

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
**«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

**Рудаченко А.В., Н.В. Чухарева**

**Автоматизация проектирования систем  
трубопроводного транспорта**

**Конспект лекций**

**Часть 1**

**«Основные этапы проектирования и анализ программных средств»**

Издательство Томского политехнического университета

2008

УДК 622.692

Н-

**Рудаченко А.В. Чухарева Н.В.,**

Н- Автоматизация проектирования систем трубопроводного транспорта: Конспект лекций. Часть 1. Основные этапы проектирования и анализ программных средств. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 64 с.

В конспекте лекций приведены основные требования и понятия предметной области проектирования объектов нефтяной и газовой промышленности. Проведен анализ основных этапов проектирования и программных средств, позволяющих автоматизировать как отдельные этапы проектных работ, так управление проектом в целом. Предназначено для магистров, обучающихся по направлению 553 600 «Нефтегазовое дело» специальности 553614 «Надежность газонефтепроводов и хранилищ».

УДК 622.692

Рекомендовано к печати Редакционно-издательским советом  
Томского политехнического университета

*Рецензент*

*к.т.н., инженер товарно-транспортного отдела*

*ОАО «Центрсибнефтепровод»*

*А.В. Сгибнев*

© Томский политехнический университет, 2008

© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2008

# Содержание

Раздел	Стр.
Содержание.....	
Введение.....	
1. Классификация базовых понятий управления проектами.....	
2. Классификация типов проектов.....	
3. Системный анализ проектирования.....	
4. Виды формальных описаний объекта проектирования.....	13
5. Автоматизация проектных работ.....	18
5.1. Программное обеспечение САПР.....	22
5.2. Пользователи САПР.....	23
5.3. Состав программного обеспечения САПР.....	23
5.4. Функциональное назначение программного обеспечения САПР.....	24
5.5. Основные принципы проектирования программного обеспечения САПР.....	25
...5.6. Стадии разработки программного обеспечения.....	25
...5.7. Общая характеристика методов проектирования программного обеспечения САПР.....	27

<b>5.8. Нисходящее и восходящее проектирование.....</b>	<b>29</b>
<b>6. Обзор систем для автоматизированного проектирования трубопроводов.....</b>	<b>31</b>
<b>5. Приложение 1.....</b>	<b>40</b>
<b>6. Приложение 2.....</b>	<b>54</b>
<b>7. Список литературы.....</b>	<b>64</b>

## Введение

Реальное использование новой для России концепции автоматизированного проектного управления началось около 10 лет назад в условиях радикального реформирования отечественной экономики.

Применение автоматизированного управления проектами (УП) безусловно целесообразно в проектах, связанных с космическими, коммуникационными, электронными, топливно-энергетическими, строительными и некоторыми другими технологиями, что обусловлено с присущей указанным отраслям особой динамикой. Их развитию сопутствует рост размеров и сложности организаций/предприятий, осуществляющих указанные проекты.

Методы УП позволяют эффективно управлять временными, затратными, качественными параметрами будущей продукции/услуг, а именно:

- *разработать и обосновать концепцию проекта;*
- *оценить эффективность проекта с учетом факторов риска и неопределенности;*
- *выполнить технико-экономическое обоснование проекта и разработать бизнес-план проекта;*
- *осуществить системное планирование проекта на всех фазах его жизненного цикла;*
- *оценить инвестиционные качества отдельных финансовых инструментов и отобрать наиболее эффективные из них;*
- *разработать смету и бюджет проекта, соответствующие заданным ограничениям;*
- *подобрать исполнителей проекта через процедуру конкурсов (торгов);*
- *подготовить и заключить контракты на поставку;*
- *организовать оптимальную процедуру закупок и поставок;*
- *организовать реализацию проекта, в том числе подобрать так называемую «команду» проекта;*
- *обеспечить эффективный контроль и регулирование, а также управление изменениями, неизбежными в ходе реализации проекта, на основе современных информационных технологий;*
- *организовать эффективное завершение проекта;*
- *организовать системное управление качеством продукции проекта;*

- *в полной мере учесть так называемый «человеческий фактор», нередко оказывающий решающее воздействие на эффективность проекта в целом.*



# 1. Классификация базовых понятий управления проектами

**Управление проектом** представляет собой методологию *организации, планирования, руководства, координации человеческих и материальных ресурсов* на протяжении *жизненного цикла проекта* (говорят также *проектного цикла*), направленную на эффективное достижение его *целей* путем применения системы современных методов, техники и технологий управления для достижения определенных в проекте *результатов* по составу и объему работ, стоимости, времени, качеству.

**Жизненный цикл проекта** (промежуток времени между моментом появления, зарождения проекта и моментом его ликвидации, завершения) является исходным понятием для исследования проблем финансирования работ по проекту и принятия соответствующих решений. Укрупнено жизненный цикл проекта можно разделить на три основные смысловые фазы: *прединвестиционную, инвестиционную и эксплуатационную*.

**Функции управления проектом** включают: планирование, контроль, анализ, принятие решений, составление и сопровождение бюджета проекта, организацию осуществления, мониторинг, оценку, отчетность, экспертизу, проверку и приемку, бухгалтерский учет, администрирование.

**Подсистемы управления проектом** включают: управление содержанием и объемами работ, управление временем, продолжительностью, управление стоимостью, управление качеством, управление закупками и поставками, управление распределением ресурсов, управление человеческими ресурсами, управление рисками, управление запасами ресурсов, интеграционное управление, управление информацией и коммуникациями.

## 2. Классификация типов проектов

**Малые проекты** невелики по масштабу, просты и ограничены объемами. Так, в американской практике:

- ❖ капиталовложения: до \$10...15 млн.;
- ❖ трудозатраты: до 40...50 тыс. человеко-часов.

**Мегaproекты** — это целевые программы, содержащие множество взаимосвязанных проектов, объединенных общей целью, выделенными ресурсами и отпущенным на их выполнение временем.

**Мегaproекты** обладают рядом отличительных черт:

- высокой стоимостью (порядка \$1 млрд. и более);
- капиталоемкостью – потребность в финансовых средствах в таких проектах, как правило, требует нетрадиционных (акционерных, смешанных) форм финансирования, обычно силами консорциума фирм;
- трудоемкостью – 2 млн. человеко-часов на проектирование, 15...20 млн. человеко-часов на строительство;
- длительностью реализации: 5...7 и более лет;
- необходимостью участия других стран;
- отдаленностью районов реализации, а следовательно, дополнительными затратами на инфраструктуру;

влиянием на социальную и экономическую среды региона и даже страны в целом.

**Сложные проекты** подразумевают наличие технических, организационных или ресурсных задач, решение которых предполагает нетривиальные подходы и повышенные затраты на их решение.

**Краткосрочные проекты** обычно реализуются на предприятиях по производству новинок различного рода, опытных установках, восстановительных работах. На таких объектах заказчик обычно идет на увеличение окончательной (фактической) стоимости проекта, против первоначальной, поскольку более всего он заинтересован в скорейшем его завершении.

**Бездефектные проекты** в качестве доминирующего фактора используют повышенное качество.

**Международные проекты** обычно выделяются значительной сложностью и стоимостью. Их отличает также важная роль в экономике и политике тех стран, для которых они разрабатываются (табл. 1).



Таблица 1

**Классификация типов проектов**

<b>Классификационные признаки</b>	<b>Типы проектов</b>				
<i>1</i>	<i>2</i>				
По уровню проекта	Проект	Программа		Система	
По масштабу (размеру) проекта	Малый	Средний		Мегапроект	
По сложности	Простой	Организационно сложный	Технически сложный	Ресурсно сложный	Комплексно сложный
По срокам реализации	Краткосрочный	Средний		Мегапроект	
По требованиям к качеству и способам его обеспечения	Бездефектный	Модульный		Стандартный	
По требованиям к ограниченности ресурсов совокупности проектов	Мультипроект		Монопроект		

Окончание таблицы 1

1	2			
По характеру проекта/уровню участников	Международный (совместный)		Отечественный: - государственный - территориальный - местный	
По характеру целевой задачи проекта	Антикризисный		Реформирование/реструктуризация	
	Маркетинговый		Инновационный	
	Образовательный		Чрезвычайный	
По объекту инвестиционной деятельности	Финансовый		Реальный	
	Инвестиционный		Инвестиционный	
По главной причине возникновения проекта	Открывшиеся возможности	Необходимость структурно-функциональных преобразованиях		
	Чрезвычайная ситуация			Реорганизация
				Реструктуризация
			Реинжиниринг	

### 3. Системный анализ проектирования

Проектирование представляет собой часть цикла обновления, который состоит из следующих этапов:

- *формирование новых целей деятельности, подготовленных объективным развитием событий и накоплением опыта в конкретных областях материального производства;*
- *изыскание общих представлений, идей, концепций о средствах достижения поставленных целей; эти представления затем принимаются в качестве первоначального описания объектов проектирования;*
- *организация проектирования для создания проекта – окончательного и исчерпывающего обоснования и описания потенциально реализуемых и жизнеспособных средств достижения поставленных целей;*
- *производства и эксплуатации объектов проектирования.*

Перечисленные этапы выполняются поочередно, решения предшествующего этапа принимаются в качестве исходных данных для последующего. Такой принцип называется нисходящим проектированием «сверху вниз». Первоначальная формулировка цели определяет лишь общее направление предстоящей деятельности. Однозначные результаты, пути и средства достижения цели пока не предполагаются. Наоборот, допускается многовариантное развитие событий в достижении поставленной цели. Оно и не может быть иным в силу значительной неопределенности, которая объективно возникает на начальном этапе обновления. Для достижения желаемых результатов, после определения общей цели осуществляется переход к построению дерева (иерархического графа целей), когда общая цель разделяется на логически взаимосвязанные обеспечивающие цели. По мере движения вниз по иерархическим ступеням дерева цели становятся все более конкретными. Этот процесс разбиения целей продолжается до той степени конкретизации, когда реализация очередных обеспечивающих целей становится очевидной. Иными словами, на очередном этапе цели становятся простыми и достижимыми, что выражается в том, что очередные цели могут быть описаны не только качественно, но допускают и количественное описание. Последнее выражается через численные оценки критериев достижения целей, например, в виде заданной надежности функционирования какого-то агрегата сложной системы. Вследствие этого, описания целей проектирования на нижних ступенях

иерархии становятся настолько конкретными, что их можно принять в качестве исходных данных или начальных описаний объектов проектирования – тактико-технических требований к объектам проектирования, технических заданий на проектирование и т.п. При движении затем по дереву целей снизу-вверх начинают вырисовываться конкретные пути и средства достижения общей цели, решения проблемы в целом.

Так дерево целей становится не только инструментом все более точного описания планируемых результатов, но и исходной базой для формирования облика объектов проектирования. Конечно, построение такого дерева целей – не простая задача. Для ее решения требуется обобщить накопленный опыт, выявить и предопределить (спрогнозировать) закономерности развития в определенной сфере материального производства; обосновать и описать обеспечивающие цели, а также сформировать критерии и количественные оценки этих целей. Для успешного решения этих задач требуется оперативно обрабатывать большие объемы информации, эффективно применять средства автоматизации, которые способствуют сокращению сроков проектирования.

Объекты проектирования – это будущие средства достижения целей: конструкции, процессы, системы. В ходе проектирования они существуют лишь в воображении проектировщика, предварительных описаниях, моделях. По мере развития процесса от целеполагания до проекта представления об объектах проектирования последовательно уточняются.

Например, была поставлена цель: решение жилищной проблемы для 100 семей. Средством ее достижения может быть строительство 100 квартирного дома. Таким образом, дом становится объектом проектирования. Далее потребуется более подробное и точное его описание: число этажей, планировка квартир, тепло- и водоснабжение и т.п. Конкретное решение каждого из этих вопросов будет получено на последующих этапах проектирования. Окончательное и полное представление о доме даст заверченный проект.

Как видим в процессе проектирования квартиры, водоснабжения и т.п. подобное становятся поочередно объектами проектирования. Понятие объекта проектирования связано с целями и процессами проектирования. Это понятие развивается по этапам процесса проектирования и должно последовательно отвечать целевым установкам дерева целей. Тем самым осуществляется единство цели, объекта и процесса проектирования взятых в их развитии от начальной постановки проблемы до завершения проектных работ. *Процесс*

*проектирования в этой триаде может рассматриваться как алгоритм последовательного уточнения обоснований и облика объекта проектирования.*

Для реализации процесса проектирования необходимы достаточно глубокие степени формализации процесса проектирования и моделирования объекта проектирования. Без этого невозможна оценка эффективности принимаемых в процессе проектирования решений.

Формализация описаний и моделирование объекта проектирования достигаются в основном за счет структуризации и математического описания получающихся структур. *Особое внимание следует обратить на то, что структурируется не объект* (при проектировании он физически не существует, что является отличительной особенностью процесса проектирования), *а его образ в голове проектировщика (модель)*. На поздних этапах проектирования к моделям могут добавляться макеты, имитаторы, опытные экземпляры объекта, дающие экспериментальные сведения о его свойствах.



## 4. Виды формальных описаний объекта проектирования

Различают три основных вида формального описания объектов проектирования: функциональное, конструкторское или морфологическое и информационное. Иногда к этим видам относят технологическое описание, которое является реализацией результатов конструкторского проектирования и включает описание методов и средств изготовления объектов. Но сегодняшняя практика такова, что в структуре автоматизированного производства обычно в отдельную от САПР структурную единицу выделяется АСУТП, поэтому технологический аспект описания объектов будем считать прерогативой этого направления автоматизации.

*Функциональное описание* дает характеристику назначения объекта проектирования через его эксплуатационные функции: принципы действия, свойства и способности, обеспечивающие выполнение поставленных целей проектирования. Например, если цель - создание нового летательного аппарата, то главной его функцией будет - летать. Эту функцию можно реализовать, если объект проектирования будет способен развивать такие обеспечивающие функции, как подъемную силу для преодоления силы тяжести, тяговые усилия для преодоления сопротивления движению со стороны атмосферы, управление силами и моментами сил в полете для осуществления маневров и т.д. Для выполнения обеспечивающих функций летательный аппарат должен иметь соответствующие устройства: крылья для создания подъемной силы; силовые установки (двигатели) для создания тяговых усилий; рули для управления маневрами. Таким образом, за функциональным описанием естественным образом возникает потребность в структурировании объекта проектирования - разделении его на такие части, которые предназначены для выполнения обеспечивающих функций. Результат структурирования может быть изображен в виде графа - иерархического дерева, дающего представление о взаимодействии составных частей объекта проектирования. В результате структурирования объект проектирования становится сложной системой, то есть целостным единством взаимосвязанных частей - подсистем, агрегатов: узлов, конструктивных элементов. Каждая часть системы имеет собственное целевое и функциональное назначение, принцип действия, конструктивное устройство и вместе с тем через согласованную систему целей и обеспечивающих функций участвует в образовании единого целого

- создаваемого объекта. *Описание структур, геометрических форм объекта и его составных частей называют морфологическим или конструкторским описанием.*

В общем случае конструкторское описание сводится к совокупностям вида

$$S = \{W, R, C\}, \quad (1)$$

где  $W$  - множество элементов,

$R$  - множество связей,

$C$  - множество структур (агрегатов, узлов, подсистем).

