

УДК 539.3

Н.А. ТКАЧУК<sup>1</sup>, А.Н. КОВАЛЬЧУК<sup>2</sup>, В.И. КОХАНОВСКИЙ<sup>3</sup>, Л.С. ЛИПОВЕЦКИЙ<sup>3</sup><sup>1</sup>Национальный технический университет «ХПИ», Украина<sup>2</sup>ОАО Харьковский механический завод «Свет шахтера», Украина<sup>3</sup>Харьковский государственный сервис-центр «СТЭМ», Украина

## КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СЛОЖНЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Предложена новая интегрированная технология создания специализированных систем автоматического проектирования, изготовления и исследования элементов сложных механических систем с целью обеспечения возможности повышения технических характеристик продукции отечественного машиностроения. Разработаны структурные схемы и схемы функционирования системы автоматизированного анализа и синтеза на основе соединения универсальных и специализированных модулей. На основе системного подхода к задаче создания, анализа структуры и схемы функционирования, а также к требованиям, возникающим в процессе эксплуатации системы автоматизированного моделирования формы деталей машиностроительных конструкций, разработаны схема данной системы и общие механизмы ее функционирования и передачи информации в другие модули.

**автоматизация проектирования, сложные механические системы, автоматизированный анализ и синтез, технологическая оснастка**

### 1. Актуальность и основные подходы к решению задачи

При рассмотрении проблем автоматизации процесса проектирования, исследования и изготовления элементов сложных механических систем целесообразно использовать системный подход [1 – 3]. Сами механические системы с точки зрения системного подхода имеют специфические исходные источники

создания, а изменяющиеся во времени общественные потребности конкретизируются в технических характеристиках (рис. 1). Агрегаты, механизмы, аппараты на протяжении всего цикла жизни описываются целым рядом параметров (конструктивных, технологических, эксплуатационных и т.п.).

При этом сама машина, представляющая собой сложную разнокомпонентную систему, в процессе

