

УДК 658.512.011.56

**<sup>1</sup>В.Ю. ГРАНИН, <sup>1</sup>В.В. ТРЕТЬЯК, <sup>1</sup>С.В. ХУДЯКОВ, <sup>1</sup>В.Д. СОТНИКОВ,  
<sup>2</sup>Н.Ф. САВЧЕНКО**

<sup>1</sup> *Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

<sup>2</sup> *Харьковский национальный экономический университет им. С. Кузнеця, Украина*

## **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПРУТ-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ**

*Представлены возможности современной среды системы СПРУТ, с помощью которой можно эффективно работать в области научных исследований. Описаны особенности использования системы для автоматизации конструирования и разработки современных технологических процессов изготовления деталей летательных аппаратов и авиационных двигателей. Показана область применения системы в различных сферах деятельности, включая компьютеризацию инженерного труда, позволяющую сократить трудоемкость проектирования и затраты на моделирование проектируемых деталей и конструкций авиационной техники.*

**Ключевые слова:** СПРУТ-технологии, автоматизированное проектирование, перспективные технологические процессы, компьютеризация инженерного труда.

### **Введение**

Эффективность систем автоматизированного проектирования тех или иных классов технических объектов [1] определяется не столько универсальными компонентами САПР (системы конструирования, инженерного анализа, управления проектными данными и др.), сколько специализированными программными средствами (объектно-ориентированными подсистемами).

Для самолета это подсистемы расчета летно-технических характеристик, для авиадвигателя - подсистемы газодинамических расчетов и т.д.

Они воплощают специфические именно для этих объектов модели, методы проектирования и правила принятия проектных решений и реализуют методики проектирования, сложившиеся в конкретном конструкторском бюро.

Создание таких приложений составляет важную часть процесса разработки САПР и не может быть выполнено без участия специалистов проектной организации.

### **1. Возможности и ограничения современных интеллектуальных систем**

В последние годы существенно расширились возможности разработчиков САПР в создании специализированных проектирующих подсистем.

В дополнение к традиционной технологии, основанной на использовании интерфейсов программирования приложений (API) и ори-

ентированной на профессионального программиста, находят применение новые инструменты [2].

В их числе средства автоматической генерации программного кода в составе САД-систем и систем компьютерной алгебры, автономные и интегрированные с САД-системами базы инженерных знаний, средства межсистемного обмена расчетными зависимостями и правилами проектирования, прямые интерфейсы между САД-системами и математическими пакетами, интегрирующие оболочки для объединения в одну систему автономных программ конструирования и инженерного анализа.

Технология применения большинства из этих средств не предполагает написания программ на каких-либо языках программирования.

Это позволяет расширить участие в создании прикладных систем непрограммирующих профессионалов-расчетчиков, конструкторов, технологов.

Важно, что многие из новых инструментальных средств совместимы с популярными системами конструирования средней мощности, например, Autodesk Inventor, SolidWorks, Solid Edge.

Рис. 1 отражает состояние возможностей и ограничений современных САПР систем [3] на различных этапах проектирования нового изделия.

Данная диаграмма хорошо отражает место новых разработок в среде интеллектуальных систем.

