

**Информационно – компьютерная технология разработок (ИК - технология) - новое направление широкого внедрения вычислительной техники в научные исследования и проектно-конструкторские работы**

В.Н. Гущин

*Рассмотрена информационно-компьютерная технология (ИК-технология) разработок образцов новой техники как новое направление широкого внедрения вычислительной техники в научные исследования и проектно-конструкторские работы. Представлено содержание технологических линий и состав подсистем промышленной комплексной Системы автоматизации разработок.*

**Введение**

Проникновение ЭВМ во все сферы человеческой деятельности расширяется и углубляется. Сейчас в различных стадиях разработки и внедрения находятся системы автоматизации управления, проектирования, испытаний, информационно-поисковые и многие другие. Применение ЭВМ в научных исследованиях позволило ставить и решать в приемлемое время такие задачи, которые были совершенно недоступны вычислительным машинам предыдущих поколений. По мере развития средств вычислительной техники все более четко прослеживается тенденция использования ЭВМ не только как простой вычислитель, но главным образом в качестве интеллектуального терминала.

К настоящему времени становится все более ясным, - несмотря на отдельные достижения в области автоматизации проектирования, автоматизации решения отдельных задач конструирования, автоматизации испытаний, качественные сдвиги в деле существенного ускорения процесса проектирования с одновременным повышением качества выпускаемых изделий возможно лишь при системном подходе, имея в виду создание информационно-компьютерной технологии разработок (ИК - технологии).

ИК - технология разработок – это применение интегрированной, многоуровневой, многоцелевой, оптимизационной Системы, обеспечивающей сквозную непрерывную технологию реализации целей НИИ-КБ по научно-техническим разработкам от замысла Главного конструктора до эксплуатации техники у Заказчика.

ИК - технология предусматривает, главным образом, не создание новых элементов, а интеграцию максимально возможного числа уже разработанных систем путем их соответствующей адаптации и последующего развития в рамках совместного взаимодействия. Наибольший эффект в этом случае возможно получить за счет ликвидации стыков (устранение потерь времени и искажения информации) и за счет формирования гибких, легко перенастраиваемых на новые задачи технологических линий проектирования и опытной отработки, разумно сочетающих высокую степень автоматизации с максимальным использованием прошлого опыта и интеллектуального творческого потенциала проектировщиков. Открытость Системы в смысле возможности ее развития и наращивания позволит обеспечить (путем аккумуляции главным образом проблемно-ориентированных пакетов прикладных программ, разработанных в других организациях) индустриализацию науки, решить задачу прямого и практически немедленного применения новейших научных достижений в научно-технических разработках.

Следует отметить, что в США, Западной Европе и Японии развитие систем автоматизации происходит в этом направлении. Наряду с наличием довольно удачных систем, таких, как NASTRAN, ATLAS и других, начинается создание интегрированных больших систем ODIN и IPAD с участием ряда фирм и охватывающих как этапы изучения рынков сбыта и поиска наиболее целесообразных направлений развития, так и глубокого изучения поведения будущей конструкции. Система IPAD разрабатывается под руководством NASA такими крупными фирмами, как RAND Corporation и предназначена для проектирования любых летательных аппаратов. Представляет интерес подход Mc Donnell Douglas, разрабатывающего под эгидой Air Force интегрированную систему CAD-CAM - проектирования и производства. Внедрение CAD-CAM оказалось весьма сложным мероприятием и потребовало создание сети информационных связей. Потребовалось отработать управление потоком данных, организовать обучение персонала фирмы правилам работы с CAD-CAM, установить новые стандарты и провести ряд других мероприятий, не все из которых до конца завершены фирмой. Результатом применения CAD-CAM в конкретных разработках явилось повышение качества конструкции и производительности труда разработчиков. Улучшение результатов работы шло по трем направлениям:

- повышение точности чертежей и данных о конструкции,
- повышение точности сопряжения частей конструкции,
- облегчения понимания обрабатываемых системой данных о конструкции самолета.

Создание и внедрение в эксплуатацию CAD-CAM потребовало затраты многих миллионов долларов на приобретение аппаратуры, зарплату нового персонала, обучение работников, составление стандартов и прочие статьи косвенных расходов.

## *Системы ИК - технологии*

ИК - технология обеспечивает переход на качественно новый уровень управления НИОКР, технической подготовкой производства и внедрения АСУ, комплексно охватывающей средствами автоматизации управления весь цикл разработок, реализующей автоматизацию не только функций учета, но, прежде всего, функций планирования и обеспечивающей при этом оптимальное распределение трудовых и производственных ресурсов. Первоначально была разработана и внедрена АСУ организационно-экономической деятельностью в объеме первого этапа внедрения на ЭВМ ЕС (АСУ «Конструктор»). АСУ разработана как типовая для отрасли по пяти основным направлениям:

- планирование и управление НИОКР;
- планирование и управление опытным производством;
- планирование, учет и регулирование материально-технического обеспечения;
- автоматизация финансово-бухгалтерской деятельности;
- учет наличия и использования кадров.

