

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.А. Проценко (Институт Норильскпроект)

*Вводится понятие трехмерной модели проектирования, приводятся ее функции и определяется ее место в традиционном процессе проектирования. Показан пример использования трехмерного моделирования при проектировании одного из вспомогательных переделов технологической цепочки ОАО "Горно-металлургическая компания "Норильский никель".*

Основной задачей современной проектной организации является обеспечение конкурентоспособности своей продукции на рынке, который является конечным "экспертом" жизнеспособности проектно-инжиниринговой фирмы как поставщика ценной и "интеллектуальной" продукции проектной документации.

В настоящее время проектное производство претерпевает радикальные изменения, обусловленные новыми взаимоотношениями между заказчиками и проектными организациями, а также рядом факторов, прежде всего, экономического характера. Участие в конкурентной борьбе за получение заказов, активный поиск заказчиков приводят к необходимости поиска и внедрения новых технических, организационных, методических и иных способов снижения себестоимости проектной продукции, повышения ее качества и снижения сроков разработки.

Проект (по классическому определению) — это формализованный результат интеллектуальной деятельности проектировщиков по созданию, описанию и представлению в виде полной, функциональной и целостной модели несуществующего объекта/изделия на основании первичной идеи проекта и первичного описания в виде технического задания (технических условий или алгоритмов функционирования объекта, или технической системы). В результате проектирования формируется комплект документации, содержащей информацию, достаточную

для организации производства и эксплуатации проектируемого объекта или осуществления ТП с учетом заданных ограничений по отведенным ресурсам, стоимостным и эксплуатационным характеристикам, а также временным срокам проектирования.

Являясь весьма консервативной и жестко регламентированной строительными нормами, правилами и прочими юридическими актами по своему оформлению проектная документация — это продукция нетривиальная, творческая по формам и способам своего создания (разработки). Наиболее оптимальным в настоящее время способом получения конкурентного преимущества для проектной организации на рынке является внедрение новых форм и методов разработки проектной документации, в частности, трехмерного моделирования проектируемых объектов.

### Основные функции трехмерной модели при обеспечении качества проектирования

Прежде всего отметим, что понятие "трехмерная модель" не определено ни в одном из регламентирующих проектную деятельность СНиПов и ГОСТов. Поскольку трехмерная модель объекта проектирования не относится ни к одной из категорий проектной документации, то она может быть определена как внутренняя<sup>1</sup>, не передаваемая заказчику в составе завершенного проекта<sup>2</sup>, являющаяся "ноу-хау" и обеспечивающая конкурентное преимущест-

во проектной организации. Далее рассмотрим основные преимущества, которые проектная организация получает при использовании в технологии проектирования трехмерных моделей.

С информационной точки зрения проектирование может рассматриваться как процесс реализации преобразования исходных требований в виде предварительного описания еще не существующего объекта (изделия) к полноценному описанию объекта, выполняющего заданные алгоритмы его функционирования. Полученное описание должно быть достаточным для организации производства и дальнейшей эксплуатации объекта и фиксируется в проектной документации. Форматы и структура описания жестко задаются международными, государственными и отраслевыми нормами сгруппированными в два блока: Система проектной документации для строительства (СПДС) и Единая Система Конструкторской Документации (ЕСКД), должны обеспечить<sup>3</sup>:

- соответствие изготовленной продукции своему назначению и благоприятным условиям для жизнедеятельности населения;
- надежность и надлежащее качество продукции, конструкций, инженерных систем зданий и оборудования;
- соблюдение экологических и экономических требований при реализации запроектированных объектов, а также в ходе их последующей деятельности;
- взаимопонимание и эффективное сотрудничество всех участ-

<sup>1</sup> Т.е. используемая проектной организацией для повышения качества и сокращения сроков разработки проектных решений.

<sup>2</sup> комплектация которого определяется СНиП 11-01-95.

<sup>3</sup> Согласно п.4.2. СНиП 10-01-94 "Система нормативных документов в строительстве. Основные положения" и аналогичным положениям ЕСКД.

