

УДК 621: 658.512: 338.24

С.Н. Анкуда, И.М. Хейфец

Минский государственный высший радиотехнический колледж, г. Минск, Беларусь  
Тел.: +375 (017) 2840775; Факс: +375 (017) 2840375; E-mail: [mlk-z@mail.ru](mailto:mlk-z@mail.ru)

## ИНТЕГРАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ, ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ИЗДЕЛИЯ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

*Рассматриваются теоретические основы строительства комплекса процедур анализа системных и технологических особенностей различных проблем, связанных с информационным взаимодействием. Реализация комплекса позволяет выявить данные для синтеза типовых структур комплексной системы автоматизации проектирования сложных технических агрегатов.*

**Ключевые слова:** физический, инженерно-геометрических моделей, информационного взаимодействия, CAE/CAD/CAM

S. Ankud, I. Heifetz

### INTEGRATION OF ENGINEERING PHYSICS, GEOMETRIC AND INFORMATION MODELS OF THE PRODUCT IN COMPUTER AIDED DESIGN

*The theoretical footing of construction of complex of analysis procedures of system and technological features of variety of problems connected with information interaction is examined. The realization of the complex allows finding out data for synthesis of standard structure of integrated systems of automation of designing of complicated technical units.*

**Key words:** physical, engineering and geometrical models, information interaction, CAE/CAD/CAM.

**Введение.** На всех этапах жизненного цикла изделия имеются свои целевые установки, достижение которых, оказывается невозможным без автоматизированных систем, интегрированных с использованием компьютерной техники [1].

Компьютерная поддержка жизненного цикла изделия или CALS-технология в условиях компьютерно-интегрированного производства связана на входе предприятия с заказами, а на выходе – с готовой продукцией и с последующими этапами ее жизненного цикла [2].

**Комплексные системы автоматизированного проектирования.** Используемые автоматизированные системы (рис. 1) программно и информационно поддерживают следующие процедуры [2]: CAE — инженерные расчеты и анализ; CAD — конструирование; CAM — технологическую подготовку производства и программирование оборудования с ЧПУ; PDM — управление проектными данными; CAPP — организационно-технологическую подготовку производства; CNC — числовое управление оборудованием; SCADA — диспетчерское управление производственными процессами; MES — исполнительную систему производства; MRP-2 — планирование и управление производственными ресурсами; ERP — планирование и управление предприятием; SCM — управление цепочками поставок; CRM — управление взаимоотношениями с заказчиками; S&SM — управление продажами и обслуживанием.

Часто справедливо замечают, что наклонные линии в аббревиатуре CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM скорее не делят, а объединяют соответствующие подсистемы CAPP. Интеграция и комплексное использование инженерных подсистем являются магистральным путем развития современных систем автоматизированного проектирования и обосновываются необходимостью создания комплексных моделей, наиболее пол-

но и всесторонне отражающих свойства изделия, а также удобством и экономической целесообразностью комплексного решения проблем автоматизации технической подготовки производства [1].

С точки зрения подходов компьютерного проектного моделирования, CAD/.../PDM- подсистемы интегрированной САПР можно рассматривать как специализированные, объектно-ориентированные инструменты (среды) моделирования. При их совместном использовании создаются и связываются в единое целое (комплексную модель) инженерно-физические (CAE/CAM), геометрические (CAD/CAM) и информационные (CAPP/PDM) модели изделия.

Принципиальная схема взаимодействия подсистем интегрированной САПР приведена на рис. 2.