Функциональное описание произвольного элемента структуры дает проектировщику сведения:

- *об основных эксплуатационных функциях элемента, которые называются его выходными характеристиками или фазовыми координатами;*
- *о зависимостях, связывающих выходные характеристики с определяющими их факторами: проектными или управляющими параметрами элемента, влияниями внешней среды;*
- *о критериях оценки функциональных качеств элемента, который в общем должен соответствовать критериям качества соответствующих целей проектирования,*
- *о ресурсных и иных ограничениях на организацию функционирования элемента.*

Формализуется функциональное описание в виде математической модели (ММ). ММ - система математических объектов (чисел, переменных, матриц, множеств) и отношений между ними, позволяющая количественно оценить свойства проектируемого объекта. Надо отметить, что ММ отражает не все свойства проектируемого объекта, а лишь те, которые позволяют оценить выполнение технических требований.

Обобщенная ММ функционального описания элемента структуры или системы в целом может быть представлена в виде функциональной зависимости:

$$Y = F(X, Q), \quad (2)$$

где  $Y$  – вектор выходных характеристик (параметров);

$X$  – вектор проектных и управляющих параметров, а также воздействий на элемент со стороны взаимодействующих элементов (это вектор внутренних параметров);

$Q$  – вектор воздействий на элемент внешних факторов (вектор внешних параметров);

$F$  – вектор-функция, отражающая влияние внутренних и внешних параметров на выходные.

Как было упомянуто выше, модель вида (2) дает проектировщику сведения о выходных параметрах объекта проектирования и о связи выходных параметров с определяющими эти параметры факторами.

В общем случае  $X$  и  $Q$  в свою очередь являются функциональными зависимостями от времени  $t$  и пространственных координат  $S = (x, y, z)$ . Вектор  $X$  включает совокупность параметров и характеристик, называемых проектными, которые обосновывает и назначает проектировщик, исходя из критериев качества объекта с учетом ограничений.

Зависимость (2) объективно существует, однако это не значит, что она известна проектировщику и может быть представлена в таком явном относительно  $Y$  виде. Как правило, зависимость (2) удастся получить только для очень простых объектов. Типичной является ситуация, когда математическое описание процессов в проектируемом объекте задается моделью в форме системы уравнений, в которой фигурирует вектор фазовых переменных:

$$LV(Z) = \varphi(Z), \quad (3)$$

где  $L$  – некоторый оператор;

$Z$  – вектор независимых переменных, в общем случае включающий время и пространственные координаты;

$\varphi(Z)$  – вектор функция;

$V$  – вектор фазовых переменных.

Фазовые переменные характеризуют физическое или информационное состояние объекта, а их изменения во времени выражают переходные процессы в объекте. Примерами фазовых переменных является силы и скорости в механических системах, давление и расходы в гидравлических и пневматических системах, токи и напряжения - в электрических.

Исходное описание проектируемых объектов часто представляют собой техническое задание на проектирование. В этих описаниях фигурируют величины, называемые техническими требованиями к выходным параметрам  $Y$ . Технические требования образуют вектор  $TT = (TT_1, TT_2, \dots, TT_r)$ , где величины  $TT$  представляют



границы измерения выходных параметров  $Y$  и связаны между собой соотношениями

$$\begin{aligned} Y_i < TT_i, Y_i > TT_j & - \text{односторонние ограничения,} \\ TT_i \leq Y \leq TT_j, & - \text{двусторонние ограничения.} \end{aligned} \quad (4)$$

Соотношение (4) называется условием работоспособности. Оно является количественным выражением ресурсных и эксплуатационных ограничений на функционирование элементов системы, ее узлов или объекта проектирования в целом.

Качество функционирования объекта или его элементов оценивают критериями качества, каковыми может быть точность, быстродействие и другие полезные свойства функционирования. Для количественной оценки этих качеств, вводятся векторные функционалы качества:

$$I = K(Y), \quad (5)$$

где  $K$  – заданная вектор-функция.

Численное значение  $I$  должно соответствовать критериям качества, заявленным в целях проектирования, то есть должно выполняться:

$$I \in \Omega, \quad (6)$$

где  $\Omega$  – область допустимых значений  $I$ , описываемая ограничениями (4).

Поскольку в общем случае модели (2) и (3) допускают неединственные решения, возникает возможность для постановки и решения задачи оптимизации проектирования объектов, обладающих наилучшими в том или ином смысле свойствами при выполнении целевых заданий (6) и ограничений (4). Как правило, эта задача сводится к отысканию зависимостей  $X$  и  $F$  или  $Z$  и  $V$ , доставляющих экстремум функционалу (5) при соблюдении всех ограничений проблемы.

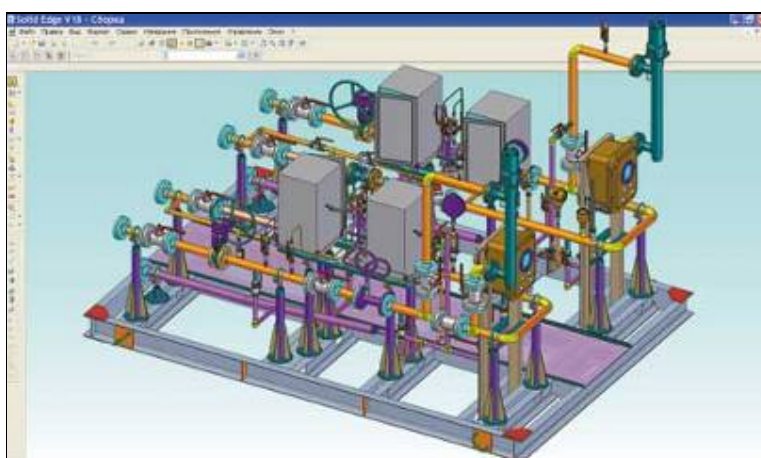
Задачи функционального и конструкторского описаний объектов проектирования связаны с использованием и переработкой значительных потоков информации. В связи с этим необходима и информационная характеристика (информационное описание) объекта проектирования.

*Под информацией об объекте проектирования понимают всевозможные сведения, сообщения, документы, сигналы, подлежащие приему, обработке, хранению и передаче в интересах целостного*

описания его устройства и функционирования. При этом понимается, что:

- сведения – это все, чем могут быть дополнены наши знания и предположения об объекте проектирования;
- сообщения – упорядоченные, наборы символов, служащие для выражения информации;
- документы – материальные носители сообщений в виде схем, эскизов, чертежей, справок, таблиц;
- сигналы – физические явления и процессы, служащие для приема, хранения обработки и передачи информации.

Информационное описание дает представление обо всех видах информации и отношениях между ними. По своей структуре оно похоже на иерархическое описание целей функций и структуры объекта проектирования. Наиболее полное выражение информационное описание находит в завершенном проекте.



## 5. Автоматизация проектных работ

В последние годы ведущие западные и в меньшей степени отечественные проектные фирмы осуществляли переход от компьютеризации отдельных, наиболее трудоемких, видов работ к *системам автоматизированного проектирования (САПР)*, охватывающим весь процесс создания проекта.

Сегодня под САПР понимается гораздо большее, нежели просто программно-аппаратный комплекс для выполнения проектных работ с использованием компьютеров, и зачастую этот термин используется, прежде всего, как удобная аббревиатура для обозначения большого класса систем автоматизации. Это связано с тем, что за последние 10...15 лет такие системы прошли большой путь развития от «электронных кульманов» первого поколения, которые предназначены в основном для машинной подготовки проектной документации, до современных систем, которые автоматизируют практически все процессы, связанные с проектированием и изготовлением новых изделий.

Разумеется, чем сложнее прорабатываемое изделие, тем более сложной и многофункциональной должна быть САПР. Системы проектирования в масштабах предприятия за рубежом принято определять как CAD/CAM/CAE – системы, функции автоматизированного проектирования распределяются в них следующим образом: модули CAD (Computer Aided Design) – для геометрического моделирования и машинной графики, модули подсистемы CAM (Computer Aided Manufacturing) – для технологической подготовки производства, а модули CAE (Computer Aided Engineering) – для инженерных расчетов и анализа с целью проверки проектных решений. Таким образом, современная система CAD/CAM/CAE способна обеспечить автоматизированную поддержку работ инженеров и специалистов на всех стадиях цикла проектирования и изготовления новой продукции.

В основу каждой САПР заложена определенная математическая модель, формализующая описание и функционирование проектируемых изделий и процессы их изготовления. И природа изделий, и производственные процессы накладывают свою специфику на методы их математического моделирования. В конечном счете, эта специфика приводит к существенному различию систем проектирования и условий их использования. Из всех САПР наибольший интерес представляют системы для машиностроения: в настоящее время круг решаемых ими задач максимально широк, а сложность наиболее высока.

Принято выделять *три этапа* развития и совершенствования САПР. *На первом* из них создавались системы, в которых фактически

был осуществлен частичный перенос на компьютеры чертежных работ, ранее проводимых вручную за кульманом, а также расчетов по технологической подготовке производства.

*На втором этапе* начали появляться законченные системы двумерного черчения, которые позволяли выпускать законченную конструкторскую документацию. Несколько позже появились системы моделирования, позволяющие исследовать разрабатываемые изделия в виде так называемых каркасных (проволочных) и поверхностных моделей. Были разработаны программы анализа на основе метода конечных элементов, с помощью которых рассчитывались оптимальные размеры и конфигурации проектируемых изделий. Возник сектор систем САМ, которые помогали определять параметры различных технологических процессов и оснастки. Второе поколение САД/САМ-систем позволяло заметно сокращать сроки выполнения отдельных стадий проектирования и повышать качество проектов.

Но в целом сроки проектирования сокращались незначительно, так как процесс был по-прежнему последовательным. Несмотря на серьезные усилия разработчиков, САД/САМ-системы второго поколения не смогли стать эффективным инструментом для проектировщиков, на это был ряд причин:

- *использование геометрического описания модели как базисного, в то время как важнейшие компоненты проектирования, обеспечивающие воспроизведение объекта на производстве (конструктивные параметры и элементы, расчеты внутренних напряжений и деформаций, описания технологических процессов, контроль качества), оставались вне рассмотрения, хотя геометрия является только составной частью описания проектируемого изделия;*
- *сложность внесения изменений в проект, связанная с жесткой детерминированностью математических моделей, описывающих геометрию (следствием этого являются ограничения на разработку конструкторской документации, которая создается вне моделирования и потому программно не связана с моделью);*
- *разобщенность конструкторско-технологического процесса, которая возникала из-за наличия разнородных баз данных для одной и той же модели, дублирования и потенциальной опасности потери информации (инженеры и конструкторы могли использовать различные независимые модели, например, конечномерные модели, 2D-модели, каркасные и поверхностные модели и т.д., но не единую модель объекта).*

Основная цель внедрения систем автоматизированного проектирования – сокращение времени разработки и снижение себестоимости изделия – оставалась не достигнутой на этом этапе развития систем автоматизированного проектирования.

*Третье поколение систем*, основанных на использовании единой структуры базы данных проекта, заложило фундамент для так называемой параллельной инженерии (concurrent engineering). При таком подходе все проектировщики работают с одной единой математической моделью, а не с набором различных молей. Единая структура информации о проекте позволила реализовать полную двунаправленную ассоциативность на всех уровнях проектирования, что значительно ускорило процессы проектирования и снизило себестоимость разработок. Появилась возможность внесения изменений в проект на любой его стадии.

Третья модель САПР, эффективно работает во многих странах мира. Это мощная универсальная система CADAD (США) с элементами искусственного интеллекта типа CAD/CAM (CAD – Computer Aided Design, CAM – Computer Aided Management), которая представляет собой интегрированную автоматизированную систему для конструирования, проектирования, анализа и управления проектами.

Эту систему условно можно разделить на две части. Первая предназначена для проектирования объектов и состоит из:

- *PDMS – подсистемы компоновочного проектирования с блоками двух- и трехмерной графики;*
- *SAS/SDB – подсистемы проектирования и анализа строительной части объекта с формированием чертежей;*
- *FAS/FDS – подсистемы проектирования и анализа технологической части объекта с формированием чертежей;*
- *QTO – подсистемы расчета потребности в материальных и трудовых ресурсах с оценкой в человеко-часах.*

Вторая часть обеспечивает управление проектной деятельностью и включает в себя:

- *AMS – систему управления (планирование);*
- *QA – систему оценки и контроля качества (анализ эффективности работы по проекту);*
- *SAD – систему документооборота по проекту со своей базой данных (подготовка информации для руководства компании и менеджеров проектов).*

CADAD интерфейсом связана с системой ARTEMIS, используемой собственно для календарного планирования.

Система *AUTOCAD* представляет собой профессиональную систему автоматизированного проектирования и выполнения чертежей. Работа этой системы основана на использовании недорогих микрокомпьютеров, используемых даже в небольшом проектном бюро или отделе. Их отличительными особенностями является низкая стоимость и высокая производительность, возможность выполнения широкого класса проектных задач. Стоимость системы колеблется в диапазоне от 6 до 10 тыс. долл.

Специалисты Национальной аэрокосмической лаборатории (Нидерланды) разработали систему управления базами данных в области проектирования EDIPAS (Engineering Data Interactive Presentation and Analysis System).

Система обеспечивает требующуюся информацию для решения широкого класса задач в сфере проектирования. В отличие от обычных систем подобного типа разработанная система управления базами данных обеспечивает возможность хранения не только исходной, базовой информации, но и производной от нее, полученной в результате проведения промежуточных расчетов. Это обстоятельство имеет принципиальное значение в задачах проектирования, где необходимо проводить повторные расчеты, выполнение которых в значительной мере упрощается благодаря системе EDIPAS.

В последние годы все более широкое применение получают экспертные системы, представляющие собой новый этап роста интеллектуальности автоматизированных систем, развитых до уровня, при котором из множества фактов и данных создается возможность появления новой информации, аналогично тому, как это делает человек.