ников инвестиционного процесса на всех стадиях жизненного цикла объекта, являющегося результатом разработанного проекта.

При этом, проектировщик, работая конструкторские и инженерные решения исходя из их умозрительного пространственного представления, вынужден излагать их как в ходе процесса проектирования, так и в окончательных проектных документах в терминах переноса пространственной модели на плоскость (бумагу, чертеж). Функционирование одновременно в двух системах координат (трехмерном пространстве проектируемого объекта/конструкции и двумерной плоскости комплекта чертежей, в которых содержимое этого "конструкторского" пространства необходимо отображать) есть нетривиальная творческая задача, во много крат усложняющаяся при одновременном проектировании одного и того же объекта группой проектировщиков различных специальностей (технологов, архитекторов, строителей, разработчиков инженерных систем).

Применение трехмерной модели объекта проектирования является одним из существенных элементов Системы управления качеством проектного производства (рис. 1).

#### Обобщенная схема технологического процесса проектирования

Производство проектной продукции в целом характеризуется технологией проектирования, которая представляет собой процессы, правила, навыки и другие составляющие проектного производства, предназначенные для получения и переработки существующей информации с целью создания информационной модели объекта, для генерации новой информации и представления ее в виде, соответствующем технической документацией. При разработ-

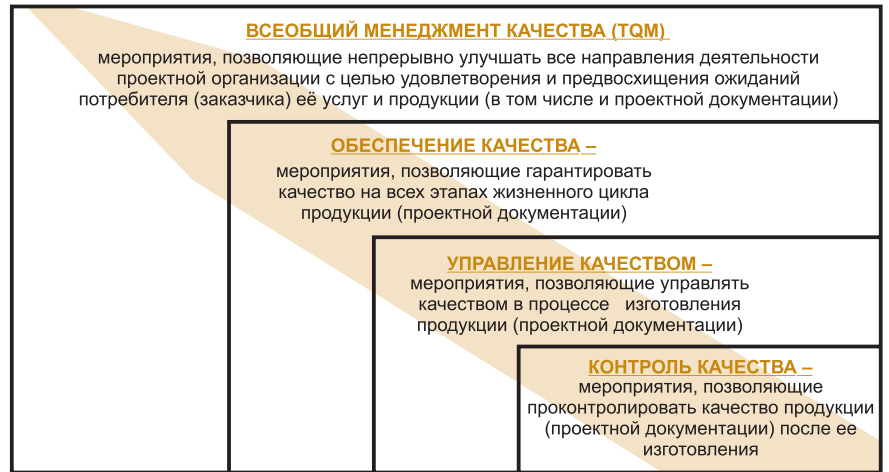


Рис. 1. Развитие понятий и подходов к Системе качества применительно к проектной организации

ке проекта строительства происходит взаимодействие представителей многих специальностей, что приводит к необходимости реализации сложных механизмов для координации отдельных видов проектных работ и согласования их результатов. Спецификой технологии проектирования, в отличие от, например, технологии производства в промышленности или сельском хозяйстве, является преобладающая доля творческого труда в деятельности проектировщиков, а также результат труда – информация. Таким образом, технология проектирования является одним из проявлений информационных технологий.

В ходе разработки проекта технология проектирования реализуется посредством разнообразных процессов, осуществляемых в проектной организации. Эти процессы осуществляют организацию и управление проектным производством, маркетинговые мероприятия, разработку проектной документации, информационное обеспечение, обеспечение материально-техническими и людскими ресурсами, снабжение, а также иные виды работ. Технология проектирования – главный основополагающий элемент проектного произ-

водства. Вся остальная деятельность в проектной организации, в принципе, может рассматриваться как обеспечивающая относительно процессов технологии проектирования.

Технология проектирования представляет собой организационно-техническую систему, реализуемую на современном этапе развития научной организации труда посредством Системы автоматизации проектного производства (САПР)<sup>4</sup>.

