

## Информатика, вычислительная техника и управление

УДК 621.735.016.2

DOI: 10.30987/article\_5b8656709aa021.45498893

А.В. Рыбаков, Н.А. Дубовская

### ЭВОЛЮЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Установлен состав инструментов, обеспечивающих совершенствование деятельности по проектированию сложных изделий машиностроения. Представлена последовательность этапов компьютеризации производственной среды предприятия. Показана динамика роста сложности и интеллек-

туализации технических систем и инструментов в машиностроении.

**Ключевые слова:** информационно-технологическая среда, эволюция проектирования, машиностроение, интеллектуализация технических систем.

A. V. Rybakov, N. A. Dubovskaya

### DESIGN PROCESS EVOLUTION UNDER CONDITIONS OF INFORMATION-TECHNOLOGICAL ENVIRONMENT

The purpose of this work consists in the decrease of time and assurance of quality in experts' training for the work under conditions of information-technological environment on the basis of the analysis of design process evolution with the use of computer tools for activity updating in mechanical engineering.

The research methods are formed on the use of a system analysis, 3D computer simulation, an analysis of demand in experts with new knowledge and abilities in mechanical engineering.

The investigation results allowed defining a set of tools ensuring the improvement of activities in designing complex produce of mechanical engineering. These tools touched presentation forms of normative-

reference information, 3D parametric modeling, computer simulation and systems for information decisions automated support. A sequence of stages for the computerization of factory production environment is presented, a dynamics of complexity growth and intellectualization of engineering systems and tools in mechanical engineering is shown. A growth of demand in experts with new knowledge and abilities poses problems on the organization of training activities in colleges.

**Key words:** information-technological environment, design evolution, mechanical engineering, engineering system intellectualization.

Конкурентное преимущество ближайшего будущего во многом опирается на возможности информационно-технологической среды предприятия по эффективному использованию основного и интеллектуального капитала (рис. 1). Если систематизированные знания о конкурентах и рынке, получаемые в ходе бенчмаркинга, могут обезопасить предприятие от непредвиденных сюрпризов в будущем, то систематизированные и постоянно накапливаемые знания о собственных бизнес-процессах призваны обеспечить предприятию оперативную управляемость и устойчивое преимущество в текущей и будущей конкурентной борьбе.

*Эволюция проектирования с использованием инструментов совершенствования деятельности в машиностроении приведена в таблице. В состав инструментов, обеспечивающих совершенствование деятельности по проектированию сложных изделий машиностроения, включены нормативно-справочная информация, трехмерное параметрическое моделирование, компьютерное моделирование и системы автоматизированной поддержки информационных решений [1-6].*

*Последовательность этапов компьютеризации производственной среды предприятия приведена на рис. 2.*



Рис. 1. Участвующие в процессе ТПП объекты

Этапы представления ПС	Основные характеристики представления	Задачи, решаемые с помощью представления
1.Работающее предприятие «как есть»	<p>Процесс, событие, показатели деятельности, время выполнения, необходимые ресурсы и т.д.</p>	<p><b>Анализ и описание производственной среды</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Объектно-ориентированный анализ предметной области</li> <li>разработка бизнес модели на основе стандартов предприятия (СТП)</li> </ul>
2.Моделирование деятельности предприятия	<p>Формализованное описание всей деятельности (процессы, события, времени, необходимых ресурсов) через атрибуты словаря понятий</p>	<p><b>Именованное и структуризация ПС</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Формирование словаря понятий (именование объектов, процессов и исполнителей и т.д.)</li> <li>детализация процессов</li> <li>взаимосвязь процессов</li> <li>моделирование ПС</li> </ul>
3.Информационно-технологическая среда (ИТС)	<p>Представление новых возможностей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ведение базы знаний, отображение в БД: событий, результатов (архивы), времени выполнения и т.д.</li> <li>- организация взаимодействия участников деятельности,</li> <li>- управление оборудованием с ЧПУ,</li> <li>- контроль деятельности и т.д.</li> </ul>	<p><b>Отображение ПС на ЭВМ</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>словарь понятий</li> <li>формирование баз данных и знаний</li> <li>разработка прототипа пользовательского интерфейса</li> <li>архитектурное построение ПС</li> </ul>
4.Перестроенное предприятие будущего «как должно быть»	<p>Организация совмещенного проектирования основного изделия и технологической оснастки для его изготовления</p>	<p><b>Эксплуатация ПС</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>совершенствование управления</li> <li>сокращение времени выполнения заказа</li> <li>организация мониторинга состояния ПС</li> </ul>