В США ведутся работы по созданию и совершенствованию экспертных систем для проектирования и строительства, в числе которых можно назвать следующие:

*1. Экспертная система для принятия решений о выборе строительных материалов.* Эта система создается как прототип аналогичных систем в строительстве.

Система позволит, в частности, подбирать необходимые добавки для бетонов в зависимости от условий его работы. Система создается Центром по строительной технологии (СВТ).

В основу экспертной системы закладываются данные Американского института бетона (АСИ). Комитет АСИ подвергал экспертизе

предлагаемую экспертную систему и рекомендовал ввести определенные улучшения в базу знаний о бетонах.

При создании базы знаний были использованы и другие документы, например данные о коррозии металлов в бетонах и цементах.

2. *Экспертная система для прогнозирования и управления инфильтрацией воздуха в зданиях [1].*

## **5.1. Программное обеспечение САПР**

Программное обеспечение САПР (ПО САПР) представляет собой сложную программную систему, включающую в себя десятки и сотни компонентов.

*ПО САПР - это совокупность программ на машинных носителях с необходимой программной документацией, предназначенной для выполнения автоматизированного проектирования.*

Создание ПО САПР – это трудная научно-техническая задача, для решения которой требуются большие материальные затраты. Известны САПР, ПО которых насчитывает до 500 тыс. операторов языка программирования. Разработка такого ПО требует сотен и тысяч человеко-лет, причем требования к квалификации разработчиков таких систем очень высоки. Например, в разработке САПР морских судов, оцениваемой в 600 человеко-лет, принимало участие 15 организаций. Стоимость современных САПР определяется главным образом стоимостью ПО, которое в несколько раз превышает стоимость технического обеспечения.

В отличие от программ индивидуального пользования, предназначенных только для обслуживания их разработчика, программный продукт:

- *имеет универсальное назначение, ориентирован на применение многими пользователями и в ряде организаций;*
- *предназначен для работы в комплексе с другими компонентами программного обеспечения;*
- *имеет специальные средства модификации и расширения;*
- *всесторонне отлажен;*
- *описан в тщательно составленной документации.*

Стоимость программного продукта приблизительно в 8...10 раз выше стоимости программы индивидуального назначения и с увеличением его сложности растет по квадратичному закону.

Для оценки сложности ПО используются два основных показателя:

- *количество операторов;*

- *количество и типы взаимосвязей компонентов ПО между собой.*  
Этот показатель более важный, так как именно он определяет эффективность декомпозиции исходной задачи декомпозиции ПО в целом на ряд вложенных подзадач разработки его компонентов. Поэтому, в частности, трудоемкость разработки управляющих программ выше (приблизительно в 4 раза) трудоемкости разработки прикладных программ.

## 5.2. Пользователи САПР

Пользователь (user) – лицо, пользующееся услугами вычислительной техники для получения информации или решения различных задач.

В САПР можно выделить, по крайней мере, три квалификационные категории пользователей.

***Разработчики САПР** – специалисты в области применения ЭВМ, способные разрабатывать базовые методы, средства и оснащение САПР, общесистемное ПО, инструментальные и технологические средства проектирования, осуществлять генерацию и настройку САПР на условия конкретного применения.*

***Прикладные программисты** имеют высокую квалификацию, знают методологию проектирования, алгоритмы прикладной области и могут разрабатывать специализированное ПО.*

***Проектировщики** – специалисты в области проектирования, хорошо освоившие возможности САПР для выполнения автоматизированного проектирования.*

Проектировщики могут относиться к так называемой категории «пользователь-непрограммист», т.е. к числу специалистов, которые не являются профессионалами в области вычислительной техники, но нуждаются в прямом доступе (без посредников) к ресурсам ЭВМ.

## 5.3. Состав программного обеспечения САПР

Программное обеспечение подразделяют на:

- ***базовое ПО** – не является предметом разработки при создании ПО САПР;*
- ***общесистемное ПО** – является инвариантным к объектам проектирования;*
- ***специализированное ПО** – функционирует в операционной среде, которая состоит из общесистемного и базового ПО (основной функцией специализированного ПО САПР является получение проектных решений).*



Состав и структура ПО САПР определяются как составом и структурой подсистем САПР, так и САПР в целом.

#### 5.4. Функциональное назначение программного обеспечения САПР

По функциональному назначению ПО САПР можно разделить на ряд программных комплексов (ПК), представляющих собой совокупность программных, информационных, методических, математических и лингвистических компонент, предназначенных для выполнения заданных функций. Можно выделить следующие программные комплексы:

- *проектирующие,*
- *обслуживающие*
- *инструментальные (рис. 1).*



Рис. 1. Состав программных комплексов САПР

**Проектирующие** ПК предназначены для получения законченного проектного решения и в свою очередь делятся на проблемно-ориентированные и объектно-ориентированные. Проблемно-ориентированные ПК выполняют унифицированные проектные процедуры, не зависящие от объекта проектирования. Объектно-

ориентированные ПК используются для проектирования объектов определенного класса. Проектирующие ПК входят в состав специализированного ПО.

*Обслуживающие* ПК предназначены для поддержания работоспособности проектирующих ПК и входят в состав общесистемного ПО.

*Инструментальные* ПК представляют собой технологические средства, предназначенные для разработки, развития и модернизации ПО САПР.

## **5.5. Основные принципы проектирования программного обеспечения САПР**

Проектирование ПО САПР осуществляется на основе принципов системного единства, развития, совместимости и стандартизации.

*Принцип системного единства.* При создании, функционировании и развитии ПО САПР связи между компонентами должны обеспечивать ее целостность.

*Принцип развития.* ПО САПР должно создаваться и функционировать с учетом пополнения, совершенствования и обновления ее компонент.

*Принцип совместимости.* Языки, символы, коды, информация и связи между компонентами должны обеспечивать их совместное функционирование и сохранять открытую структуру системы в целом.

*Принцип стандартизации.* При проектировании ПО САПР необходимо унифицировать, типизировать и стандартизовать ПО, инвариантное к проектируемым объектам.

Одной из проблем, возникающих при проектировании ПО САПР, является создание единого информационно совместимого между собой программного комплекса, предназначенного для выполнения автоматизированного проектирования.

## **5.6. Стадии разработки программного обеспечения**

В соответствии с ГОСТ устанавливаются следующие стадии разработки: техническое задание, эскизный, технический проекты, рабочая документация, внедрение.

*Техническое задание* (ТЗ). На стадии технического задания выполняются следующие виды работ: постановка задачи; сбор исходных материалов; выбор и обоснование критериев эффективности и качества разрабатываемой программы; обоснование целесообразности применения ранее разработанных программ, принципиальной возможности

решения поставленной задачи; предварительный выбор методов решения задач; определение требований к техническим средствам; требований и целей разработки программ; стадий, этапов и сроков разработки программы и документации на нее; разработка технико-экономического обоснования разработки программы; согласование и утверждение ТЗ.

При разработке программного изделия предъявляются требования к функциям, которые должны обеспечиваться изделием; временным и объемным характеристикам программ; к совместимости с другими программами; надежности и достоверности; к методам и средствам настройки на конкретные условия эксплуатации; к удобству использования и сопровождения.

**Эскизный проект.** На стадии эскизного проектирования выполняются следующие виды работ:

- *внешнее проектирование программного изделия;*
- *уточнение методов решения задачи;*
- *предварительное проектирование внутренних структур данных;*
- *разработка общего алгоритма решения задачи, укрупненной структурной схемы программного изделия, пояснительной записки.*

Внешнее проектирование программного изделия представляет собой процесс описания ожидаемого поведения системы с точки зрения пользователя. Цель данного процесса – проектирование внешнего взаимодействия пользователя с программным изделием.

При разработке эскизного проекта определяются: способы взаимодействия пользователя с программным изделием; функции пользователей; тип языка взаимодействия; структура и содержание информационных кадров и шаблонов диалога; структура входных и выходных данных.

**Технический проект.** Этапы технического проектирования: проектирование архитектуры программного изделия; структур данных; модульной структуры изделия; модулей; разработка пояснительной записки.

На этапе проектирования архитектуры программное изделие разбивают на составные части; определяют функции каждой компоненты, способы взаимодействия между ними; разрабатывают схемы управления потоками данных.

На этапе проектирования структур данных определяют способы представления, хранения и преобразования входных, выходных и внутренних данных.

На этапе проектирования модульной структуры осуществляется разбиение компонент программного изделия на модули, определение их функции и способов взаимодействия.

На этапе проектирования модулей составляется описание всех модулей программного изделия, которое включает в себя: имя модуля; функции, выполняемые модулем; описание входных и выходных параметров, диапазонов допустимых значений и т.п.; функциональной взаимосвязи между входными и выходными параметрами; событий, внешних по отношению к модулю (печать сообщений, работа с файлами и т.п.); форму обращения к модулю; список модулей, вызывающих данный, и модулей, которые вызывает данный модуль; описание алгоритма модуля.

**Рабочая документация.** На данной стадии выполняются следующие виды работ: кодирование, тестирование и отладка программ; разработка программных документов в соответствии с ЕСПД; проведение различных видов приемо-сдаточных испытаний; корректировка программ и документации по результатам испытаний.

**Стадия внедрения.** На стадии внедрения осуществляется подготовка и передача программ и программной документации для сопровождения.

## **5.7. Общая характеристика методов проектирования программного обеспечения САПР**

Проектирование является важнейшим этапом в современной технологии создания ПО. На этом этапе закладываются не только основные технические характеристики программных изделий, но и определяется содержание и характер работы на остальных этапах разработки: кодирования, тестирования и отладке. Решения, принимаемые на этапе проектирования, определяют простоту или сложность сопровождения.

**Методы проектирования программных систем.** В 60..70-е годы эффективность применения компьютеров резко возросла. В результате стало выгодно создавать все больше прикладных программ повышенной сложности. В качестве основных инструментов создания программных продуктов начали применяться алгоритмические языки высокого уровня. Эти языки расширили возможности отдельных программистов и групп разработчиков, что в свою очередь привело к увеличению уровня сложности программных систем. В эти годы было разработано много методов, помогающих справиться с растущей сложностью программ. Наибольшее распространение получило структурное проектирование по методу «сверху-вниз», или комбинированный ме-

тод. Он был непосредственно основан на топологии языков высокого уровня типа FORTRAN и COBOL. В этих языках основной базовой единицей является подпрограмма, и программа в целом принимает форму дерева, в котором одни подпрограммы в процессе работы вызывают другие подпрограммы. Структурное программирование использует именно такой подход: алгоритмическая декомпозиция применяется для разбиения большой задачи на маленькие.

Способ управления сложными системами был известен еще в древности: *divide et impera* (разделяй и властвуй). При проектировании сложной программной системы необходимо составлять ее из небольших подсистем, каждую из которых можно отладить независимо от других. В этом случае мы не выходим за пределы возможностей человека, отпущенных ему природой: при разработке любого уровня системы нам нужно будет одновременно держать в уме информацию лишь о немногих ее частях (не о всех).

Начиная с 60...70-х годов стали появляться компьютеры еще больших возможностей. Значение структурного подхода осталось прежним, но оказалось, что структурный подход не работает, если объем программы превышает приблизительно 100 000 строк. В последнее время появились десятки методов, в большинстве которых устранены очевидные недостатки структурного проектирования.

В настоящее время методы проектирования можно разделить на три основные группы:

- *метод структурного проектирования «сверху-вниз»;*
- *метод организации потоков данных;*
- *объектно-ориентированное проектирование.*

*Примеры методов структурного проектирования* приведены в работах Йордана и Константина (Yourdon E. and Constantine), Вирта (Wirth N.), Даля, Дейкстры и Хоара (Dahl O., Dijkstra E.W., and Hoare C. A. R.) и др. В каждом из этих подходов присутствует алгоритмическая декомпозиция. Следует отметить, что большинство существующих программ написано в соответствии с одним из этих методов. Тем не менее, структурный подход не позволяет выделять абстракции и обеспечивать защиту доступа к данным, не представляет он также достаточных средств для организации параллелизма. Структурный подход не может обеспечить создание предельно сложных систем.

*Метод организации потоков данных* полнее всего описан в работе Джексона (Jackson M.), а также Уорниера и Орра (Orr K.). В этом методе структура программной системы строится как организация преобразований входных потоков в выходные. Метод организации потоков

данных, как и структурный метод, с успехом применялся при решении ряда сложных задач, в частности, в системах информационного обеспечения, где существуют прямые связи между входными и выходными потоками системы и где не требуется уделять много внимания быстродействию.

В основе объектно-ориентированного проектирования (ООД) лежит представление о том, что программную систему необходимо проектировать как совокупность взаимодействующих друг с другом объектов, рассматривая каждый объект как экземпляр определенного класса, причем классы при этом образуют иерархию. Объектно-ориентированный подход отражает топологию новых языков высокого уровня, таких, как Smalltalk, Object Pascal, C++ и Ada.

## 5.8. Нисходящее и восходящее проектирование

Если решение задач высоких иерархических уровней предшествует решению задач более низких иерархических уровней, то проектирование называют *нисходящим* (пошаговая детализация). Если раньше выполняются этапы, связанные с низшими иерархическими уровнями, проектирование называют *восходящим*.