В процессе проектирования объекты (система) разделяются на иерархические уровни. На высшем уровне используется наименее детализированное представление, отражающее только общие черты и особенности проектируемого объекта. На следующих уровнях степень подробности рассмотрения возрастает; при этом объект рассматривается не в целом, а отдельными конструктивными элементами (блоками). При декомпозиции сложная задача большой размерности разбивается на последовательно решаемые комплексы задач малой сложности, причем внутри групп решение разных задач может протекать параллельно. Большинство специалистов, участвующих в выполне-

<sup>4</sup> В данном случае термин следует констатировать как изменившуюся роль автоматизированных систем в проектном производстве. В частности, из обеспечивающей Системы автоматизации проектных работ наблюдается трансформация в Систему автоматизации проектного производства, как основополагающую ("стержневую") составляющую проектного предприятия, вокруг которой и строятся все остальные бизнес-процессы, определяющие функционирование последнего в рыночной среде. Аббревиатуру САПР предлагается использовать исключительно ради сохранения исторической преемственности, вкладывая в нее приведенный выше смысл.

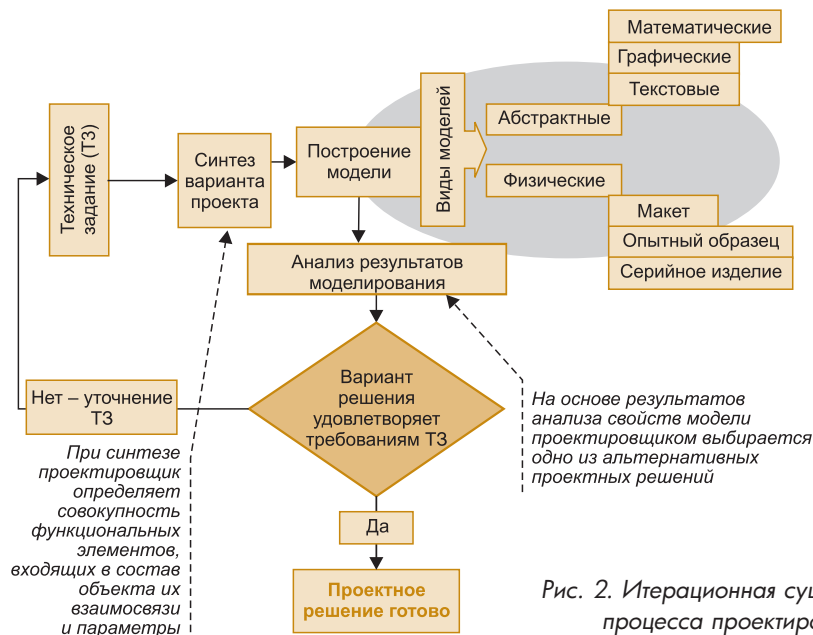


Рис. 2. Итерационная сущность процесса проектирования

нии проекта, имеют дело с системами и элементами вполне определенного уровня; при этом многие из них входят в состав сложных систем.

Таким образом, иерархические уровни при декомпозиции проекта представляют собой уровни описаний объектов, различающиеся степенью подробности отображения свойств объекта. Декомпозиция исходной задачи на совокупность частных задач, решаемых на разных уровнях проектирования, основана на представлении процесса проектирования в виде многоуровневого иерархического вложенного процесса принятия решений по отдельным компонентам системы.

В общем случае процессы проектирования носят итерационный характер. При этом многократно выполняется цепочка (рис. 2): на ранней стадии проекта относительно конкретных характеристик изделия принимаются решения, основанные на эвристических соображениях с учетом неполных знаний об их влиянии на достижение конечной цели. Эту часть процесса проектирования назовем синтезом. На последней стадии проект необходимо проанализировать и оценивать по специфика-

ции (техническому заданию). В ходе проектирования может выясниться, что некоторые положения технического задания уже не соответствуют цели проектирования. Так, например, жесткие исходные требования могут привести к неоправданно большим затратам; переоценка проекта на верхнем уровне – к менее жестким ограничениям и, таким образом, к лучшему проекту. Если заданная цель не достигнута, то либо проектные решения, либо исходное задание должны быть скорректированы, или должно быть принято решение о прекращении проектирования и инвестиционного процесса в целом.

