^{CAPP} \cup K^{CAM} \cup K^{CAE} \cup K^{CAI} \cup K^{CAx} \cup K^{PLM} \quad (1)$$

Каждая из выделенных компонент профессиональных компетенций в свою очередь должна быть подержана некими укрупненными дидактическими единицами, составляющими предметное поле обучения автоматизированному проектированию.

1. Конструкторские профессиональные компетенции K^{CAD} и соответствующие им навыки геометрического моделирования необходимы информационному технологю для разработки технологической оснастки и операционных моделей изделий:

$$K^{CAD} = \{d^{CAD_1}, d^{CAD_2}, \dots, d^{CAD_i}, \dots, d^{CAD_n}, \},$$

где n – число дидактических единиц, отражающих сущности модульного раздела «CAD технологии и системы».

2. Технологические профессиональные компетенции и пересекающиеся с ним навыки в области 2D - и 3D - компьютерной графики позволяют эффективно автоматизировать разработку и оформление технологической документации:

$$K^{CAPP} = \{d^{CAPP_1}, d^{CAPP_2}, \dots, d^{CAPP_i}, \dots, d^{CAPP_n}, \}$$

где n – число дидактических единиц, отражающих сущности модульного раздела «САПР ТП - CAPP технологии и системы».

3. Компетенции в области программирования нужны для разработки управляющих инструкций для цифрового оборудования, которые в свою очередь опираются на первые две вышеназванные группы:

$$K^{CAM} = \{d^{CAM_1}, d^{CAM_2}, \dots, d^{CAM_i}, \dots, d^{CAM_n}\},$$

где n – число дидактических единиц, отражающих сущности модульного раздела «CAM технологии и системы».

4. Компетенции в области инженерного анализа (CAE) востребованы при моделировании технологических процессов, например литья или обработки давлением;

$$K^{CAE} = \{d^{CAE_1}, d^{CAE_2}, \dots, d^{CAE_i}, \dots, d^{CAE_n}\},$$

где n – число дидактических единиц, отражающих сущности модульного раздела «CAE технологии и системы».

5. Цифровые измерения (CAI) необходимы для контроля изготовленных изделий и организации адаптивной обработки на станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах:

$$K^{CAI} = \{d^{CAI_1}, d^{CAI_2}, \dots, d^{CAI_i}, \dots, d^{CAI_n}\},$$

где n – число дидактических единиц, отражающих сущности модульного раздела «CAI технологии и системы (Computer Aided Inspecting)».

6. Кроме этого, можно выделить в числе «Прочих» перспективные цифровые технологии (CA^x), к числу которых можно отнести аддитивные (3D сканирование и печать) или «Умное производство» и «Интернет вещей».

$$K^{CAx} = \{d^{CAx_1}, d^{CAx_2}, \dots, d^{CAx_i}, \dots, d^{CAx_n}\},$$

где n – число дидактических единиц, отражающих сущности модульного раздела «Инновационные цифровые технологии в машиностроении».

7. Особо следует выделить специфические компетенции необходимые современному инженеру для эффективной работы в интегрированной информационной среде (PDM/PLM), включая работу с электронными техническими архивами, управлением изменениями конструкторско-технологической документации и организации коллективной работы над большими проектами.

$$K^{PLM} = \{d^{PLM_1}, d^{PLM_2}, \dots, d^{PLM_i}, \dots, d^{PLM_n}\},$$

где n – число дидактических единиц, отражающих сущности модульного раздела «методология информационной поддержки жизненного цикла изделий машиностроения (Continuous Acquisition and Life cycle Support –CALS)».

Многое из дидактических единиц в группах приведенной классификации компетенций ИТ технолога взаимозависимы (пересекаются), а сами группы компетенций выстроены в определенную иерархию в порядке их изложения. Кроме того, следует заметить, что термины бурно развивающихся информационных технологий зачастую совпадают, повторяются и вовсе могут иметь различное понятийное наполнение. Например, специалисты в смежных областях науки и техники могут расшифровать хорошо знакомую технологом аббревиатуру CAI не как

автоматизированные измерения, а как автоматизированных систем поддержки инновационных процессов на предприятии (computer aided innovation – CAI), также не чуждую методологии УИВП.