Рис. 2. Последовательность этапов компьютеризации производственной среды (ПС) предприятия

## Эволюция проектирования с использованием инструментов совершенствования деятельности в машиностроении

Этап	Возникшая проблема	Инструменты совершенствования деятельности, связанные				Что усовершенствовано
		с переходом к стандартизации деятельности	с согласованием пространственной формы продукта и его частей	с компьютерным моделированием	с поддержкой реализации материального решения	
Допроектный (черчение)	При разделении труда (РТ) нарастают трудности в организации сборки (подгонки частей) сложного продукта	-	На основе чертежа с учетом размеров, допусков и посадок и требований к геометрической форме выполняется человеком	-	-	При запуске нового продукта в производство с разделением труда снижены требования к подгонке геометрической формы частей
Проектирование (после 1960 года)	Необходимость перехода от только черчения к промышленному проектированию (не все, что чертят и производят, может функционировать как единое целое)	Стандартизация на уровне навыков работы с чертежами на основе ЕСКД и ЕСТД (массовое обучение основам черчения)	-	Возникновение теоретических и математических основ моделирования естественных и искусственных процессов методом конечных элементов	Выделение проектирования технологической оснастки для организации процесса производства в отдельную службу	Обоснование ключевых конструктивных решений в основном продукте предварительными расчетами
2D- проектирование (после 1980 года)	Рост числа нестыковок в проектах производства сложных продуктов. Рост численности проектных КБ, сроков и стоимости работ	Массовое появление и тиражирование специализированных печатных изданий с нормативно-справочной информацией и методиками расчета (изучение основ деятельности в компьютерной среде)	Выполняется человеком на основе 2D-чертежа. Возможность организации передачи данных в технологические программы из чертежа	Повсеместный переход от работы с кульманом к технологическим программным комплексам типа AutoCAD (Компас)	-	Коллективная работа над чертежом (проектный конвейер), внесение изменений и поиск нестыковок в чертежах, согласование решений на уровне конструктор - технолог - производственник

2D- проектирование +3D- проектирование (после 1990 года)	Собственно чертеж плохо выполняет функцию поиска пространственной формы сложного продукта	На уровне переноса накопленной нормативно-справочной информации в компьютерную среду	Выполняется человеком с помощью 3D- макета (обычно отдельного от 2D- чертежа)	Внедрение программных комплексов CAD\CAE\CAM типа NX (Siemens), CATIA, CREO	Библиотеки готовых элементов для формирования технологической оснастки	Макетирование (поиск пространственной формы) очень сложного продукта
3D- проектирование (после 1995 года)	Чертежи, хранимые в отдельных файлах, не состыкованы друг с другом. Внесение изменений в один чертеж не влияет на другие	Информационный 3D-проект все чаще и чаще воспринимается как база данных жизненного цикла проекта (переход к обучению на основе 3D-моделей)	Проверка геометрических коллизий на компьютерном 3D-макете (согласованное получение чертежей с макета)	Возможность изучения технологического процесса в ходе компьютерных экспериментов. Формирование требований к PLM	Автоматизация проектирования простейших видов технологической оснастки	Поиск пространственной формы и информационных нестыковок в проекте на ранних стадиях проектирования
6D- организационное проектирование (после 2005 года)	Необходимость организации и управления совмещенным проектированием основного продукта и технологической среды для его изготовления	На уровне баз знаний с типовыми элементами решений с использованием методов управления проектами в проектной деятельности (освоение учащимися проектного подхода)	-	Пространственное, временное, логистическое и ресурсное согласование деятельности (аналог BIM- проекта)	Возможность визуализации в компьютерной среде результатов будущей деятельности до реализации их в металле	Согласование деятельности распределенной и многофункциональной команды исполнителей на уровне исследователь - конструктор - технолог - производитель
Параметрическое проектирование (после 2015 года)	Кастомизация проектирования и создания сложных инженерных объектов под конкретные требования	На уровне автоматизации интеллектуальной деятельности (переход к обучению на основе карт деятельности)	В базовом прототипе 3D- проекта обычно используются заранее согласованные решения. Согласования требуют только уникальные решения	Использование единой платформы для организации деятельности	Реализация компьютерного сервиса по обслуживанию проекта во времени	Создание уникальных решений на основе повторного использования накопленного опыта

Динамика роста сложности и интеллектуализации технических систем (ТС) и инструментов [7-13] влечет рост

потребности в специалистах с новыми знаниями и умениями (рис. 3).



Рис. 3. Динамика роста сложности и интеллектуализации ТС и инструментов

Итак, в статье представлена последовательность этапов компьютеризации производственной среды предприятия и показана динамика роста сложности и интеллектуализации технических систем и инст-

рументов в машиностроении.