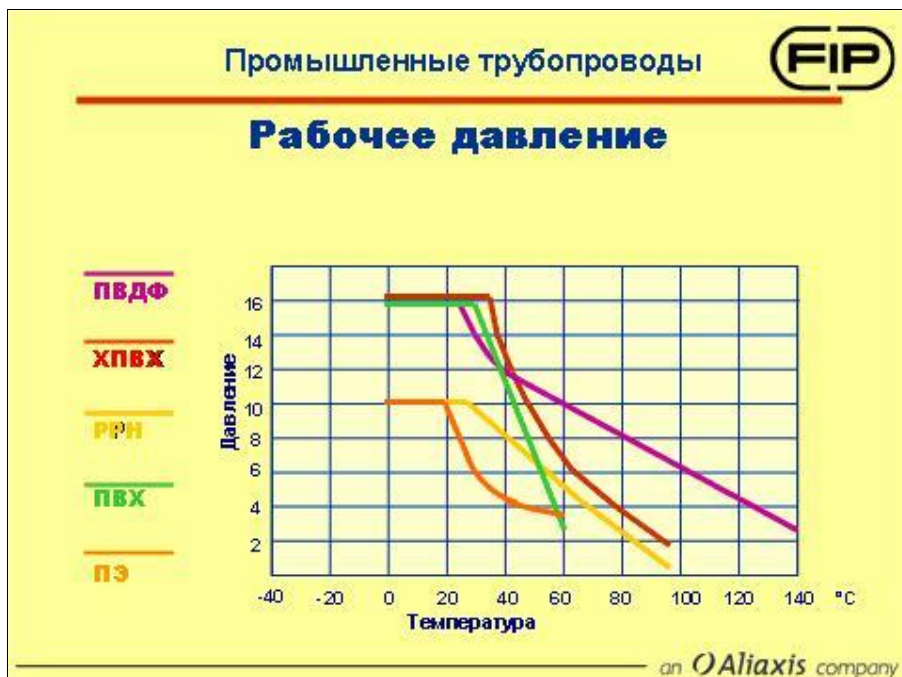
У каждого из этих двух видов проектирования имеются преимущества и недостатки. При нисходящем проектировании система разрабатывается в условиях, когда ее элементы еще не определены и, следовательно, сведения о их возможностях и свойствах носят предположительный характер. При восходящем проектировании, наоборот, элементы проектируются раньше системы, и, следовательно, предположительный характер имеют требования к элементам. В обоих случаях из-за отсутствия исчерпывающей исходной информации имеют место отклонения от потенциально возможных оптимальных технических результатов. Однако нужно помнить, что подобные отклонения неизбежны при блочно-иерархическом подходе к проектированию и что какой-либо приемлемой альтернативы блочно-иерархическому подходу при проектировании сложных объектов не существует. Поэтому оптимальность результатов блочно-иерархического проектирования следует рассматривать с позиций технико-экономических показателей, включающих в себя, в частности материальные и временные затраты на проектирование.

Поскольку принимаемые предположения могут не оправдаться, часто требуется повторное выполнение проектных процедур предыдущих этапов после выполнения проектных процедур последующих этапов. Такие повторения обеспечивают последовательное приближение к

оптимальным результатам и обуславливают итерационный характер проектирования. Следовательно, итерационность нужно относить к важным принципам проектирования сложных объектов.

На практике обычно сочетают восходящее и нисходящее проектирование. Например, восходящее проектирование имеет место на всех тех иерархических уровнях, на которых используются унифицированные элементы. Очевидно, что унифицированные элементы, ориентированные на применение в ряде различных систем определенного класса, разрабатываются раньше, чем та или иная конкретная система этого класса.

*Достоинство нисходящего проектирования* состоит в том, что оно позволяет разработчикам сосредоточиться на основных для данного проблемах и отложить принятие всех тех решений, которые не должны приниматься на данном этапе проектирования. Нисходящее проектирование требует с самого начала ставить и решать наиболее фундаментальные задачи, откладывая частные вопросы для последующего рассмотрения.



## 6. Обзор систем для автоматизированного проектирования трубопроводов

В данном разделе представлены системы автоматизированного проектирования трубопроводных систем.

Системы САПР можно разделить на три группы в соответствии с уровнем из работы с данными и комплексности подхода к проектированию.

*Системы нижнего уровня* обеспечивают работу с графической информацией и позволяют автоматизировать только 2D-проектирование, делая акцент на автоматизации выпуска проектно-сметной документации. К таким системам можно отнести универсальные графические платформы – AutoCAD (Autodesk Inc.) и Microstation (Bentley Systems Inc.), давно применяемые в России. С их помощью происходит всего лишь замена бумажной технологии проектирования на электронный кульман.

Современные САПР все активнее обращаются к 3D-моделированию. Такие системы, основанные на универсальных графических платформах (AutoCAD или Microstation), можно объединить в группу *систем среднего уровня*. К ним можно отнести Bentley PLANT, CADWorx и Plant-4D.

*Системы верхнего уровня*. В отличие от универсальных графических платформ эти системы ориентированы на работу с базами данных, а не только с графическим представлением объектов. При этом появляется возможность оперировать параметрической 3D-моделью объекта и автоматически получать проектно-сметную документацию на основе модели. К ним следует отнести Microsoft Project Professional - 2007, Primavera Project Planner, Spider Project и др.

Система ***Bentley Plant*** включает модули разработки схем, 3D-моделирования, расчеты, генерацию чертежей, спецификаций и изометрических схем. Она интегрирована с системой управления инженерным документооборотом и архивом Bentley ProjectWise. В линейке Bentley Plant представлены 2 семейства продуктов – AutoPLANT, использующее в качестве графической платформы AutoCAD, и PlantSpace на платформе MicroStation. Эти продукты являются взаимозаменяемыми. Компания взяла курс на объединение двух линеек на основе AutoPLANT. В свою очередь, в состав линейки AutoPLANT входят также решения для разнообразных расчетов: НДСТ – AutoPIPE, гидравлических расчетов – PlantFlow, расчет на прочность узлов врезки штуцеров/патрубок сосудов и аппаратов - WinNOZL, расчет пульсаций пото-



ков в трубопроводах – PULS. Продукты AutoPIPE и AutoPLANT имеют двунаправленный интерфейс передачи данных, что ускоряет итерационный процесс «проектирование-расчет».

Помимо линейки Bentley Plant Bentley Systems Inc. предлагает решения для всех задач проектирования в промышленном и гражданском строительстве – архитектурных, задач изысканий и генплана, проектирования инженерных сетей и т. д., а также задач проектного документооборота – с помощью системы управления проектными данными и инженерным документооборотом ProjectWise. Модуль Bentley ProjectWise обеспечивает возможность распределять проекты и выполнять их администрирование. Более подробно смотрите в *Приложении*.

**CADWorx Plant**. В программном комплексе CADWorx Plant реализованы инструменты для проектирования трубопроводов, оборудования, металлоконструкций, систем отопления и вентиляции, кабельных трасс, а также динамические связи с базой данных. Исторически CADWorx развивался как графический интерфейс к известному программному продукту для расчета напряженно-деформированного состояния CAESAR II (также COADE), со временем обретая самостоятельное значение. Этим объясняется отлаженная двусторонняя связь между CADWorx и Caesar II, что позволяет в значительной мере упростить процесс создания проекта. CADWorx не имеет аналогов по легкости пополнения библиотек элементов – работа ведется на уровне редактирования текстового файла, т.е. администрирование работы над проектом сводится к минимуму и может осуществляться любым опытным пользователем. В программе реализована возможность совместной работы различных организаций над одним проектом в сети Internet.

В нефтегазовой отрасли также применяется еще один продукт компании COADE - PVElite для расчета оборудования.

PLANT-4D

**Система PLANT-4D** работает на основе объектно-ориентированного параметрического ядра, и включает систему коллективной работы над проектом. PLANT-4D позволяет работать с трехмерными твердотельными моделями проектируемых систем, автоматизирует разработку технологических схем, моделей трубопроводов, нестандартного оборудования, металлоконструкций. Полностью автоматически или в интерактивном режиме PLANT-4D позволяет выпускать различные технологические схемы, рабочие чертежи (планы, разрезы, узлы, монтажные изометрические чертежи с размерами и спецификациями, различные ведомости, отчеты, спецификации и многое другое).

Система PLANT-4D имеет сертификат соответствия № РОСС RU.СП11.Н00144 ГОССТРОЯ России № 0312928.

Когда приходится решать классы задач, включающих поддержку всего цикла от строительства через эксплуатацию до реконструкции проектируемого объекта, нужно рассматривать системы, изначально ориентированные не только на комплексную поддержку разделов проектирования, но и на создание и использование единой модели данных всего объекта. К таким системам на сегодняшний день можно отнести PDMS (AVEVA) и PDS (Intergraph), а также не так давно появившийся комплекс SmartPlant 3D компании Intergraph. Эти два производителя предлагают полный комплекс решений для проектирования промышленных предприятий, проектирование трубопроводных систем - лишь их часть.

**PDMS.** Компания AVEVA является разработчиком семейства интеллектуальных систем VANTAGE, обеспечивающих работу и контроль на всех этапах жизненного цикла предприятия:

- *VPE – разработка технологической части проекта, электрики, КИПиА.*
- *VPD (PDMS) – разработка детального проекта, выпуска проектной документации, обслуживания при эксплуатации промышленного объекта;*
- *VPRM – управление логистикой, контроль закупок, поставок и складирования, контроль за монтажными и пуско-наладочными работами;*
- *VNET – интеграция и управление всеми проектными данными, на основе современной Web-портальной технологии.*

Все системы семейства VANTAGE полностью интегрированы между собой и имеют интерфейсы с ведущими системами 2-х и 3-х мерного проектирования, расчетными системами, системами документооборота, управления проектами, системами ERP. Так же системы семейства VANTAGE позволяют обмениваться информацией с любыми внешними базами данных.

VPD (PDMS) – многопользовательская среда для проектирования с централизованным хранением данных на основе собственной объектно-ориентированной базы - DABACON. PDMS позволяет осуществлять совместную работу проектного коллектива в режиме реального времени с проверкой на коллизии, что исключает любые неувязки в проекте. Необходимо заметить, что система не имеет ограничений на размер и детальность проработки проекта. VPD (PDMS) содержит следующий набор интегрированных инженерных приложений:

- проектирование оборудования, в том числе нестандартного;
- проектирование трубопроводов;
- проектирование металлоконструкций, узлов металлоконструкций;
- проектирование лестниц, стремянок, площадок обслуживания оборудования;
- проектирование архитектурной части: панелей и плит, стен и полов, окон, дверей, узлов;
- проектирование опор и подвесок;
- проектирования систем вентиляции и кондиционирования;
- проектирование кабельных конструкций.

Проектная документация выдается автоматически непосредственно по данным 3D модели в соответствии с российскими нормами оформления. Встроенная функция контроля ревизий позволяет отслеживать все изменения между выпусками чертежей.

Система поставляется с базами данных по деталям трубопроводов, металлоконструкциям, элементам зданий, отопления и вентиляции, опор и подвесок, выполненных по ГОСТ, а так же по международным стандартам, что позволяет выполнять как российские, так и международные проекты. Базы данных могут создаваться и редактироваться с помощью удобного графического интерфейса, использование которого не требует навыков программирования.

Для компаний, которые отдают части проекта на субподряд или участвуют в совместных проектах, компания AVEVA разработала PDMS Global для распределенного проектирования, которое позволяет эффективно вести и контролировать проекты, выполняемые одновременно силами нескольких проектных организаций.

**PDS**. Компания Intergraph предлагает не только комплексную, но и полностью интегрированную технологию проектирования, управления поставками на этапе строительства и дальнейшего информационного сопровождения промышленных предприятий.

PDS – мощная система, охватывающая основные аспекты проектирования промышленных предприятий, для которой не существует пределов на объем выполняемых проектов. Она изначально была рассчитана на поддержку работы команды специалистов различного профиля над проектами крупных электростанций или заводов. На российском рынке система также показала себя с лучшей стороны, успешно пройдя этап адаптации к российским требованиям.

#### SmartPlant 3D

По мнению компании Intergraph, возможности развития САПР, появившихся на рынке в 70-е годы, на сегодняшний день в основном

исчерпаны. Это связано с тем, что их архитектура не позволяет решить две основные проблемы:

1) *невозможность осуществить полноценную интеграцию компонентов системы между собой, а так же ее интеграцию с другими информационными системами предприятия (например, с ERP-системами или системами управления ремонтами);*

2) *данные, накопленные в САПР, почти не используются на последующих этапах жизненного цикла объекта.*

Для того, чтобы преодолеть эти ограничения и существенно снизить затраты на всех этапах жизненного цикла сооружения, в новой системе SmartPlant, разработанной компанией Intergraph, применена новая технология.

Комплексное решение SmartPlant включает в себя две основные составляющие:

1) Набор специализированных средств проектирования, каждое из которых, по мнению разработчиков, входит в ряд наиболее передовых в своем классе:

- *система разработки функционально-технологических схем SmartPlant P&ID;*
- *система проектирования КИПиА SmartPlant Instrumentation;*
- *система проектирования электроснабжения SmartPlant Electrical;*
- *система трехмерного проектирования SmartPlant 3D;*
- *система комплексной трехмерной визуализации SmartPlant Review;*
- *система управления материально-техническим обеспечением строительства MARIAN;*
- *системы от других разработчиков ПО (компания Aspentech, в частности).*

2) SmartPlant Foundation – единая система управления всей технической информацией на протяжении всего жизненного цикла объекта. Эта система управляет как документами, так и технической информацией и в то же время является платформой, интегрирующей различные САПР и системы класса ERP.

SmartPlant 3D вобрала в себя наиболее интересные и перспективные наработки из системы PDS и из других систем трехмерного проектирования. Система оперирует «умными» объектами, которые зависят друг от друга и автоматически меняются при изменении других объектов. Вся выходная документация выдается в автоматическом режиме,

включая не только изометрички и отчеты, но и монтажные чертежи с автоматически расставленными размерами и обозначениями.

При определении границ использования той или иной САПР необходимо учитывать особенности объектов проектирования и ведения проектных работ на предприятии. Потребителями могут быть как проектные организации, так и ПКО (ПКБ) заводов. Проектные организации чаще заняты проектированием объектов «с нуля» и крупных промышленных объектов целиком, тогда как в рамках заводов ведутся, в основном, работы по реконструкции существующих систем или проектирование отдельных установок. Поэтому целевыми нишами продуктов высшего уровня PDMS, PDS и SmartPlant 3D в большей степени являются проектные институты.

Что касается выбора по техническим особенностям продуктов, удобству интерфейса, соответствию конкретным задачам предприятия и т. д., то такие вопросы решают технические специалисты организации после знакомства с работой продуктов.

Немаловажным критерием является стоимость программного продукта. Наиболее доступными являются модули семейства CADWorx, а наиболее дорогостоящими - системы компаний AVEVA и Intergraph, что компенсируется наибольшими функциональными возможностями.

Помимо стоимости самого продукта, необходимо учитывать также стоимость необходимого программного обеспечения - графической платформы, СУБД, а также затраты, входящие в стоимость владения продуктом - обучение, обновление лицензий, техническая поддержка и т.д. Если продукт не имеет собственной графической платформы и встроенной СУБД, на их приобретение потребуются дополнительные затраты.

Все системы среднего уровня – Bentley Plant, CADWorx и Plant-4D используют стандартные СУБД – Oracle, MS SQL Server, MS Access. Кроме того, в Bentley Plant может использоваться MSDE (ядро системы MS SQL Server), что не требует оплаты дополнительных лицензий для СУБД.

PDS и SmartPlant 3D используют СУБД Oracle или MS SQL Server. А вот компания AVEVA пошла по пути разработки и использования собственной объектно-ориентированной базы данных DABACON.

