<http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=140_CADedu/CAD.cou>

Учебник содержит сведения по различным аспектам и видам обеспечения систем автоматизированного проектирования, необходимые квалифицированным пользователям САПР в различных областях техники. Значительное внимание уделено математическому обеспечению процедур анализа и синтеза проектных решений, построению локальных и корпоративных вычислительных сетей САПР, составу и функциям системных сред САПР. Освещены также методики концептуального проектирования сложных систем, положенные в основу ИПИ-(CALS)-технологии, а также вопросы интеграции САПР с автоматизированными системами управления, логистики и делопроизводства.

Дисциплина "Основы автоматизированного проектирования" является введением в технологии САПР, знакомит студентов с наиболее общими инвариантными относительно приложений методами и средствами современного проектирования, которые иллюстрируются примерами из конкретных предметных областей. Цель курса — подготовить студентов к освоению методик работы в конкретных САПР, изучаемых в профильных для специальности дисциплинах. Для изучения курса требуется знание математики и общеинженерных дисциплин в объеме, типичном для технического университета.

[**Сведения об авторах**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=140_CADedu/002.aux/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**Краткое изложение базовой версии курса**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=140_CADedu/006.aux/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

**Глава 1. Введение в автоматизированное проектирование**

[**1.1. Понятие проектирования**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/0001.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**1.2. Принципы системного подхода**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/0002.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**1.3. Уровни проектирования**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/0003.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**1.4. Стадии проектирования**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/0005.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**1.5. Модели и их параметры в САПР**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/0006.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**1.6. Проектные процедуры**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/0007.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**1.7. Жизненный цикл изделий**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/0008.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**1.8. Структура САПР**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/0009.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**1.9. Введение в CALS-технологии**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/0010.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**1.10. Этапы проектирования автоматизированных систем**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/0011.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Понятие проектирования](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/001.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Итерационный характер проектирования](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/005.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Условие работоспособности](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/004.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Выходные параметры](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/003.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Внутренниие параметры](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/002.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Программируемые логические интегральные схемы](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=010_EDA/034.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

**Глава 2. Техническое обеспечение САПР**

[**2.1. Требования к техническому обеспечению САПР**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/1001.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**2.2. Процессоры ЭВМ**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=103_Computers/1002.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**2.3. Память ЭВМ**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=103_Computers/1004.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**2.4. Мониторы**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=103_Computers/1005.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**2.5. Периферийные устройства**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=103_Computers/1006.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**2.6. Шины компьютера**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=103_Computers/1007.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**2.7. Типы вычислительных машин и систем**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=103_Computers/1008.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**2.8. Персональный компьютер**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=103_Computers/1009.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**2.9. Рабочие станции**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=103_Computers/1010.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**2.10. Архитектуры серверов и суперкомпьютеров**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=103_Computers/1011.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**2.11. Примеры серверов**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=103_Computers/1038.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**2.12. Суперкомпьютеры XXI века**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=103_Computers/1030.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Видеопамять](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=103_Computers/007.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

**Глава 3. Математическое обеспечение анализа проектных решений**

[**3.1. Требования к математическим моделям и методам в САПР**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/2001.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.2. Фазовые переменные, компонентные и топологические уравнения**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/2003.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.3. Основные понятия теории графов**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=060_DM/dm101.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.4. Представление топологических уравнений**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/2004.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.5. Особенности эквивалентных схем механических объектов**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/2015.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.6. Методы формирования математических моделей на макроуровне**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/2005.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.7. Выбор методов анализа во временной области**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/2006.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.8. Алгоритм численного интегрирования систем дифференциальных уравнений**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/2007.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.9. Методы решения систем нелинейных алгебраических уравнений**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/2008.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.10. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/2009.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.11. Анализ в частотной области**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/2010.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.12. Многовариантный анализ**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/0012.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.13. Организация вычислительного процесса в универсальных программах анализа на макроуровне**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/2011.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.14. Математические модели для анализа на микроуровне**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/2012.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.15. Методы анализа на микроуровне**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/2013.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.16. Метод конечных элементов для анализа механической прочности**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/2014.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.17. Моделирование аналоговых устройств на функциональном уровне**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3001.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.18. Математические модели дискретных устройств**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3002.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.19. Методы логического моделирования**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3003.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.20. Системы массового обслуживания**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3010.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.21. Аналитические модели СМО**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3011.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.22. Уравнения Колмогорова**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3012.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.23. Пример аналитической модели**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3014.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.24. Модель многоканальной СМО с отказами**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3020.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.25. Принципы имитационного моделирования**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3015.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.26. Событийный метод моделирования**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3016.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.27. Краткое описание языка GPSS**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3017.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.28. Сети Петри**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3018.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**3.29. Анализ сетей Петри**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3019.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Аналогии физических величин](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/008.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Матрица контуров и сечений](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/010.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Матрица контуров и сечений](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/015.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Базисные переменные](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/009.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Анализ на макроуровне](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/011.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Анализ на макроуровне](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/012.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Анализ на макроуровне](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/013.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Анализ на макроуровне](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/014.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Матрица Якоби](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/016.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Вторичные ненулевые элементы](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/017.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Анализ чувствительности](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/006.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Область работоспособности](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=120_Opt/026.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Матрица жесткости](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/018.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Событийный метод моделирования](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/019.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Уравнения Колмогорова](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/020.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Имитационная модель](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/021.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Имитационная модель](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/022.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Имитационная модель](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/023.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Сети Петри](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/024.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

**Глава 4. Геометрическое моделирование и машинная графика**

[**4.1. Типы геометрических моделей**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=100_Graph/4002.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**4.2. Методы и алгоритмы компьютерной графики**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=100_Graph/4001.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**4.3. Программы компьютерной графики**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=100_Graph/4003.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**4.4. Построение геометрических моделей**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=100_Graph/4005.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**4.5. Поверхностные модели**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=100_Graph/4006.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**4.6. DirectX**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=100_Graph/4040.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**4.7. Графический процессор**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=100_Graph/4193.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**4.8. Шейдеры**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=100_Graph/4008.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**4.9. Геометрические шейдеры**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=100_Graph/4197.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**4.10. Унифицированный графический процессор**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=100_Graph/4194.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**4.11. Примеры графических процессоров**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=100_Graph/4200.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Базовые элементы формы](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=100_Graph/025.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

**Глава 5. Математическое обеспечение синтеза проектных решений**

[**5.1. Критерии оптимальности**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=120_Opt/5001.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.2. Задачи оптимизации с учетом допусков**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=120_Opt/5002.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.3. Классификация методов математического программирования**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=120_Opt/5003.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.4. Методы одномерной оптимизации**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=120_Opt/5004.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.5. Методы безусловной оптимизации**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=120_Opt/5005.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.6. Необходимые условия экстремума**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=120_Opt/5006.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.7. Методы поиска условных экстремумов**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=120_Opt/5007.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.8. Подходы к решению задач структурного синтеза**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/6002.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.9. Морфологические таблицы**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/6003.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.10. Альтернативные графы**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/6004.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.11. Интеллектуальные системы**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=080_IS/ai001.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.12. Исчисления**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/6005.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.13. Планирование процессов и распределение ресурсов**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/6006.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.14. Метод ветвей и границ**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=120_Opt/6007.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.15. Методы локальной оптимизации и поиска с запретами**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=120_Opt/6008.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.16. Методы распространения ограничений**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=120_Opt/6009.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.17. Эволюционные методы**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=045_ga/1010.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.18. Простой генетический алгоритм**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=045_ga/1020.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.19. Кроссовер**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=045_ga/1025.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.20. Метод комбинирования эвристик**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=045_ga/1150.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**5.21. Примеры применения генетических методов**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=045_ga/6014.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Морфологическая таблица](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/027.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Метод распространения ограничений](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/028.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Генетические методы](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=045_ga/030.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Правило колеса рулетки](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=045_ga/029.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

**Глава 6. Автоматизированные системы в промышленности**

[**6.1. Системы ERP**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=020_ERP/erp101.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.2. Стандарт MRP II**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=020_ERP/erp103.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.3. Логистические системы**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=020_ERP/erp105.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.4. Системы SCM**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=020_ERP/erp106.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.5. CRM — системы взаимоотношений с заказчиками**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=020_ERP/erp107.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.6. Производственная исполнительная система MES**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=020_ERP/erp109.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.7. Автоматизированное управление технологическими процессами**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=020_ERP/erp201.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.8. Программирование для станков с ЧПУ**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=020_ERP/erp202.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.9. Системы SCADA**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=020_ERP/erp205.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.10. Типовой маршрут проектирования в MCAD**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/7099.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.11. Типы САПР в области машиностроения**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/8004.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.12. Основные функции CAD-систем**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/8001.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.13. Основные функции CAE-систем**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/8003.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.14. Основные функции CAM-систем**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/8002.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.15. Графическое ядро**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/8007.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.16. Прототипирование**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=020_ERP/erp204.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.17. Структура CAD/CAM систем**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/8006.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.18. Машиностроительные САПР верхнего уровня**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/8005.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.19. Маршруты проектирования СБИС**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=010_EDA/eda002.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.20. Схемотехническое проектирование**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=010_EDA/eda100.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.21. Модели логических схем цифровой РЭА.**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=010_EDA/eda026.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.22. Методы логического моделирования**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=110_Simul/3003.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.23. Тестирование электронной аппаратуры**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=010_EDA/eda050.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.24. Конструкторское проектирование СБИС**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=010_EDA/eda042.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.25. Проектирование печатных плат**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=010_EDA/eda041.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**6.26. Назначение языка VHDL**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=010_EDA/eda060.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Логистические системы](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=020_ERP/031.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Функции SCADA](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=020_ERP/032.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: CAD-системы](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/033.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

**Глава 7. Методическое и программное обеспечение автоматизированных систем**

[**7.1. Типы CASE-систем**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/7001.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**7.2. Спецификации проектов программных систем**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/7005.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**7.3. Методика IDEF0**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/7002.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**7.4. Методика IDEF3**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/7004.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**7.5. Методика IDEF1X**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/7003.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**7.6. UML**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/7006.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**7.7. Методика проектирования информационных систем на основе UML**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/7011.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**7.8. Программное обеспечение CASE-систем**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/7007.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**7.9. Интегрированные среды разработки приложений**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/7008.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Блоки ICOM](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/036.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: IDEF0](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/cals004.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Диаграммы IDEF1X](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=190_CAD/037.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

**Глава 8. Технологии информационной поддержки этапов жизненного цикла изделий**

[**8.1. Обзор CALS-стандартов**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals100.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.2. Структура стандартов STEP**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals101.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.3. PDM — управление проектными данными**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals003.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.4. Интегрированная логистическая поддержка**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals004.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.5. Интерактивные электронные технические руководства**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals008.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.6. Стандарт AECMA S1000D**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals016.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.7. Электронная цифровая подпись**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals010.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.8. Стандарты управления качеством промышленной продукции**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals012.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.9. Структура моделей на языке Express**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals103.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.10. Организация в STEP информационных обменов**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals104.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.11. Интегрированные ресурсы и компоненты в STEP**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals105.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.12. Прикладные протоколы STEP**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals106.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.13. Программное обеспечение CALS-технологий**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals013.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.14. Язык HTML**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=270_Web/web102.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.15. Язык XML**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=270_Web/web103.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.16. Web-сценарии и создание интерактивных Web-страниц**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=270_Web/web109.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.17. Форматирование Web-страниц**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=270_Web/web110.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.18. Доступ к XML-документам**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=270_Web/web105.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.19. Протокол HTTP**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=270_Web/web201.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.20. Портал**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=270_Web/web202.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.21. Мультиагентные системы**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=080_IS/ai006.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.22. Технология SOAP**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=270_Web/web208.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**8.23. Компонентно-ориентированные технологии**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=270_Web/web004.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Интерактивные электронные технические руководства](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/040.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Обменный файл](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals002.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Управление конфигурацией](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals006.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Язык Express (пример 1)](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals001.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Язык Express (пример 2)](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals003.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Express и Express-G (пример 3)](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals010.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Express и Express-G (пример 4)](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals011.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Express и Express-G (пример 5)](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals012.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Express и Express-G (пример 6)](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals013.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Express и Express-G (пример 7)](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/cals014.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[Тест: Прикладные протоколы в STEP](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/038.tst/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