**Позиционирование трехмерных моделей применительно к процессу проектирования**

С учетом вышеизложенного покажем роль и место трехмерных моделей применительно к процессу проектирования, а также рассмотрим основные компоненты САПР, реализующие функции генерации, анализа и корректировки трехмерной модели. Схематически все перечисленные аспекты показаны на рис. 3.

По заданной целевой функции проектирования, определенной в

"Задании на проектирование объекта" и прилагаемых к нему технических условий<sup>5</sup> специалистами-проектировщиками производится разработка проектных решений в различных разделах проекта<sup>6</sup>.

Разработанные проектные решения фиксируются посредством специализированного ПО САПР. При этом неотъемлемым условием является наличие в составе САПР единых базовой (фундаментальной) графической среды проектирования и регламентированных (на уровне Стандарта предприятия) системных соглашений по идентификации, кодированию и применению компьютерных средств автоматизации проектирования, а также согласованной для всех сегментов трехмерной модели системы координат.

По мере разработки отдельные частные сегменты трехмерной модели посредством интегрирующего ПО реализуют виртуальную трехмерную модель проектируемого объекта, представляющую его информационное отображение в соответствии с заданной степенью реалистичности и детализации.

Программные интерфейсы визуализации модели позволяют создать целевые представления объекта проектирования для последующего всестороннего анализа соответствия результата моделирования определенной в "Задании на проектирование" целевой функции проектирования. При этом возможно построение такого множества "отображений", которое позволит анализировать различные аспекты поведения объекта проектирования (например, исследование надежности системы в целом или отдельных ее элементов, экологические последствия реализации проекта и т. п.).

По результатам анализа принимается одно из следующих решений:

1. целевая функция не достигнута – необходима корректировка

<sup>5</sup> См. пункт 2.7. и Приложение А СНиП 11-01-95.

<sup>6</sup> Перечень разделов проекта определяется в СНиП 11-01-95 "Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений".

