

УДК.346.34:658.512

DOI: 10.18384/2310-6646-2015-4-87-92

Кимельфельд Р.В.*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана***СОВРЕМЕННЫЙ ИНЖИНИРИНГ В СФЕРЕ НАУКОЁМКОГО
ПРОИЗВОДСТВА: ОСНОВЫ, МЕТОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Аннотация. В статье описан параллельный подход к процессу создания сложных наукоёмких изделий, выявлены его преимущества и ограничения. Показано, что основу современного инжиниринга составляют численные методы, позволяющие выйти на наилучшее соотношение критериев, ограничений и стоимости, предъявляемых заказчиком к разрабатываемым объектам. Применение автоматизированных систем проектирования обеспечивает создание условий для получения более точных оценок эффективности сложных наукоёмких изделий, существенно уменьшая время от идеи до производства и сокращая затраты на качество.

Ключевые слова: инжиниринг, наукоёмкое производство, интегрированные производственные системы, инновации, численные методы.

R. Kimelfeld*Bauman Moscow Technical University***MODERN ENGINEERING OF SCIENTIFIC ENTERPRISES:
FUNDAMENTALS, METHODS, DEVELOPMENT PERSPECTIVES**

Abstract. The paper describes a parallel approach to the process of creating complex high-tech products and identifies its advantages and limitations. It is shown that the basis of modern engineering is numerical methods allowing to reach the best balance of criteria, constraints and costs imposed by the customer on the developed objects. The use of automated design systems provides conditions for more accurate estimation of the performance of complex high-tech products, significantly reducing the time spent from generating an idea to production and reducing quality costs.

Key words: engineering, scientific manufacturing, integrative manufacturing systems, innovations, calculation methods.

Создание сложных наукоёмких изделий представляет собой взаимосвязанный комплекс научных, проектно-конструкторских, технологических и производственных работ, известных в литературе как инжиниринг [3].

Задача инжиниринга – разработать модель и создать объект, как можно более близко соответствующий этой модели. При эксплуатации необходимо в первую очередь корректно моделировать технологические процессы с учётом реальных событий жизненного цикла изделия. Таким образом, на всех

этапах инжиниринга требуется непрерывное моделирование: в период строительства (создания) – моделирование устройства объекта, на ста-

дии эксплуатации – моделирование процессов.

Основные этапы инжиниринга представлены на рис. 1.

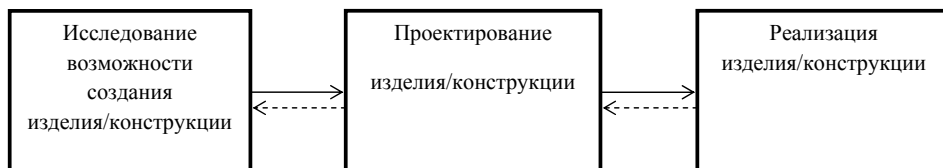


Рис. 1. Основные этапы современного инжиниринга

(—————> – материальные потоки; - - - - -> – информационные потоки)

Рис. 1. Основные этапы современного инжиниринга

(– материальные потоки; – информационные потоки)

Основное внимание уделяется этапу проектирования, так как на этом этапе задаются не только основные технические характеристики изделия, но и разрабатываются модели организации производства и планирования ресурсов.

Проектирование изделия / конструкции представляет собой процесс определения архитектуры, компонентов, узлов и других параметров изделия или конструкции. Основные методы проектирования [1] представлены в табл. 1.

Таблица 1

Классификация методов проектирования

Название метода	Группа методов	Описание
Эвристический (группа методов, предполагающая исследование инженерного творчества)	Итеративный метод	Последовательная, многократно повторяющаяся обработка данных.
	Метод декомпозиции	Разделение сложной инженерной задачи на ряд более простых подзадач.
	Метод контрольных вопросов	Упорядоченный перебор различных трансформаций объекта в поиске наиболее интересного решения инженерной задачи.
	Метод мозгового штурма	Выработка коллективного решения поставленной задачи.
	ТРИЗ	Совокупность методов, позволяющих ускорить и повысить качество изобретательского процесса.
	Метод морфологического анализа	Подбор морфологических признаков объекта исследования и их последующая систематизация. Метод основан на методологии эсхатологической. системности, индикативности принятия решения.
	Метод функционально-стоимостного анализа	Предполагает поиск наиболее дешёвых способов выполнения главных и необходимых функций исследуемых объектов.