В состав АСУ «Конструктор» первого этапа внедрения на ЭВМ ЕС входит 15 комплексов задач, которые полностью замыкают учетный контур в системе управления и частично реализуют функции планирования.

Годовой экономический эффект от внедрения АСУ на каждом головном разрабатывающем предприятии составляет около 0,5 млн. долл.

Разработанные подсистемы материально-технического обеспечения финансово-бухгалтерской деятельности АСУ НИИ-КБ рекомендованы отраслевым ЦНИИ как типовые для отрасли. В качестве типовой к внедрению в НИИ-КБ отрасли рекомендована также автоматизированная система контроля исполнения директивных документов («Маскид»).

Дальнейшее совершенствование АСУ связано с полной автоматизацией функции планирования на базе освоения и внедрения пакета прикладных программ планирования мощностей оперативного управления:

- системы планирования НИОКР;
- системы планирования работ по изготовлению материальной части в опытном производстве,

а также на основе разработки единой информационной базы комплексной подсистемы «Кадры-труд-зарплата» - автоматизированной системы учета кадров, табельного учета, учета труда и заработной платы.

В рамках Системы, поддерживающей ИК-технологии, предусмотрен комплексный охват средствами автоматизации этапов технических предложений, эскизного проектирования, технического и рабочего проектирования, обеспечив при этом требуемую глубину и полноту задач, решаемых на каждой стадии разработки. В рамках системы «ПРОЕКТ-ИЗДЕЛИЕ» удалось системно замкнуть на единой базе данных достаточно полный набор инженерных проектных методик, реализующих в диалоговом режиме оперативное решение проектных задач по обеспечению выбора основных технических решений и оптимизации проектных параметров изделия с использованием ряда режимов работы в том числе: «Анализ», «Синтез», «Оптимизация».

Применение Системы позволяет в 5-8 раз сократить время выбора облика изделия и на порядок уменьшить период выполнения расчетных работ по обоснованию принятых проектных решений по сравнению с традиционной технологией проведения проектных работ.

Разработаны и внедрены следующие системы: «Изделие», «Проект ДУ», «Инженерная аэродинамика», «Динамика», «Баллистика», «Точность», «Эффективность», «Старт», «Нагрузка», «Оптимизация и синтез конструкции», «Органы управления».

В САПР «Расчет» вошли подсистемы, обеспечивающие наиболее трудоемкие расчеты по аэродинамике, определению оптимальных профилей сопел, тепловым расчетам и другие. Успешно развиваются такие системы как «Блок», «Конструкция», «Технология» (автоматизация подготовки программ для станков с ЧПУ), создание информационно-поисковых систем «Сварка», «Инструмент». Работы по созданию автоматизированных систем ведутся с учетом достигнутого уровня, накопленного опыта разработки и эксплуатации и развиваются в направлении:

- разработки и применения новых методов математического моделирования сложных механических и физико-химических процессов и численных методов расчета;
- комплексности проведения расчетов на основе практической реализации непрерывной технологии выполнения расчетов по множеству программ;
- применение новых технических средств, обеспечивающих разработчику контакт с ЭВМ по вводу данных для расчета и визуализации расчетов в компактной и наглядной форме.

С целью повышения технического уровня и качества испытаний, сокращения сроков обработки и анализа больших объемов измерительной информации, получаемой в результате натурных испытаний, разработана и внедрена система «Обработка». С ее применением обеспечивается оперативное решение задач экспресс-анализа и оценки летно-технических характеристик изделия. Система формирует в графическом виде на едином плакате основные результаты натурных испытаний изделий по динамике движения изделия и стабилизации его углового положения на активном участке траектории полета.

В рамках системы «Поиск» реализуется автоматизация учета и анализа информации по параметрам надежности изделий, находящихся в эксплуатации у Заказчика.

Комплексный охват средствами автоматизации полного цикла разработок по всем основным стадиям и этапам выполняемых работ предполагает также создание автоматизированной системы комплексных испытаний и отработки изделий новой техники («АСКИО»). Разработаны и внедрены пять подсистем «АСКИО»: испытание материалов, деталей, узлов, агрегатов путем неразрушающего контроля структуры и определения остаточных напряжений, стендовые статические испытания на прочность, виброиспытания, стендовая обработка приборов и систем, построенных на новых физических принципах. Реализованные на уровне информационно-измерительных систем подсистемы «АСКИО» развиваются до уровня информационно-управляющих систем. В качестве технических средств «АСКИО» широко используются мини-ЭВМ и микропроцессоры, устанавливаемые непосредственно в местах проведения опытов, что обеспечивает возможность формирования гибкой структуры систем по сбору, оперативной обработке и анализу информации.