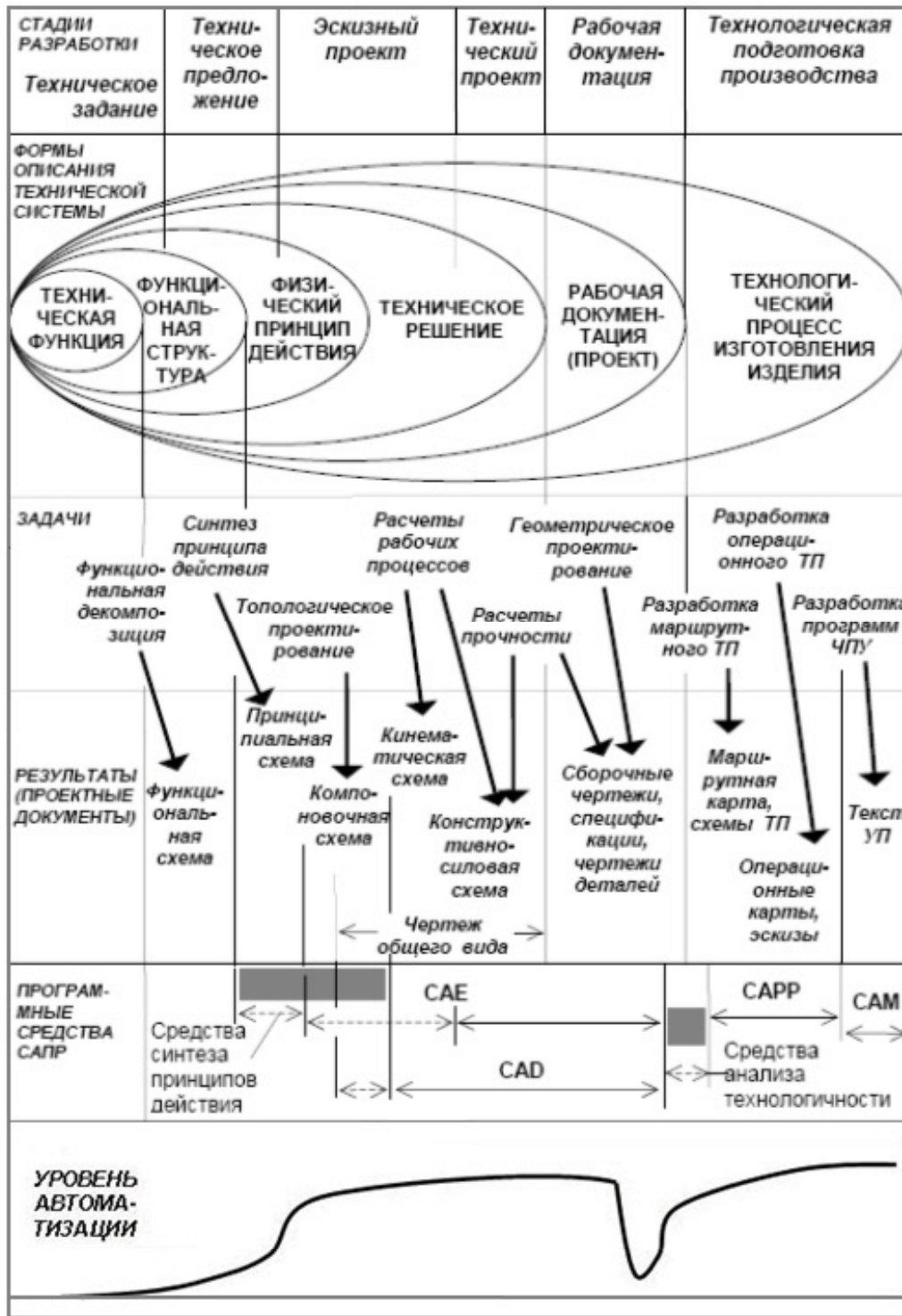


Рис. 1. Возможности и ограничения современных САПР систем  
 ■ - частично автоматизированные функции и задачи,  
 ↔ - функции и задачи, реализованные в отдельных системах

Эффективность системы проектирования объектов определенного вида (самолетов, автомобилей, станков и др.) определяется не столько универсальными компонентами САПР (модули геометрического моделирования, конечно-

элементных расчетов и др.), сколько специализированными программными средствами (объектно-ориентированными подсистемами) – это подсистемы формирования облика изделия, проектировочных расчетов основных

элементов, расчета аэродинамических и летно-технических характеристик и т.п.

САПР конкретного объекта должна воплощать специфические для этого объекта модели, методы проектирования и правила принятия решений, причем именно те модели и методы, которые характерны для определенного КБ, то есть должна реализовать «фирменную» методику проектирования.

Поэтому интеллектуальные специализированные подсистемы САПР не могут быть созданы без участия специалистов предметной области – расчетчиков, конструкторов, технологов.

Современная интеллектуальная система должна иметь инструментальные средства расширения функций, позволяющие непрограммирующему профессионалу самостоятельно пополнять систему новыми методами проектирования, она также должна быть ориентирована на решение задач поискового проектирования, т.е. задач с заранее неизвестным алгоритмом, причем сформулированных в терминах предметной области.

Поэтому переход к такой технологии проектирования требует работы не только с данными, но и со знаниями, что означает переход к интеллектуальным информационным технологиям и интеллектуальным системам проектирования.

Современные компоненты программного обеспечения интеллектуальной системы должны содержать: интеллектуальный интерфейс, обеспечивающий взаимодействие системы с пользователем на основе привычных понятий, терминов, образов, решатель задач, предназначенный для формирования выводов на основе имеющихся знаний, интеллектуальную систему программирования, выполняющую автоматический синтез программ на основе сформулированной пользователем постановки задачи.

Общее преимущество таких инструментальных средств – возможность разработки проектирующих подсистем САПР непосредственно специалистами предметной области (конструкторами и технологами) без программирования. Общее ограничение – возможность использования созданных подсистем только в среде базовой САД-системы. Как следствие – высокие затраты на оснащение всех рабочих мест комплексом базового программного обеспечения.

### **2. Возможности и перспективы комплекса СПРУТ**

Комплекс СПРУТ – один из немногих примеров инструментария для создания автономных специализированных систем про-

ектирования. Эта возможность обеспечивается генератором баз знаний SprutExPro, средой создания обобщенной информационной модели класса изделий Sprut X и средой создания интерфейса прикладной системы Sprut MX.