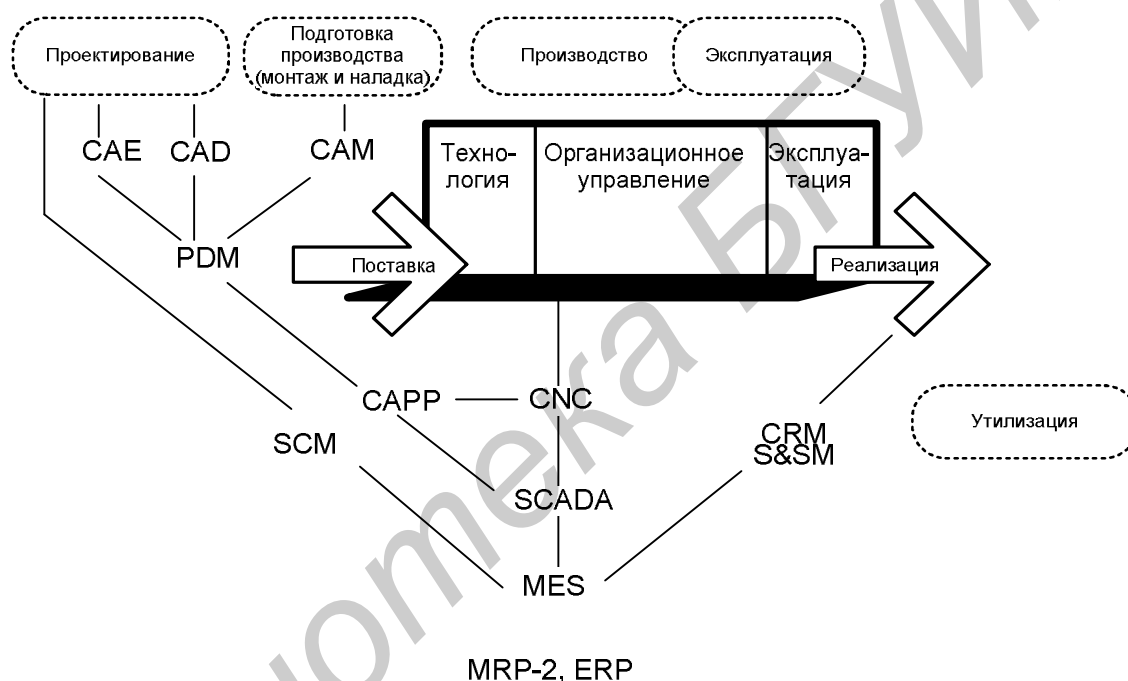


Рис. 1 Этапы жизненного цикла промышленных систем и используемые автоматизированные системы CALS-технологии

**Методы моделирования инженерно-физических систем.** Создание инженерно-физических моделей (CAE/CAM) технических объектов и технологических процессов начальный этап формирования комплексных систем автоматизированного проектирования.

*Модель* - объект (явление, процесс, система, установка и др.), находящийся в отношении подобия к моделируемому объекту. Под *подобием* понимается - взаимно однозначное соответствие между двумя объектами. Разнообразие моделей и форм моделирования отражает их классификация, при которой методы моделирования подразделяются на группы:

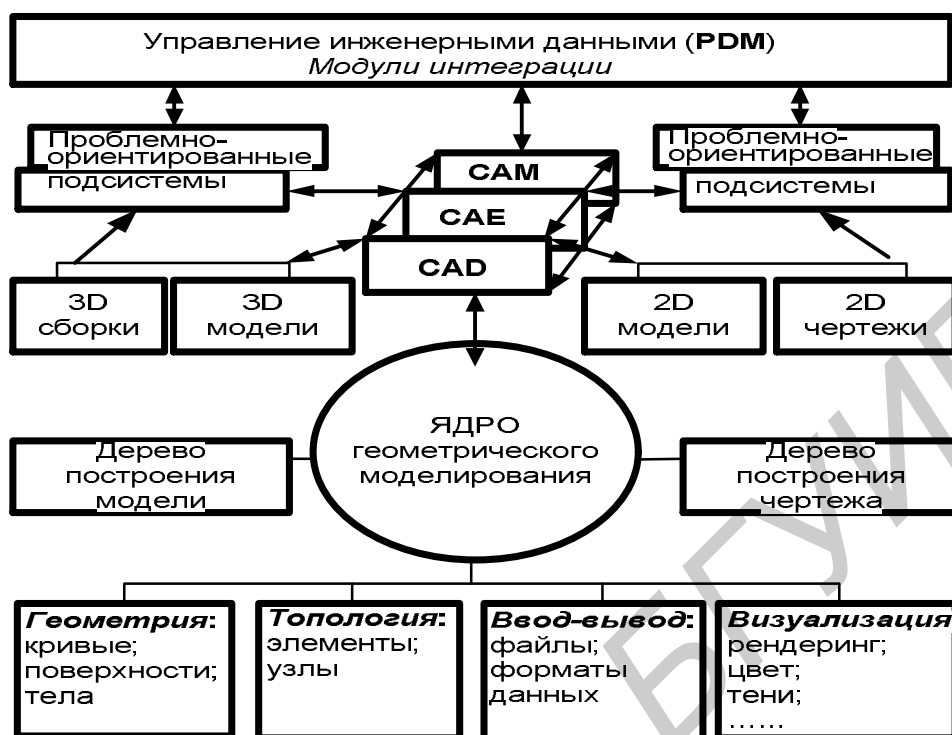


Рис. 2. Схема взаимодействия подсистем интегрированной САПР

*Натурное моделирование* - эксперимент на самом исследуемом объекте, который при специально подобранных условиях опыта служит моделью самого себя.

*Физическое моделирование* - эксперимент на специальных установках, сохраняющих природу явлений, но воспроизводящих их в количественно измененном масштабированном виде.

*Математическое моделирование* - использование моделей, по физической природе отличающихся от моделируемых объектов, но имеющих сходное математическое описание.

В группе математических моделей в свою очередь выделяются подгруппы:

*Модели прямой аналогии*, в которых каждой физической величине оригинала сопоставляется в модели величина другого рода, изменяющаяся в пространстве и во времени сходным образом.

*Структурные или операционные модели*, в которых математическое описание оригинала воспроизводят в виде совокупности отдельных операций, выполняемых соответствующими блоками.

*Цифровые модели*, в которых те же операции выполняются в цифровом виде, обычно последовательно одна за другой в общем процессоре.

*Функциональные модели*, в которых воспроизводится только поведение, функция оригинала, но не его устройство, так, что по описанию модель может быть не подобна натуре.

Натурное и физическое моделирование основываются непосредственно на теории подобия, так как в обоих случаях модель и оригинал подобны по физической природе. Это дает основание объединить их в класс *моделей физического подобия*.

Модели прямой аналогии обычно используются для исследования физических полей, а структурные модели применяются при исследовании динамических систем. В

обоих случаях модель принадлежит тому же типу объектов, что и оригинал: поле моделируется полем, система - системой. Поэтому они объединяются в класс *моделей-аналогов*.

Цифровые модели выделяются в класс *имитационных моделей*, в которых воспроизводят не функционирование моделируемого объекта, а некоторые характерные для него зависимости одних параметров от других.

*Система* - совокупность определенным образом упорядоченных элементов. Взаимосвязанные и взаимодействующие между собой и внешней средой элементы объединяются в единое целое по некоторым общим признакам. Сущность системы и ее функций невозможно понять, рассматривая только свойства ее отдельных элементов и не учитывая их внутренних связей и взаимодействия с окружающей средой.

**Моделирование технических объектов и технологических процессов.** Технологические процессы, включающие совокупность разнообразных термомеханических, физико-химических, ионно-лучевых превращений, приводящих к получению материалов, заготовок, деталей машин с заданными свойствами, относятся к числу наиболее сложных систем. В качестве элементов они включают как детали, инструменты, средства оснащения и другие объекты так и реакции, явления, эффекты и другие элементарные процессы.

Системный подход к исследованию и описанию технологических процессов основан на декомпозиции системы на более простые подсистемы, взаимодействующие между собой, раздельном изучении их структуры и функций, с последующим синтезом полученных сведений. При синтезе учитывается выявленная иерархия процессов по масштабам области действия, их пространственное расположение и временная последовательность, а также синергетические эффекты, общее действие которых превышает кажущуюся сумму отдельно взятых воздействий [3].

Составляющие сложный процесс элементарные явления протекают в областях, масштабы, которых различаются от низшего (уровень атомов и молекул) до высшего (уровень технологической системы, участка или производства). Эта особенность находит отражение в иерархической структуре модели, которую целесообразно строить путем последовательного перехода в описании процесса с одного уровня на другой [4].

