

УДК 621.4, 629.7

## **Технологическая среда проектирования сложных технических объектов**

И.В. Завалишин, И.А. Милюков, В.П. Соколов

### **Аннотация:**

В статье дано обоснование применения современных информационных технологий и математического моделирования для решения задач всех групп стадий жизненного цикла наукоемких изделий: проектирования, производства и эксплуатации, предоставляющих возможность радикального совершенствования стадий конструирования, научных исследований, отработки технологичности, подготовки производства и изготовления.

Описана актуальность проведения классификации объектов, процессов и инструментальных систем, применяемых в новой области, называемой ИПИ-технологиями, и актуальность разработки специфической нормативной базы для целостного и взаимосвязанного подхода к объектно-ориентированному проектированию при информационной поддержке изделий (ИПИ) с учетом предъявляемых к ней требований.

В статье приведено описание стратегии создания систем автоматизации параллельного проектирования на основе применения методов имитационного моделирования и объектно-ориентированных инструментальных систем.

### **Ключевые слова:**

технологическая подготовка производства; автоматизация жизненного цикла изделия; информационная поддержка изделия.

Комплексное решение всех задач, связанных с проектированием, производством и эксплуатацией изделий, необходимо осуществлять в рамках постоянно совершенствуемых интегрированных автоматизированных систем, использующих единые методы и средства для решения всех задач конструирования и технологической подготовки производства на

основе применения современных информационных технологий, предоставляющих возможность радикального изменения процессов проектирования, производства и эксплуатации. Учет структуры проектируемого объекта и методов проектирования и производства приводит к возникновению методов объектно-ориентированного проектирования. На существующем уровне становления информационных технологий эта специфическая технологическая область пока еще не имеет окончательно сложившихся представлений и понятий. Для целостного и взаимосвязанного подхода к объектно-ориентированному проектированию при информационной поддержке изделий (ИПИ) должны быть проведены классификации объектов, процессов и инструментальных систем, применяемых в новой области, называемой ИПИ-технологиями, и разработана специфическая нормативная база [1]. Специального внимания заслуживает состав объектов информационных технологий. Для них характерны такие признаки, как форма представления, структура, другие специфические характеристики.

Основными требованиями, предъявляемыми к ИПИ-технологиям в настоящее время, являются:

- Комплексность технологических решений, которая обеспечивается только интегрированными системами. Совершенствование программно-методических и технических средств позволяет переходить к выбору различных стратегий в решении практических задач. Такое состояние проблемы способствует объединению отдельных инструментальных средств в технологические комплексы, ориентированные на сложные технические объекты, а их разработчики могут объединяться на базе компромиссных подходов к построению систем.

- Параллельность принятия решений и выполнения работ. Обеспечивается прежде всего сетевыми информационными технологиями в среде не только локальных, но и гетерогенных, и глобальных сетей, обеспечивающих удаленный доступ к информации и дистанционное выполнение работ. Это требует также перехода к новым моделям вычислений.

- Функциональная интеграция информационных и материальных технологий. Может быть обеспечена по двум различным направлениям: взаимное дополнение физических и вычислительных экспериментов или объединение вычислительно-управляющих и исполнительных систем. Взаимосвязь информационных и материальных потоков необходима для постоянного поддержания адекватности информационных моделей.

При традиционном информационном и методическом обеспечении всех стадий жизненного цикла изделий (ЖЦИ) устойчиво сложилось и подкреплено соответствующими документами распределение задач между участниками процессов проектирования, производства и эксплуатации изделий [2]. Определена последовательность решения задач, отработаны инженерные методики, сложились формы представления исходных данных и результатов проектирования.

Для комплексного параллельного проектирования многое из установившегося при традиционном (последовательном) проектировании должно измениться. В составе изменений непременно будут: распределение функций и решаемых задач между проектировщиками; состав и содержание документов с результатами проектирования; инженерные методики решения задач; состав программно-методических средств; электронный интерактивный документооборот со специфическим нормативным обеспечением [3]. Этот перечень в основном и определяет изменения технологической среды информационной поддержки изделий при переходе к параллельному проектированию.

По аналогии с принципами моделирования производственных систем в машиностроении технологическая среда параллельного проектирования (далее «технологическая среда») объединяет объекты, процессы и средства проектирования. Технологическая среда может характеризоваться как система проектирования, состоящая из объектно-ориентированных подсистем и средств, включающих те же виды обеспечений, что и инвариантные автоматизированные системы: математическое, лингвистическое, информационное, программное, техническое, методическое, организационное.