Продолжение табл. 1

Экспериментальный (предполагает целенаправленное наблюдение за определённым процессом в условиях регламентированных изменений отдельных характеристик условий его протекания)	Лабораторный эксперимент	Проводится в искусственных условиях, по возможности наиболее полно имитирующих реальные условия.
	Естественный	Проводится в естественных условиях.
Формализованный (способы действий, основанные на строгом соблюдении заранее заданных правил, алгоритмов)	Метод поиска вариантов решений	Метод основан на стратегиях полного перебора, имплицитного (неявного, неполного) перебора.
	Метод оптимального проектирования	Предусматривает выбор критериев оптимальности, исходя из особенностей используемой технологии.
Системный (метод познания, представляющий собой последовательность действий по установлению структурных связей между переменными или элементами исследуемой системы)	Метод «чёрного ящика»	Метод нахождения прямой зависимости воздействия и результата без учёта того, что происходит в процессе преобразования входных параметров в выходные.
	Метод нейронных сетей	Метод, позволяющий моделировать внутреннюю структуру происходящего процесса.

При производстве новых видов изделия ограничение по времени является ключевым параметром. Основные временные затраты на всех этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ) приходятся именно на стадию разработки и проектирования изделий. Поэтому ядром современного инжиниринга, позволяющим существенно сократить сроки разработки новых видов изделий, является использование параллельного подхода.

Совместное проектирование (параллельный инжиниринг) предполагает выполнение этапов разработки нового продукта не последовательно, а параллельно. Например, во время разработки концепции и структуры продукта осуществляется инженерное проектирование, как продукта, так и технологии изготовления и производственных процессов. Кроме того, этапы разработки нового продукта одновременно реализуются в трёх плоскостях: маркетинг, проектирование и производство.

Таким образом, совместное проектирование сложных наукоёмких изделий – это свободный обмен информацией и идеями, который имеет несколько конкретных целей: дать потребителю новые изделия быстрее, чем раньше, за счёт обеспечения работоспособности взаимных связей, как технических, так и организационных, и выполнения некоторых видов работ одновременно (иногда употребляют термин «запараллеливание» процессов).

Главным инструментом, позволяющим реализовать подход параллельного проектирования, являются численные методы.

Численные методы составляют основу современного инжиниринга [4]. Применение численных методов в процессе проектирования новых изделий позволяет выйти на наилучшее соотношение критериев, ограничений и стоимости, предъявляемых заказчиком к разрабатываемым объектам. Математические модели, на основе которых

строится реальный образ проектируемых объектов, разрабатываются с помощью применения численных методов. Использование математических моделей даёт возможность заменить реальный эксперимент работой с компьютерными моделями. Применение математических моделей и их поэтапное преобразование в компьютерные модели получило название **численный (вычислительный) эксперимент**.

Все этапы технологического цикла численного эксперимента тесно связаны между собой и служат единой цели – получению с заданной точностью за короткое время адекватного количественного описания поведения изучаемого реального объекта в тех или иных условиях [2].

Основами вычислительных методов является решение следующих видов математических задач в проектировании:

- решение систем линейных алгебраических уравнений;
- интерполирование и приближённое вычисление функций;
- численное интегрирование;
- численное решение системы нелинейных уравнений;
- численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений;
- численное решение уравнений в частных производных (уравнений математической физики);
- решение задач оптимизации.

Учёт всех этапов жизненного цикла (ЖЦ) изделия усложняет задачу проектирования и производства продукции и, следовательно, увеличивает сроки разработки изделий. Для осуществления возможности её решения на предприятиях активно внедряются и используются автоматизированные системы управления.

В настоящее время используются следующие системы:

1. **CAD / CAM–системы (Computer-Aided Design / Manufacturing)** – системы, которые обеспечивают интегрированное решение задач конструкторского и технологического проектирования.

2. **CAE–системы (Computer-Aided Engineering)** – системы автоматизации инженерных расчётов, самые передовые из которых представляют собой мультидисциплинарные надотраслевые CAE-системы. С помощью CAE-систем разрабатывают и применяют рациональные математические модели, обладающие высоким уровнем адекватности реальным объектам и реальным физико-механическим процессам, выполняют эффективное решение многомерных исследовательских и промышленных задач, описываемых нестационарными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных в пространственных областях сложной формы.

3. **PDM-системы (Product Data Management, PDM)** – системы управления данными об изделии, иногда называемые системами для коллективной работы с инженерными данными (Collaborative PDM, CPDM).