**Приложение 1**

[**Альбом иллюстраций и схем**](http://bigor.bmstu.ru/?ext/140_CADedu/CAD.pps.zip) (в формате Microsoft Power Point)

**Приложение 2. Материалы для практических занятий**

[**Лабораторная работа 1 "Имитационное моделирование систем массового обслуживания"**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=gpss_model/gpss_lab.cou)

[**Лабораторная работа 2 "Имитационное моделирование систем массового обслуживания"**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=gpss_model/gpss_lab2.cou)

[**Использование языка VHDL для моделирования цифровых устройств на регистровом уровне**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=230_CALS/VHDL-Lab.aux/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**Моделирование процессов в схеме ЭСЛ с помощью программы ПА9**](http://rk6.bmstu.ru/electronic_book/function_model/electronic/pa9el/esl/esl.html) (ссылка на Web-страницу с Java-аплетом, не доступно в режиме off-line)

**Приложение 3**

[**Учебная программа базового курса**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=140_CADedu/001.aux/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**Список литературы**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=140_CADedu/003.aux/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

**Приложение 4**

[**Примерная тематика рефератов**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=140_CADedu/004.aux/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**Список типичных вопросов в экзаменационных билетах**](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=140_CADedu/005.aux/?cou=140_CADedu/CAD.cou)

[**Понятие проектирования**](http://bigor.bmstu.ru/?met/?doc=190_CAD/0001.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou/?bck=190_CAD/0001.mod)

*[Проектирование](javascript:termInfo(%22%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22))* технического объекта — создание, преобразование и представление в принятой форме образа этого еще не существующего объекта. Образ объекта или его составных частей может создаваться в воображении человека в результате творческого процесса или генерироваться в соответствии с некоторыми алгоритмами в процессе взаимодействия человека и ЭВМ. В любом случае инженерное проектирование начинается при наличии выраженной потребности общества в некоторых технических объектах, которыми могут быть объекты строительства, промышленные изделия или процессы. Проектирование включает в себя разработку технического предложения и (или) [*технического задания*](javascript:termInfo(%22%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) (ТЗ), отражающих эти потребности, и реализацию ТЗ в виде проектной документации.

Обычно ТЗ представляют в виде некоторых документов, и оно является исходным (первичным) описанием объекта. Результатом проектирования, как правило, служит полный комплект документации, содержащий достаточные сведения для изготовления объекта в заданных условиях. Эта документация и есть [*проект*](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%22)), точнее окончательное описание объекта. Более коротко, проектирование — процесс, заключающийся в получении и преобразовании исходного описания объекта в окончательное описание на основе выполнения комплекса работ исследовательского, расчетного и конструкторского характера.

Преобразование исходного описания в окончательное порождает ряд промежуточных описаний, подводящих итоги решения некоторых задач и используемых для обсуждения и принятия решений для окончания или продолжения проектирования. Такие промежуточные описания называют [*проектными решениями*](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D1%80%D0%B5%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%D0%BC%D0%B8%22)).

Проектирование, при котором все проектные решения или их часть получают путем взаимодействия человека и ЭВМ, называют [*автоматизированным проектированием*](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC%22)), в отличие от ручного (без использования ЭВМ) или автоматического (без участия человека на промежуточных этапах). Система, реализующая автоматизированное проектирование, представляет собой [*систему автоматизированного проектирования*](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%83%20%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) (САПР, в англоязычном написании CAD System — Computer Aided Design System).

Автоматическое проектирование возможно лишь в отдельных частных случаях для сравнительно несложных объектов. Превалирующим в настоящее время является автоматизированное проектирование.

Проектирование сложных объектов основано на применении идей и принципов, изложенных в ряде теорий и подходов. Наиболее общим подходом является [системный подход](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%85%D0%BE%D0%B4%22)), идеями которого пронизаны различные методики проектирования [сложных систем](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%22)).

[**Принципы системного подхода**](http://bigor.bmstu.ru/?met/?doc=190_CAD/0002.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou/?bck=190_CAD/0002.mod)

[Проектирование](javascript:termInfo(%22%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)) сложных объектов основано на применении идей и принципов, изложенных в ряде теорий и подходов. Наиболее общим подходом является [*системный подход*](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%85%D0%BE%D0%B4%22)), идеями которого пронизаны различные методики проектирования сложных систем.

Для специалиста в области системотехники идеи и принципы системного подхода являются очевидными и естественными, однако их соблюдение и реализация зачастую сопряжены с определенными трудностями, обусловливаемыми особенностями проектирования. Как и большинство взрослых образованных людей, правильно использующих родной язык без привлечения правил грамматики, инженеры используют системный подход без обращения к пособиям по системному анализу. Однако интуитивный подход без применения правил системного анализа может оказаться недостаточным для решения все более усложняющихся задач инженерной деятельности.

Основной общий принцип системного подхода заключается в рассмотрении частей исследуемого явления или сложной системы с учетом их взаимодействия. Системный подход включает в себя выявление структуры системы, типизацию связей, определение атрибутов, анализ влияния внешней среды, [формирование модели](javascript:termInfo(%22%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)) системы, [исследование модели](javascript:termInfo(%22%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)) и возможно [*оптимизацию*](javascript:termInfo(%22%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8E%22)) ее структуры и функционирования.

Системный подход является базой для обобщающей дисциплины "теория систем" (другое используемое название — "системный анализ"). [*Теория систем*](javascript:termInfo(%22%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%22)) — дисциплина, в которой конкретизируются положения системного подхода; она посвящена исследованию и проектированию сложных экономических, социальных, технических систем, чаще всего слабоструктурированных. Характерными примерами таких систем являются производственные системы. При проектировании систем цели достигаются в многошаговых процессах принятия решений. Методы принятия решений часто выделяют в самостоятельную дисциплину, называемую "Теория принятия решений".

В технике дисциплину, в которой исследуются сложные технические системы, их проектирование, и аналогичную теории систем, чаще называют [*системотехникой*](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B9%22)). Предметом системотехники являются, во-первых, организация процесса создания, использования и развития технических систем, во-вторых, методы и принципы их проектирования и исследования. В системотехнике важно уметь сформулировать цели системы и организовать ее рассмотрение с позиций поставленных целей. Тогда можно отбросить лишние и малозначимые части при проектировании и [моделировании](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B8%22)), перейти к постановке оптимизационных задач.

[Системы автоматизированного проектирования](javascript:termInfo(%22%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B%20%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) и управления относятся к числу наиболее сложных современных искусственных систем. Их проектирование и сопровождение невозможны без системного подхода. Поэтому идеи и положения системотехники входят составной частью в дисциплины, посвященные изучению современных [автоматизированных систем](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%22)) и технологий их создания и применения.

Интерпретация и конкретизация системного подхода имеют место в ряде известных подходов с другими названиями, которые также можно рассматривать как компоненты системотехники. Таковы структурный, блочно-иерархический, объектно-ориентированный подходы.

При структурном подходе, как разновидности системного, требуется синтезировать варианты системы из компонентов (блоков) и оценивать варианты при их частичном переборе с предварительным прогнозированием характеристик компонентов.

*[Блочно-иерархический подход](javascript:termInfo(%22%D0%91%D0%BB%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%BE-%D0%B8%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%85%D0%BE%D0%B4%22))* к проектированию использует идеи декомпозиции сложных описаний объектов и соответственно средств их создания на иерархические уровни и аспекты, вводит понятие стиля проектирования (восходящее и нисходящее), устанавливает связь между параметрами соседних иерархических уровней.

Ряд важных структурных принципов, используемых при разработке информационных систем и прежде всего их [программного обеспечения](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) (ПО), выражен в подходе, называемом [*объектно-ориентированным проектированием*](javascript:termInfo(%22%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D0%BE-%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC%22)) (ООП). Такой подход имеет следующие преимущества в решении проблем управления сложностью и интеграции ПО:

* вносит в [модели](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)) приложений большую структурную определенность, распределяя представленные в приложении данные и процедуры между классами объектов;
* сокращает объем спецификаций, благодаря введению в описания иерархии объектов и отношений [наследования](javascript:termInfo(%22%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) между свойствами объектов разных уровней иерархии;
* уменьшает вероятность искажения данных вследствие ошибочных действий за счет ограничения доступа к определенным категориям данных в объектах.

Описание в каждом классе объектов допустимых обращений к ним и принятых форматов сообщений облегчает согласование и интеграцию ПО.

Для всех подходов к проектированию сложных систем характерны также следующие особенности:

1. Структуризация процесса проектирования, выражаемая декомпозицией проектных задач и документации, выделением стадий, этапов, [проектных процедур](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%B4%D1%83%D1%80%22)). Эта структуризация является сущностью блочно-иерархического подхода к проектированию.
2. Итерационный характер проектирования.
3. Типизация и унификация проектных решений и средств проектирования.

В теории систем и системотехнике введен ряд терминов, среди них к базовым нужно отнести следующие понятия:

* *[Система](javascript:termInfo(%22%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%22))* — множество элементов, находящихся в отношениях и связях между собой.
* Элемент — такая часть системы, представление о которой нецелесообразно подвергать при проектировании дальнейшему членению.

* *[Сложная система](javascript:termInfo(%22%D0%A1%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%22))* — система, характеризуемая большим числом элементов и, что наиболее важно, большим числом взаимосвязей элементов. Сложность системы определяется также видом взаимосвязей элементов, свойствами целенаправленности, целостности, членимости, иерархичности, многоаспектности. Очевидно, что современные автоматизированные информационные системы и, в частности, системы автоматизированного проектирования, являются сложными в силу наличия у них перечисленных свойств и признаков.

* *[Подсистема](javascript:termInfo(%22%D0%9F%D0%BE%D0%B4%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%22))* — часть системы (подмножество элементов и их взаимосвязей), которая имеет свойства системы.

* *[Надсистема](javascript:termInfo(%22%D0%9D%D0%B0%D0%B4%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%22))* — система, по отношению к которой рассматриваемая система является подсистемой.
* Структура — отображение совокупности элементов системы и их взаимосвязей; понятие структуры отличается от понятия самой системы также тем, что при описании структуры принимают во внимание лишь типы элементов и связей без конкретизации значений их параметров.
* Параметр — величина, выражающая свойство или системы, или ее части, или влияющей на систему среды. Обычно в [моделях](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%85%22)) систем в качестве параметров рассматривают величины, не изменяющиеся в процессе исследования системы. Параметры подразделяют на внешние, внутренние и выходные, выражающие свойства элементов системы, самой системы, внешней среды соответственно. Векторы [внутренних параметров](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%22)), [выходных параметров](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D1%8B%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%22)) и [внешних параметров](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D1%88%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%22)) обозначаются http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0002.mod/?n=1/?k=10 http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0002.mod/?n=2/?k=10 http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0002.mod/?n=3/?k=10 соответственно.