Для создания технологической среды необходимо объединение разнородных объектов в систему высокого уровня - производственную систему, и организация проектирования на различных стадиях ЖЦИ. В производственную систему при этом включаются: изделия, технологические системы, технологические процессы, процессы и системы проектирования [4].

Основными стадиями ЖЦИ всех выше перечисленных объектов производственной системы являются: научные исследования, конструирование, подготовка производства, изготовление, эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт, снятие с эксплуатации и утилизация (рис. 1).



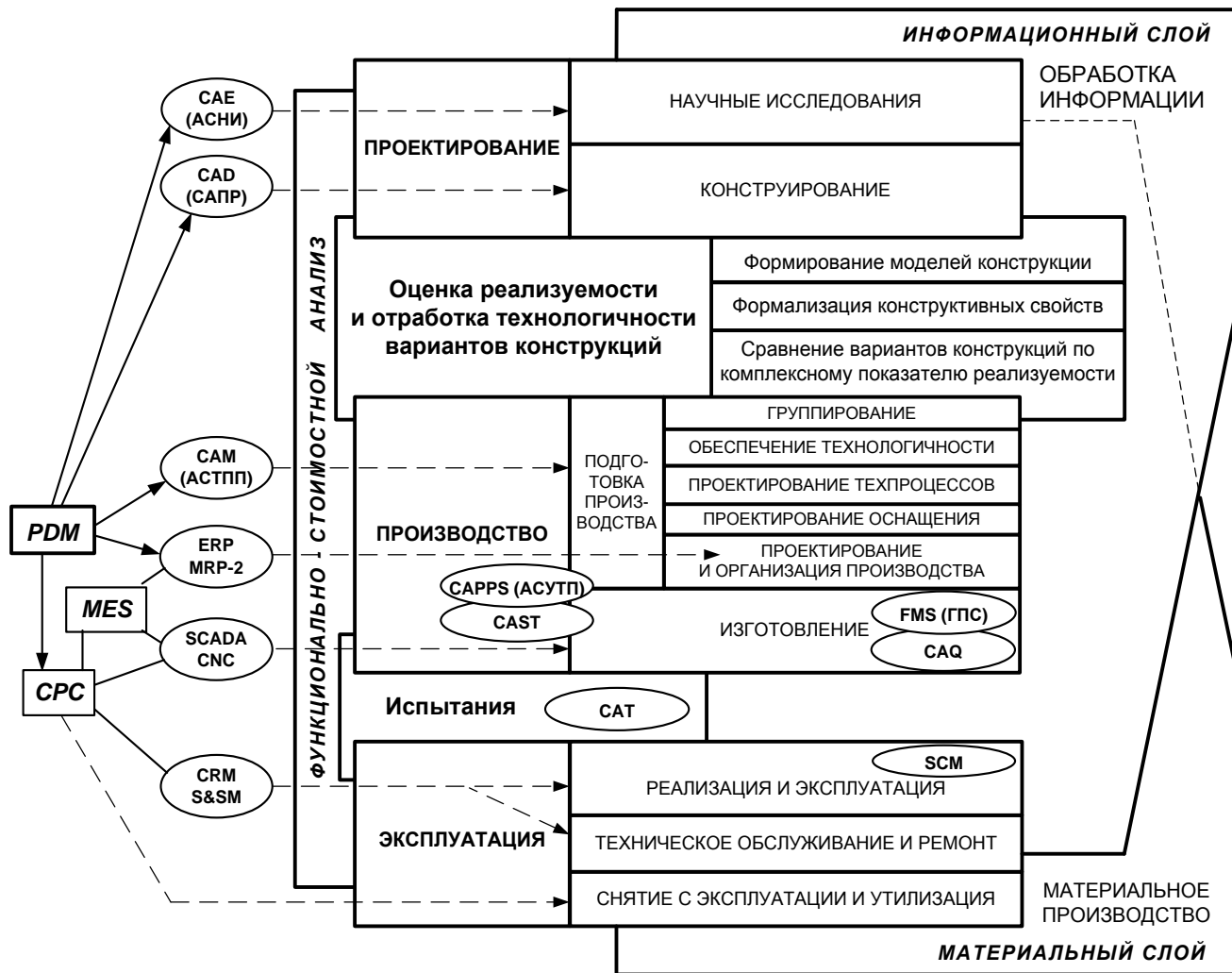


Рис. 1. Информационная поддержка автоматизированными системами различного назначения стадий жизненного цикла сложных технических систем

Центральной группой стадий ЖЦИ сложных технических объектов, где сосредоточена информация о различных объектах, необходимых для создания и эффективной реализации изделий, является группа стадий, называемая производством. С этой группой стадий наиболее сильно связаны стадии функционально-стоимостного анализа и испытаний. В них происходит основное взаимодействие объектов в материальном и информационном слоях и отдельно, и одновременно. Именно поэтому технологическая среда параллельного проектирования ИПИ-технологий должна быть ориентирована на производственную систему в том понимании, которое предусматривает объединение в информационном слое различных объектов в единый комплекс.