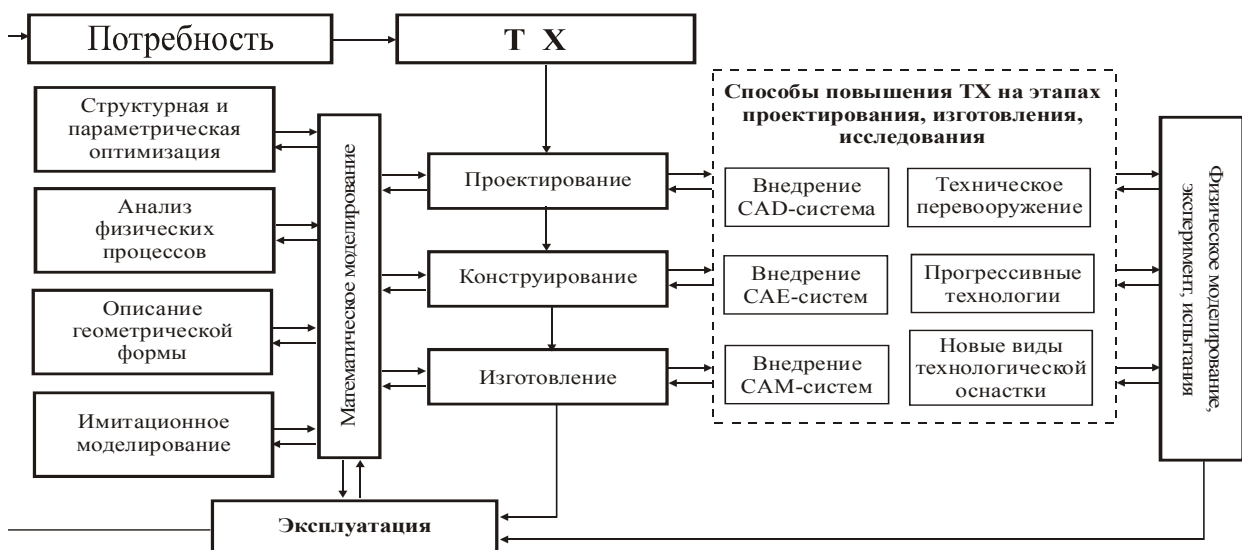


Рис. 1. Структура цикла жизни элементов сложных механических систем

создания требует проведения целого ряда исследований, в том числе определения напряженно-деформированного состояния наиболее нагруженных и ответственных элементов для обоснованного выбора основных конструктивных параметров. Необходимо проведение многовариантных исследований для определения реакции элементов той или иной механической системы на внешние воздействия.

Аналогичные исследования проводятся и при проектировании и исследовании элементов технологической оснастки для производства деталей (рис. 2). Речь в данном случае идет о повышении точности изготовления деталей и обеспечении, соответственно, высоких технических характеристик изделий.

Таким образом, процесс создания и освоения производства новых изделий на машиностроительных предприятиях представляет собой (рис. 2) единый цикл взаимосвязанных этапов. При этом на всех этапах производится интенсивный обмен информацией. Важной особенностью этой информации является ее двунаправленность и итерационный многошаговый характер уточнения на основе решения

глобальных и локальных задач анализа, синтеза, оптимизации и компромиссов. Например, изменение конструкции того или иного узла или детали проектируемого объекта на любом из этапов проектирования влечет необходимость изменения соответствующего элемента технологической оснастки или технологических режимов обработки. И наоборот, любые технологические ограничения на любом из этапов технологической подготовки производства предполагают изменение конструкторской документации на детали проектируемого основного изделия. Для оперативного обеспечения такого типа связей в системах автоматизированного проектирования высокого уровня используются принципы *параметричности* и *ассоциативности*.

В современных условиях процессы проектирования, конструирования, изготовления и исследования в машиностроении представляются совокупностью CAD/CAM/CAE/PDM – систем, интегрированных в той или иной степени в составе единой системы (рис. 3).

При этом тенденция эта является ведущей (примеры: ProENGINEER, UniGraphics, CATIA, SolidWorks).



Рис. 2. Этапы создания изделия и элементов технологической оснастки (ЭТО) для его изготовления

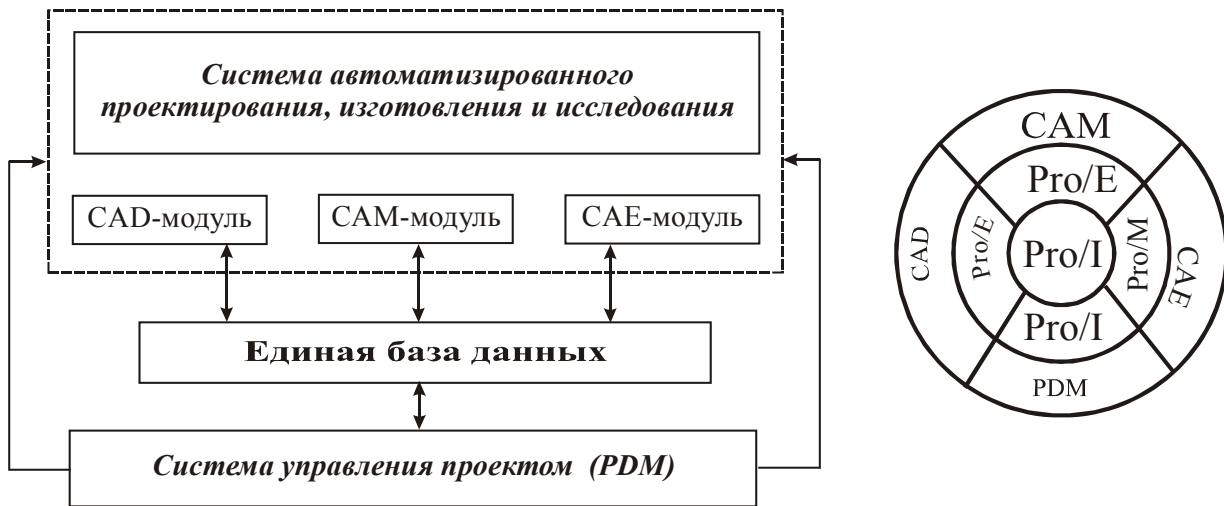


Рис. 3. Схема обмена информацией в единой интегрированной CAD/CAM/CAE/PDM-системе