Одной из важнейших характеристик программных продуктов является, также, возможность обмена данными с другими САПР.

Большинство представленных продуктов имеют модульную структуру, что позволяет потребителю формировать индивидуальные

рабочие места под конкретные задачи. Среди задач, решаемых при проектировании трубопроводных систем, типовыми являются:

- *создание технологических схем;*
- *расстановка оборудования;*
- *проектирование трубопроводов;*
- *создание изометрических чертежей*
- *проектирование в части КИПиА (в том числе проектирование кабельных лотков);*
- *создание металлоконструкций (лестницы, площадки, опоры, подвески, и т.д.).*

Кроме того, при 3D-проектировании появляются возможности для автоматической проверки проекта на возможные пересечения и его визуализации. Поэтому в число стандартных задач включены:

- *проверка проекта на коллизии;*
- *визуализация проекта (в том числе «облет» объекта и создание демонстрационных роликов).*

В качестве важных признаков соответствующих модулей выделены следующие моменты:

Язык интерфейса. Так, наиболее мощные возможности по проектированию дают системы PDMS, PDS и SmartPlant 3D, но у них отсутствует русифицированный интерфейс.

Графическая платформа. Тип платформы, на которой работают системы, определяет возможности организации единой среды проектирования и работы предприятия со смежными организациями.

Обучение и его минимальная длительность. Для качественного внедрения САПР важны обучение и техническая поддержка. Все рассматриваемые продукты активно поддерживаются в России.

С точки зрения применимости продуктов для российских проектов выбраны: перечень выпускаемой рабочей документации, возможность ее оформления по российским нормам, и российские базы данных различных элементов проекта, которые поставляются вместе с продуктом. С этой точки зрения наиболее полезны автоматизированный выпуск ведомостей и спецификаций по российским шаблонам, а также автообмеривание на чертежах.

Семейство продуктов, входящих в пакет **Microsoft Project 2007**, выглядит следующим образом:

- **Microsoft Project Standard 2007** — новая версия «ядра» инструмента управления проектами (то есть собственно новая версия MS Project). Она содержит набор базовых функций и предназначена в первую оче-



редь для отдельных пользователей или небольших коллективов, не использующих для обмена данными по проекту сетевые технологии.

- **Microsoft Project Professional 2007** — новое настольное приложение, ориентированное на применение в организациях, в которых требуются функциональные возможности управления проектом на уровне предприятия. Project Professional содержит помимо функций Project Standard ряд дополнительных возможностей. Они относятся в первую очередь к организации совместной работы над проектом на основе сетевых технологий, поэтому для их реализации Project Professional необходимо использовать совместно с другим новым компонентом — Microsoft Project Server.

- **Microsoft Project Server 2007** — это новый продукт, который служит платформой для организации совместной работы над проектом на уровне предприятия. В определенном смысле его можно считать существенно переработанной версией компоненты Microsoft Project Central Server, которая была предназначена для совместного использования с Microsoft Project 2000. К числу усовершенствований относится, в частности, более высокий уровень защищенности приложения. Для эффективной групповой работы рекомендуется применять еще одну новую компоненту — Microsoft SharePoint Team Services. Это своеобразная электронная библиотека документов, относящихся к проекту.

- **Microsoft Project Server Client Access License (CAL)** — дополнительная лицензия, которая дает пользователям право пользоваться услугами сервера Microsoft Project Server. Пользователи, обладающие CAL, могут просматривать и обновлять информацию о проекте посредством специализированного Web-интерфейса, именуемого Microsoft Project Web Access.

При разработке всех перечисленных выше компонентов разработчики стремились к достижению трех главных целей:

- **Intuitive Project Management** — обеспечение интуитивно понятной технологии управления проектами, независимо от их уровня сложности; основа — максимальная автоматизация рутинных операций и улучшенный пользовательский интерфейс;

- **Accessibility and Collaboration** — расширение доступности и сотрудничества при коллективной работе над проектом; имеется в виду возможность оперативного и согласованного несения изменений в план проекта и параметров его фактического состояния, независимо от удаленности участников проекта; в основе соответствующих решений лежит более эффективная и продуманная стратегия использования сетевых технологий и сервисов;

- Project Management Platform — применение единых принципов управления проектами в сочетании с возможностью гибкой настройки рабочей среды конкретным пользователем с учетом особенностей решаемых им задач.

В соответствии с поставленными целями разработчики внесли огромное число изменений как в ядро пакета, так и в реализацию дополнительных компонентов. Общее число доработок и нововведений превышает шесть десятков. Ниже рассмотрены наиболее существенные из них (см. Приложение 2).



## 5. Приложение 1

### **Bentley AutoPLANT - комплекс программ нового поколения для автоматизации выполнения проектных работ**

Программный комплекс AutoPLANT 3D был создан в 1995 году специалистами фирмы Rebis Industrial Workgroup Software для автоматизации процесса проектирования промышленных объектов. В 2002 году произошло поглощение компании Rebis Industrial Workgroup Software фирмой Bentley Systems Inc., которая в дальнейшем продолжила развитие линейки программных продуктов AutoPLANT для платформы AutoCAD.

Bentley Systems Inc. – частная американская компания, является мировым лидером в области разработки профессионально ориентированных решений для различных областей науки и техники. Bentley Systems предлагает широкий выбор интегрированных компьютерных технологий для 3D и концептуального проектирования в области архитектуры, промышленного и гражданского строительства, уникальные ГИС, решения в области информационной и системной интеграции, управления данными и коммуникациями. Компания традиционно сотрудничает с правительственными учреждениями и крупнейшими государственными корпорациями многих стран мира. Компания занимается разработкой и продажей профессионально ориентированных решений для платформ Bentley Microstation, для AutoCAD компании Autodesk Inc., для VISIO компании Microsoft. Bentley Systems имеет свои представительства во многих странах мира.



*Рис. 2 Greg Bentley (Грэг Бентли), CEO Bentley Systems Inc*

В основе взаимоотношений компании Bentley Systems с партнерами и пользователями лежат четко определенные принципы корпоративной культуры и взаимовыгодного ведения бизнеса. Уникальная программа подписки и обновления программных продуктов позволяет пользователям программного обеспечения Bentley Systems постоянно бесплатно обновлять программы и работать с их новыми версиями. По стоимости программные продукты Bentley Systems доступны крупным, средним, и мелким частным фирмам.

AutoPLANT – это система автоматизированного проектирования нового поколения, предназначенная для решения задач комплексной автоматизации выполнения проектных работ и управления дальнейшей эксплуатацией объектов гражданского и промышленного назначения, технологических установок и технологических производств.

AutoPLANT получил широкое распространение в качестве САПР для проектирования объектов:

- *нефтегазовой отрасли (в том числе морских платформ);*
- *химической промышленности;*
- *топливно-энергетического комплекса;*
- *металлургической промышленности;*
- *горной и горнодобывающей промышленности;*
- *целлюлозно-бумажной промышленности;*
- *фармацевтической промышленности;*
- *деревобрабатывающей промышленности;*
- *пищевой промышленности;*
- *кораблестроения;*
- *коммунального хозяйства;*
- *оборонной промышленности;*
- *экологических и утилизационных производств.*

Более 70 тысяч лицензий AutoPLANT успешно эксплуатируется пользователями во всем мире. В Канаде AutoPLANT принят в качестве государственного стандарта проектирования промышленных предприятий. PEMEX, SHELL, BP, ABB, HALLIBURTON, SUNCOR, PETRO-CANADA, SNC LAVALIN, BATEMAN, ALCAN, HATCH, AMOCO, FLUOR DANIEL, AALBORG, APC, KOPEC, MONSANTO ENVIROCHEM, DHV, BROWN and CALDWELL, BIOGEN, ASTRA ZENECA, GENENTECH, PFIZER, KVAERNER, JACOBS ENGINEERING, ESSO-EXXON MOBIL, BASF, PHILLIPS, BECHTEL и многие другие гиганты мировой индустрии используют AutoPLANT в своей работе.

В России и СНГ AutoPLANT является стандартом в области проектирования промышленных предприятий. Его используют предприятия Российских корпораций ГАЗПРОМ, ЛУКОЙЛ, ЮКОС, ТНК, РОС-

НЕФТЬ, СЛАВНЕФТЬ, СИДАНКО, ТРАНСНЕФТЬ, ОМЗ, НИРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ и др., а также представительства известных иностранных фирм, работающих на территории России и СНГ.

AutoPLANT расширил свои технические возможности за счет интересных технологий, разработанных специалистами Bentley Systems. Многие технологические новинки, ранее использовавшиеся только в AutoPLANT, перенесены в программные продукты фирмы Bentley Systems. Вместе с дальнейшим развитием AutoPLANT (AutoCAD) и PlantSpace (Microstation), компания Bentley Systems продолжает работать над проектом по созданию мультиплатформного (т.е. не зависящего от графической платформы) решения для автоматизации проектирования промышленных объектов. В настоящее время некоторые программные продукты, входящие в состав AutoPLANT, уже являются мультиплатформными. Bentley Systems будет продолжать развивать AutoPLANT (AutoCAD) и PlantSpace (Microstation) до 2005 года.

Структура AutoPLANT, основная идеология пакета, возможность его интеграции с другими приложениями для формирования комплексного решения. Преимущества использования принципа «Единой Виртуальной Рабочей Области».

В состав комплекса AutoPLANT входят современные высокопроизводительные программные средства для 3D моделирования конструкции объекта, для моделирования процессов напряженного состояния и течения носителей по системам трубопроводов, для разработки и выпуска схем, чертежей, отчетной и нормативной документации в соответствии с Российскими нормами проектирования. AutoPLANT имеет в своем составе модули, позволяющие работать с информацией об объекте после реализации проекта в течение всего его жизненного цикла.

*Программные средства с элементами искусственного интеллекта, входящие в состав AutoPLANT, постоянно следят за работой специалиста, берут на себя часть рутинной работы и подсказывают, что нужно делать в случае возникающих затруднений, как в плане использования программ, так и в плане работы над проектом.*

AutoPLANT – это удобный в использовании профессионально ориентированный программный инструментарий, который значительно облегчит работу опытным инженерам-проектировщикам. Для молодых специалистов AutoPLANT может выступать в качестве электронного консультанта и источника знаний в той области, в которой работает начинающий инженер.

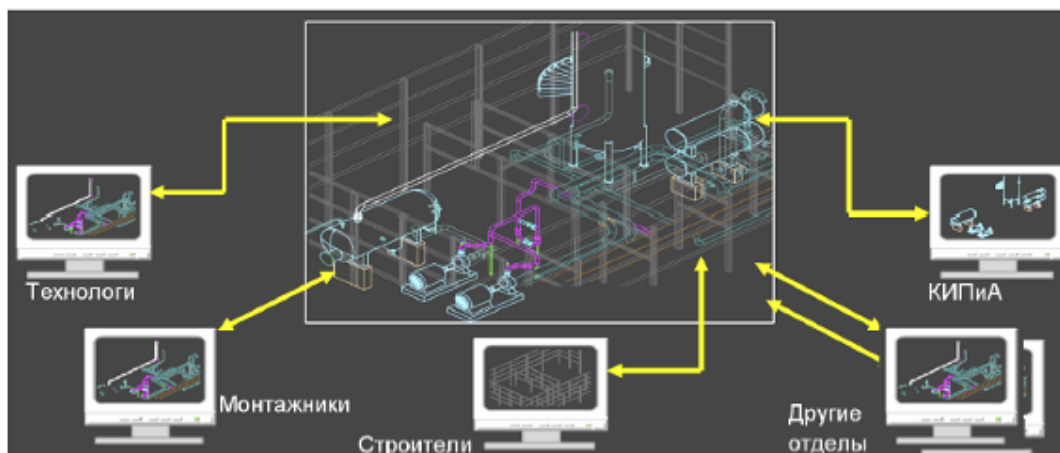


Рис. 3. Принцип Единой Виртуальной Области Проекта

Программные средства комплекса AutoPLANT являются внутренними приложениями и используют возможности графической платформы AutoCAD фирмы Autodesk Inc. В состав AutoPLANT входит большой набор сервисных подпрограмм и библиотек с элементами трубопроводов, оборудования и несущих конструкций. Все библиотеки открыты для пополнения пользователем. Среда разработки приложений AutoPLANT поддерживает языки программирования MS C++ и Visual Basic. AutoPLANT работает с базами данных Access, Oracle и SQL Server. с форматами файлов Microsoft Office. Благодаря открытой архитектуре, AutoPLANT легко интегрируется с другими программными продуктами, работающими с платформами AutoCAD, Inventor, Microstation, VISIO, PDS и др., которые могут использоваться в составе решения по комплексной автоматизации проектной деятельности.

*Первая группа программных средств имеет концептуальное название **Functional Design (Функциональное Проектирование, далее ФП)**.* Программы, входящие в группу ФП позволяют проектировать интеллектуальные технологические и теплотехнические схемы промышленных объектов, генерировать принципиальные схемы КИПиА, электрические схемы, проектировать регулирующие контура управления технологическими процессами, получать рабочую и отчетную документацию в соответствии с требованиями Российских норм проектирования. В группе программ ФП заложен алгоритм, позволяющий использовать результаты работы всех модулей на всех этапах жизненного цикла объекта: при его проектировании, эксплуатации и обслуживании. Программы, входящие в группу ФП имеют непосредствен-

ную прямую и обратную связь с другими группами программного обеспечения, входящего в состав AutoPLANT. Это позволяет легко и быстро делать проводки изменений в комплекте рабочей документации, отслеживать сделанные изменения в проекте, работать вместе над проектом с Субподрядчиками и Заказчиками.