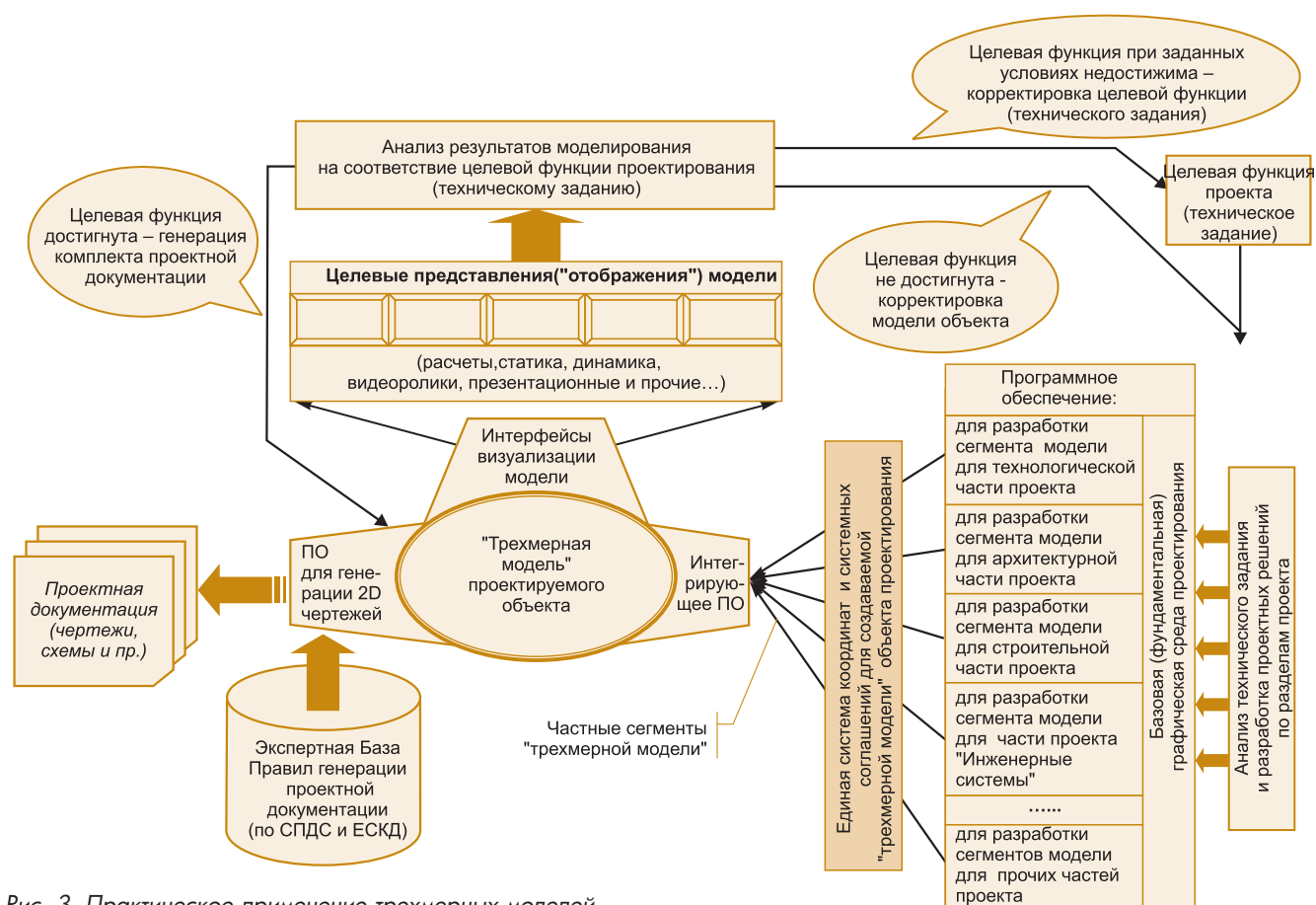


Рис. 3. Практическое применение трехмерных моделей

принятых проектных решений для получения новой, оптимальной модели объекта проектирования;

2. целевая функция при заданных "Заданием на проектирование" условиях и ограничениях недостижима. Необходимо либо прекратить проектирование, либо скорректировать "Задание на проектирование";

3. целевая функция проектирования достигнута.

В первых двух случаях происходит следующая итерация процесса проектирования, предполагающая более или менее существенную корректировку модели и повторный этап анализа, в последнем варианте происходит детализация и фиксация проектных решений в виде комплекта проектной документации. При этом оформление проектной документации производится в соответствии с регламентируемыми СПДС и/или ЕСКД правилами и нормами, которые могут быть зафиксированы в Экспертной Базе Знаний САПР.

Таблица. ПО, использованное при разработке различных разделов проекта по реконструкции отделения приготовления известкового молока

Раздел	Программный комплекс	Примечание
Технологическая часть	COADE CADWorx/Pipe 2002	Выполнены модели насосов и конвейеров, а также обвязка технологического оборудования модели трубопроводами и установка запорно-регулирующей арматуры. Отмечены недостатки: CADWorx не имеет встроенных команд для построения разрезов. Для этой цели приходится использовать команды Autodesk Architectural Desktop 3.3.
	Autodesk Inventor v.5.3.	Выполнены модели оборудования различной степени сложности. Отмечены недостатки: при подготовке рабочих чертежей на основе моделей требуется использование дополнительных программ для оформления их в соответствии с ЕСКД, а также дополнительные библиотеки элементов сторонних производителей.
	AutoCAD (средства трехмерного моделирования базовой среды)	Выполнены упрощенные модели оборудования и техники (кран, автомобиль АМАЗ и т.п.), вставленные в технологическую модель для иллюстрации ТП.
Архитектурная часть	Autodesk Architectural Desktop R3.3.	Выполнена трехмерная модель здания, включающая строительные конструкции.
Раздел "Конструкции железобетонные"	AutoDesk Architectural Desktop R3.3	На основе построенной трехмерной архитектурной модели выполнены чертежи фундаментов здания и под оборудование. Сделан вывод о целесообразности использования по данному разделу в дальнейшем специализированных программных пакетов.
	ROBOT Millennium	Апробирован расчетный модуль пакета. Рекомендована дальнейшая адаптация программы к Российским нормам и правилам проектирования.
Раздел "Конструкции металлические"	Autodesk Architectural Desktop R3.3	Объемные металлические конструкции интегрированы в общую модель для проверки компоновочных решений, а также коллизий в смежных частях проекта.
Инженерное проектирование	AutoCAD (средства трехмерного моделирования базовой среды)	Выполнена трассировка кабельных трасс средствами трехмерного моделирования AutoCAD в среде единой модели.



