

Лекция 3 САПР в компьютерно–интегрированном производстве.

3.1 Классификация САПР по отраслевому назначению

Одними из важнейших функций инженера являются проектирование изделий и технологических процессов их изготовления. В связи с этим САПР принято делить по крайней мере на два основных вида:

- САПР изделий (САПР И);
- САПР технологических процессов (САПР ТП) их изготовления.

Ввиду того, что на Западе сложилась своя терминология в области автоматизированного проектирования и она часто используется в публикациях, будем рассматривать и «западные» и отечественные термины.

САПР изделий. На Западе эти системы называют CAD (Computer Aided Design). Здесь Computer – компьютер, Aided – с помощью, Design – проект, проектировать. Т.е. по – существу термин «САД» можно перевести как «проектирование с помощью компьютера». Эти системы выполняют объемное и плоское геометрическое моделирование, инженерные расчеты и анализ, оценку проектных решений, изготовление чертежей.

Научно – исследовательский этап САПР иногда выделяют в самостоятельную **автоматизированную систему научных исследований (АСНИ)** или, используя западную терминологию, автоматизированную систему инжиниринга – CAE (Computer Aided Engineering). Пример такой системы в России – «изобретающая машина», поддерживающая процесс принятия человеком новых нестандартных решений, иногда и на уровне изобретений.

САПР технологии изготовления. В России эти системы принято называть САПР ТП или АС ТППП (автоматизированные системы технологической подготовки производства). На Западе их называют CAPP (Computer Automated Process Planning). Здесь Automated – автоматический, Process – процесс, Planning – планировать, планирование, составление плана. С помощью этих систем разрабатывают технологические процессы и оформляют их в виде маршрутных, операционных, маршрутно – операционных карт, проектируют технологическую оснастку, разрабатывают управляющие программы (УП) для станков с ЧПУ.

Более конкретное описание технологии обработки на оборудовании с ЧЧПУ (в виде кадров управляющей программы) вводится в **автоматизированную систему управления производственным оборудованием (АСУПР)**, которую на Западе принято называть САМ (Computer Aided Manufacturing). Здесь Manufacturing – производство, изготовление. Техническими средствами, реализующими данную систему, могут быть системы ЧПУ станков, компьютеры, управляющие автоматизированными станочными системами.

Помимо этого различают: **систему производственного планирования и управления PPS** (Produktionsplaungs system), что соответствует отечественному термину АСУП (автоматизированная система управления производством), а также **систему управления качеством CAQ** (Computer Aided Qulity Control). Здесь Qulity – качество, Control – управление. В нас используется термин АСУК (автоматизированная система управления качеством).

Классификация САПР по отраслевому назначению

Машиностроительные САПР (MCAD англ. mechanical computer-aided design) — автоматизированное проектирование механических устройств. Применяются в автомобилестроение, судостроении, авиакосмической промышленности, при создании нефтегазового оборудования для добычи, транспортировки, хранения и переработки, при производстве товаров народного потребления и т.д., включают в себя разработку деталей и сборок (механизмов) с использованием параметрического проектирования на основе конструктивных элементов, технологий поверхностного и объемного моделирования. Инструментальные средства проектирования в машиностроении - это CAD/CAE/CAM системы. Они предназначены для комплексной автоматизации проектирования, конструирования и изготовления продукции машиностроения;

- САПР в области архитектуры и строительства (AEC CAD (англ. architecture, engineering and construction computer-aided design) или CAAD (англ. computer-aided architectural design)) — Используются для проектирования зданий, промышленных объектов, дорог, мостов и проч.;

- EDA (англ. electronic design automation) или ECAD (англ. electronic computer-aided design) — САПР электронных устройств, радиоэлектронных средств, интегральных схем, печатных плат и т. п.

3.2 Классификация САПР по целевому назначению и их функции (CAD, CAE, CAM)

ГОСТ 23501.108-85 устанавливает следующие признаки классификации САПР: тип объекта проектирования, разновидность объекта проектирования, сложность объекта проектирования, уровень автоматизации проектирования, комплексность автоматизации проектирования, характер выпускаемых документов, количество выпускаемых документов, количество уровней в структуре технического обеспечения.

По целевому назначению различают подсистемы САПР, которые обеспечивают различные аспекты проектирования.

- **CAD** — средства автоматизированного проектирования, в контексте указанной классификации термин обозначает средства САПР предназначенные для автоматизации двумерного и/или трехмерного геометрического проектирования, создания конструкторской и/или технологической документации, САПР общего назначения. Для обозначения данного класса средств САПР используется также термин CADD (англ. computer-aided design and drafting) — автоматизированное проектирование и создание чертежей.

Функции CAD-систем в машиностроении подразделяют на функции двухмерного (2D) и трехмерного (3D) проектирования. К функциям 2D относятся черчение, оформление конструкторской документации; к функциям 3D — получение трехмерных моделей, параметрические расчеты, реалистичная визуализация, взаимное преобразование 2D и 3D моделей.

Для современных CAD-систем характерен модульный принцип построения. Базовые модули конструкторского проектирования предназначены для твердотельного и поверхностного моделирования, синтеза конструкций из базовых элементов формы, поддерживают параметризацию и ассоциативность, проекционное черчение, выполняют разработку чертежей с простановкой размеров и допусков. Пользователь может пополнять библиотеку оригинальными моделями. Синтез трехмерных моделей сложной формы возможен вытягиванием плоского контура по нормали к его плоскости, его протягиванием вдоль произвольной пространственной кривой, вращением контура вокруг заданной оси, натягиванием между несколькими заданными сечениями. Синтез сборок выполняется вызовом или ссылкой на библиотечные элементы, их модификацией, разработкой новых деталей. Детали сборки можно нужным образом ориентировать в пространстве. Далее следует ввести ассоциативные (сопрягающие) связи.