4. **ERP-системы (Enterprise Resources Planning, ERP)** – системы планирования и управления ресурсами предприятия; в начале нынешнего столетия самое серьёзное внимание было обращено на MES-системы (Manufacturing Enterprise Solutions, MES) – корпоративные системы управления производством на уровне цеха.

5. **SCM-системы (Supply Chain Management, SCM)** – системы управления цепями поставок и взаимоотношениями с поставщиками.

6. **CRM-системы (Customer Relationship Management, CRM)** – системы управления взаимоотношениями с заказчиками.

7. **MRM (Marketing Resource Management)** – управление маркетинговыми ресурсами, в которых реализованы процессы создания и проведения маркетинговых кампаний, в том числе их бюджетирование, разработка этапов продвижения, создание списков рассылки и отслеживание маркетинговых исследований.

8. **PLM-технологии** – объединение и эффективное взаимодействие изолированных участков автоматизации, образовавшихся в результате внедрения различных систем – CAD / CAM / CAE / PDM (EKM / SLM / SPM / PSM / ESM) / PLM и ERP, MES, SCM и CRM – в рамках единого информационного пространства, а также для реализации сквозного конструкторского, технологического и коммерческого циклов производства.

Автоматизированные системы управления ЖЦИ позволяют реализовать процесс создания сложного наукоемкого изделия в виртуальной среде и обеспечивают создание условий для

получения более точных оценок эффективности сложных наукоемких изделий в разнообразных условиях ещё до того, как принимается решение об их разработке, что позволяет значительно снизить расходы на создание реального образца. Все эти возможности заложены в САЕ-системах, поэтому именно эти системы определяют будущее направление развития автоматизированных систем управления ЖЦИ и перспективы современного инжиниринга.

На рис. 2 можно видеть взаимосвязь основных этапов ЖЦ изделия, процессы которых управляются с помощью соответствующих систем автоматизации. Объединение и эффективное взаимодействие изолированных участков автоматизации в рамках единого информационного пространства способствует ускорению выпуска новой конкурентоспособной продукции, повышению качества продукции и снижению финансовых и временных затрат на разработку новых образцов.

Таким образом, перспективы развития современного инжиниринга заключаются в создании глобально конкурентоспособной и востребованной продукции нового поколения.

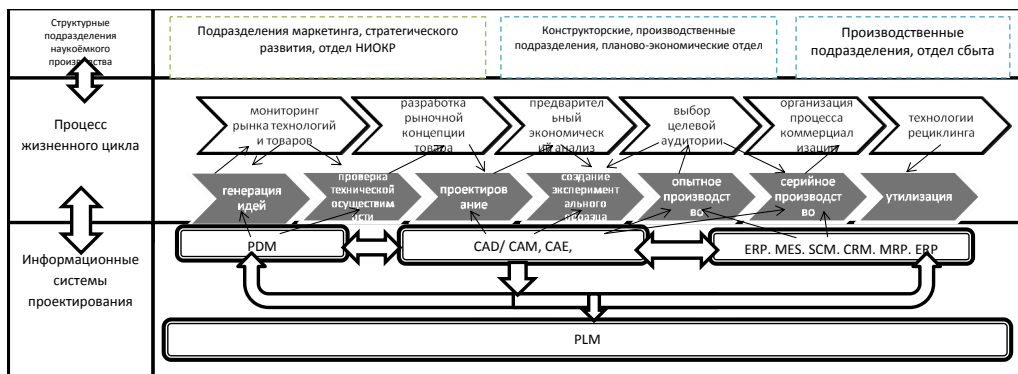


Рис. 2. Взаимосвязь этапов жизненного цикла и информационных систем в наукоемком производстве

ЛИТЕРАТУРА:

1. Абдулбариева Э.Р., Дорофеев К.В. Высокотехнологичный компьютерный инжиниринг: обзоры рынков и технологий. СПб.: Изд-во Политехнич. ун-та, 2014. 110 с.
2. Андреев Е.С. Численные методы в инженерных расчётах. Челябинск: Из-во ЮУрГУ, 2013. 79 с.
3. Боровков А.И. Компьютерный инжиниринг: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехнич. ун-та, 2012. 93 с.
4. Кимельфельд Р.В. Проблемы реализации интегральных инжиниринговых проектов на основе ЕРС / ЕРСМ-контрактирования в России // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. 2014. № 4. С. 86–93.