**Примеры использования**

В качестве объекта, на примере которого будет показано использование трехмерного моделирования в проектировании, выбран один из вспомогательных переделов технологической цепочки медного завода ЗФ ОАО "ГМК "Норильский никель" – отделение приготовления известкового молока, которое включает баковое, мельничное, классификационное оборудование, а также обвязку технологическими трубопроводами.

Данную технологическую цепочку предстояло разместить на существующих действующих производственных площадях очистных сооружений медного завода.

Для выполнения поставленной задачи было принято решение – создать трехмерную модель существующего цеха и вписать в отведенное для компоновочной схемы пространство комплекс технологического оборудования. Для выполнения проекта была создана рабочая группа в составе: архитектор, проектировщик железобетонных конструкций, проектировщик металлических конструкций, инженеры-технологи и конструкторы. Сопровождение ПО и технология совместной работы в сети обеспечивались специалистами отдела автоматизации и проектирования. Первый этап проекта был выполнен всего за два месяца.

Трехмерная модель создавалась в различных прикладных пакетах для разных разделов проекта. Общей была единая графическая среда – AutoCAD (все чертежи выполнены или конвертированы в формат DWG).

Для создания объемной модели здания была предложена и реализована ссылочная технология. Все файлы были размещены в локальной сети института с разделением прав доступа. Каждый из участников проекта создал общий чертеж, объединяющий файлы его раздела, например "Компоновка механотехнологического оборудования". На основе компоновок были сделаны две главные сборки – архитектурная и технологическая, которые в свою очередь объединяются ссылками на общую модель.

Таким образом, общая трехмерная модель содержит информацию по всем чертежам проекта и динамически отображает все изменения в любом из составляющих ее чертежей. Используя средства визуализации общей сборки (например, Autodesk Volo View), главный инженер проекта может оценить состояние процесса проектирования.

На рис. 4 приведена иерархическая структура общей модели проекта по реконструкции отделения приготовления известкового молока.

**Сборка AP\_ТЦ**

На первом этапе архитектором был создан трехмерный архитектурный объем цеха на основе существующих архивных чертежей здания. Все участники проекта могли из своих чертежей ссылаться как на компоновочный файл архитектурной сборки, так и на отдельные файлы архитектурных элементов. Например, файл "Оси", содержащий разбивочную сетку осей, находится в качестве вставленной ссылки

ки в файле "Сборка AP", и в то же время его в качестве наложенной ссылки могут включать другие файлы проекта, разрабатываемые конструкторами и технологами.

Затем были выполнены железобетонные конструкции (фундаменты здания и под оборудование), а также металлические конструкции здания (колонны, связи, площадки на различных отметках, лестницы) и помещены в компоновочный файл "Сборка КМ". Благодаря ссылочной технологии, объемная модель оказалась прозрачна для проверки компоновочных решений и коллизий конструкций.