Для построения модели элемента системы параллельной технологической среды могут быть сделаны следующие предположения.

1. Моделирование материальных и энергетических преобразований происходит только в элементах системы (предположение сосредоточенного преобразования).

2. Математическая модель элемента описывает поведение элемента как целого независимо от способа соединения с другими элементами системы (предположение независимости).

3. Моделью элемента системы проектирования на концептуальном уровне является граф вида “дерево”, информационные потоки в котором соответствуют дугам (предположение иерархичности).

4. Моделью системы проектирования в целом на концептуальном уровне является граф общего вида, объединяющий элементы системы, а процесс передачи информации имеет итерационный характер (предположение связности).

При моделировании объектов производственной системы выделяются модели: изделий, технологических систем, технологических процессов, процессов в системах проектирования и информационной поддержки. Модели процесса проектирования включают: модель исходного объекта  $S(A)$ ; модель порождающей среды  $S(P)$ ; модель объекта проектирования  $S(T)$ . Модели по форме представления подразделяются на модели общего вида и модели типовых проектных решений [5].

Моделирование по назначению подразделяется на функциональное, конструктивное, технологическое, эксплуатационное (рис. 2). Моделирование по видам делится на структурно-параметрическое, геометрическое, натурное (технологическое), физико-механическое. Пространства моделирования подразделяются на  $n$ -мерное; трехмерное (геометрическое), где двухмерное - частный упрощенный случай. Выделяются информационный и материальный слои моделирования.

Для эффективного решения задач параллельного проектирования в прикладной области знаний информационной поддержки процессов создания и эксплуатации сложных технических объектов необходимы теория автоматизации проектирования, специфическая методология и аппарат исследования, а также языки представления теории и объектов моделирования. Стратегия создания систем автоматизации параллельного проектирования на основе применения методов имитационного моделирования и инструментальных систем для формирования средств обеспечения интегрированных автоматизированных систем соответствует представленным подходам. С практической точки зрения, методология параллельного проектирования формируется как обобщение опыта, отражающее объективные закономерности и совокупность положений, образующих раздел науки о проектировании, представляемый математическими методами.