* *[Фазовая переменная](javascript:termInfo(%22%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F%22))* — величина, характеризующая энергетическое или информационное наполнение элемента или подсистемы.
* Состояние — совокупность значений фазовых переменных, зафиксированных в одной временной точке процесса функционирования.
* Поведение (динамика) системы — изменение состояния системы в процессе функционирования.
* Система без последействия — ее поведение при http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0002.mod/?n=4/?k=10 определяется заданием состояния в момент http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0002.mod/?n=5/?k=10 и вектором внешних воздействий http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0002.mod/?n=6/?k=10. В системах с последействием, кроме того, нужно знать предысторию поведения, т.е. состояния системы в моменты, предшествующие http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0002.mod/?n=5/?k=10 .
* Вектор переменных http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0002.mod/?n=7/?k=10, характеризующих состояние ([вектор переменных состояния](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22))) — неизбыточное множество фазовых переменных, задание значений которых в некоторый момент времени полностью определяет поведение системы в дальнейшем (в автономных системах без последействия).
* Пространство состояний — множество возможных значений вектора переменных состояния.
* Фазовая траектория — представление процесса (зависимости http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0002.mod/?n=8/?k=10) в виде последовательности точек в пространстве состояний.

К характеристикам сложных систем часто относят следующие понятия:

* Целенаправленность — свойство искусственной системы, выражающее назначение системы. Это свойство необходимо для оценки эффективности вариантов системы.
* Целостность — свойство системы, характеризующее взаимосвязанность элементов и наличие зависимости выходных параметров от параметров элементов, при этом большинство выходных параметров не является простым повторением или суммой параметров элементов.
* Иерархичность — свойство сложной системы, выражающее возможность и целесообразность ее иерархического описания, т.е. представления в виде нескольких уровней, между компонентами которых имеются отношения целое-часть.

Составными частями системотехники являются следующие основные разделы:

* иерархическая структура систем, организация их проектирования;
* анализ и [моделирование](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)) систем;
* синтез и [оптимизация](javascript:termInfo(%22%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%22)) систем.

Моделирование имеет две четко различимые задачи:

1. создание моделей сложных систем (в англоязычном написании — [modeling](javascript:termInfo(%22modeling%22)));
2. анализ свойств систем на основе исследования их моделей ([simulation](javascript:termInfo(%22simulation%22))).

Синтез также подразделяют на две задачи:

1. синтез структуры проектируемых систем ([структурный синтез](javascript:termInfo(%22%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7%22)));
2. выбор численных значений параметров элементов систем ([параметрический синтез](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7%22))).

Эти задачи относятся к области принятия проектных решений.

Моделирование и оптимизацию желательно выполнять с учетом статистической природы систем. Детерминированность — лишь частный случай. При проектировании характерны нехватка достоверных исходных данных, неопределенность условий принятия решений. Учет статистического характера данных при моделировании в значительной мере основан на [методе статистических испытаний](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B5%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D0%B8%D1%81%D0%BF%D1%8B%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9%22)) (методе Монте-Карло), а принятие решений — на использовании нечетких множеств, экспертных систем, эволюционных вычислений.

**Пример 1**

Компьютер является сложной системой в силу наличия у него большого числа элементов, разнообразных связей между элементами и подсистемами, свойств целенаправленности, целостности, иерархичности. К подсистемам компьютера относятся [процессор](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%80%22)) (процессоры), [оперативная память](javascript:termInfo(%22%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C%22)), [кэш-память](javascript:termInfo(%22%D0%BA%D1%8D%D1%88-%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D1%8C%22)), [шины](javascript:termInfo(%22%D1%88%D0%B8%D0%BD%D1%8B%22)), устройства ввода-вывода. В качестве надсистемы могут выступать вычислительная сеть, автоматизированная и (или) организационная система, к которым принадлежит компьютер. Внутренние параметры — времена выполнения арифметических операций, чтения (записи) в накопителях, пропускная способность шин и др. Выходные параметры — производительность компьютера, емкость оперативной и [внешней памяти](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D1%88%D0%BD%D0%B5%D0%B9%20%D0%BF%D0%B0%D0%BC%D1%8F%D1%82%D0%B8%22)), себестоимость, время наработки на отказ и др. Внешние параметры — напряжение питания сети и его стабильность, температура окружающей среды и др.

**Пример 2**

Для двигателя внутреннего сгорания подсистемами являются коленчатый вал, механизм газораспределения, поршневая группа, система смазки и охлаждения. Внутренние параметры — число цилиндров, объем камеры сгорания и др. Выходные параметры — мощность двигателя, КПД, расход топлива и др. Внешние параметры — характеристики топлива, температура воздуха, нагрузка на выходном валу.

**Пример 3**

Подсистемы электронного усилителя — усилительные каскады; внутренние параметры — сопротивления резисторов, емкости конденсаторов, параметры транзисторов; выходные параметры — коэффициент усиления на средних частотах, полоса пропускания, входное сопротивление; внешние параметры — температура окружающей среды, напряжения источников питания, сопротивление нагрузки.

[**Уровни проектирования**](http://bigor.bmstu.ru/?met/?doc=190_CAD/0003.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou/?bck=190_CAD/0003.mod)

При использовании [блочно-иерархического подхода](javascript:termInfo(%22%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%BE-%D0%B8%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B0%22)) к [проектированию](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8E%22)) представления о проектируемой системе расчленяют на иерархические уровни. На верхнем уровне используют наименее детализированное представление, отражающее только самые общие черты и особенности проектируемой системы. На следующих уровнях степень подробности описания возрастает, при этом рассматривают уже отдельные блоки системы, но с учетом воздействий на каждый из них его соседей. Такой подход позволяет на каждом иерархическом уровне формулировать задачи приемлемой сложности, поддающиеся решению с помощью имеющихся средств проектирования. Разбиение на уровни должно быть таким, чтобы документация на блок любого уровня была обозрима и воспринимаема одним человеком.

Другими словами, блочно-иерархический подход есть декомпозиционный подход (его можно назвать также диакоптическим), который основан на разбиении сложной задачи большой размерности на последовательно и (или) параллельно решаемые группы задач малой размерности, что существенно сокращает требования к используемым вычислительным ресурсам или время решения задач.

Можно говорить не только об иерархических уровнях спецификаций, но и об иерархических уровнях проектирования, понимая под каждым из них совокупность спецификаций некоторого иерархического уровня совместно с постановками задач, методами получения описаний и решения возникающих проектных задач.

Список иерархических уровней в каждом приложении может быть специфичным, но для большинства приложений характерно следующее наиболее крупное выделение уровней:

* *[системный уровень](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%8C%22))*, на котором решают наиболее общие задачи проектирования систем, машин и процессов; результаты проектирования представляют в виде структурных схем, генеральных планов, схем размещения оборудования, [диаграмм потоков данных](javascript:termInfo(%22%D0%B4%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%20%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B2%20%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%22)) и т.п.;

* *[макроуровень](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%8C%22))*, на котором проектируют отдельные устройства, узлы машин и приборов; результаты представляют в виде функциональных, принципиальных и кинематических схем, сборочных чертежей и т.п.;

* *[микроуровень](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%8C%22))*, на котором проектируют отдельные детали и элементы машин и приборов.

В каждом приложении число выделяемых уровней и их наименования могут быть различными. Так, в радиоэлектронике микроуровень часто называют компонентным, макроуровень — [*схемотехническим уровнем*](javascript:termInfo(%22%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%BC%20%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BC%22)). Между схемотехническим и системным уровнями вводят уровень, называемый [*функционально-логическим уровнем*](javascript:termInfo(%22%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE-%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%BC%20%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BC%22)). В вычислительной технике системный уровень подразделяют на уровни проектирования ЭВМ (вычислительных систем) и вычислительных сетей. В машиностроении имеются уровни деталей, узлов, машин, комплексов.

В зависимости от последовательности решения задач иерархических уровней различают нисходящее, восходящее и смешанное проектирование (стили проектирования). Последовательность решения задач от нижних уровней к верхним характеризует [*восходящее проектирование*](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%85%D0%BE%D0%B4%D1%8F%D1%89%D0%B5%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)), обратная последовательность приводит к [*нисходящему проектированию*](javascript:termInfo(%22%D0%BD%D0%B8%D1%81%D1%85%D0%BE%D0%B4%D1%8F%D1%89%D0%B5%D0%BC%D1%83%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8E%22)), в смешанном стиле имеются элементы как восходящего, так и нисходящего проектирования. В большинстве случаев для сложных систем предпочитают нисходящее проектирование. Отметим однако, что при наличии заранее спроектированных составных блоков (устройств) можно говорить о смешанном проектировании.

Неопределенность и нечеткость исходных данных при нисходящем проектировании (так как еще не спроектированы компоненты) или исходных требований при восходящем проектировании (поскольку [ТЗ](javascript:termInfo(%22%D0%A2%D0%97%22)) имеется на всю систему, а не на ее части) обусловливают необходимость прогнозирования недостающих данных с последующим их уточнением, т.е. последовательного приближения к окончательному решению (итерационность проектирования).

Наряду с декомпозицией описаний на иерархические уровни применяют разделение представлений о проектируемых объектах на аспекты.

*[Аспект описания](javascript:termInfo(%22%D0%90%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22))* (страта) — описание системы или ее части с некоторой оговоренной точки зрения, определяемой функциональными, физическими или иного типа отношениями между свойствами и элементами.

Различают аспекты функциональный, информационный, структурный и поведенческий (процессный). Функциональное описание относят к функциям системы и чаще всего представляют его функциональными схемами. Получение функциональных описаний часто называют [*функциональным проектированием*](javascript:termInfo(%22%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%BC%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC%22)).

Информационное описание включает в себя основные понятия предметной области ([сущности](javascript:termInfo(%22%D1%81%D1%83%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%22))), словесное пояснение или числовые значения характеристик (атрибутов) используемых объектов, а также описание связей между этими понятиями и характеристиками. [Информационные модели](javascript:termInfo(%22%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)) можно представлять графически (графы, диаграммы сущность-отношение), в виде таблиц или списков. Получение информационных описаний часто называют информационным проектированием или применительно к созданию баз данных — инфологическим проектированием.

[Структурное описание](javascript:termInfo(%22%D0%A1%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)) относится к морфологии системы, характеризует составные части системы и их межсоединения и может быть представлено структурными схемами, а также различного рода конструкторской документацией. Получение конструкторской документации, т.е. описание геометрических форм изделий, состава компонентов и их пространственного размещения, называют [*конструкторским проектированием*](javascript:termInfo(%22%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%BC%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC%22)).

[Поведенческое описание](javascript:termInfo(%22%D0%9F%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)) характеризует процессы функционирования (алгоритмы) системы и (или) технологические процессы создания системы. Разработка алгоритмов и программного обеспечения систем является предметом [*алгоритмического проектирования*](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)), а разработка технологических процессов изготовления изделий — предметом [*технологического проектирования*](javascript:termInfo(%22%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)).

Иногда аспекты описаний связывают с [подсистемами](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8%22)), функционирование которых основано на различных физических процессах.