В рамках ИК - технологии интеграция систем САПР и «АСКИО» может быть обеспечена структурой информационно-функциональных связей с целью создания устойчивых информационных каналов обратной связи между испытаниями с одной стороны и проектно-конструкторскими и расчетными работами с другой.

### ***Интегрированная, многоуровневая, многоцелевая, оптимизирующая система***

К настоящему времени сложилась определенная технология выполнения проектных работ. Эта технология отражает устойчивые связи по внутри- и межотраслевой кооперации при разработках, она закреплена в соответствующих документах и не может подвергаться ревизии в смысле нарушения этапности при разработках. Нам представляется, что при рассмотрении взаимодействия ИК - технологии и традиционной технологии следует ставить целью ускорение реализации работ на каждом этапе, обеспечение перекрытия одних работ другими с целью опять-таки уплотнения времени на выполнение конкретных работ, но без нарушения принципов беззаводочного проектирования. За счет более глубокой проработки проектов возможно более раннее начало последующих работ, особенно при технологической подготовке производства: конструкторской и технической.

Схема функционирования ИК - технологии представлена на рис. 1. Видно, что имеется пять уровней функционирования Системы, причем характерной чертой ИК - технологии является

- применение единой информационной базы, на которой формируются модели соответствующего уровня и отвечающие рассматриваемому этапу разработки;

- применение единой системы вычислительных машин, объединенных в сеть, с широким набором периферийных устройств;

- наличие стандартизованных методик научных, технических и экономических расчетов, единых для кооперируемых предприятий, что дает возможность формировать частные технические задания и передачу их на машинных носителях информации.

1-й уровень. Это уровень управления разработками, включающий планирование, контроль, ранжирование, учет, анализ и распределение ресурсов.

2-й уровень. Уровень информационного обеспечения. Имеет место расчленение информации по этапам разработки, а внутри этапов информация целенаправленно распределяется по ее потребителям. На этапе планирования и прогнозирования развития научно-технического направления, когда формируется научно-техническая политика, функционирует система информационного обеспечения верхнего уровня руководства НИИ-КБ (СИОВУР). С помощью этой системы могут быть синтезированы варианты перспективных образцов изделий, проведена оценка их эффективности, реализуемости в условиях конкретного производства и выполнен прогноз влияния наиболее перспективного образца на развитие отрасли.

На этапе формирования совместно с заказчиком тактико-технических требований, помимо информации о развитии зарубежных систем, осуществляется взаимодействие со следующим уровнем - уровнем разработки технической документации, откуда черпается информация о перспективных разработках прошлого и оперативных разработках, получаемых с помощью САПР «Проект».

На информационном уровне следующего этапа - этапа технических предложений - имеется информация о патентах. На этапе эскизного проектирования оформляются конструкторско-технологические решения, и все последующие этапы разработок информационно обеспечиваются путем сопровождения технической документации.

3-й уровень. Уровень разработки технической документации. Этапы перспективных разработок и технических предложений обеспечиваются САПР «Проект», этапы эскизного проектирования и технорабочего проектирования обеспечиваются САПР «Расчет» и САПР «Автоматизация конструирования». Наконец, при подготовке технической документации на опытные образцы применяется автоматизированная система изготовления чертежей.

4-й уровень. Уровень реализации. Можно выделить три фазы:

- техническая подготовка производства, включающая в себя конструкторскую и технологическую подготовку производства;

- изготовление узлов и агрегатов;
- изготовление опытных образцов.

Эти фазы в основном обеспечиваются САПР «Конструкция», «Технология» и станками с ЧПУ.

5-й уровень. Уровень испытаний. Три фазы на этом уровне:

- испытания агрегатов и узлов;
- стендовые испытания;
- летно-конструкторские испытания

обеспечиваются системами «АСКИО» - автоматизированными системами комплексных испытаний и обработки и системой «ОБРАБОТКА» - системой анализа летных испытаний. Причем эти две системы связываются на информационном уровне вторичной обработки результатов испытаний.

