

Architecture – общая архитектура с посредником обработки запросов объектов).

OLE-automation или просто Automation (автоматизация) – технология создания программируемых приложений, обеспечивающая программируемый доступ к внутренним службам этих приложений.

ActiveX – технология, построенная на базе OLE-automation, предназначена для создания программного обеспечения как сосредоточенного на одном компьютере, так и распределенного в сети.

CASE-технологиями (Computer-Aided Software/System Engineering – разработка программного обеспечения программных систем с использованием компьютерной поддержки).

Опыт ведения реальных разработок и совершенствования имеющихся программных и технических средств постоянно переосмысливается, в результате чего появляются новые методы, методологии и технологии, которые, в свою очередь, служат основой более современных средств разработки программного обеспечения.

УДК 519.3

Серебряков И.А.

**НАПРАВЛЕНИЯ ОБНОВЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ
ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ
ТЕНДЕНЦИЙ СОВРЕМЕННОГО НАУКОЕМКОГО
ИНЖИНИРИНГА**

*Научные руководители: Серебрякова Н.Г., Касабуцкий А.Ф.
БНТУ, Минск*

Стремительное развитие и усложнение наукоемких технологий оказывает серьезное влияние на изменение роли инженера в высокотехнологичной промышленности и обществе. Растущее осознание важности базовых технологических

инноваций для конкурентоспособности экономики и национальной безопасности требуют новых приоритетов для инженерной деятельности. Рассмотрим основные тенденции и подходы современного инжиниринга [1]:

1. Мультидисциплинарные, многомасштабные (многоуровневые) и многостадийные исследования и инжиниринг на основе междисциплинарных компьютерных технологий, в первую очередь, наукоемких технологий компьютерного инжиниринга.

2. Компьютерное проектирование конкурентоспособной продукции, основанное на эффективном и всестороннем применении конечно-элементного моделирования – основополагающая парадигма современного машиностроения в самом широком смысле этого термина.

В основе концепции лежит метод конечных элементов и передовые компьютерные технологии, использующие современные средства визуализации: САПР; конечно-элементный анализ; вычислительная гидроаэродинамика; наукоемкий компьютерный инжиниринг, основанный на эффективном применении мультидисциплинарных надотраслевых *CAE*-систем, основанных на *FEA*, *CFD* и других современных вычислительных методах.

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; часто *FEA*, *CFD* и *MBD* (*Multi Body Dynamics*) считают взаимодополняющими компонентами компьютерного инжиниринга, а терминами уточняют специализацию, например, *MCAE* (*Mechanical CAE*), *ECAE* (*Electrical CAE*), *AEC* (*Architecture, Engineering and Construction*) и т.д.

Как правило, конечно-элементные модели сложных конструкций и механических систем содержат 10^5 – 25×10^6 степеней

свободы, что соответствует порядку системы дифференциальных или алгебраических уравнений, которую необходимо решить. Мультидисциплинарные исследования выступают фундаментальной научной основой надотраслевых технологий (ИКТ, наукоемкие суперкомпьютерные компьютерные технологии на основе результатов многолетних междисциплинарных исследований, трудоемкость создания которых составляет десятки тысяч человеко-лет, нанотехнологии, ...), цифровое производство, умные материалы и умные конструкции, умные заводы).

Надотраслевые технологии способствуют стремительному распространению и проникновению новых меж- и мультидисциплинарных знаний в новые области, межотраслевому трансферу передовых инвариантных технологий. Именно поэтому мультидисциплинарные знания и надотраслевые наукоемкие технологии являются конкурентными преимуществами завтрашнего дня. Их широкое внедрение позволит обеспечить инновационное развитие высокотехнологичных предприятий национальной экономики.

3. В XXI веке основополагающая концепция *Simulation Based Design* интенсивно развивалась силами ведущих фирм-вендоров CAE-систем и промышленных компаний. Эволюцию основных подходов, тенденций, концепций и парадигм от *Simulation Based Design* до *Digital Manufacturing* (цифровое производство) можно представить следующим образом, выделяя на каждом этапе цветом принципиально новый компонент – *Simulation Based Design*:

- не только проектирование, но и инжиниринг;
- задачи становятся комплексными;
- широкое применение суперкомпьютеров, высокопроизводительных вычислительных систем и кластеров;
- применение триады: многомасштабность, многостадийность, мультитехнологичность);

–одновременное компьютерное проектирование и инжиниринг материалов и элементов конструкций из них – объединение механики материалов и конструкций);

– применение Smart-материалов, применение разных видов оптимизации (параметрической, многомерной, структурной, топологической, многокритериальной и т.д.), рациональной оптимизации технологических процессов и т.д.);

– проектирование, инжиниринг и оптимизацию расширяем до производства продукции и переходим к виртуальной разработке продукции / изделий);

– цифровой прототип.

Для современного инжиниринга, кроме концепций характерным является применение следующих подходов и инновационных технологий:

4. *CAD/CAM*-технологии, которые интегрируют *CAD*- и *CAM*- системы и обеспечивают интегрированное решение задач конструкторского и технологического проектирования, включая средства 3D параметрического моделирования, выпуска чертежей, а также средства технологической подготовки производства, в первую очередь, с помощью программ для станков с ЧПУ или, в последнее время, с помощью технологий быстрого прототипирования (*Rapid Prototyping*) или аддитивных технологий (*Additive Technologies*).

5. *Concurrent Engineering* – конкурентное проектирование / параллельное проектирование / совместное проектирование – совместная работа экспертов из различных функциональных подразделений предприятия на как можно более ранней стадии разработки продукта с целью достижения высоко-го качества, функциональности и технологичности.

6. Системы управления данными об изделии.

7. Менеджмент, генерация, капитализация и тиражирование формализованных и неформализованных знаний – основного источника конкурентоспособности.

8. Системы планирования и управления ресурсами предприятия, а в начале нынешнего столетия самое серьезное внимание было обращено на *MES*-системы (*Manufacturing Enterprise Solutions*) – корпоративные системы управления производством на уровне цеха, *SCM*-системы (*Supply Chain Management*) – системы управления цепочкой поставок и взаимоотношениями с поставщиками), *CRM*-системы (*Customer Relationship Management*) – системы управления взаимоотношениями с заказчиками.

9. Основное назначение *PLM*-технологий – объединение и эффективное взаимодействие изолированных участков автоматизации, образовавшихся в результате внедрения различных систем в рамках единого информационного пространства, а также для реализации сквозного конструкторского, технологического и коммерческого циклов производства продукции.

Этот подход обеспечивает одновременное компьютерное проектирование изделия с помощью *CAD*-системы, выполнение многовариантных инженерных *CAE*-расчетов (компьютерный инжиниринг) и технологическую подготовку производства с помощью *CAM*-системы на основе совместного использования проектных данных, начиная с самых ранних стадий проектирования и инженерного анализа, одновременно различными группами специалистов с помощью *PDM*-системы.

10. *3D Visualization & Virtual Reality & Global Visual Collaboration.*

Многие из вышеуказанных подходов, технологий и тенденций современного инжиниринга представляют собой надотраслевые технологии – технологии, способствующие межотраслевому трансферу передовых инвариантных технологий, надотраслевому трансферу мультидисциплинарных компьютерных технологий.