Отметим, что в общем случае выделение страт может быть неоднозначным. Так, помимо указанного подхода. очевидна целесообразность выделения таких аспектов, как функциональное (разработка принципов действия, структурных, функциональных, принципиальных схем), конструкторское (определение форм и пространственного расположения компонентов изделий), алгоритмическое (разработка алгоритмов и [программного обеспечения](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22))) и технологическое (разработка технологических процессов) проектирование систем. Примерами страт в случае [САПР](javascript:termInfo(%22%D0%A1%D0%90%D0%9F%D0%A0%22)) могут служить также рассматриваемые далее виды обеспечения автоматизированного проектирования.

[**Стадии проектирования**](http://bigor.bmstu.ru/?met/?doc=190_CAD/0005.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou/?bck=190_CAD/0005.mod)

*[Стадии проектирования](javascript:termInfo(%22%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%B8%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22))* — наиболее крупные части [проектирования](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)), как процесса, развивающегося во времени. В общем случае выделяют стадии [*научно-исследовательских работ*](javascript:termInfo(%22%D0%BD%D0%B0%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%BE-%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%22)) (НИР), эскизного проекта или опытно-конструкторских работ (ОКР), технического, рабочего проектов, испытаний опытных образцов или опытных партий. Стадию НИР иногда называют предпроектными исследованиями или стадией технического предложения. Очевидно, что по мере перехода от стадии к стадии степень подробности и тщательность проработки проекта возрастают, и рабочий проект уже должен быть вполне достаточным для изготовления опытных или серийных образцов. Близким к определению стадии, но менее четко оговоренным понятием, является понятие этапа проектирования. Проектирование на начальных этапах, в процессе которого принимаются принципиальные [проектные решения](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%80%D0%B5%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) по облику и принципам действия проектируемых устройств и систем, называют [*концептуальным проектированием*](javascript:termInfo(%22%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%BC%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC%22)).

Стадии (этапы) проектирования подразделяют на составные части, называемые [*проектными процедурами*](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%B4%D1%83%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B8%22)). Примерами проектных процедур могут служить подготовка деталировочных чертежей, анализ кинематики, [моделирование](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)) переходного процесса, [оптимизация](javascript:termInfo(%22%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%22)) параметров и другие проектные задачи. В свою очередь, проектные процедуры можно расчленить на более мелкие компоненты, называемые [*проектными операциями*](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%D0%BC%D0%B8%22)), например, при анализе прочности детали сеточными методами операциями могут быть построение сетки, выбор или расчет внешних воздействий, собственно моделирование полей напряжений и деформаций, представление результатов моделирования в графической и текстовой формах. Проектирование сводится к выполнению некоторых последовательностей проектных процедур — [*маршрутов проектирования*](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B0%D1%80%D1%88%D1%80%D1%83%D1%82%D0%BE%D0%B2%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)).

Стремление сократить временные затраты на проектирование привело к разработке методик [*параллельного проектирования*](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) (совмещенного проектирования), при котором параллельно во времени решаются задачи, связанные друг с другом по входным и выходным данным таким образом, что для решения одной из них требуется знание результатов решения другой задачи. Поскольку эти результаты к началу процедуры параллельного проектирования еще не получены, в методике параллельного проектирования должны быть указаны способы задания еще не определенных значений параметров. Примерам параллельного проектирования могут служить параллельная разработка аппаратных и программных средств вычислительных систем или одновременная разработка самолета и средств его аэродромного обслуживания.

Иногда разработку [технического задания](javascript:termInfo(%22%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) на проектирование называют [*внешним проектированием*](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D1%88%D0%BD%D0%B8%D0%BC%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC%22)), а реализацию ТЗ — [*внутренним проектированием*](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BC%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%BC%22)).

В ТЗ на проектирование объекта указывают, по крайней мере, следующие данные:

1. Назначение объекта;
2. Условия эксплуатации. Наряду с качественными характеристиками (представленными в вербальной форме) имеются числовые параметры, называемые [*внешними параметрами*](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D1%88%D0%BD%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B8%22)), для которых указаны области допустимых значений. Примеры внешних параметров: температура окружающей среды, внешние силы, электрические напряжения, нагрузки и т.п.;
3. Требования к [*выходным параметрам*](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D1%8B%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%BC%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BC%22)), т.е. к величинам, характеризующим свойства объекта, интересующие потребителя. Эти требования выражены в виде [*условий работоспособности*](javascript:termInfo(%22%D1%83%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9%20%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%22)): http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0005.mod/?n=1/?k=10, где http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0005.mod/?n=2/?k=10 — http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0005.mod/?n=3/?k=10-й выходной параметр, http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0005.mod/?n=4/?k=10 — вид отношения; http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0005.mod/?n=5/?k=10 — норма http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0005.mod/?n=3/?k=10-го выходного параметра. В случае, если http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0005.mod/?n=6/?k=10 — отношение равенства, нужно задать требуемую точность выполнения равенства.

Примеры условий работоспособности:

* расход топлива на 100 км пробега автомобиля < 8 л;
* коэффициент усиления усилителя на средних частотах > 300;
* быстродействие [процессора](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%80%D0%B0%22)) > 40 Мфлопс.

[**Модели и их параметры в САПР**](http://bigor.bmstu.ru/?met/?doc=190_CAD/0006.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou/?bck=190_CAD/0006.mod)

В автоматизированных [проектных процедурах](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%B4%D1%83%D1%80%D0%B0%D1%85%22)) вместо еще не существующего проектируемого объекта оперируют некоторым квазиобъектом — [*моделью*](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%8E%22)), которая отражает некоторые интересующие исследователя свойства объекта. Модель может быть физическим объектом (макет, стенд) или спецификацией. Среди моделей-спецификаций различают функциональные, поведенческие, информационные, [структурные модели](javascript:termInfo(%22%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)) (описания). Эти модели называют [*математическими моделями*](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D0%BC%D0%B8%22)), если они формализованы средствами аппарата и языка математики.

В свою очередь, математические модели могут быть геометрическими, топологическими, динамическими, логическими и т.п., если они отражают соответствующие свойства объектов. Наряду с математическими моделями при проектировании используют [функциональные модели](javascript:termInfo(%22%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)), [информационные модели](javascript:termInfo(%22%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)) в виде диаграмм сущность-отношение, [геометрические модели](javascript:termInfo(%22%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)) (чертежи). В дальнейшем, если нет специальной оговорки, под словом "модель" будем подразумевать математическую модель.

Математическая функциональная модель в общем случае представляет собой алгоритм вычисления вектора [выходных параметров](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D1%8B%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%22)) http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0006.mod/?n=1/?k=10 при заданных векторах параметров элементов ([*внутренних параметров*](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%22))) http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0006.mod/?n=2/?k=10 и [внешних параметров](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D1%88%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%22)) http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0006.mod/?n=3/?k=10.

Математические модели могут быть символическими и численными. При использовании символических моделей оперируют не значениями величин, а их символическими обозначениями (идентификаторами). Численные модели могут быть [*аналитическими моделями*](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D0%BC%D0%B8%22)), т.е. их можно представить в виде явно выраженных зависимостей выходных параметров http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0006.mod/?n=1/?k=10 от параметров внутренних http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0006.mod/?n=2/?k=10 и внешних http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0006.mod/?n=3/?k=10, или [*алгоритмическими моделями*](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D0%BC%D0%B8%22)), в которых связь http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0006.mod/?n=1/?k=10, http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0006.mod/?n=2/?k=10 и http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0006.mod/?n=3/?k=10 задана неявно в виде алгоритма [*моделирования*](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)). Важнейший частный случай алгоритмических моделей — [*имитационные модели*](javascript:termInfo(%22%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)), они отображают процессы в системе при наличии внешних воздействий на систему. Другими словами, имитационная модель — это алгоритмическая [поведенческая модель](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C%22)).

Классификацию математических моделей выполняют также по ряду других признаков.

Так, в зависимости от принадлежности к тому или иному иерархическому уровню выделяют модели уровней системного, функционально-логического, макроуровня (сосредоточенного) и микроуровня (распределенного).

По характеру используемого для описания математического аппарата различают модели лингвистические, теоретико-множественные, абстрактно-алгебраические, нечеткие, автоматные и т.п.

Например, на [системном уровне](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%BC%20%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B5%22)) преимущественно применяют модели [систем массового обслуживания](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%20%D0%BC%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BE%D0%B1%D1%81%D0%BB%D1%83%D0%B6%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) и [сети Петри](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8%20%D0%9F%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%22)), на [функционально-логическом уровне](javascript:termInfo(%22%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE-%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BC%20%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B5%22)) — автоматные модели на основе аппарата передаточных функций или конечных автоматов, на [макроуровне](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B5%22)) — системы алгебро-дифференциальных уравнений, на [микроуровне](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B5%22)) — дифференциальные уравнения в частных производных. Особое место занимают [геометрические модели](javascript:termInfo(%22%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)), используемые в системах конструирования.

Кроме того, введены понятия [*полных моделей*](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B9%22)) и [*макромоделей*](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B0%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B9%22)), моделей статических и динамических, детерминированных и стохастических, аналоговых и дискретных, символических и численных.

Полная модель объекта в отличие от макромодели описывает не только процессы на внешних выводах моделируемого объекта, но и внутренние для объекта процессы.

Статические модели описывают статические состояния, в них не присутствует время в качестве независимой переменной. Динамические модели отражают поведение системы, т.е. в них обязательно используется время.

Стохастические и детерминированные модели различаются в зависимости от учета или неучета случайных факторов.

[Информационные модели](javascript:termInfo(%22%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)) относятся к информационной страте [автоматизированных систем](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%22)), их используют прежде всего при инфологическом проектировании баз данных (БД) для описания связей между единицами информации.

Наибольшие трудности возникают при создании моделей слабоструктурированных систем, что характерно прежде всего для [системного уровня](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%83%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D1%8F%22)) проектирования. Здесь значительное внимание уделяется экспертным методам. В [теории систем](javascript:termInfo(%22%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B8%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%22)) сформулированы общие рекомендации по подбору экспертов при разработке модели, организации экспертизы, по обработке полученных результатов. Достаточно общий подход к построению моделей сложных слабоструктурированных систем выражен в [методиках IDEF](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%85%20IDEF%22)).

Обычно в имитационных моделях фигурируют величины, характеризующие состояние моделируемой системы и называемые [*фазовыми переменными*](javascript:termInfo(%22%D1%84%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%22)). Так, на макроуровне имитационные модели представляют собой системы алгебро-дифференциальных уравнений

|  |  |
| --- | --- |
| http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0006.mod/?n=4/?k=10 | (1) |

где http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0006.mod/?n=5/?k=10 — вектор фазовых переменных; http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0006.mod/?n=6/?k=10 — время; http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0006.mod/?n=7/?k=10 — вектор начальных условий. К фазовым переменным можно отнести токи и напряжения в электрических системах, силы и скорости — в механических, давления и расходы — в гидравлических.

В [*аналоговых моделях*](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D1%85%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%85%22)) фазовые переменные — непрерывные величины, в [*дискретных моделях*](javascript:termInfo(%22%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BA%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8F%D1%85%22))— дискретные, в частном случае дискретные модели являются логическими (булевыми), в них состояние системы и ее элементов описывается булевыми величинами. В ряде случаев полезно применение [*смешанных моделей*](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%BC%D0%B5%D1%88%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B9%22)), в которых одна часть [подсистем](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%22)) характеризуется аналоговыми моделями, другая — логическими.