В ИК - технологии функционируют гибкие технологические линии, обеспечивающие передачу информации с одной фазы этапа проектирования к другой, переход с одного уровня Системы на другой. Специальное математическое обеспечение формирует технологические линии в зависимости от поставленной задачи. Например, технологическая линия формирования конструктивно-компоновочной схемы приведена на рис. 2. Высокая схема гибкости ИК - технологии обеспечивается использованием при построении проектных моделей физических зависимостей, корректируемых впоследствии результатами, получаемыми при более углубленной проработке конструкции. При этом вопрос об автоматизации конструирования целесообразно решать следующим образом. Конструктивные элементы (детали – узлы – агрегаты - отсеки) можно разделить на стандартные, типовые и оригинальные, причем, если при автоматизации конструирования стандартных элементов реально получить выигрыш в снижении трудозатрат в 10 раз, то для оригинальных элементов традиционная технология (конструктор за кульманом) дает четырехкратный выигрыш. Автоматизация конструирования типовых узлов не дает выигрыша с экономической точки зрения, однако, другие соображения могут сделать такую автоматизацию целесообразной.

Наконец, следует указать на то, что ИК - технология поддерживается многофункциональной Системой, обеспечивающей эффективную работу Заказчика и НИИ-КБ при выполнении, как текущих проектных разработок, так и поисковых исследований, а также выработку военно-стратегической и научно-технической политики.

## ***Формирование конструктивно-компоновочной схемы***

Система конструирования строится по принципу обучающегося автомата. Разработчик вводит в нее варианты конструктивного оформления деталей и указывает способ формирования узлов. Сборка агрегатов осуществляется путем вызова из памяти ЭВМ соответствующих узлов, проверки их, образмеривания стыковочных поверхностей и установку их в нужное место. При этом машина автоматически проверяет совместимость их путем выдачи на экраны сечений. Одновременно проверяется прочность узлов крепления путем подбора стандартного крепежа из номенклатуры, размещенной в памяти машины, и на основе заданной схемы нагрузок. Аналогично, агрегаты собираются в отсеки, а затем осуществляется сборка всего изделия в целом. Проверяется соответствие массово-геометрических характеристик исходным данным системы проектирования конструктивно-компоновочной схемы. При отклонении получаемых на фазе конструирования параметров от предварительно выбранных проводится анализ соответствующих узлов и, в случае необходимости, узел конструируется по-новому с целью снижения его массы. Окончательно сформированная конструктивно-компоновочная схема служит исходной моделью для формирования аэродинамической, баллистической, газо- и термодинамической моделей. После чего информация передается в систему «Расчет», где на основе «двумерных» методик проводится всесторонний анализ соответствующих моделей, и специалист соответствующего профиля формирует ведомость замечаний и предложений по их устранению. Ведущий конструктор проекта изделия анализирует представленные замечания и рекомендации, определяет варианты основных направлений совершенствования конструктивно-компоновочной схемы, тиражирует ее и поручает нескольким конструкторам независимо друг от друга совершенствование конструктивно-компоновочной схемы и согласование получаемых параметров с соответствующими проблемно-ориентированными моделями (рис. 3). После окончания согласования и формирования вариантов, удовлетворяющим заданным требованиям, проводится всесторонняя оценка отработанных вариантов по критериям, определяемым Главным конструктором.

Окончательный вариант конструкторской проработки ККС утверждается Главным конструктором и переходит в фазу анализа варианта на основе «трехмерных» методик (рис. 4). Так, с помощью метода конечных элементов проводится расчет динамической прочности конструкции, проводятся поверочные расчеты по аэродинамике, термо- и газодинамике. Параллельно проектируются служебные системы изделия.

Этап эскизного проектирования завершается динамическим моделированием работы изделия с помощью системы «Электронный выстрел», которая предусматривает включение в



вычислительный контур узлов и агрегатов, изготовленных к этому времени или переносимых в проект с предыдущей разработки.

Многократные «электронные пуски» изделия и оперативное устранение выявленных замечаний путем коррекции проекта позволяют «довести» изделие. Система «Электронный выстрел» позволяет решить задачу оценки вероятного отклонения параметров проектируемого изделия (по производственным причинам в пределах задаваемого допуска от номинала) и их влияния на результаты «электронных пусков» изделия. Это же дает возможность более точно оценить надежность изделия, в том числе в условиях, максимально приближенных к условиям эксплуатации, которые учитываются на основе статистического анализа эксплуатации реальных изделий. Эта же система на различных этапах проектирования позволяет проводить «электронные игры» с применением проектируемого изделия с целью оценки эффективности его и соответствия ТТТ.

### *Заключение*

В целом можно отметить, что ИК - технология соответствует современным представлениям о развитии систем автоматизации проектирования и производства.

ИК - технология по завершении ее ввода в строй позволит обеспечить не только высший научно-технический уровень проектируемых изделий, не уступающих по своим характеристикам мировым аналогам, но и задать темп обновления разрабатываемой техники, обеспечивающий постоянный приоритет по отношению к зарубежным образцам.

---

### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ**

*Гущин Виталий Николаевич, профессор кафедры космических систем и ракетостроения Московского государственного авиационного института (технического университета), д.т.н.*