*Атомный* или *молекулярный уровень* описывает физико-химические процессы микрокинетики, протекающие в областях, имеющих масштаб расстояний между атомами. *Уровень частиц малого объема* описывает процессы в масштабе отдельных включений, фаз, структур и т.п. для неоднородной (негомогенной) технологической среды. Эти два уровня должны дополняться явлениями макрокинетики: тепло- и массопереноса, упругости и пластичности в однородной (гомогенной) среде с изотропными и анизотропными свойствами. *Уровень рабочей зоны технологической системы* описывает процессы в областях, размеры которых соответствуют крупным агрегатам частиц: зонам термического влияния, деформации, диффузии, оплавления и т.п. Этот уровень учитывает характер движения потоков вещества и энергии. *Уровень технологической системы* (процесса и установки) учитывает взаимное расположение и размеры рабочих зон и элементов системы, последовательность технологических воздействий.

Модель каждого уровня содержит в свернутом виде модели более низких уровней и соотношения, описывающие переход с одного уровня на другой. Системный подход позволяет анализировать и моделировать технологический процесс, представленный в виде отдельных блоков, что существенно упрощает описание сложных явлений, не упуская из вида пространственно-временную структуру моделируемой системы, характер связи между отдельными уровнями и подсистемами.

Графическое ядро выступает в роли фундамента интеграции и является универсальным объединяющим элементом взаимосвязанных подсистем (CAD/.../PDM), используемых в процессе технической подготовки производства. Объемная геометрическая модель наиболее полно отражает структуру, точно описывает форму и наглядно представляет облик проектируемого изделия [5]. При необходимости геометрическая модель может быть дополнена и всей другой важной для проектирования и производства информацией.

В итоге формируется полное электронное описание изделия — EPD (*Electronic Product Definition*). На этапе проектирования осуществляется обмен данными перечисленных выше систем с системой управления цепочками поставок SCM (Supply Chain Management), иногда называемой системой CSM (Component Supplier Management). На этапе производства эта система управляет поставками необходимых материалов и комплектующих.

**Заключение.** В последнее время усилия многих компаний, производящих программно-аппаратные средства АСУ, направлены на создание систем электронного бизнеса (E-Commerce). Задачи, решаемые системами E-Commerce, сводятся не только к организации на сайтах сети Internet витрин товаров и услуг. Они объединяют в едином информационном пространстве запросы заказчиков и данные о возможностях множества организаций, специализирующихся на предоставлении различных услуг и выполнении тех или иных процедур и операций по проектированию, изготовлению, поставкам заказанных изделий. Такие системы E-Commerce называют системами управления данными в интегрированном информационном пространстве CPC (Collaborative Product Commerce), или PLM (Product Lifecycle Management).

Проектирование непосредственно под заказ позволяет добиться наилучших параметров создаваемой продукции, а оптимальный выбор исполнителей и цепочек поставок ведет к минимизации времени и стоимости выполнения заказа. Характерная особенность CPC – обеспечение взаимодействия многих предприятий, т. е. технология CPC является основой, интегрирующей информационное пространство, в котором функционируют САПР, ERP, PDM, SCM, CRM и другие автоматизированные системы разных предприятий.

**Список литературы:** 1. Теоретические основы проектирования технологических комплексов / Под общ. ред. А.М. Русецкого /А.М. Русецкий, П.А. Витязь, М.Л. Хейфец и др.– Минск: Беларус. навука, 2012. – 239 с.

2. Автоматизация и управление в технологических комплексах / Под общ. ред. А.М. Русецкого /А.М. Русецкий, П.А. Витязь, М.Л. Хейфец и др. – Минск: Беларус. навука, 2014. – 375 с.

3. Технологии конструкционных наноструктурных материалов и покрытий / Под общ. ред. П.А. Витязя и К.А. Солнцева / П.А.Витязь, А.Ф. Ильющенко, М.Л. Хейфец и др.– Минск: Бел. навука, 2011.- 283с.

4. Хейфец, М.Л. Проектирование процессов комбинированной обработки. – М.: Машиностроение, 2005. – 272 с.

5. Конструирование и оснащение технологических комплексов / Под общ. ред. А.М. Русецкого /А.М. Русецкий, П.А. Витязь, М.Л. Хейфец и др. – Минск: Беларус. навука, 2014. – 316 с.

Поступила в редколлегию 01.04.2015 г.