Эффективность системы проектирования объектов определенного вида (самолетов, автомобилей, станков и др.) определяется не столько универсальными компонентами САПР (модули геометрического моделирования, конечно-элементных расчетов и др.), сколько специализированными программными средствами (объектно-ориентированными подсистемами) – это подсистемы формирования облика изделия, проектировочных расчетов основных элементов, расчета аэродинамических и летно-технических характеристик и т.п.

Система проектирования на основе комплекса СПРУТ позволяет воплощать специфические для этого объекта модели, методы проектирования и правила принятия решений, причем именно те модели и методы, которые характерны для определенного КБ, и могут реализовать «фирменную» методику проектирования.

Комплекс имеет инструментальные средства расширения функций, позволяющие непрограммирующему профессионалу самостоятельно пополнять систему новыми методами проектирования, и может быть ориентирован на решение задач поискового проектирования, т.е. задач с заранее неизвестным алгоритмом, причем сформулированных в терминах предметной области.

Обобщенная структура знаний может быть представлена в форме И-ИЛИ-графа объединить иерархию составных частей (связи типа «И») и варианты их конструктивной реализации (связи типа «ИЛИ»).

Проектирование экземпляра требует выбора подструктуры из обобщенной структуры в зависимости от требований к изделию согласно правилам структурного синтеза.

Интеллектуальная среда строится для определенного класса изделий сформированной математической моделью. Формирование базы знаний возлагается на эксперта предметной области – ведущего специалиста проектной организации.

Знания эксперта (методика проектирования) представляются в виде системы правил: ЕСЛИ <условие>, ТО <действие>.

Действиями базы знаний могут быть: расчеты по формулам, выбор данных из таблиц или баз данных, вызов подпрограмм, генерация графических изображений.

Обобщенная структура класса изделий в форме И-ИЛИ-графа объединяет иерархию

составных частей (связи типа «И») и варианты их конструктивной реализации (связи типа «ИЛИ»).

Проектирование экземпляра требует выбора подструктуры из обобщенной структуры в зависимости от требований к изделию согласно правилам структурного синтеза.

На рис. 2 изображена структура формирования объектов для авиационного изделия.

На рисунке видно, что объекты системы имеют связи «целое-часть» и «род-вид».

Новой реализацией концепции системы является среда SprutExPro. Основные компоненты системы включают объектную мета-

модель и базу инженерных знаний. Значения свойств объектов определяются методами базы знаний – прикладными программами, подключенными к классам. Инструментальные средства создания приложений включают среду моделирования структуры изделия и проектных альтернатив, а также среду генерации баз знаний (среду экспертного программирования). На базе этого программного средства, на кафедре технологий авиационных двигателей разработано учебное пособие и база знаний для расчета объемной поковки, используемая в модуле СПРУТ ТП.