Объемные модели оборудования выполнялись параллельно технологами и конструкторами в различных программных комплексах. Разработка трехмерного оборудования (бак с перемешивающим устройством, сит от левый и правый, тележка Q=4 т, механизм передвижения) осуществлялась в программе Autodesk Inventor v.5.3. Проектирование велось по методу "снизу-вверх" – разрабатывались детали, компоновались узлы сборки и далее из них строились модели общих видов изделий. Всего было выполнено десять различных моделей нестандартизированного оборудования. Модели оборудования, построенные в Inventor, размещались в подготовленном архитектурно-строительном объеме.

Часть оборудования проектировщики выполнили средствами трехмерного моделирования в AutoCAD (кран, автомобиль КА-МАЗ и т. п.), а некоторое оборудование (например, насосы) были взяты из БД программы CADWorx/Pipe 2002. Обвязка технологического оборудования модели трубопроводами и установка запорно-регулирующей арматуры были выполнены также с помощью CADWorx/Pipe.

Новые прогрессивные методы проектирования, внедряемые в институте Норильскпроект, позволяют с уверенностью смотреть в будущее и выполнять качественную проектную продукцию в интересах заказчиков – структурных подразделений ОАО "ГМК "Норильский никель".

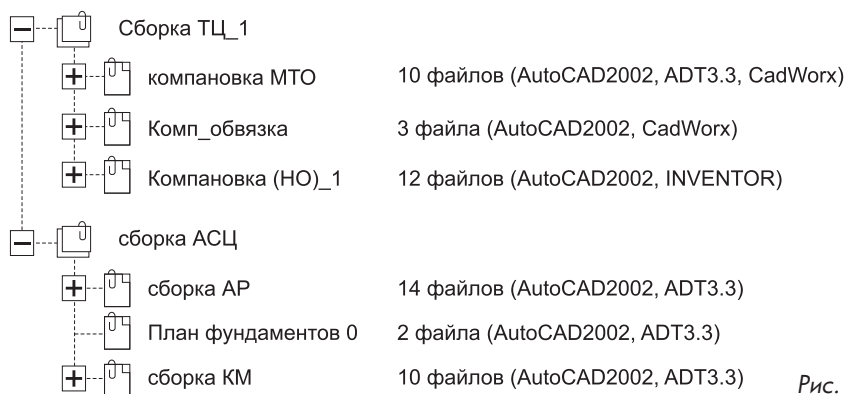


Рис. 4

Институт Норильскпроект выражает особую благодарность фирме "ЕМТ Р" за оказанные при выполнении проекта консультации и предоставленные для опытной эксплуатации программные продукты.

### Выводы

Внедрение трехмерной модели в технологию проектного производства является одним из способов повышения конкурентоспособности проектного предприятия на рынке за счет оптимизации разработки проектных решений и повышения качества готовых проектов.

Основными преимуществами трехмерной модели являются:

- быстрая локализация "критических" точек/элементов объектов проектирования;

- оперативный визуальный контроль коллизий строительных конструкций и инженерных коммуникаций;

- учет эргономических и эстетических аспектов на ранних стадиях проектирования;

- возможность автоматической (с минимальной ручной доработкой) генерации планов, разрезов и видов; результаты изменений поэтажных планов сразу же отражаются на фасадах;

- использование параметрических объектов и ассоциативных размеров позволяет при внесении исправлений в модель объекта, автоматически изменять связанные с ней чертежи, что минимизирует число "технических" ошибок;

- повышение качества проектирования за счет построения на-

глядного отображения проектируемого объекта в трехмерном пространстве.

Трехмерные модели, не являясь регламентируемыми государственными, отраслевыми и иными нормами и правилами, представляют внутреннюю, не передаваемую заказчику в составе завершеного проекта проектную продукцию.

При использовании в проектировании трехмерных моделей проектной организации необходимо в составе САПР иметь единую базовую графическую среду проектирования и регламентированные Стандартом предприятия системные соглашения по идентификации, кодированию и применению компьютерных средств автоматизации проектирования.