Данное соединение приносит очевидные преимущества:

- беспроблемный обмен данными;
- оперативность;
- сквозная параметричность;
- ассоциативность;
- возможность создания внутренних оптимизационных процедур, включая математическое моделирование физических процессов;
- расширение базы параметров (наряду с геометрической частью появляется часть, содержащая негеометрическую):

- температуру,
- нагрузки,
- напряжения,
- технологические параметры и т.д.);

– возможность комплексного решения проблемы создания сквозной автоматизированной системы в цепи “проектирование – конструирование – исследование – изготовление – управление проектом – управление документооборотом”;

– возможность создания (с учетом блочно-модульной структуры и наличия средств интеграции) системы автоматизированного проектирования, исследования, изготовления (САПИИ) с учетом специфических потребностей того или иного предприятия (т.е. “закрытие” потребностей предприятия

с поставкой системы автоматизированного проектирования, исследования, изготовления “под ключ”).

Однако основным недостатком универсальных систем автоматизированного проектирования высокого уровня является *неучет специфики* конструкций машин, свойств конструкционных материалов для их изготовления, технологического оснащения предприятий различных отраслей, а также отсутствие в этих системах средств описания *трудноформализуемой специальной информации*.

В связи с этим возникают следующие задачи:

1) формирование критериев для автоматизированного проектирования изделий и элементов технологической оснастки для их изготовления;

2) разработка технологий автоматизированного проектирования, исследования и изготовления СМС, которые позволяют использовать широкие возможности и инструментарий современных систем автоматизированного проектирования высокого уровня и в то же время избавленных от их основных недостатков;

3) разработка технологии описания трудноформализуемых данных, встраиваемую в существующую технологию проектирования;

4) создание единой технологии и системы автоматизированного анализа и синтеза элементов сложных механических систем.

## 2. Общий подход к проектированию на основе специализированных интегрированных систем автоматизированного анализа и синтеза производимых машин, механизмов, агрегатов

Как показывает анализ, при создании систем автоматизированного проектирования, исследования и изготовления, которые позволяют использовать широкие возможности и инструментарий современных систем автоматизированного проектирования высокого уровня и избавлены от их основных недостатков, необходимо удовлетворение следующим требованиям:

- оперативность;
- учет специфики конструкции производимых машин, механизмов и агрегатов и элементов технологической оснастки для их изготовления;
- учет специфики технологического оборудования отечественных предприятий;
- низкая стоимость;
- параметричность;
- наличие специальных модулей;
- функциональный интерфейс;
- двусторонняя взаимосвязь и возможность оказывать влияние проектанта на процесс проектирования в любой момент;
- выход на внешний способ верификации используемых при исследованиях расчетных моделей.

С другой стороны, анализ структуры современных САПИИ показывает, что они организованы на основе модульного принципа построения. В данных системах присутствует несколько ключевых элементов, определяющих как возможности той или иной системы в целом, так и эффективность обработки и обмена информацией с другими системами. При этом *центральным звеном* большинства систем является *математическое ядро*, определяющее технологию работы с основной первичной геометрической информацией. *Основная форма* хранения информации задается используемым *форматом хра-*

*нения данных* в единой БД. Соответственно при генерации расчетных моделей используются те или иные *генераторы сеточных разбиений* и *форматы хранения конечно-элементных моделей*.