Рост потребности в специалистах с новыми знаниями и умениями ставит новые задачи по организации учебной деятельности в вузах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вальрофф, Л. Каким будет производство будущего? / Лоран Вальрофф // Рациональное управление предприятием. - 2015. - № 4. - С. 26-28.
2. Кривцова, Е. Удаленное сервисное обслуживание - как получить больше от своей продукции? / Е. Кривцова // Рациональное управление предприятием. - 2015. - № 4. - С. 16-19.
3. Народное САПР-интервью. Руководители компании «Топ Системы» ответили на вопросы читателей isicad.ru. - URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=18183](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=18183)
4. На базе российского ядра 3D RGK создаётся первая отечественная интегрированная инженерная программная платформа. - URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=17846](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=17846)
5. Жук, Д. CAD/CAE/CAM-системы высокого уровня / Д. Жук // Информационные технологии. - 1995. - № 0. - С. 22-26.
6. Рыбаков, А.В. Особенности выбора графической среды для промышленного проектирования объектов машиностроения / А.В. Рыбаков // Информационные системы. - 2002. - № 5. - С. 13-20.
7. Бродский, Л.Л. Создание центра внедрения для проектирования и изготовления технологической оснастки / Л.Л. Бродский, А.В. Рыбаков, Ю.М. Соломенцев, С.А. Шептунов //

- CAD/CAM/CAE Observer. - 2003. - № 3. - С. 20-28.
8. Соломенцев, Ю.М. Информационно-вычислительные системы в машиностроении (CALS-технологии) / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, В.В. Павлов, А.В. Рыбаков. - М.: Наука, 2003. - 292 с.
  9. Рыбаков, А.В. Создание автоматизированных систем в машиностроении / А.В. Рыбаков, С.А. Евдокимов, Г.А. Мелешина. - М.: МГТУ «СТАНКИН», 2001. - 157 с.
  10. Рыбаков, А.В. Итеративное управление проектированием и изготовлением сложных изделий на базе компьютерных моделей в условиях информационно-технологической среды / А.В. Рыбаков, М.В. Кожин, А.А. Орлов // *Technologies* / Yu.M. Solometsev, V.G. Mitrofanov, V.V. Pavlov, A.V. Rybakov. - M.: Science, 2003. - pp. 292.
  11. Рыбаков, А.В. *Automated System Development in Mechanical Engineering* / A.V. Rybakov, S.A. Evdokimov, G.A. Meleshina. - M.: MSTU "STANKIN", 2001. - pp. 157.
  12. Рыбаков, А.В. Iterative management of design and production of complex produce based on computer models under conditions of information-technological environment / A.V. Rybakov, M.V. Kozhin, A.A. Orlov // *Bulletin of Computer and Information Technologies*. - 2009. - No.12. - pp. 21-28.
  13. Evans, E. *Domain-Directed Design (DDD): Complex Program Systems Structuring*: [transl. from Engl.] / E.Evans. - M.: Williams, 2011. - pp. 448.
  14. Pernin, K. Technology of digital prototypes – new unique approach to plastics design / Keith Pernin // *CAD/CAM/CAE Observer*. - 2010. - No.8. - pp. 32-33.
  15. Krasnov, A.A. *Production Tools CAD Formation (on the basis of educational-design CAD of plain gauges)* / A.A. Krasnov, A.V. Rybakov, S.A. Evdokimov. - M.: MSTU "STANKIN", 2015, - pp. 167.

Статья поступила в редколлегию 24.03.18.  
Рецензент: д.т.н., профессор МГТУ «Станкин»  
Капитанов А.В.

#### Сведения об авторах:

**Рыбаков Анатолий Викторович**, к.т.н., доцент МГТУ «СТАНКИН», с.н.с. Института конструкторско-технологической информатики

**Rybakov Anatoly Victorovich**, Can. Eng., Assistant Prof. of MSTU „STANKIN“, Senior scientist of Institute of Design-Technological Informatics of RAS, e-mail: [avr48@rambler.ru](mailto:avr48@rambler.ru).

РАН, e-mail: [avr48@rambler.ru](mailto:avr48@rambler.ru).

**Дубовская Надежда Анатольевна**, бакалавр МГТУ «СТАНКИН», e-mail: [stud.nadia@gmail.com](mailto:stud.nadia@gmail.com).

**Dubovskaya Nadezhda Anatolievna**, Bachelor of MSTU „STANKIN“, e-mail: [stud.nadia@gmail.com](mailto:stud.nadia@gmail.com).