*Проценко А.А. — зам. главного инженера по автоматизации института Норильскпроект.*

*E-mail: alex@np.nk.nornik.ru*

### Компания "Индустриальные компьютерные системы" начала поставки модулей сер. Mity-SOC

Это серия миниатюрных процессорных модулей на базе процессора DM&P M6117D 40MГц. Размеры их составляют всего 65x45мм. Устройства сер. Mity-SOC (System-On-Chip) представляют универсальный инструмент для разработки и отладки решений на базе x86 процессоров. Они позволяют в сжатые сроки разработать качественное и недорогое встраиваемое решение. Причем, кроме сокращения сроков разработки использование этих процессорных модулей обеспечивает пользователей возможностью предварительного тестирования и отладки новых систем.

Для максимального сокращения времени выполнения проекта на базе Mity-SoC можно использовать комплект для разработки Mity-SOC Development Kit, включающий процессорный модуль Mity-SOC, базовую плату ISA и плату видеоадаптера. Всего в сер. Mity-SOC выпускается 12 моделей процессорных плат, отличающихся установленным на борту объемом памяти и поддержкой различных интерфейсов ввода/вывода: Mity-SOC-1, Mity-SOC-2, Mity-SOC-3, Mity-SOC-4,

Mity-SOC-5, Mity-SOC-6, Mity-SOC-7, Mity-SOC-8, Mity-SOC-9, Mity-SOC-10, Mity-SOC-11, Mity-SOC-12.

Входящая в комплект разработчика базовая плата ISA обеспечивает возможность работы процессорного модуля Mity-SOC с внешними интерфейсами, выход на которые не предусмотрен самой конструкцией модуля. Установив на базовую плату один из модулей Mity-SOC, можно получить процессорную плату половинного размера с процессором, совместимым с Intel 386SX, и необходимым набором портов ввода/вывода. Кроме удобства отладки и настройки, эта система предоставляет разработчику возможность контролировать процесс прохождения POST теста (Power-On Self Test) с помощью установленного на базовой плате 2-знакового 7-сегментного индикатора. Плата видеоадаптера VGA/LCD выполняет функции видеоконтроллера, обеспечивая работу как с электронно-лучевыми или другими дисплеями с интерфейсом VGA, так и с TFT LCD панелями.

*Контактный телефон (095)232-02-07.*

### 5 лет работы ERP-системы MAX на ОАО "ЗЭИМ"

Исполнилось 5 лет с момента начала внедрения ERP-системы MAX на ОАО "ЗЭИМ" (г. Чебоксары). 17 декабря 1998 г. был запущен сервер и началось заполнение БД. Сегодня внедрены и находятся в промышленной эксплуатации все основные модули ERP-системы. Специалисты считают этот успешный опыт одним из немногих в российском машиностроении. Дата 17 декабря, конечно, условная, поскольку прежде чем проект стартовал, в течение нескольких месяцев проводилось обследование. Внедрение системы повлекло за собой революционные изменения в качестве технологии работы и отношении к ней, поведению и сознании персонала компании, культуре управления.

Немецкие аудиторы высоко оценили внедрение ERP-системы MAX на заводе "ЗЭИМ". Аудит проводили эксперты TUV NORD CERT (штаб-квартира в Гамбурге, Германия), который считается одним из самых авторитетных в мире ор-

ганов по сертификации, имеет безупречную репутацию и отличается высокими требованиями.

Внедрению ISO 9001:2000 на ОАО "ЗЭИМ" предшествовали существенные инвестиции в обучение персонала, новые технологии и техническое переоснащение, разработка новой техники. Так, в 2001-2002 гг. затраты на техническое перевооружение составили 33% от общего объема продаж, коэффициент обновления оборудования составил порядка 25%, доля выпуска новой техники - 30% в общем объеме продаж. С введением системы сквозной автоматизации инженерных работ сроки разработки и освоения новой техники сократились на 20%. Уровень несоответствий за два года сократился в 15 раз, число отказов уменьшилось на 14%.

Внедрение системы MAX проходило в тесном взаимодействии с консультантами казанского ОАО "ICL-КПО ВС", которые внесли свой весомый вклад в достижение успеха.

*Http://www.zeim.ru http://www.icl.ru*