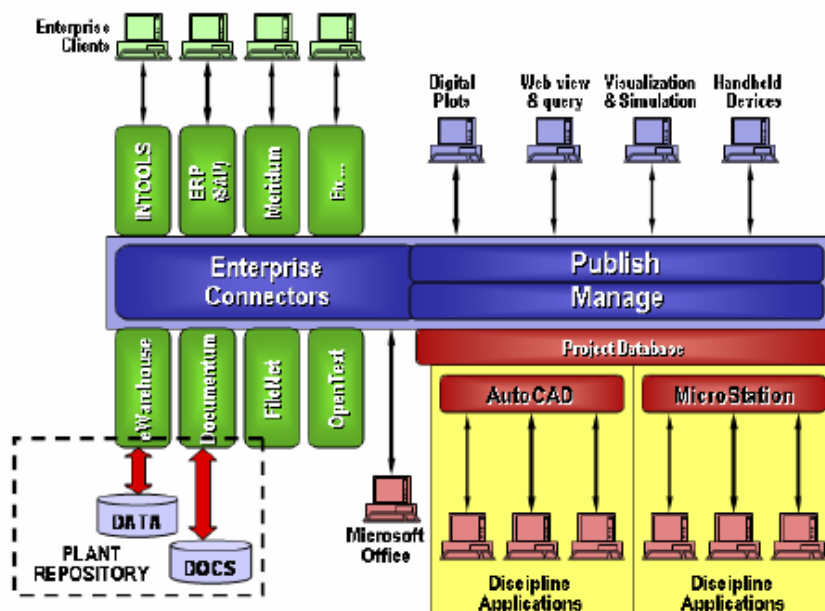


Рис. 4. Структура построения решения по комплексной автоматизации процесса проектирования

**Вторая группа программных средств имеет название *Physical Design (Реальное/или пространственное/ Проектирование, далее РП)***. Программы, входящие в группу РП предназначены для решения задач комплексного проектирования технологических промышленных объектов, создания и компоновки оборудования, проектирования технологических трубопроводов, межцеховых и общецеховых коммуникаций, проектирования инженерных и электрических сетей, проектирования металлоконструкций промышленных технологических объектов, эстакад, мостовых сооружений, согласования всех частей проекта, поиска ошибок и коллизий, получения рабочих чертежей и документации в соответствии с Российскими нормами проектирования. Все программные средства являются высокопроизводительными и адаптируемыми. Программы группы РП легко адаптируемы к размерам и функциональной структуре проектной группы. Проектная документация, разрабо-

танная с помощью этих программных средств, может использоваться при эксплуатации и обслуживании промышленного объекта в течение всего его жизненного цикла.

**Третья группа называется *Engineering Analysis* (инженерный анализ, далее ИА).** Группа ИА включает большой спектр программных средств для моделирования и анализа напряжений и пульсаций в трубопроводах, для моделирования местных напряжений во врезках, для моделирования пульсаций, а также течения смесей, жидкостей и газов по системам трубопроводов.

Особенностью этих многофункциональных аналитических программных средств является возможность их взаимодействия с другими группами программных средств, входящих в AutoPLANT. Программы группы ИА имеют одинаковый формат файлов данных с CAD – программами AutoPLANT, предназначенными для проектирования промышленных объектов. Это позволяет исключить необходимость дублирования ввода конфигурации объекта и исходных данных, позволяет исключить ошибки, связанные с необходимостью импорта-экспорта конфигурации из CAD – системы в расчетный модуль и обратно.

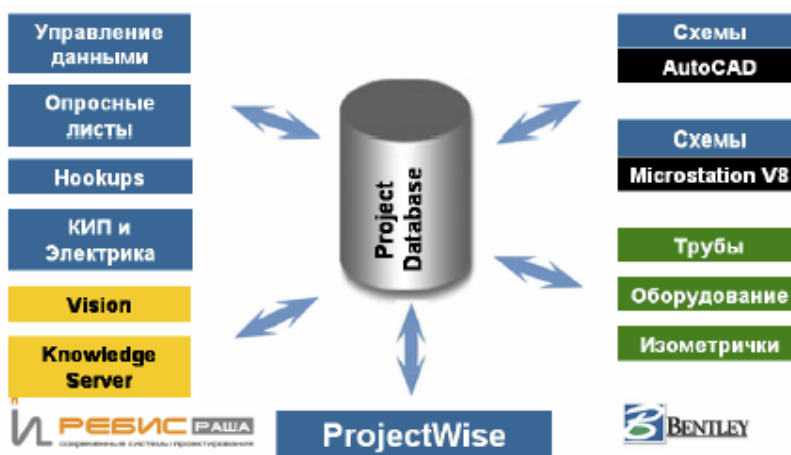


Рис. 5. Схема взаимодействия модулей серии программных продуктов Bentley Plant и графических платформ AutoCAD и Microstation с единой базой данных проекта

**Четвертая группа программных средств называется *Plant Information Management* (Средства управление информацией о промышленном объекте, далее УИ).** В процессе перехода от одного этапа проекта к другому программные средства группы УИ организуют

информационную поддержку всех участников проектной группы в той форме, которая требуется каждому ее члену. Программные средства этой группы помогают организовывать доступ и управление виртуальной проектной средой, они автоматизируют документооборот, позволяют контролировать обновление проектных данных, дают возможность отслеживать и управлять всеми изменениями, происходящими как в проекте, так и с проектом в процессе его разработки, строительства и эксплуатации. Программные средства группы УИ организуют и поддерживают возможность активного обмена информацией между всеми участниками проектной группы в процессе работы над проектом. Они позволяют оптимизировать процесс выполнения проектных работ, помогают более эффективно использовать человеческие и аппаратные ресурсы, позволяют повысить качество проекта и управлять связанными с ним издержками в течение всего срока службы объекта

### **Почему десятки тысячи пользователей во всем мире и в России отдают предпочтение работе с AutoPLANT перед другими САПР?**

- *AutoPLANT принадлежит Bentley Systems - мировому лидеру в области разработки САПР и ГИС, это известный бренд, который гарантирует 100 %-ю защиту инвестиций пользователей.*
- *AutoPLANT - это интегрированная и полностью законченная линейка программных продуктов для комплексного решения задач проектирования на графической платформе AutoCAD - самой распространенной графической платформой в России, СНГ и в мире.*
- *AutoPLANT сокращает объем рутинной работы, которую традиционно приходится делать специалисту, на 40 %...90 %.*
- *AutoPLANT легко освоить т.к. в организации меню и принципах работы программ сохранен стиль проектирования, традиционно принятый инженерами в России.*
- *AutoPLANT локализован и имеет базы с элементами трубопроводов, оборудования и стальных конструкций в соответствии с ГОСТ.*
- *AutoPLANT использует самые современные технологии создания и редактирования 3D/2D объектов.*
- *AutoPLANT имеет мощные инструменты поиска, идентификации и устранения коллизий и ошибок в проекте, процедуру согласования технологической схемы и 3D модели проектируемого объекта.*
- *AutoPLANT имеет модули для гидравлических и прочностных расчетов спроектированной системы разветвленных трубопроводов,*

*которые решают проблему качества проекта на этапе работы с компьютерной моделью, а не на стройплощадке.*

- *AutoPLANT позволяет просто и быстро получить рабочую документацию по всему проекту в соответствии с Российскими нормами проектирования, реализована ассоциативная связь документации с БД проекта и 3D моделью.*
- *AutoPLANT имеет полностью открытую архитектуру и базы данных, можно пристыковывать свои программы и самостоятельно пополнять базы данных, имеется возможность интеграции с другими программами сторонних фирм.*
- *AutoPLANT реально поддерживает технологию одновременной работы пользователей в единой виртуальной среде разработки проекта.*
- *AutoPLANT имеет дружественный интерфейс с пользователем, меню легко можно настроить "под себя".*
- *AutoPLANT сопровождается хорошей рабочей документацией и учебными пособиями с разобранными типовыми примерами, это позволяет самостоятельно и быстро освоить все программные модули.*
- *AutoPLANT имеет систему обучения, сопровождения и технической поддержки на всей территории России и в странах СНГ.*

Принципы организации взаимодействия модулей AutoPLANT между собой и принципы организации среды проектирования, в которой работает пользователь с программным обеспечением, просты, удобны и понятны для специалистов. Эти принципы и приемы полностью совпадают с традиционно принятыми на предприятиях в отделах ПКО и в проектных институтах России и СНГ. AutoPLANT – это программный инструментарий, сделанный инженерами для инженеров.

### **Программные продукты, входящие в группу Functional Design(функциональное проектирование)**

**PID** – предназначен для разработки и редактирования технологических схем и принципиальных схем КИП технологических процессов, имеет прямую и обратную логическую связь с 3D моделью, модулем КИПиА с рабочими чертежами и документацией.

**Instrumentation and Wiring** – предназначен для разработки схем КИПиА, в том числе позволяет создавать схемы, соответствующие заданным стандартам на документацию, позволяет получать ведомости приборов КИПиА, выполнять оценку стоимости, создавать бланки с



данными, разрабатывать чертежи приборных контуров, монтажных электрических схем и чертежи подключений.

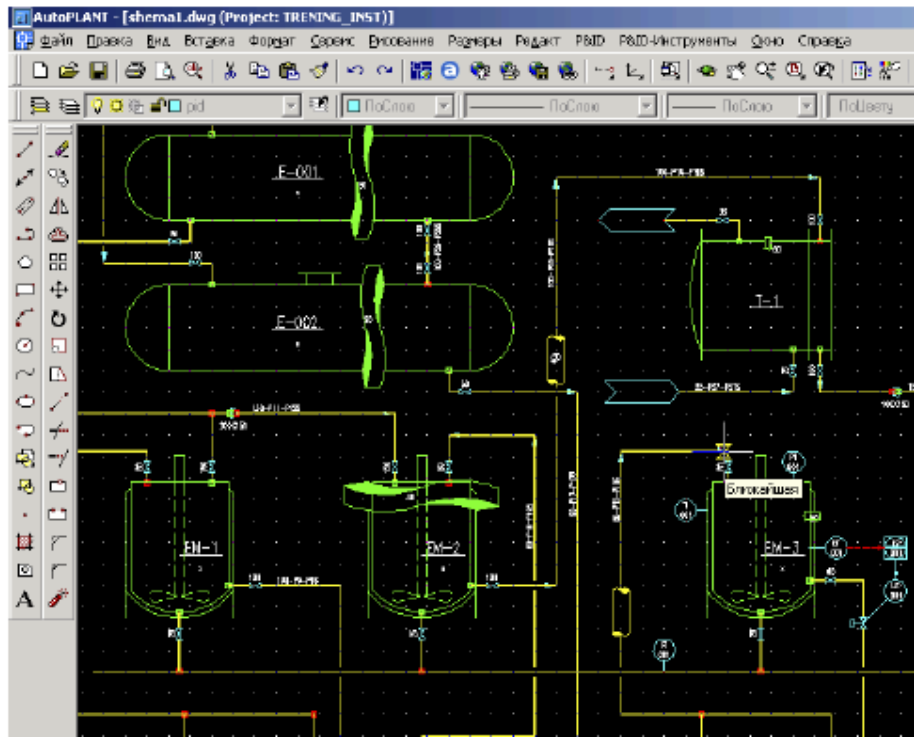


Рис. 6. Фрагмент программы P&ID

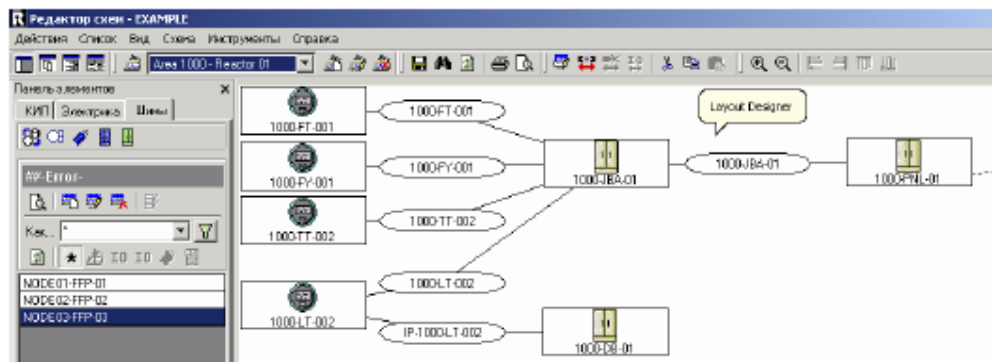


Рис. 7. Фрагмент меню программы Instrumentation and Wiring

**Data Manager** – используется для управления данными в проектируемых процессах.

**Hookups** – позволяет разрабатывать и управлять подробными монтажными чертежами КИПиА, генерировать списки компонентов и ведомости материалов.

**Datasheets** - позволяет получить доступ и управлять просмотром данных о технологической установке и схемах КИПиА в динамическом режиме.

### **Программные продукты, входящие в группу Physical Design(реальное проектирование, 3D моделирование)**

**Piping 3D** – предназначен для трехмерного проектирования и моделирования технологических трубопроводов, компоновки и обвязки технологического оборудования, проектирования систем вентиляции, водопровода и канализации, разводки трасс КИПиА и электрических кабелей, дополнительно включает модули Piping 2D, AutoISOGEN и Electrical 3D.

**Piping 2D** – используется для быстрого и высокопроизводительного изготовления 2D рабочих чертежей.

**Electrical 3D** – используется для проектирования электрических принципиальных схем, схем питания, схем внешних электрических проводок.

**AutoISOGEN** – программа для генерации изометрических чертежей трубопроводов в автоматическом режиме с автоматическим нанесением размеров, включением аннотаций и ведомостей материалов.

**Equipment** – используется для создания моделей технологического оборудования, для размещения штуцеров на оборудовании, компоновки оборудования на площадке.

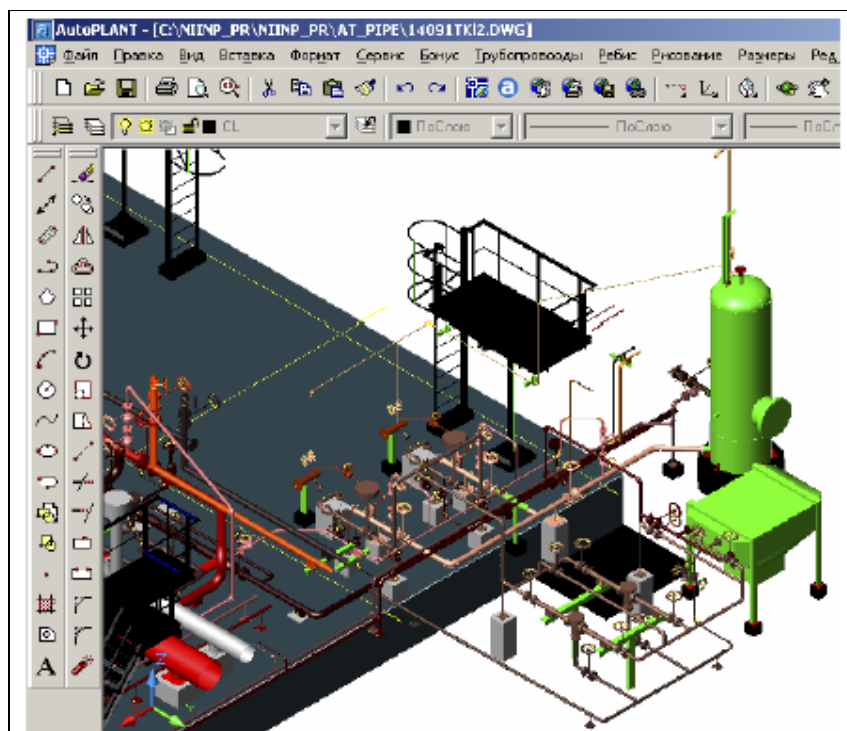
**Explorer/ID** – используется для визуализации и просмотра спроектированных трехмерных моделей, содержит функции автоматического обнаружения и идентификации коллизий и ошибок, включает инструментарий для создания презентационных роликов для Заказчиков.