[Выходные параметры](javascript:termInfo(%22%D0%92%D1%8B%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%8B%22)) систем могут быть двух типов. Во-первых, это параметры-функционалы, т.е. функционалы зависимостей http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0006.mod/?n=8/?k=10 в случае использования (1). Примеры таких параметров: амплитуды сигналов, временные задержки, мощности рассеивания и т.п. Во-вторых, это параметры, характеризующие способность проектируемого объекта работать при определенных внешних условиях. Эти выходные параметры являются граничными значениями диапазонов внешних переменных, в которых сохраняется работоспособность объекта.

[**Проектные процедуры**](http://bigor.bmstu.ru/?met/?doc=190_CAD/0007.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou/?bck=190_CAD/0007.mod)

Создать [проект](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%22)) объекта (изделия или процесса) означает выбрать структуру объекта, определить значения всех его параметров и представить результаты в установленной форме. Результаты (проектная документация) могут быть выражены в виде чертежей, схем, пояснительных записок, программ для программно-управляемого технологического оборудования и других документов на бумаге или на машинных носителях информации.

Разработка (или выбор) структуры объекта есть [проектная процедура](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%B4%D1%83%D1%80%D0%B0%22)), называемая [*структурным синтезом*](javascript:termInfo(%22%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%BC%20%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BC%22)), а расчет (или выбор) значений параметров элементов http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=1/?k=10 — процедура [*параметрического синтеза*](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7%D0%B0%22)).

Задача структурного синтеза формулируется в [системотехнике](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B5%22)) как [задача принятия решений](javascript:termInfo(%22%D0%B7%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B0%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%B8%D1%8F%20%D1%80%D0%B5%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9%22)) (ЗПР). Ее суть заключается в определении цели, множества возможных решений и ограничивающих условий.

Классификацию ЗПР осуществляют по ряду признаков. По числу критериев различают задачи одно- и многокритериальные. По степени неопределенности различают ЗПР детерминированные, ЗПР в условиях риска — при наличии в формулировке задачи случайных параметров, ЗПР в условиях неопределенности, т.е. при неполноте или недостоверности исходной информации.

Реальные задачи проектирования, как правило, являются многокритериальными. Одна из основных проблем постановки многокритериальных задач — установление правил предпочтения вариантов. Способы сведения многокритериальных задач к однокритериальным и последующие пути решения изучаются в дисциплинах, посвященных методам [оптимизации](javascript:termInfo(%22%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8%22)) и [математическому программированию](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D1%83%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8E%22)).

Наличие случайных факторов усложняет решение ЗПР. Основные подходы к решению ЗПР в условиях риска заключаются или в решении "для наихудшего случая", или в учете в [целевой функции](javascript:termInfo(%22%D1%86%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B9%20%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8%22)) математического ожидания и дисперсии [выходных параметров](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D1%8B%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%22)). В первом случае задачу решают как детерминированную при завышенных требованиях к качеству решения, что является главным недостатком подхода. Во втором случае достоверность результатов решения намного выше, но возникают трудности с оценкой целевой функции. Применение [метода Монте-Карло](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B0%20%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B5-%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%BB%D0%BE%22)) в случае [алгоритмических моделей](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B9%22)) становится единственной альтернативой и, следовательно, для решения требуются значительные вычислительные ресурсы.

Существуют две группы ЗПР в условиях неопределенности. Одна из них решается при наличии противодействия разумного противника. Такие задачи изучаются в теории игр, для задач проектирования в технике они не характерны. Во второй группе достижению цели противодействие оказывают силы природы. Для их решения полезно использовать теорию и методы нечетких множеств.

При синтезе структуры [автоматизированной системы](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B%22)) постановка задачи должна включать в качестве исходных данных следующие сведения:

* множество выполняемых системой функций (другими словами, множество работ, каждая из которых может состоять из одной или более операций); возможно, что в этом множестве имеется частичная упорядоченность работ, что может быть представлено в виде ориентированного графа, в котором вершины соответствуют работам, а дуги — отношениям порядка;
* типы допустимых для использования [серверов](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2%22)) (машин), выполняющих функции системы;
* множество внешних источников и потребителей информации;
* во многих случаях задается также некоторая исходная структура системы в виде взаимосвязанной совокупности серверов определенных типов; эта структура может рассматриваться как обобщенная избыточная или как вариант первого приближения;
* различного рода ограничения, в частности, ограничения на затраты материальных ресурсов и (или) на времена выполнения функций системы.

Задача заключается в синтезе (или коррекции) структуры, определении типов серверов (программно-аппаратных средств), распределении функций по серверам таким образом, чтобы достигался экстремум целевой функции при выполнении заданных ограничений.

Конструирование, разработка технологических процессов, оформление проектной документации — частные случаи [структурного синтеза](javascript:termInfo(%22%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7%D0%B0%22)).

Задачу [параметрического синтеза](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7%D0%B0%22)) называют параметрической оптимизацией (или [оптимизацией](javascript:termInfo(%22%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B5%D0%B9%22))), если ее решают как задачу [математического программирования](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)), т.е.http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=2/?k=10где http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=3/?k=10 — [*целевая функция*](javascript:termInfo(%22%D1%86%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B2%D0%B0%D1%8F%20%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%22)); http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=1/?k=10 — вектор [*управляемых параметров*](javascript:termInfo(%22%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%8F%D0%B5%D0%BC%D1%8B%D1%85%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%22)) (называемых также проектными или варьируемыми); http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=4/?k=10 — допустимая область; http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=5/?k=10 и http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=6/?k=10 — функции-ограничения.

**Пример 1**

Электронный усилитель: управляемые параметры http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=7/?k=10 = (параметры резисторов, конденсаторов, транзисторов); выходные параметры http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=8/?k=10 = (http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=9/?k=10 и http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=10/?k=10 — верхняя и нижняя граничные частоты полосы пропускания; http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=11/?k=10 — коэффициент усиления на средних частотах; http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=12/?k=10 — входное сопротивление). В качестве целевой функции http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=13/?k=10 можно выбрать параметр http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=9/?k=10, а условия работоспособности остальных выходных параметров отнести к функциям-ограничениям.

Следующая после синтеза группа проектных процедур — процедуры [*анализа*](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%22)). Цель анализа — получение информации о характере функционирования и значениях [выходных параметров](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D1%8B%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%22)) http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=14/?k=10 при заданных структуре объекта, сведениях о [внешних параметрах](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D1%88%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%85%22)) http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=15/?k=10 и параметрах элементов http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=1/?k=10. Если заданы фиксированные значения параметров http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=1/?k=10 и http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=15/?k=10, то имеет место процедура [*одновариантного анализа*](javascript:termInfo(%22%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%22)). Одновариантный анализ часто выполняется с помощью [моделирования](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)).

Моделирование состоит из этапов [*формирования модели*](javascript:termInfo(%22%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)) (modeling) и [*исследования модели*](javascript:termInfo(%22%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)) (решения, simulation). В свою очередь, формирование модели включает две процедуры: во-первых, разработку моделей отдельных компонентов, во-вторых, формирование модели системы из моделей компонентов.

Первая из этих процедур выполняется предварительно по отношению к типовым компонентам вне маршрута проектирования конкретных объектов. Как правило, модели компонентов разрабатываются специалистами в прикладных областях, причем знающими требования к моделям и формам их представления в САПР. Обычно в помощь разработчику моделей в САПР предлагаются методики и вспомогательные средства, например, в виде программ анализа для экспериментальной отработки моделей. Созданные модели включаются в библиотеки моделей прикладных программ анализа.

На [маршруте проектирования](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B0%D1%80%D1%88%D1%80%D1%83%D1%82%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) каждого нового объекта выполняется вторая процедура (рис. 1) — формирование модели системы с использованием библиотечных моделей компонентов. Как правило, эта процедура выполняется автоматически по алгоритмам, включенным в заранее разработанные программы анализа. Примеры таких программ имеются в различных приложениях и прежде всего в отраслях общего машиностроения и радиоэлектроники.

|  |
| --- |
| http://bigor.bmstu.ru/?img/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=1 |

**Рис. 1.  Формирование модели системы**

При применении этих программ пользователь описывает исследуемый объект на входном языке программы анализа не в виде системы уравнений, которая будет получена автоматически, а в виде списка элементов структуры, [эквивалентной схемы](javascript:termInfo(%22%D1%8D%D0%BA%D0%B2%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D1%8B%22)), эскиза или чертежа конструкции.

Вторая процедура моделирования — simulation — сводится к решению уравнений [математической модели](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)), например, системы дифференциальных уравнений, и вычислению вектора [выходных параметров](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D1%8B%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%22)) http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=14/?k=10.

Если заданы статистические сведения о параметрах http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=1/?k=10 и нужно получить оценки числовых характеристик распределений выходных параметров (например, оценки математических ожиданий и дисперсий), то это процедура [*статистического анализа*](javascript:termInfo(%22%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%22)). Если требуется рассчитать матрицы абсолютной http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=16/?k=10 и (или) относительной http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=17/?k=10 чувствительности, то имеет место задача [*анализа чувствительности*](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%20%D1%87%D1%83%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%22)).

Элемент http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=18/?k=10 матрицы http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=16/?k=10 называют абсолютным [*коэффициентом чувствительности*](javascript:termInfo(%22%D0%BA%D0%BE%D1%8D%D1%84%D1%84%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%BC%20%D1%87%D1%83%D0%B2%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%22)), он представляет собой частную производную http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=19/?k=10-го выходного параметра http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=20/?k=10 по http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=21/?k=10-ому параметру http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=22/?k=10. Другими словами, http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=18/?k=10 является элементом вектора градиента http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=19/?k=10-го выходного параметра. На практике удобнее использовать безразмерные относительные коэффициенты чувствительности http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=23/?k=10, характеризующие степень влияния изменений параметров элементов на изменения выходных параметров:  
http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=24/?k=10где http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=25/?k=10 и http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=26/?k=10 — номинальные значения параметров http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=22/?k=10 и http://bigor.bmstu.ru/?frm/?doc=190_CAD/0007.mod/?n=20/?k=10 соответственно.

В процедурах [*многовариантного анализа*](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%22)) определяется влияние [внешних параметров](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D1%88%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%22)), разброса и нестабильности параметров элементов на выходные параметры. Процедуры статистического анализа и анализа чувствительности — характерные примеры процедур многовариантного анализа.

Выполнение анализа и сопоставление полученных результатов с желаемыми значениями называют процедурой [*верификации*](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8%22)).

[**Жизненный цикл изделий**](http://bigor.bmstu.ru/?met/?doc=190_CAD/0008.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou/?bck=190_CAD/0008.mod)

Жизненный цикл промышленных изделий (ЖЦИ) включает ряд этапов, начиная от зарождения идеи нового продукта до его утилизации по окончании срока использования. Основные этапы жизненного цикла промышленной продукции представлены на рис. 1. К ним относятся этапы [проектирования](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)), технологической подготовки производства (ТПП), собственно производства, реализации продукции, эксплуатации и, наконец, утилизации (в число этапов жизненного цикла могут также входить маркетинг, закупки материалов и комплектующих, предоставление услуг, упаковка и хранение, монтаж и ввод в эксплуатацию).

Рассмотрим содержание основных этапов ЖЦИ для изделий машиностроения.