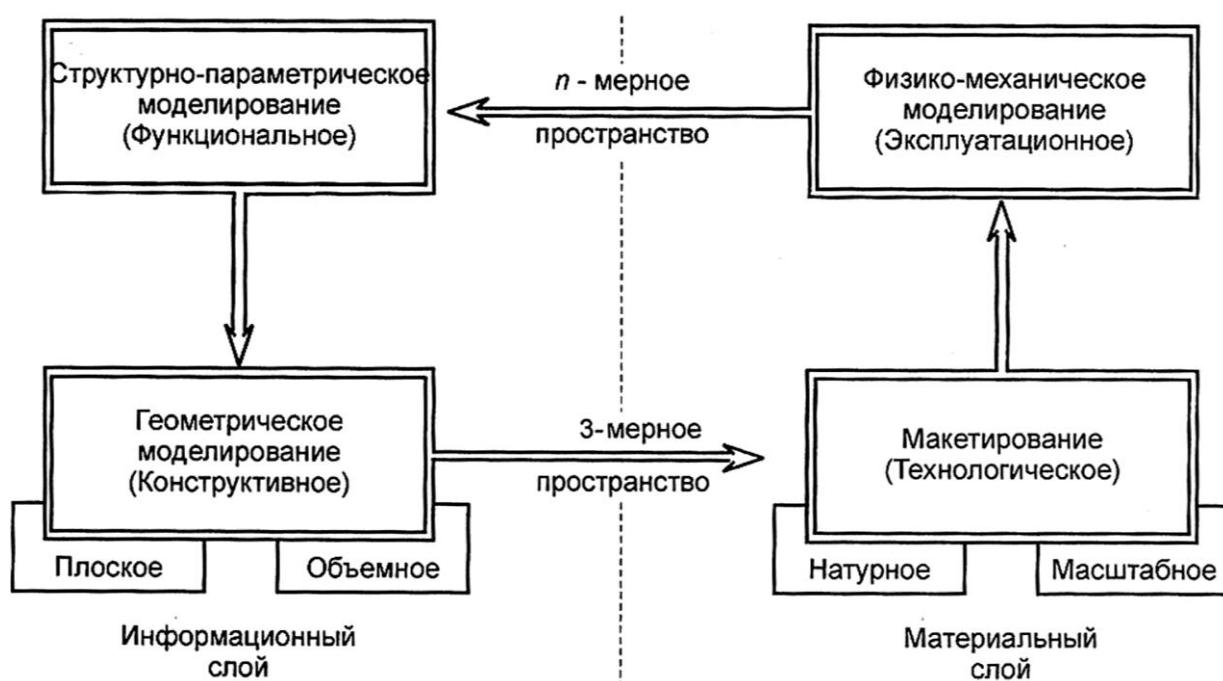


Рис. 2. Взаимосвязь пространств, слоев и методов моделирования жизненного цикла наукоемких изделий

В соответствии с принятой стратегией построения систем ИПИ-технологий математическая структура, или просто структура, представляет собой базисные множества, элементы которых состоят в некоторых отношениях, описываемых свойствами.

С учетом требований непротиворечивости, независимости и полноты системы параллельного проектирования приняты следующие предложения в качестве основных

утверждений:

1. Процесс проектирования  $S(\Pi)$  представляется совместными преобразованиями модели исходного объекта  $S(A)$  и модели порождающей среды  $S(P)$  с получением в результате преобразований модели объекта проектирования  $S(T)$ .

2. Математические модели  $S(A)$ ,  $S(P)$ ,  $S(T)$  описывают состояние моделируемого объекта (среды) автономно, независимо от способов соединения с другими объектами системы.

3. Преобразования, реализуемые при проектировании, представляют собой последовательность эквивалентных преобразований, результаты преобразований всегда конечны и определены, что позволяет представить процесс проектирования  $S(\Pi)$  направленным потоком.

4. Модели исходных объектов  $S(A)$ , модели объектов проектирования  $S(T)$  и модели порождающей среды  $S(P)$  имеют одинаковую математическую структуру.

Переходя к представлениям и интерпретациям формул методологии автоматизации проектирования в предметной области ЖЦИ, формулируются основные конфигурации и функции проектирующих систем. При этом процесс проектирования представляется математической структурой  $S(\Pi) = \{S(A), p, S(P), S(T)\}$ , где  $p$  - процедурно-алгоритмическая среда. Модели всех объектов  $S(A)$ ,  $p$ ,  $S(P)$ ,  $S(T)$  процесса проектирования также представляются в форме типовых математических структур.

### **Библиографический список**

1. Информационные технологии в наукоемком машиностроении: Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / Под общ. ред. А.Г. Братухина. - К.: Техніка, 2001. – 728 с.

2. CALS-технологии в технологической подготовке производства авиакосмической техники / В.Д. Костюков, Э.М. Годин, В.П. Соколов, М.Л. Сокольский, А.П. Баранов; Под ред. Э.М. Година. – М.: Изд-во МАИ, 2005. – 552 с.

3. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 448 с.: ил.

4. Павлов В.В. Структурное моделирование в CALS-технологиях. - М.: Наука, 2006. - 307 с.

5. Автоматизация технологической подготовки производства летательных аппаратов / С.И. Феоктистов, Е.А. Макарова, В.И. Меркулов, В.П. Соколов и др.; Под общ. ред. Е.А. Макаровой. - М.: Изд-во "ЭКОМ", 2001. – 288 с.



Соколов Владимир Петрович, заведующий кафедрой «Инновационные технологии аэрокосмической деятельности», проректор по научной работе Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства, д.т.н., профессор.

РГУИТП, 107078, г. Москва, ул. Новая Басманная, дом 9  
тел.: +7 (495) 618-65-70; e-mail: [Vladimir.Sokolov@itbu.ru](mailto:Vladimir.Sokolov@itbu.ru)

Завалишин Игорь Владимирович, доцент кафедры «Инновационные технологии аэрокосмической деятельности» Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства, к.т.н.

РГУИТП, 107078, г. Москва, ул. Новая Басманная, дом 9  
тел.: +7 (495) 618-36-10; e-mail: [rassiec@mail.ru](mailto:rassiec@mail.ru)

Милюков Игорь Александрович, зам. заведующего кафедрой «Инновационные технологии аэрокосмической деятельности» Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства, к.т.н., доцент.

РГУИТП, 107078, г. Москва, ул. Новая Басманная, дом 9  
тел.: +7 (495) 618-11-98; e-mail: [rassiec@mail.ru](mailto:rassiec@mail.ru)