**Isometrics** – модуль, позволяющий в ручном или в автоматическом режиме создавать изометрические чертежи и ведомости материалов для использования при монтаже.

**Structural Modeler** – используется для создания трехмерных параметрических моделей несущих и стальных конструкций.

**Structural Engineering** – обладает всеми функциями Structural Modeler, кроме этого, модуль обладает способностью генера-

ции высококачественных рабочих чертежей КМ и КМД, создания полных ведомостей деталей и материалов.



*Рис. 8. Фрагмент рабочей области Auto Plant, программы Piping 3D, Equipment, Structural Engineering*

**Structural Detailer** – это версия, похожая на модуль Structural 3D, но с наиболее широкими возможностями его инструментария, состоит из Structural Modeler и Structural Engineering, дополнительно включен генератор управляющих (NC) программ для станков с ЧПУ, интерфейс для передачи данных в системы PPS (система проектирования, планирования и управления) и ERP.

**Drawing Flattener** – используется для автоматической генерации плоских чертежей из заданной 3D модели проектируемого объекта.

AutoPLANT имеет инструментарий для выполнения прочностных и гидравлических расчетов спроектированной 3D модели объекта. Каждый из расчетных модулей имеет графический интерфейс, который позволяет создать (или импортировать из AutoPLANT, PDS или др.) расчетную схему разветвленных систем трубопроводов, сделать необходимые расчеты и корректировки модели, а затем передать ее обратно в AutoPLANT (или в др. программы) для генерации рабочей документации.

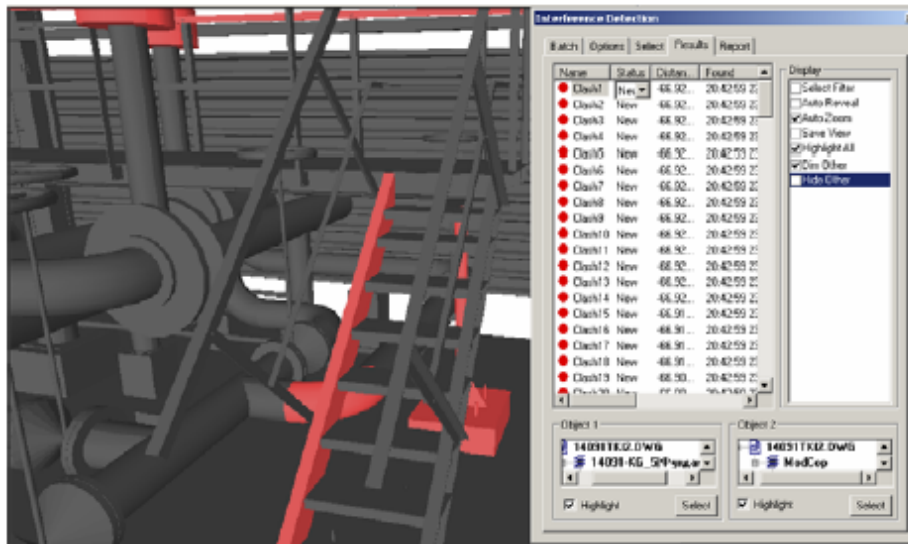


Рис. 9. Фрагмент результатов работы программы Explor/Interference Detect, красным выделены ошибки, найденные программой 3D модели

**AutoPIPE (AutoPIPE Plus)** - предназначен для расчетов напряжений, температурных деформаций в локальных или разветвленных моделях систем трубопроводов с учетом различных граничных условий, идеальный инструмент для анализа и расчета систем трубопроводов любой сложности, объединяющий объектно-ориентированную графическую технологию с аналитическими возможностями.

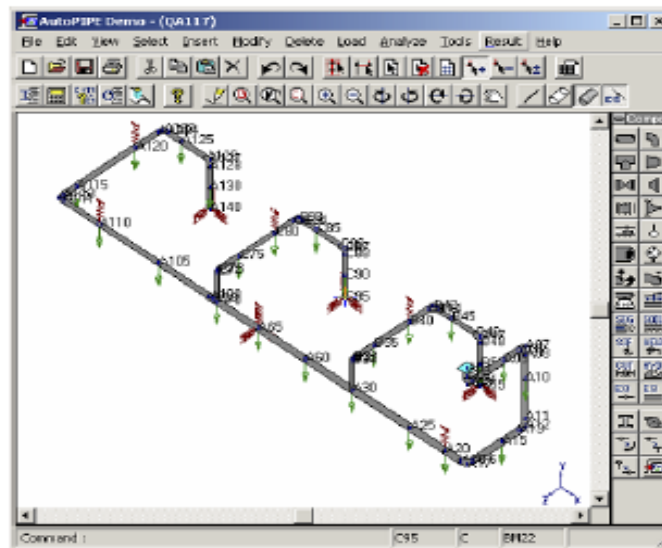
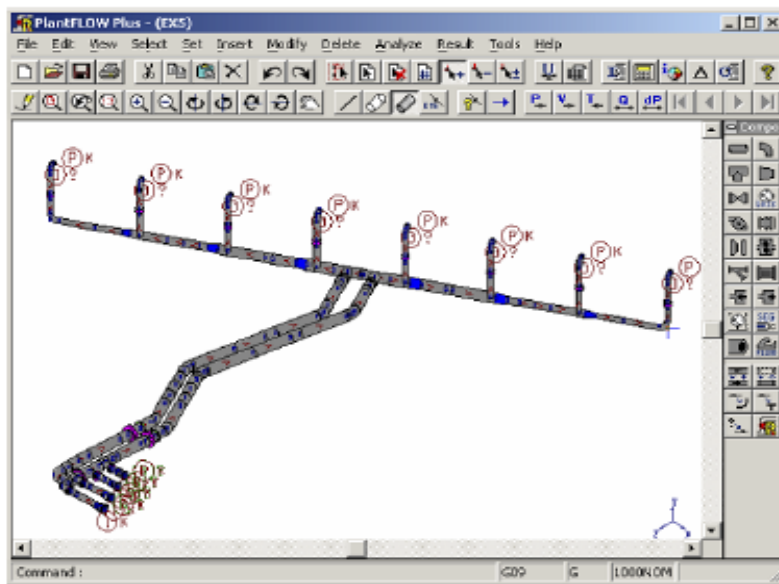


Рис. 10. Пример расчета в программе AutoPIPE

**PlantFLOW (PlantFLOW Plus)** - используется для моделирования течения жидкости или газа в разветвленных сетях магистральных трубопроводов, позволяет оценить конструкции трубопроводов



*Рис. 11. Пример расчета в программе PlantFLOW*

**PULS** - программа интерактивного моделирования для анализа пульсаций давления в потоке жидкости в сетях трубопроводов

**STRAIT** - используется для преобразования интеллектуальных данных из AutoPIPE в формат Intergraph PDS и обратно

**WinNOZL** - используется для расчета напряжений в местах соединения патрубков с резервуарами, в точках контакта конструкций с качающимися опорами в местах соединения хомутов и проушин с оболочками и др.

**Программные продукты, входящие в группу Plant Information Management(управление информацией о промышленном объекте)**

**ProjectWise** – используется для работы с файлами MicroStation (DGN) и файлами AutoCAD (DWG), а также с другими форматами файлов, используемых САПР. Трехуровневая рабочая среда позволяет по-новому использовать существующие сетевые инфраструктуры и обеспечивает общую платформу для управления данными, созданными САПР, есть возможность создавать и управлять средой проектирования.

**AutoPLANT Vision** – обеспечивает управление важными данными и документацией промышленного объекта в течение всего его жизненного цикла, формирует базу знаний о промышленном объекте, обеспечивает удобный и быстрый доступ к данным и документации текущего промышленного объекта.

**Navigator** – используется для управления базой знаний о промышленном объекте, обеспечивает прямой доступ к данным и документации промышленного объекта, с помощью графических средств модуля можно просматривать узлы оборудования и ресурсы промышленного объекта, управлять модификацией и исправлениями, получать доступ к чертежам.

**В состав AutoPLANT включены бесплатные дополнительные программные средства.** В поставку входят программы для работы с каталогами элементов трубопроводов, конструктор текстовых форм и отчетов, программа, позволяющая пристыковывать к AutoPLANT программы других производителей, конструктор пользовательского интерфейса, встроенный транслятор с языка Microsoft Visual Basic и др.

**Техническая поддержка и обучение пользователей** на территории России и стран ближнего зарубежья осуществляется специалистами дистрибьютора линейки Bentley AutoPLANT, компанией Ребис РАША (Rebis Russia) и сетью ее авторизованных партнеров. Благодаря этому все пользователи и потенциальные пользователи AutoPLANT могут быстро получить квалифицированную помощь на стадии ознакомления, внедрения или эксплуатации программного комплекса.

**Учебные пособия с уроками и примерами** входят в комплект поставки AutoPLANT. В учебных пособиях разобрано большинство типовых примеров применения AutoPLANT (на русском и английском языках).

## 6. Приложение 2

### Microsoft Project Professional 2007

**Microsoft Project Professional 2007** – следующее поколение самого популярного программного обеспечения для управления проектами. Расширенное семейство продуктов Microsoft Project Professional 2007 сочетает в себе средства управления проектами, доступа к информации и поддержке коллективной работы, а также является мощной платформой, способствующей повышению производительности труда и более эффективному ведению бизнеса. Microsoft Project обеспечивает возможность управлять расписаниями и ресурсами, упрощает руководство совместной работой и анализ информации по проекту.

Узнать возможности линейки продуктов Microsoft Project 2007 при создании, реализации и контроле плана проекта и научиться применять их на практике.

Используя Microsoft Project 2007, можно проводить календарное, ресурсное планирование; отслеживать проекты; строить отчёты; координировать планирование с другими менеджерами компании; эффективно взаимодействовать с участниками проекта посредством Project Server.

#### Бизнес-задачи

Основные проблемы, с которыми сталкиваются Компании при управлении портфелем проектов:

***Стратегия Компании является просто набором тезисов.*** Зачастую стратегия Компании является заведомо мертвым документом, который не имеет никакой практической пользы – не ясна значимость различных стратегических целей, а также методы измерения их достижения.

***Нет четкой взаимосвязи между стратегией и портфелем проектов.*** Из-за отсутствия механизмов оценки влияния каждого из проектов на достижение стратегических целей портфель превращается из инструмента реализации стратегии в простую совокупность проектов.

***Нет однозначных критериев формирования портфеля.*** Отсутствие формализованной системы отбора проектов в состав портфеля является причиной попадания в него неэффективных и идущих вразрез со стратегией проектов – часто случается так, что в портфель включаются те проекты, у которых есть серьезный лобби или которые просто на слуху. В условиях ресурсных ограничений (чаще всего, финансовых)

нет уверенности, что портфель составлен наиболее оптимальным образом.

***Не отслеживаются проектные взаимосвязи.*** В процессе формирования портфеля исключение из него одного проекта может негативно повлиять на эффективность связанных с ним проектов и общую эффективность портфеля в целом. Кроме того, некритичные изменения, которые претерпевают одни проекты в процессе реализации, могут привести к срыву сроков и даже отказу от реализации других проектов.

***Проекты без уважительных причин зависят на различных этапах согласования.*** В крупных Компаниях со сложным документооборотом материалы по проекту могут надолго задержаться у какого-либо согласующего лица или подразделения, а то и вовсе потеряться в процессе согласования, что может существенным образом отразиться на характеристиках портфеля.

### **Информационно-техническое решение по управлению портфелем проектов**

Информационно-техническое решение строится на базе программного комплекса Microsoft Project Portfolio Server 2007. Использование данного инструмента позволяет:

- *формализовать стратегию Компании путем определения веса каждой стратегической цели и описания измеримых критериев ее достижения;*
- *формировать портфель проектов Компании на основе единой методологии с учетом стратегической значимости каждого из проектов, а также других численно измеримых характеристик проектов;*
- *проводить моделирование портфеля проектов с учетом изменения различных факторов - например, бюджетных и ресурсных ограничений;*
- *формировать портфель, учитывая проектные взаимосвязи, наличие конкурирующих между собой, а также политически значимых проектов;*
- *обеспечить руководство Компании эффективными инструментами мониторинга реализации портфеля проектов, дающими наглядное представление о происходящих процессах, а также предоставляющими необходимый и достаточный объем информации для принятия решений;*
- *повысить оперативность принятия решений по проектам и ответственность участников инвестиционного процесса.*