На этапе проектирования выполняются [проектные процедуры](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%B4%D1%83%D1%80%D1%8B%22)) — формирование принципиального решения, разработка [геометрических моделей](javascript:termInfo(%22%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B9%22)) и чертежей, расчеты, [моделирование](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)) процессов, [оптимизация](javascript:termInfo(%22%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F%22)) и т.п.

На этапе подготовки производства разрабатываются маршрутная и операционная технологии изготовления деталей, реализуемые в программах для станков ЧПУ; технология сборки и монтажа изделий; технология контроля и испытаний.

На этапе производства осуществляются: календарное и оперативное планирование; приобретение материалов и комплектующих с их входным контролем; механообработки и другие требуемые виды обработки; контроль результатов обработки; сборка; испытания и итоговый контроль.

на постпроизводственных этапах выполняются консервация, упаковка, транспортировка; монтаж у потребителя; эксплуатация, обслуживание, ремонт; утилизация.

На всех этапах жизненного цикла имеются свои целевые установки. При этом участники жизненного цикла стремятся достичь поставленных целей с максимальной эффективностью. На этапах проектирования, ТПП и производства нужно обеспечить выполнение требований, предъявляемых к производимому продукту, при заданной степени надежности изделия и минимизации материальных и временных затрат, что необходимо для достижения успеха в конкурентной борьбе в условиях рыночной экономики. Понятие эффективности охватывает не только снижение себестоимости продукции и сокращение сроков проектирования и производства, но и обеспечение удобства освоения и снижения затрат на будущую эксплуатацию изделий. Особую важность требования удобства эксплуатации имеют для сложной техники, например, в таких отраслях, как авиа- или автомобилестроение.

Достижение поставленных целей на современных предприятиях, выпускающих сложные технические изделия, оказывается невозможным без широкого использования [*автоматизированных систем*](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%22)) (АС), основанных на применении компьютеров и предназначенных для создания, переработки и использования всей необходимой информации о свойствах изделий и сопровождающих процессов. Специфика задач, решаемых на различных этапах жизненного цикла изделий, обусловливает разнообразие применяемых АС.

На рис. 1 указаны основные типы АС с их привязкой к тем или иным этапам жизненного цикла изделий.

|  |
| --- |
| http://bigor.bmstu.ru/?img/?doc=190_CAD/0008.mod/?n=1 |

**Рис. 1.  Основные типы автоматизированных систем**

Автоматизация проектирования осуществляется [САПР](javascript:termInfo(%22%D0%A1%D0%90%D0%9F%D0%A0%22)). В САПР машиностроительных отраслей промышленности принято выделять системы функционального, конструкторского и технологического проектирования. Первые из них называют системами расчетов и инженерного анализа или [*системами CAE*](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8%20CAE%22)) (Computer Aided Engineering). [*Системы конструкторского проектирования*](javascript:termInfo(%22%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) называют системами CAD (Computer Aided Design). Проектирование технологических процессов выполняется в автоматизированных системах технологической подготовки производства ([*АСТПП*](javascript:termInfo(%22%D0%90%D0%A1%D0%A2%D0%9F%D0%9F%22))), входящих как составная часть в [*системы CAM*](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B%20CAM%22)) (Computer Aided Manufacturing).

Для решения проблем совместного функционирования компонентов САПР различного назначения, координации работы систем CAE/CAD/CAM, [*управления проектными данными*](javascript:termInfo(%22%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%22)) и проектированием разрабатываются системы, получившие название систем управления проектными данными PDM (Product Data Management). Системы PDM либо входят в состав модулей конкретной САПР, либо имеют самостоятельное значение и могут работать совместно с разными САПР.

На большинстве этапов жизненного цикла, начиная с определения предприятий-поставщиков исходных материалов и компонентов и кончая реализацией продукции, требуются услуги системы [управления цепочками поставок](javascript:termInfo(%22%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D1%86%D0%B5%D0%BF%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%B8%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%BA%22)) — Supply Chain Management (SCM). Цепь поставок обычно определяют как совокупность стадий увеличения добавленной стоимости продукции при ее движении от компаний-поставщиков к компаниям-потребителям. Управление цепью поставок подразумевает продвижение материального потока с минимальными издержками. При планировании производства система SCM управляет стратегией позиционирования продукции. Если время производственного цикла меньше времени ожидания заказчика на получение готовой продукции, то можно применять стратегию "изготовление на заказ". Иначе приходится использовать стратегию "изготовление на склад". При этом во время производственного цикла должно входить время на размещение и исполнение заказов на необходимые материалы и комплектующие на предприятиях-поставщиках.

В последнее время усилия многих компаний, производящих программно-аппаратные средства автоматизированных систем, направлены на создание систем [электронного бизнеса](javascript:termInfo(%22%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%B1%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D1%81%D0%B0%22)) (E-commerce). Задачи, решаемые системами E-commerce, сводятся не только к организации на [сайтах](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B0%D0%B9%D1%82%D0%B0%D1%85%22)) [Internet](javascript:termInfo(%22Internet%22)) 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. 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. Координация работы многих предприятий-партнеров с использованием технологий Internet возлагается на системы E-commerce, называемые [*системами управления данными в интегрированном информационном пространстве*](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8%20%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D0%B2%20%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%BC%20%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%BC%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%22)) CPC (Collaborative Product Commerce)

Управление в промышленности, как и в любых [сложных системах](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%85%22)), имеет иерархическую структуру. В общей структуре управления выделяют несколько иерархических уровней, показанных на рис. 2. Автоматизация управления на различных уровнях реализуется с помощью [автоматизированных систем управления](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%20%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) (АСУ).

|  |
| --- |
| http://bigor.bmstu.ru/?img/?doc=190_CAD/0008.mod/?n=2 |

**Рис. 2.  Общая структура управления**

Информационная поддержка этапа производства продукции осуществляется [автоматизированными системами управления предприятием](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8%20%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%B5%D0%BC%22)) (АСУП) и [автоматизированными системами управления технологическими процессами](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8%20%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%B8%22)) (АСУТП).

К АСУП относятся системы планирования и управления предприятием ERP (Enterprise Resource Planning), планирования производства и требований к материалам [MRP-2](javascript:termInfo(%22MRP-2%22)) (Manufacturing Requirement Planning) и упомянутые выше системы SCM. Наиболее развитые системы ERP выполняют различные бизнес-функции, связанные с планированием производства, закупками, сбытом продукции, анализом перспектив маркетинга, управлением финансами, персоналом, складским хозяйством, учетом основных фондов и т.п. Системы MRP-2 ориентированы, главным образом, на бизнес-функции, непосредственно связанные с производством. В некоторых случаях системы SCM и MRP-2 входят как подсистемы в ERP, в последнее время их чаще рассматривают как самостоятельные системы.

Промежуточное положение между АСУП и АСУТП занимает производственная исполнительная система [MES](javascript:termInfo(%22MES%22)) (Manufacturing Execution Systems), предназначенная для решения оперативных задач управления проектированием, производством и маркетингом.

В состав АСУТП входит [система SCADA](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%20SCADA%22)) (Supervisory Control and Data Acquisition), выполняющая диспетчерские функции (сбор и обработка данных о состоянии оборудования и технологических процессов) и помогающая разрабатывать ПО для встроенного оборудования. Для непосредственного программного управления технологическим оборудованием используют системы [CNC](javascript:termInfo(%22CNC%22)) (Computer Numerical Control) на базе [*контроллеров*](javascript:termInfo(%22%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2%22)) (специализированных компьютеров, называемых промышленными), которые встроены в технологическое оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ). Системы CNC называют также [встроенными компьютерными системами](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BC%D0%B8%22)).

На этапе реализации продукции выполняются функции управления отношениями с заказчиками и покупателями, проводится анализ рыночной ситуации, определяются перспективы спроса на планируемые изделия. Эти функции возложены на систему [CRM](javascript:termInfo(%22CRM%22)).

Функции обучения обслуживающего персонала выполняют [интерактивные электронные технические руководства](javascript:termInfo(%22%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D1%80%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0%22)) IETM (Interactive Electronic Technical Manuals). С их помощью выполняются диагностические операции, поиск отказавших компонентов, заказ дополнительных запасных деталей и некоторые другие операции на этапе эксплуатации систем.

Управление данными в едином информационном пространстве на протяжении всех этапов жизненного цикла изделий возлагается на систему управления жизненным циклов продукции [PLM](javascript:termInfo(%22PLM%22)) (Product Lifecycle Management). Характерная особенность PLM — обеспечение взаимодействия различных автоматизированных систем многих предприятий, т.е. технологии PLM (включая технологии CPC) являются основой, интегрирующей информационное пространство, в котором функционируют САПР, ERP, PDM, SCM, CRM и другие автоматизированные системы многих предприятий.

[**Структура САПР**](http://bigor.bmstu.ru/?met/?doc=190_CAD/0009.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou/?bck=190_CAD/0009.mod)

Как и любая [сложная система](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%22)), [САПР](javascript:termInfo(%22%D0%A1%D0%90%D0%9F%D0%A0%22)) состоит из [подсистем](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%22)). Различают подсистемы проектирующие и обслуживающие.

*[Проектирующие подсистемы](javascript:termInfo(%22%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5%20%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B%22))* непосредственно выполняют [проектные процедуры](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D0%B4%D1%83%D1%80%D1%8B%22)). Примерами проектирующих подсистем могут служить подсистемы геометрического трехмерного [моделирования](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) механических объектов, изготовления конструкторской документации, схемотехнического анализа, [трассировки](javascript:termInfo(%22%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BA%D0%B8%22)) соединений в печатных платах.

*[Обслуживающие подсистемы](javascript:termInfo(%22%D0%9E%D0%B1%D1%81%D0%BB%D1%83%D0%B6%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5%20%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B%22))* обеспечивают функционирование проектирующих подсистем, их совокупность часто называют системной средой (или оболочкой) САПР. Типичными обслуживающими подсистемами являются подсистемы [управления проектными данными](javascript:termInfo(%22%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%22)), подсистемы разработки и сопровождения программного обеспечения [CASE](javascript:termInfo(%22Computer%20Aided%20Software%20Engineering%22)) (Computer Aided Software Engineering), обучающие подсистемы для освоения пользователями технологий, реализованных в САПР.

Структурирование САПР по различным аспектам обусловливает появление [*видов обеспечения САПР*](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%BE%D0%B2%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%A1%D0%90%D0%9F%D0%A0%22)). Принято выделять семь видов обеспечения:

* *[техническое обеспечение](javascript:termInfo(%22%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22))* (ТО), включающее различные аппаратные средства (ЭВМ, [периферийные устройства](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0%22)), сетевое коммутационное оборудование, [линии связи](javascript:termInfo(%22%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D0%B8%20%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8%22)), измерительные средства);

* *[математическое обеспечение](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22))* (МО), объединяющее математические методы, [модели](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%22)) и алгоритмы для выполнения проектирования;

* *[программное обеспечение](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22))* (ПО), представляемое компьютерными программами САПР;

* *[информационное обеспечение](javascript:termInfo(%22%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22))* (ИО), состоящее из баз данных (БД), систем управления базами данных (СУБД), а также включающее другие данные, используемые при проектировании;

* *[лингвистическое обеспечение](javascript:termInfo(%22%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B2%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22))* (ЛО), выражаемое языками общения между проектировщиками и ЭВМ, языками программирования и языками обмена данными между техническими средствами САПР;

* *[методическое обеспечение](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22))* (МетО), включающее различные методики проектирования, иногда к МетО относят также математическое обеспечение;

* *[организационное обеспечение](javascript:termInfo(%22%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22))* (ОО), представляемое штатными расписаниями, должностными инструкциями и другими документами, регламентирующими работу проектного предприятия.