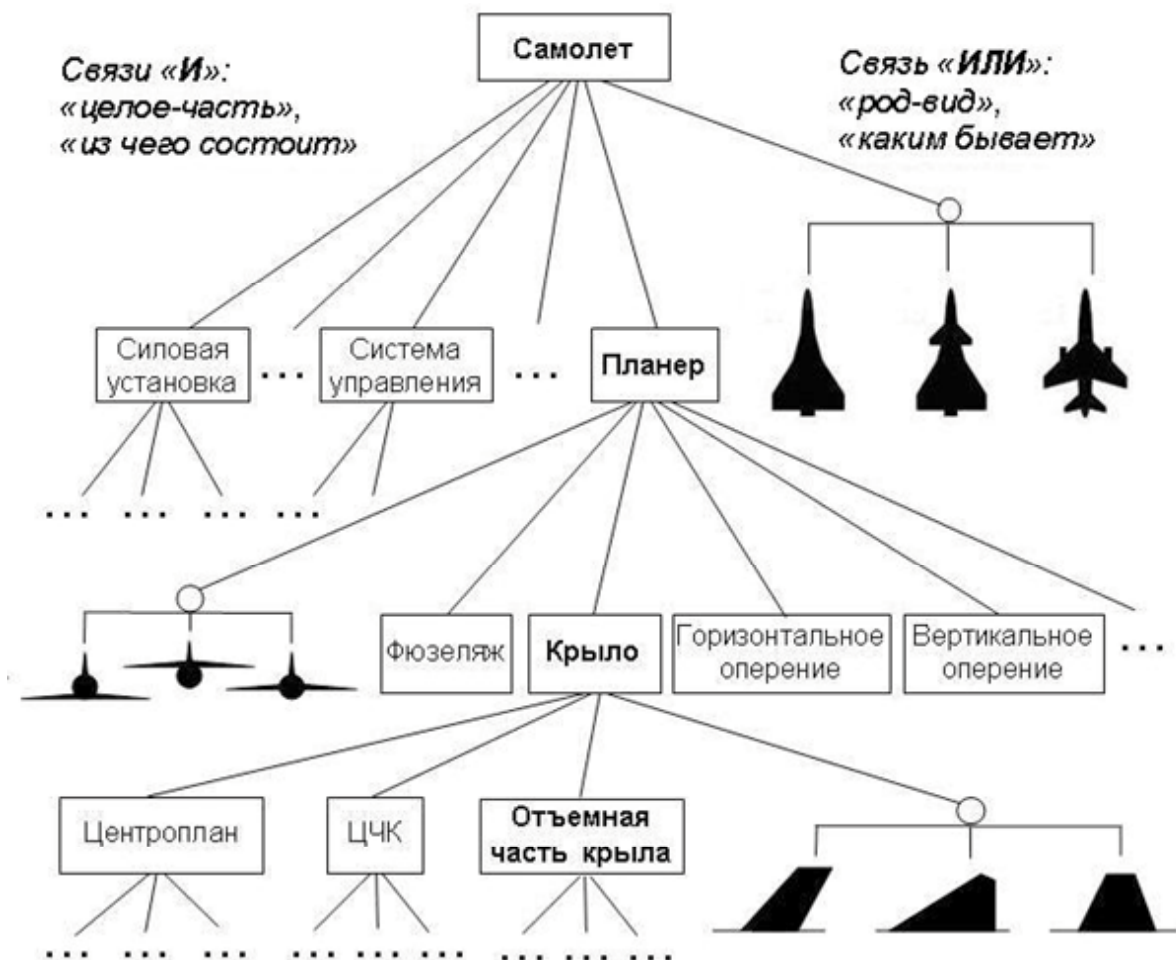


Рис. 2. Знания о структуре изделия – объектная метамодель

Предлагается использование возможности этого инструментального средства, для создания специализированных приложений интеллектуальных САПР систем с отработкой вопросов предварительной оценки их производительности, перераспределения роли в процессе разработки между программистами и непрограммирующими специалистами, требований к уровню их подготовки в предметной области и в сфере информационных техноло-

гий и оценки характеристики генерируемых приложений с точки зрения автономности и потребности в системных ресурсах.

Углубленное изучение и тестирование новых инструментальных средств поможет определить условия их рационального применения в процессах разработки интеллектуальных САПР систем для разработки новых конструкций и технологий авиационной техники.

**Литература**

1. Евгеньев Г.Б Систематология инженерных знаний [Текст]: учеб. пособие для вузов / Е.Б. Евгеньев. – М.: МГТУ им. Баумана, 2001. – 346 с.
2. Гранин В.Ю. Современные технологии создания специализированных систем проек-

тирования [Текст] / В.Ю. Гранин // Проблемы створення та забезпечення життєвого циклу авіаційної техніки: тез. доп. Міжнар. наук.-техн. конф. – Х.: «ХАІ». – 2015. – С. 50.

3. Башмаков А.И. Интеллектуальные информационные технологии [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.И Башмаков, И.А. Башмаков. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 304 с.

*Поступила в редакцию 02.07.2015*

**В.Ю. Гранін, В.В. Третьак, С.В. Худяков, В.Д. Сотников, М.Ф. Савченко. Особливості використання СПРУТ-технологій для розробки перспективних конструкцій і технологій**

*Представлені можливості сучасної системи СПРУТ, за допомогою якої можна ефективно працювати в галузі наукових досліджень. Описано особливості використання системи для автоматизації конструювання і розробки сучасних технологічних процесів виготовлення деталей літальних апаратів и авіаційних двигунів. Показано область застосування системи в різних сферах діяльності, включаючи комп'ютеризацію інженерної праці, що дозволяє скоротити трудомісткість проектування і витрати на моделювання деталей і конструкцій авіаційної техніки.*

**Ключові слова:** СПРУТ-технології, автоматизоване проектування, перспективні технологічні процеси, комп'ютеризація інженерної праці.

**V.Yu. Granin, V.V. Tretyak, S.V. Hudyakov, V.D. Sotnikov, N.F. Savchenko. Features of using SPRUT-technologies to develop advanced design and technologies**

*The possibilities of the modern environment of SPRUT-system, which allows working effectively in the field of scientific research, are presented. The features of using the system to automate the design and development of modern manufacturing processes of parts of aircrafts and aviation engines are described. The scope of the system in various areas, including computerization of engineering work, which allows reducing the complexity of the design and simulation of the projected costs of parts and structures of aircrafts, is shown.*

**Keywords:** SPRUT-technologies, automated design, advanced technological processes, computerization of engineering work.