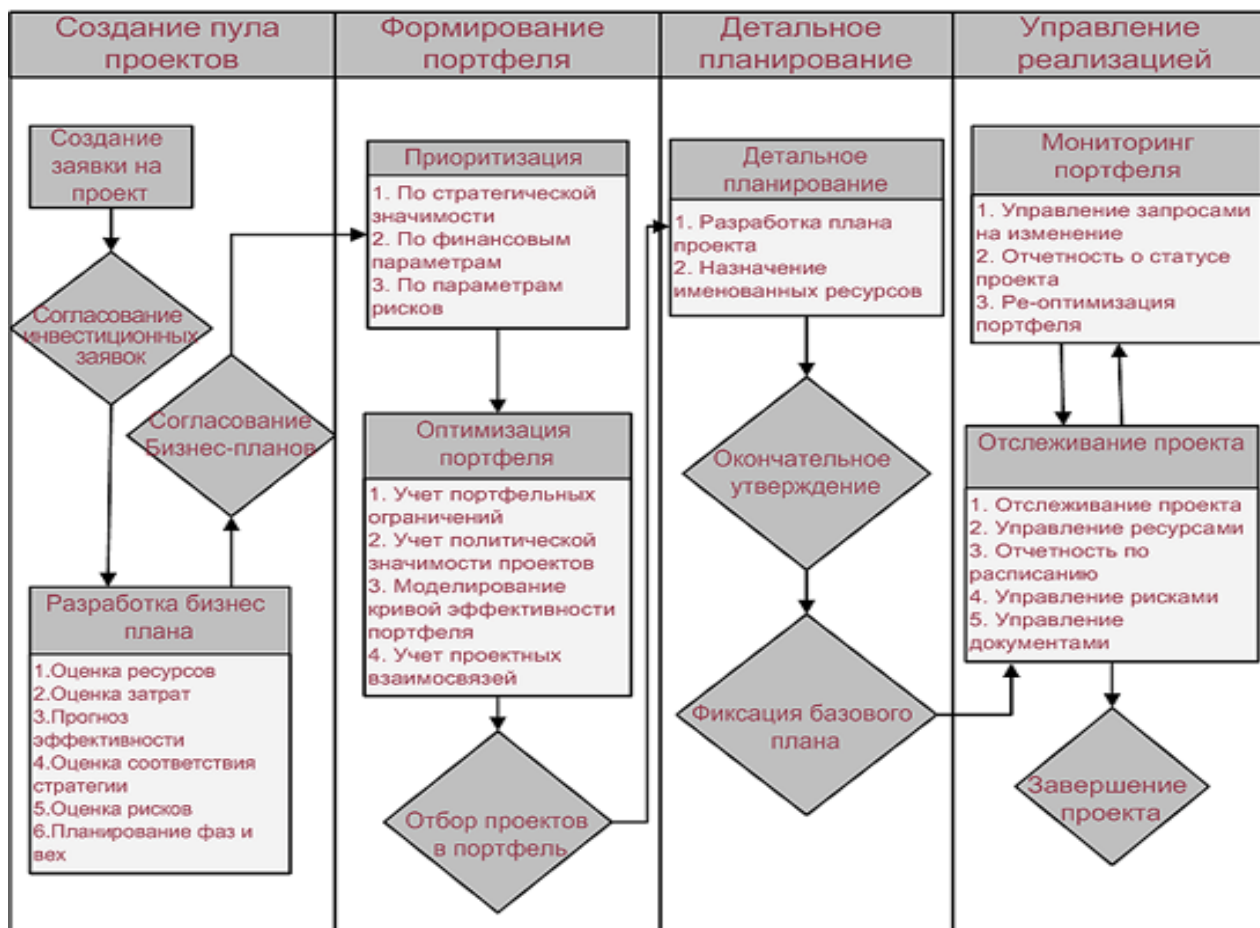


Рис. 12 . Жизненный цикл управления портфелем проектов

## Управление стратегией и портфелем проектов

Информационная поддержка процессов управления стратегией и портфелем проектов обеспечивается с использованием инструмента Microsoft Office Project Portfolio Server 2007.

Использование данного инструмента позволяет:

- *сформировать карту стратегических целей Компании и определить ключевые показатели целей;*
- *обеспечить сбор и согласование проектных инициатив (заявок на проекты) в единообразном формате с привязкой к стратегическим целям и показателям целей;*
- *обеспечить ранжирование (приоритизацию) портфеля проектов на основе стратегической значимости, экономических и технологических показателей проектов;*
- *про моделировать портфель проектов исходя из бюджетных и ресурсных ограничений Компании – определить какие проекты войдут в портфель при тех или иных значениях ограничений;*
- *сформировать портфель проектов с учетом связанных, политически значимых проектов;*
- *обеспечить мониторинг портфеля проектов на этапе реализации и единую структурированную картину по портфелю проектов для руководства Компании.*

## Управление сроками и ресурсами

Для информационной поддержки данных процессов применяется решение на базе Microsoft Enterprise Project Management Solution (Microsoft ERP). Это эффективный инструмент, обеспечивающий:

- *Календарное планирование. Информация о календарных планах всех проектов хранится в единой базе данных, что позволяет связывать проекты по срокам между собой.*
- *Централизованное ресурсное планирование. Информация обо всех ресурсах организации хранится в единой базе данных, что позволяет учитывать при планировании текущую загрузку ресурсов на других проектах и прогнозировать доступность ресурсов на все время реализации проекта.*
- *Возможность ролевого планирования ресурсов. На начальном этапе планирования менеджер проекта может планировать выполнение данных работ определенной ролью (бухгалтер, инженер и т.д.), а на более позднем этапе система автоматически заме-*

нит в календарном плане роль на конкретного сотрудника, исходя из данных о его загрузке.

- *Контроль реализации проектов и использования ресурсов. Обеспечивается возможность ввода информации о ходе проекта непосредственными исполнителями, учет и анализ отклонений от плана проекта, прогнозирование последствий.*
- *Средство совокупного анализа проектов, основанное на использовании OLAP-технологий*
- *Доступ к данным посредством веб-технологий. Даже находясь в командировке, руководитель может просматривать информацию о реализуемых компанией проектах и принимать обоснованные решения.*

Данные из Microsoft EPM автоматически передаются в подсистему управления портфелем проектов (Project Portfolio Server для обеспечения оперативной информации на портфельном уровне).

### **Проектное бюджетирование и управление стоимостью**

Для повышения эффективности процессов бюджетирования и управления стоимостью применяются информационные решения, разработанные для платформы Microsoft и построенные на базе OLAP-технологий. Данные решения позволяют:

- *вводить бюджетные (плановые) данные по проектам и отчеты об исполнении бюджетов проектов;*
- *анализировать бюджетные и отчетные данные в различных разрезах – как по отдельным проектам, так и по портфелю проектов в целом;*
- *осуществлять консолидацию проектных бюджетов, в случае если проекты являются частями более крупных проектов и необходимо при составлении общего баланса крупного проекта вычитать внутренние взаиморасчеты между подпроектами;*
- *обеспечивать автоматизированный документооборот по вводу бюджетов и отчетов в систему (черновики, визирование, согласование и т.д.);*
- *обеспечивать использование графика предоставления бюджетов и отчетов по проектам (по прошествии означенного срока бюджеты могут не приниматься);*
- *обеспечивать возможность ввода корректировок бюджетов с необходимой периодичностью.*

Решения полностью интегрированы с Microsoft EPM, что позволяет обеспечивать прозрачный обмен данными между подсистемами

календарного и ресурсного планирования и проектного бюджетирования.

### **Проектные коммуникации и управление рисками**

Для обеспечения проектных коммуникаций и управления рисками используются технологии SharePoint, позволяющие:

- *обеспечить структурированное хранение документации по проектам – по каждому проекту создаются библиотеки документов, которые позволяют привязывать документы к работам календарных планов по проектам;*
- *вести Реестры рисков по проектам – по каждому проекту может создаваться список рисков, в котором указываются необходимые параметры рисков, а также определяется влияние рисков на работы календарного плана по проекту;*
- *обеспечить всевозможные информационные рассылки участникам проектов – о поступлении новых документов в библиотеки, о назначении новых задач по проектам, о поступлении новых отчетов от исполнителей по проектам и т.д.*

### **Бизнес- полезность**

Применение современных информационных решений по управлению проектами позволяет Компании обеспечить:

- *сбалансированное формирование портфеля проектов с учетом стратегических приоритетов и финансовых ограничений;*
- *эффективное календарное, ресурсное и бюджетное планирование проектов, вошедших в портфель;*
- *контроль целевого расходования средств и ресурсов, выделенных на проекты – как на уровне отдельных проектов, так и на уровне портфеля;*
- *максимизацию положительных эффектов от реализации проектов и портфеля для Корпорации.*

### **Какой функционал обеспечивает система?**

Управление по ключевым показателям представляет собой группы связанных процессов управления:

Схема по структуре функционала:

- *сбор первичных данных;*
- *обработка первичных данных и расчет показателей;*
- *анализ, моделирование и генерация отчетности по показателям.*

На этапе **сбора первичных данных**, система позволяет использовать любые массивы информации из существующих информационных систем (финансовый, управленческий учет, оперативная отчетность). Наряду с импортом информации, система обеспечивает мощный инструментарий сбора и ввода первичных данных. Сбор может осуществляться в различных форматах (файлы Excel, XML, веб-формы и прочее).

На этапе **обработки данных и расчета показателей** производится калькуляция ключевых показателей в соответствии с разработанной методикой. Расчет ведется в режиме on-line и обеспечивает весь необходимый функционал для калькуляции всевозможных показателей.

На этапе **анализа, моделирования и генерации отчетности** по показателям пользователю предоставляется удобный интерфейс с возможностью визуализации показателей в разнообразном виде. Основные возможности анализа, моделирования и генерации отчетности:

- Генерация визуальных и табличных отчетов в веб-интерфейсе
- Мощная аналитика на базе OLAP
- Извлечение и анализ данных (Data Mining)
- Моделирование показателей «на лету»
- Экспорт всех данных в любые офисные и другие приложения.

Пара скриншотов с отчетами

Стоит отметить, что весь спектр возможностей реализован в простом, понятном пользовательском интерфейсе, доступном для освоения в кратчайшие сроки.

### **Получаемые выгоды**

В итоге, от внедрения системы управления по ключевым показателям компания в целом получает следующие неоспоримые преимущества:

- *Адекватная оценка уровня развития компании с различных позиций (рыночных, финансовых, производственных и прочее.)*
- *Непрерывный контроль достижения стратегических целей.*
- *Формирование стратегии развития компании, основываясь на достоверной информации.*
- *Аналитика и индикативная информация, необходимая для разработки текущих планов, бюджетов.*
- *Повышение прозрачности управления и работы компании в целом.*

## **Microsoft Project Standard 2007**

**Microsoft Project Standard 2007** предоставляет надежные инструменты управления проектом с прекрасным сочетанием практичности, мощности и гибкости, благодаря чему вы можете управлять проектами более рационально и эффективно. С Microsoft Project Standard 2007 вы будете получать информацию, управлять проектными работами, планами и финансами и сохранять согласованность работы команды, но в то же время повысите производительность благодаря интеграции с известными программами системы Microsoft Office, мощным функциям отчетности, а также управляемому планированию, мастерам и шаблонам Microsoft Project Standard 2007 поможет вам лучше организовать работу и людей, что позволит выполнить проекты в срок и в рамках запланированного бюджета.

### **Основные возможности Microsoft Project Standard 2007**

Выполнение указаний Project Guide. Быстрое освоение процесса управления проектом с помощью Project Guide, пошаговое использование интерактивной помощи для настройки проектов, управления задачами и ресурсами, отслеживания состояний и выдачи отчетов по сведениям о проекте.

Обращение к справке, как только она вам нужна. Обращайтесь к встроенной интерактивной справке для получения самых последних обучающих курсов, статей, шаблонов и ресурсов. Получайте своевременную и релевантную помощь при работе со смартт-тегами, которые предупреждают вас о возможных альтернативах, когда вы вносите изменения в план.

Экономия времени благодаря шаблонам. Проекты следует запускать с введенными в них для экономии времени шаблонами. Создайте свой собственный пользовательский шаблон; используйте один из множества новых встроенных шаблонов, поставляемых с Microsoft Project Standard 2007, или загрузите шаблоны с веб-узла Microsoft Office Online.

### **Понимание и контроль календарных планов проектов и финансов с Microsoft Project 2007**

Эффективное отслеживание и анализ проектов с лучшим пониманием планирования и воздействия изменений. Получение преимуществ, благодаря финансовому контролю и более тщательному анализу.

Выявление источника проблем. Быстро определите факторы, влияющие на даты выполнения задач, и вы без труда выявите источник проблем, чтобы обеспечить полный учет. Драйверы задач помогут вам определить фактор (например, зависимость задачи, календарные ограничения, плановая дата или время отпуска), определяющий начальную дату задачи, так чтобы вы смогли проследить цепочку факторов назад и найти основную причину, вызвавшую конкретную задержку.

Просмотр воздействий изменения. Microsoft Project Standard 2007 автоматически выделяет все элементы, сдвинутые в результате последнего выполненного вами изменения. Теперь с функцией выделения изменений вы получите лучшее понимание воздействий выбранных вами изменений.

Эксперимент со сценарием "Что, если...". Отмена одного или более последних изменений в экранах, данных и параметрах с помощью функции многоуровневой отмены действий. Также можно отменить действия или наборы действий, вызванных макросами, поэтому вы можете выполнить тестирование и вернуться обратно, используя сценарий «Что, если...», чтобы полностью уяснить последствия каждого выбора при выполнении изменений области охвата.

Простой контроль финансов. Благодаря функции отслеживания бюджета вы можете назначать бюджет проектам и программам. Новый тип затратных ресурсов в Microsoft Project 2007 улучшает оценку и отслеживание затрат. В число других усовершенствований в области контроля затрат входит более точное определение полей, сопоставляемых с финансовыми полями, отслеживаемыми в системах бухгалтерского учета проектов.

Гибкое отслеживание и анализ проектов. Расчет и отслеживание основных метрик, уникальных для вашего проекта, путем определения пользовательских полей на основе формул. Графические индикаторы могут предупредить вас при возникновении заданных условий. Организуйте и отсортируйте данные проекта с использованием заданных или пользовательских принципов группирования.

### **Эффективная связь и представление сведений о проекте**

Улучшение организации проектов и людей благодаря мощному средству календарного планирования и возможностям Microsoft Project Standard 2007. Простая отчетность и передача данных в разных форматах в соответствии с потребностями заинтересованных сторон.

Усовершенствованные диаграммы и схемы. Функция Visual Reports использует Microsoft Office Excel и Microsoft Office Visio

Professional для генерации сводных таблиц, диаграмм, графиков и схем, основанных на данных Microsoft Project. Можно легко задать пользовательские шаблоны отчетов и использовать их совместно с другими пользователями Project.

Ввод визуальных выделений. Можно изменять цвет фона ячейки или ряда с помощью функции выделения фона ячейки. Для придания дополнительного значения можно затенять ячейки, как это делается в Excel.

Использование улучшенных представлений. Благодаря введению новых усовершенствований в интерфейс календаря и добавлению объемных диаграмм Гантта можно создавать даже более визуально эффективные отчеты.

Совместно используемые данные. Можно совместно использовать документы, связанные с проектами, и управлять ими с помощью технологических рабочих областей Microsoft Windows SharePoint Services (требуется Microsoft Windows Server 2003 или более поздняя версия).



## Список литературы

1. Вилевич И.Ю. Управление проектами. Электронное учебное пособие.
2. [www.tflex.ru/products/complex/](http://www.tflex.ru/products/complex/)
3. [www.rebis.ru](http://www.rebis.ru)
4. [www.neolant.su/about/about/](http://www.neolant.su/about/about/)
5. Электронное руководство к Своду знаний по управлению проектами. Издание 3-е. 2004. Project Management Institute. USA. – 388 с.