Отметим, что вся совокупность используемых при проектировании данных называется информационным фондом САПР. [Базой данных](javascript:termInfo(%22%D0%91%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B9%20%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%22)) называют упорядоченную совокупность данных, отображающих свойства объектов и их взаимосвязи в некоторой предметной области. Доступ к БД для чтения, записи и модификации данных осуществляется с помощью [СУБД](javascript:termInfo(%22%D0%A1%D0%A3%D0%91%D0%94%22)), а совокупность БД и СУБД называют [банком данных](javascript:termInfo(%22%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%BE%D0%BC%20%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%22)) (БнД).

Классификацию САПР осуществляют по ряду признаков, например, по приложению, целевому назначению, масштабам (комплексности решаемых задач), характеру базовой подсистемы — ядра САПР.

По приложениям наиболее представительными и широко используемыми являются следующие группы САПР.

1. САПР для применения в отраслях общего машиностроения. Их часто называют [*машиностроительными САПР*](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D0%A1%D0%90%D0%9F%D0%A0%22)) или MCAD (Mechanical CAD) системами.

1. *[САПР в области радиоэлектроники](javascript:termInfo(%22%D0%A1%D0%90%D0%9F%D0%A0%20%D0%B2%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%20%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%22))*: системы ECAD (Electronic CAD) или EDA (Electronic Design Automation).
2. САПР в области архитектуры и строительства.

Кроме того, известно большое число специализированных САПР, или выделяемых в указанных группах, или представляющих самостоятельную ветвь в классификации. Примерами таких систем являются САПР больших интегральных схем (БИС); САПР летательных аппаратов; САПР электрических машин и т.п.

По целевому назначению различают САПР или подсистемы САПР, обеспечивающие разные аспекты (страты) проектирования. Так, в составе MCAD появляются CAE/CAD/CAM системы.

По масштабам различают отдельные [*программно-методические комплексы*](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%BE-%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%8B%22)) (ПМК) САПР, например, комплекс анализа прочности механических изделий в соответствии с [методом конечных элементов](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BC%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%22)) (МКЭ) или комплекс анализа электронных схем; системы ПМК; системы с уникальными архитектурами не только программного (software), но и технического (hardware) обеспечений.

По характеру базовой подсистемы различают следующие разновидности САПР.

1. САПР на базе подсистемы [машинной графики](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B8%22)) и [геометрического моделирования](javascript:termInfo(%22%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)). Эти САПР ориентированы на приложения, где основной процедурой проектирования является конструирование, т.е. определение пространственных форм и взаимного расположения объектов. Поэтому к этой группе систем относится большинство САПР в области машиностроения, построенных на базе графических ядер. В настоящее время широко используются унифицированные [графические ядра](javascript:termInfo(%22%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%20%D1%8F%D0%B4%D1%80%D0%B0%22)), применяемые более чем в одной САПР, это ядра Parasolid фирмы EDS [Unigraphics](javascript:termInfo(%22Unigraphics%22)) и ACIS фирмы Intergraph.
2. САПР на базе СУБД. Они ориентированы на приложения, в которых при сравнительно несложных математических расчетах перерабатывается большой объем данных. Такие САПР преимущественно встречаются в технико-экономических приложениях, например, при проектировании бизнес-планов, но имеют место также при проектировании объектов, подобных щитам управления в системах автоматики.
3. САПР на базе конкретного прикладного пакета. Фактически это автономно используемые программно-методические комплексы, например, [имитационного моделирования](javascript:termInfo(%22%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) производственных процессов, расчета прочности по [методу конечных элементов](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D1%83%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%22)), синтеза и анализа систем автоматического управления и т.п. Часто такие САПР относят к [системам CAE](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BC%20CAE%22)). Примерами могут служить программы логического проектирования на базе [языка VHDL](javascript:termInfo(%22%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA%D0%B0%20VHDL%22)), математические пакеты типа MathCAD.
4. Комплексные (интегрированные) САПР, состоящие из совокупности подсистем предыдущих видов. Характерными примерами комплексных САПР являются CAE/CAD/CAM-системы в машиностроении или САПР БИС. Так, САПР БИС включает в себя СУБД и подсистемы проектирования компонентов, принципиальных, логических и функциональных схем, топологии кристаллов, тестов для проверки годности изделий. Для управления столь сложными системами применяют специализированные [системные среды](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D1%8B%22)).
5. [**Введение в CALS-технологии**](http://bigor.bmstu.ru/?met/?doc=190_CAD/0010.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou/?bck=190_CAD/0010.mod)

*[CALS-технологии](javascript:termInfo(%22CALS-%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8%22))* определяют как технологии комплексной компьютеризации сфер промышленного производства, цель которых — унификация и стандартизация спецификаций промышленной продукции на всех этапах ее жизненного цикла. Основные спецификации представлены проектной, технологической, производственной, маркетинговой, эксплуатационной документацией. В CALS-системах предусмотрены хранение, обработка и передача информации в компьютерных средах, оперативный доступ к данным в нужное время и в нужном месте с возможностью их правильной интерпретации.

Главная задача создания и внедрения CALS-технологий — обеспечение единообразного описания и интерпретации данных, независимо от места и времени их получения в общей системе, имеющей масштабы вплоть до глобальных. Структура проектной, технологической и эксплуатационной документации, языки ее представления должны быть стандартизованными. Тогда становится реальной успешная работа над общим проектом разных коллективов, разделенных во времени и пространстве и использующих разные [CAE/CAD/CAM](javascript:termInfo(%22CAE/CAD/CAM%22))-системы. Одна и та же конструкторская документация может быть использована многократно в разных проектах, а одна и та же технологическая документация адаптирована к разным производственным условиям, что позволяет существенно сократить и удешевить общий цикл проектирования и производства. Кроме того, упрощается эксплуатация систем.

Терминология в области CALS еще окончательно не установилась. Так, первоначально аббревиатура CALS расшифровывалась как Computer Aided Logistics Systems, т.е. автоматизированная логистическая поддержка. Поскольку под [логистикой](javascript:termInfo(%22%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B9%22)) обычно понимают дисциплину, посвященную вопросам снабжения и управления запасами, а функции CALS намного шире и связаны со всеми этапами жизненного цикла промышленных изделий, стали применять более соответствующую предмету расшифровку CALS — Continuous Acquisition and Lifecycle Support. В русском языке понятию CALS соответствуют ИПИ (Информационная Поддержка Изделий).

CALS-технологии призваны служить средством, интегрирующим промышленные автоматизированные системы в единую многофункциональную систему. Целью интеграции автоматизированных систем проектирования и управления является повышение эффективности создания и использования сложной техники.

В чем выражается повышение эффективности?

Во-первых, повышается качество изделий за счет более полного учета имеющейся информации при проектировании и принятии управленческих решений. Так, обоснованность решений, принимаемых в [автоматизированной системе управления предприятием](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B5%20%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%B5%D0%BC%22)) (АСУП), будет выше, если лицо, принимающее решение и соответствующие программы АСУП имеют оперативный доступ не только к базе данных АСУП, но и к базам данных других автоматизированных систем (САПР, АСТПП и АСУТП) и, следовательно, могут оптимизировать планы работ, содержание заявок, распределение исполнителей, выделение финансов и т.п. При этом под оперативным доступом следует понимать не просто возможность считывания данных из баз данных (БД), но и легкость их правильной интерпретации, т.е. согласованность по синтаксису и семантике с [протоколами](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%BC%D0%B8%22)), принятыми в АСУП. То же относится и к другим системам, например, технологические подсистемы должны с необходимостью воспринимать и правильно интерпретировать данные, поступающие от подсистем автоматизированного конструирования. Последнего не так легко добиться, если основное предприятие и организации-смежники работают с разными автоматизированными системами.

Во-вторых, сокращаются материальные и временные затраты на проектирование и изготовление. Применение CALS позволяет существенно сократить объемы проектных работ, так как описания ранее выполненных удачных разработок компонентов и устройств, многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в базах данных сетевых [серверов](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2%22)), доступных любому пользователю технологии CALS. Доступность опять же обеспечивается согласованностью форматов, способов, руководств в разных частях общей интегрированной системы. Кроме того, появляются более широкие возможности для специализации предприятий, вплоть до создания виртуальных предприятий, что также способствует снижению затрат.

В-третьих, существенно снижаются затраты на эксплуатацию, благодаря реализации функций [интегрированной логистической поддержки](javascript:termInfo(%22%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%B6%D0%BA%D0%B8%22)). Существенно облегчается решение проблем ремонтопригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации и т.п.

Эти преимущества интеграции данных достигаются применением современных CALS-технологий.

Промышленные автоматизированные системы могут работать автономно, и в настоящее время так обычно и происходит. Однако эффективность автоматизации будет заметно выше, если данные, генерируемые в одной из систем будут доступны в других системах, поскольку принимаемые в них решения станут более обоснованными. Более того, при унификации форматов и семантики данных становится возможным создание [*виртуальных предприятий*](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D0%B8%D1%80%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%8F%D1%82%D0%B8%D0%B9%22)), под которыми понимаются объединения юридически независимых предприятий, осуществляющих общие проекты и производства на основе информационного взаимодействия.

Чтобы достичь должного уровня взаимодействия промышленных автоматизированных систем требуется создание единого информационного пространства в рамках как отдельных предприятий, так и, что более важно, в рамках объединения предприятий. Единое информационное пространство обеспечивается благодаря унификации как формы, так и содержания информации о конкретных изделиях на различных этапах их жизненного цикла.

Унификация формы достигается использованием стандартных форматов и языков представления информации в межпрограммных обменах и при документировании.

Унификация содержания, понимаемая как однозначная правильная интерпретация данных о конкретном изделии на всех этапах его жизненного цикла, обеспечивается разработкой [онтологий](javascript:termInfo(%22%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B9%22)) (метаописаний) приложений, закрепляемых в прикладных протоколах CALS.

Унификация перечней и наименований [сущностей](javascript:termInfo(%22%D1%81%D1%83%D1%89%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%B9%22)), атрибутов и отношений в определенных предметных областях является основой для единого электронного описания изделия в CALS-пространстве.

Развитие CALS-технологии стимулирует образование виртуальных производств, при которых процесс создания спецификаций с информацией для программно управляемого технологического оборудования, достаточной для изготовления изделия, может быть распределен во времени и пространстве между многими организационно автономными проектными студиями. Среди несомненных достижений CALS-технологии следует отметить легкость распространения передовых проектных решений, возможность многократного воспроизведения частей проекта в новых разработках и др.

Ожидается, что успех на рынке сложной технической продукции будет немыслим вне технологии CALS.

Проблематика CALS имеет ряд аспектов. По аналогии с аспектами автоматизированного проектирования целесообразно эти аспекты называть видами обеспечения CALS и выделять лингвистическое, информационное, программное, математическое, методическое, техническое и организационное обеспечения CALS.

К [лингвистическому обеспечению](javascript:termInfo(%22%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D0%B2%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D1%83%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E%22)) относятся языки и форматы данных о промышленных изделиях и процессах, используемые для представления и обмена информацией на этапах жизненного цикла изделий.