Для формирования предметного поля обучения ИТ технологов в среде УИВП и выделения понятийно-терминологических связей между множеством дидактических единиц было предложено использовать онтологический подход [9]. Построение онтологий позволяет формировать предметно-ориентированные базы знаний, эффективно поддерживающие процессы проектирования технических объектов в различных предметных областях [10].

В экспериментальном исследовании, выполненном авторами данной статьи [11], непрерывный динамический процесс развития бесконечной по своей природе предметной области САПР представлялся дискретным набором конечных состояний, фиксируемых экспертами на определенной стадии построения онтологии. В сочетании с методологией УИВП аппарат онтологического анализа позволяет построить оптимальные траектории индивидуальной или целевой подготовки специалистов в виртуальной образовательной среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронная энциклопедия PLM [Электронный ресурс] / Управление жизненным циклом изделия. URL: <http://plmpedia.ru/wiki/PLM> (дата обращения: 15.03.2021).
2. CHAOS Report. The Standish Group International, Inc., 2011 -2015 [Electronic resource]. — URL: <https://www.standishgroup.com/>
3. Engineers' CAx education – it's not only CAD / C.W. Dankwort, R. Weidlich, B. Guenther et al. / Computer-Aided Design, № 36 (2004), p. 1439 – 1450.
4. Авторизованные учебные центры Autodesk [Electronic resource]. — URL: <https://www.autodesk.com/training/authorized-training-centers/>
5. Маслов, С.И. Информатизация как неотъемлемый компонент современного инженерного образования // Труды Международной конференции «Информатизация инженерного образования» ИНФО-РИНО.— М.: МЭИ, 2012.— С. 79–82.
6. Интеграция PLM – решений с технологиями автоматизации управления производства [Электронный ресурс] / Цифровой двойник. URL: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/ru/our-story/glossary/digital-twin/24465> (дата обращения 15.03.2021).
7. Черепашков, А.А. Учебное виртуальное предприятие на платформе Комплекса решений АСКОН (разработка и внедрение) / А.А. Черепашков, А.В.Букатин.—СПб.: АСКОН, – 144 с. – [Электронный ресурс]. URL: <https://edu.ascon.ru/main/download/software/?cat=43>.
8. Судов Е.В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы.

- ды. Модели. - М.: ООО Издательский дом «МВМ», 2007.- 224 с.
9. Gruber T.R. A translation approach to portable ontologies // Knowledge Acquisition, 1993, V. 5(2), P.199-220.
 10. Borgest, N.M. Introduction to the ontology of designing [In Russian]. Saarbrücken, German : LAP Lambert Academic Publishing., 2015.
 11. Черепашков, А.А. Онтологический подход к формированию предметно-ориентированных баз

знаний в области автоматизированного проектирования / А.А. Черепашков, А.Г. Шараухова
Ontological approach to the formation of subject-oriented knowledge bases in the field of computer-aided design // MATEC Web of Conferences. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment: Mechanical Engineering and Materials Science (ICMTMTE 2019) .- 2019.- Vol. 298: pp.1-7, DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201929800065>.

TRAINING OF CAD TARGET PERSONNEL IN THE ENVIRONMENT OF A TRAINING VIRTUAL ENTERPRISE

© 2021 A.A. Cherepashkov, V.N. Voronin, A.G. Sharaukhova

Samara State Technical University, Samara, Russia

The article is devoted to the tasks of training process engineers working in integrated CAD systems. To develop the skills of technologists to work in a single information space, educational and research virtual enterprises (ERVP) are being developed. The composition and structure of the complex means of providing the educational and research virtual enterprise is proposed. The method of application of the ontological analysis of optimal trajectories for training specialists is described.

Key words: mechanical engineering, virtual enterprises, computer-aided design, methodological support.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-3-69-72

Andrey Cherepashkov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Mechanical Engineering Technology, Machine Tools and Tools Department. E-mail: eg@samgtu.ru

Valery Voronin, Senior Lecturer of the Mechanical Engineering Technology, Machine Tools and Tools Department. E-mail: voronin.vn@samgtu.ru

Anastasia Sharaukhova, Post-Graduate Student of the Mechanical Engineering Technology, Machine Tools and Tools Department. E-mail: anshag13@yandex.ru