Для обеспечения автоматизированного компьютерного моделирования элементов сложных механических систем возможны несколько путей:

- 1) полномасштабная разработка *оригинальной* специализированной системы;
- 2) разработка специальных модулей в составе универсальной системы;
- 3) создание автономных специализированных модулей, ориентированных на проектирование того или иного класса конструкций;
- 4) создание специализированных модулей анализа и синтеза, которые могут работать как автономно, так и в режиме интегрирования, причем как со специализированными, так и с универсальными системами.

Последний вариант обладает несомненными преимуществами:

- в отличие от варианта 1 не требует больших затрат материальных, интеллектуальных и временных ресурсов на его создание;
- в отличие от вариантов 2 и 3, в которых системы “привязаны” к определенному классу объектов, обладает возможностью “перенастройки” на тот или иной класс объектов при сохранении таких качеств, как функциональная универсальность создаваемой САПИИ в принципе; оперативность; нетребовательность к квалификации пользователей;
- в отличие от варианта 3 появляется возможность использования мощности современных универсальных систем (именно в том случае, если она необходима), оперативности и невысокой затратности автономных модулей или гибкости и перенастраиваемости специализированных систем в компромиссном варианте.

Кроме того, данный вариант обладает еще и тем несомненным преимуществом, что он может быть

основой для создания отечественных систем автоматизированного проектирования, исследования и изготовления элементов сложных механических систем путем естественного расширения функций и “вымывания” блоков и тех модулей универсальных систем, чьи функции перехватываются, заменяются и улучшаются подсистемами отечественной разработки. Это очень перспективный путь создания крупномасштабных отечественных разработок, причем без прерывания процессов проектирования, исследования и изготовления с применением “штатных” систем, уже используемых отечественными предприятиями, с возможностью верификации модулей, создаваемых на разрабатываемых подсистемах, путем сравнения с моделями, создаваемыми в универсальных системах, с возможностью интенсификации до нужной степени производительности проектных работ и технологической подготовки производства при дополнительной доработке специализированных модулей, ориентируя их на ту или иную группу деталей на конкретном производстве, с постепенным уменьшением зависимости от компьютерных технологий тех или иных зарубежных фирм и “привязки” к определенным форматам хранения данных о геометрии и конечно-элементных моделях.

### Заключение

Таким образом, рассматривая и объект описания, и инструмент моделирования (CAD/CAM/CAE/PDM-систему), и процесс создания этого инструмента с системной точки зрения, а также основываясь на анализе структуры и направлений информационных процессов и потоков, можно определить наиболее

значимые (с точки зрения важности решения задачи повышения возможностей отечественного машиностроения) этапы: разработка математического аппарата описания трудноформализуемых данных при исследовании ЭСМС и разработка на базе создаваемого математического аппарата специализированных подсистем создания моделей ЭСМС, естественным образом интегрируемых в создаваемые специализированные интегрированные системы автоматизированного анализа и синтеза.

### Литература

1. Ткачук Н.А. Параметрические модели при расчетно-экспериментальном исследовании прочности и жесткости элементов сложных механических систем // Збірник наукових праць НТУ „ХПІ”. Тем. Випуск „Високі технології в машинобудуванні”. – Х.: НТУ „ХПІ”. – 2002. – Вип. 1(5). – С. 386 – 390.
2. Гриценко Г.Д., Малакей А.Н., Миргородский Ю.Я., Ткачук А.В., Ткачук Н.А. Интегрированные методы исследования прочностных, жесткостных и динамических характеристик элементов сложных механических систем // Механіка та машинобудування. – 2002. – № 1. – С. 6 – 13.
3. Ткачук Н.А., Пономарев Е.П., Медведева А.В., Миргородский Ю.Я., Малакей А.Н., Гриценко Г.Д. Определение рациональных параметров элементов механических систем // Механіка та машинобудування. – 2001. – № 1, 2. – С.308 – 314.

*Поступила в редакцию 5.01.2005*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.Е. Федорович, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.