[Информационное обеспечение](javascript:termInfo(%22%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)) составляют базы данных, включающие сведения о промышленных изделиях, используемые разными системами в процессе проектирования, производства, эксплуатации и утилизации продукции. В состав информационного обеспечения входят также серии международных и национальных CALS стандартов и спецификаций.

[Программное обеспечение](javascript:termInfo(%22%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)) CALS представлено программными комплексами, предназначенными для поддержки единого информационного пространства этапов жизненного цикла изделий. Это прежде всего [системы управления документами](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B%20%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%BC%D0%B8%22)) и документооборотом, [управления проектными данными](javascript:termInfo(%22%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%20%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%BC%D0%B8%22)) (PDM), взаимодействия предприятий в [совместном электронном бизнесе](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%BC%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%BC%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%BC%20%D0%B1%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D1%81%D0%B5%22)) (CPC), подготовки [интерактивных электронных технических руководств](javascript:termInfo(%22%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D1%80%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%22)) и некоторые другие.

[Математическое обеспечение](javascript:termInfo(%22%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)) CALS включает методы и алгоритмы создания и использования [моделей](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B9%22)) взаимодействия различных систем в CALS-технологиях. Среди этих методов, в первую очередь, следует назвать методы [имитационного моделирования](javascript:termInfo(%22%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) сложных систем, методы планирования процессов и распределения ресурсов.

[Методическое обеспечение](javascript:termInfo(%22%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)) CALS представлено методиками выполнения таких процессов, как параллельное (совмещенное) проектирование и производство, структурирование сложных объектов, их функциональное и информационное моделирование, [объектно-ориентированное проектирование](javascript:termInfo(%22%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D0%BE-%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)), создание [онтологий](javascript:termInfo(%22%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B9%22)) приложений.

К [техническому обеспечению](javascript:termInfo(%22%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D1%83%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E%22)) CALS относят аппаратные средства получения, хранения, обработки, визуализации данных при информационном сопровождении изделий. Взаимодействие частей виртуальных предприятий, систем, поддерживающих разные этапы жизненного цикла изделий, происходит через [линии передачи данных](javascript:termInfo(%22%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D0%B8%20%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B8%20%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%22)) и сетевое коммутирующее оборудование.

Наконец, [организационное обеспечение](javascript:termInfo(%22%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)) CALS представлено различного рода документами, совокупностью соглашений и инструкций, регламентирующих роли и обязанности участников жизненного цикла промышленных изделий.

[**Этапы проектирования автоматизированных систем**](http://bigor.bmstu.ru/?met/?doc=190_CAD/0011.mod/?cou=140_CADedu/CAD.cou/?bck=190_CAD/0011.mod)

Методики и средства проектирования [автоматизированных систем](javascript:termInfo(%22%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%22)) (АС) и, в частности, [САПР](javascript:termInfo(%22%D0%A1%D0%90%D0%9F%D0%A0%22)) подразделяются на три крупных уровня, соответствующих созданию интегрированной корпоративной системы, отдельных автоматизированных систем проектирования и управления, [программно-методических комплексов](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%BE-%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BE%D0%B2%22)) и компонентов автоматизированных систем.

Для каждого класса АС (САПР, [ERP](javascript:termInfo(%22ERP%22)), геоинформационные системы и т.д.) можно указать фирмы, специализирующиеся на разработке программных (а иногда и программно-аппаратных) систем. Многие из них на основе одной из базовых технологий реализуют свой подход к созданию АС и придерживаются стратегии либо тотального поставщика, либо открытости и расширения системы приложениями и дополнениями третьих фирм.

В России действует государственный стандарт на стадии создания автоматизированных систем ГОСТ 34.601-90. Существует и международный стандарт на стадии жизненного цикла программной продукции (ISO 12207:1995). Как собственно АС, так и компоненты АС являются сложными системами и при их проектировании нужно использовать один из стилей проектирования:

* [нисходящее проектирование](javascript:termInfo(%22%D0%BD%D0%B8%D1%81%D1%85%D0%BE%D0%B4%D1%8F%D1%89%D0%B5%D0%B5%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)) (Top-of-Design); четкая реализация нисходящего проектирования приводит к спиральной модели разработки ПО, на каждом витке спирали блоки предыдущего уровня детализируются, используются обратные связи (альтернативой является так называемая каскадная модель, относящаяся к поочередной реализации частей системы);
* восходящее проектирование (Bottom-of-Design);
* эволюционное проектирование (Middle-of-Design).

Чаще всего применяют нисходящий стиль [блочно-иерархического проектирования](javascript:termInfo(%22%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%BE-%D0%B8%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%80%D1%85%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)).

Рассмотрим этапы нисходящего проектирования АС.

Верхний уровень проектирования АС часто называют концептуальным проектированием. Концептуальное проектирование выполняют в процессе [предпроектных исследований](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9%22)), формулировки [ТЗ](javascript:termInfo(%22%D0%A2%D0%97%22)), разработки эскизного проекта и [прототипирования](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B8%D0%BF%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%22)) (согласно ГОСТ 34.601-90, эти стадии называют формированием требований к АС, разработкой концепции АС и эскизным проектом).

Предпроектные исследования проводят путем анализа (обследования) деятельности предприятия (компании, учреждения, офиса), на котором создается или модернизируется АС. При этом нужно получить ответы на вопросы: что не устраивает в существующей технологии? Что можно улучшить? Кому это нужно и, следовательно, каков будет эффект? Перед обследованием формируются и в процессе его проведения уточняются цели обследования — определение возможностей и ресурсов для повышения эффективности функционирования предприятия на основе автоматизации процессов управления, проектирования, документооборота и т.п. Содержание обследования — выявление структуры предприятия, выполняемых функций, информационных потоков, имеющихся опыта и средств автоматизации. Обследование проводят системные аналитики (системные интеграторы) совместно с представителями организации-заказчика.

На основе анализа результатов обследования строят модель, отражающую деятельность предприятия на данный момент (до реорганизации). Ее называют [*моделью "As Is*](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%8E%20%60As%20Is%22))". Далее разрабатывают исходную концепцию АС. Эта концепция включает в себя предложения по изменению структуры предприятия, взаимодействию подразделений, информационным потокам, что выражается в [*модели "To Be*](javascript:termInfo(%22%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B8%20%60To%20Be%22))" (как должно быть).

Результаты анализа конкретизируются в ТЗ на создание АС. В ТЗ указывают потоки входной информации, типы выходных документов и предоставляемых услуг, уровень защиты информации, требования к производительности (пропускной способности) и т.п. ТЗ направляют заказчику для обсуждения и окончательного согласования.

Эскизный проект (техническое предложение) представляют в виде проектной документации, описывающей архитектуру системы, структуру ее подсистем, состав модулей. Здесь же содержатся предложения по выбору базовых программно-аппаратных средств, которые должны учитывать прогноз развития предприятия.

В отношении аппаратных средств и особенно ПО такой выбор чаще всего есть выбор фирмы-поставщика необходимых средств (или, по крайней мере, базового ПО), так как правильная совместная работа программ разных фирм достигается с большим трудом. В проекте может быть предложено несколько вариантов выбора. При анализе выясняются возможности покрытия автоматизируемых функций имеющимися программными продуктами и, следовательно, объемы работ по разработке оригинального ПО. Подобный анализ необходим для предварительной оценки временных и материальных затрат на автоматизацию. Учет ресурсных ограничений позволяет уточнить достижимые масштабы автоматизации, подразделить проектирование АС на работы первой, второй и т.д. очереди.

После принятия эскизного проекта разрабатывают прототип АС, представляющий собой набор программ, эмулирующих работу готовой системы. Благодаря прототипированию можно не только разработчикам, но и будущим пользователям АС увидеть контуры и особенности системы и, следовательно, заблаговременно внести коррективы в проект.

Как на этапе обследования, так и на последующих этапах целесообразно придерживаться определенной дисциплины фиксации и представления получаемых результатов, основанной на той или иной методике формализации спецификаций. Формализация нужна для однозначного понимания исполнителями и заказчиком требований, ограничений и принимаемых решений.

При концептуальном проектировании применяют ряд спецификаций, среди которых центральное место занимают модели преобразования, хранения и передачи информации. Модели, полученные в процессе обследования предприятия, являются моделями его функционирования. В процессе разработки АС модели, как правило, претерпевают существенные изменения (переход от "As Is" к "To Be") и в окончательном виде модель "To Be" рассматривают в качестве модели проектируемой АС.

Различают функциональные, информационные, поведенческие и структурные модели. *[Функциональная модель](javascript:termInfo(%22%D0%A4%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C%22))* системы описывает совокупность выполняемых системой функций. [*Информационная модель*](javascript:termInfo(%22%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C%22)) отражает структуры данных — их состав и взаимосвязи. [*Поведенческая модель*](javascript:termInfo(%22%D0%9F%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C%22)) описывает информационные процессы (динамику функционирования), в ней фигурируют такие категории, как состояние системы, событие, переход из одного состояния в другое, условия перехода, последовательность событий, осуществляется привязка ко времени. [*Структурная модель*](javascript:termInfo(%22%D0%A1%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F%20%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8C%22)) характеризует морфологию системы (ее построение) — состав подсистем, их взаимосвязи.

Содержанием последующих этапов нисходящего проектирования (согласно ГОСТ 34.601-90, это стадии разработки технического проекта, рабочей документации, ввода в действие) является уточнение перечней приобретаемого оборудования и готовых программных продуктов, построение системной среды, детальное инфологическое проектирование БД и их первоначального наполнения, разработка собственного оригинального ПО, которая, в свою очередь, делится на ряд этапов нисходящего проектирования. Эти работы составляют содержание рабочего проектирования. После этого следуют закупка и инсталляция программно-аппаратных средств, внедрение и опытная эксплуатация системы.

Особое место в ряду проектных задач занимает разработка проекта [корпоративной вычислительной сети](javascript:termInfo(%22%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8%22)), поскольку [техническое обеспечение](javascript:termInfo(%22%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%22)) АС имеет сетевую структуру.

Если территориально АС располагается в одном здании или в нескольких близко расположенных зданиях, то корпоративная сеть может быть выполнена в виде совокупности нескольких локальных подсетей, связанных опорной [локальной сетью](javascript:termInfo(%22%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B9%20%D1%81%D0%B5%D1%82%D1%8C%D1%8E%22)). Кроме выбора типов подсетей, связных [протоколов](javascript:termInfo(%22%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%22)) и коммутационного оборудования приходится решать задачи распределения [узлов](javascript:termInfo(%22%D1%83%D0%B7%D0%BB%D0%BE%D0%B2%22)) по подсетям, выделения [серверов](javascript:termInfo(%22%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B2%22)), выбора сетевого ПО, определения способа управления данными в выбранной схеме [распределенных вычислений](javascript:termInfo(%22%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B9%22)) и т.п.

Если АС располагается в удаленных друг от друга пунктах, в частности, расположенных в разных городах, то решается вопрос об аренде [каналов связи](javascript:termInfo(%22%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2%20%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8%22)) для корпоративной сети, поскольку альтернативный вариант использования [выделенного канала](javascript:termInfo(%22%D0%B2%D1%8B%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B0%22)) в большинстве случаев оказывается неприемлемым по причине высокой цены. Естественно, что при этом прежде всего рассматривается возможность использования услуг [Internet](javascript:termInfo(%22Internet%22)). Возникающие при этом проблемы связаны с обеспечением информационной безопасности и надежности доставки сообщений.