Основными MCAD системами являются CATIA (Dassault Systemes), UNIGRAPHICS NX (Siemens PLM Software), Pro/ENGINEER (PTC), AutoCAD Inventor Professional.

Дополнительные модули конструкторского проектирования имеют более конкретную, но узкую специализацию. Примерами таких модулей могут служить модули конструирования панелей из композитных материалов, разработки штампов и литейных пресс-форм, трубопроводных систем, сварных конструкций, разводки электрических кабелей и жгутов.

CAE — средства автоматизации инженерных расчетов, анализа и симуляции физических процессов, осуществляют динамическое моделирование, проверку и оптимизацию изделий. Системы инженерного анализа предназначены для изучения поведения продукта с использованием его геометрической модели - как правило, такая модель создается в системе CAD. Благодаря развитым CAE-системам, первые же собранные в реальном цехе изделия демонстрируют все заложенные его проектировщиками характеристики и могут тут же поставаться заказчику.

Наиболее распространены CAE-системы, использующие решение систем дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов (МКЭ). Они делятся на универсальные системы анализа с использованием МКЭ и специализированные.

Функции систем инженерного анализа (CAE) довольно разнообразны, так как связаны с проектными процедурами анализа, моделирования, оптимизации проектных решений. В состав машиностроительных CAE-систем прежде всего включают программы для следующих процедур:

- ✓ анализ кинематики и динамики изделия с определением траекторий движущихся частей и действующих сил в процессе работы;
- ✓ моделирование упруго-напряженного, деформированного, теплового состояния, колебаний конструкции, определения критических нагрузок. Чаще всего выполняется в соответствии с методом конечных элементов (МКЭ);
- ✓ стационарного и нестационарного газодинамического и теплового моделирования с учетом вязкости, турбулентных явлений, пограничного слоя и т.п.;
- ✓ расчет состояний и переходных процессов на макроуровне;
- ✓ имитационного моделирования сложных производственных систем на основе моделей массового обслуживания и сетей Петри.

Примеры CAE систем моделирования полей физических величин в соответствии с МКЭ: Ansys, MSC Nastran, NX Nastran, Cosmos/M, Nisa, Moldflow, ABAQUS, LS-DYNA, MSC.ADAMS, MSC, T-FLEX Анализ.

Специализированные системы МКЭ ориентированы на конкретные виды анализа. Примерами таких систем могут служить пакеты Flotran, Fluid, предназначенные для моделирования гидро-газодинамических процессов, OPTRIS - для моделирования деформаций и др.

- **CAM** — средства технологической подготовки производства изделий, обеспечивают автоматизацию программирования и управления оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) или ГАПС (Гибких Автоматизированных Производственных Систем). Русским аналогом термина является АСТПП — автоматизированная система технологической подготовки производства. Сюда входит и задача САПР ТП - разработка технологической документации (маршрутной, операционной), доводимой до рабочих мест и регламентирующей процесс изготовления детали.

Основные функции систем технологической подготовки производства (CAM): разработка технологических процессов, синтез управляющих программ для технологического оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ), моделирование процессов обработки, в том числе построение траекторий относительного движения инструмента и заготовки в процессе обработки, генерация постпроцессоров для конкретных типов оборудования с ЧПУ (NC — Numerical Control), расчет норм времени обработки.

Примеры CAM. NX CAM — система автоматизированной разработки управляющих программ для станков с ЧПУ от компании Siemens PLM Software. *SprutCAM* — единственная российская CAM-система, и одна из немногих среди зарубежных, поддерживающая разработку УП для многокоординатного, электроэрозионного и токарно-фрезерного оборудования с учетом полной кинематической 3D-модели всех узлов в том числе. *ADEM* (англ. Automated Design Engineering Manufacturing) — российская интегрированная CAD/CAM/CAPP система, предназначенная для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП). Пакет *EdgeCAM* от компании Pathtrace. *PowerMill* – продукт компании Delcam. Функционал CAM-системы Delcam, начиная с 2011-й версии, интегрируется в среду проектирования CAD-системы SolidWorks, разрабатываемого корпорацией Dassault Systèmes SolidWorks Corp. *Mastercam* – программное обеспечение для фрезерной, токарной, электроэрозионной и деревообработки на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). Разработчик - известная американская компания CNC Software Inc., уже более 25 лет создает и совершенствует систему и является одним из мировых лидеров в CAM индустрии. Mastercam интегрирован в программные продукты фирмы АСКОН.

3.3 Классификация САПР по целевому назначению и их функции (CAPP, PDM)

- **CAPP** (англ. computer-aided process planning - автоматизированная система технологической подготовки производства) — средства автоматизации планирования технологических процессов применяемые на стыке систем CAD и CAM.

Это программные продукты, помогающие автоматизировать процесс подготовки производства, а именно планирование (написание) технологических процессов. В основном такие программы работают с базой данных технологических планов предприятия. Задача CAPP следующая: по заданной модели изделия, выполненной в CAD-системе, составить план его производства — маршрут изготовления. В этот маршрут входят сведения о последовательности технологических операций изготовления детали, а также сборочных операциях (если таковые имеются); оборудовании,

используемое на каждой операции, и инструмент, при помощи которого на операциях производится обработка. Обычно технологическая подготовка производства осуществляется в написании технологических процессов на новые изделия, или разработка техпроцессов по уже имеющейся базе типовых технологических процессов. Если говорить о автоматизации написания технологических процессов, то существует два подхода: модифицированный и генеративный.

Примеры CAPP. Tecnomatix — пакет решений для трехмерного моделирования, анализа и автоматизированной подготовки производства от компании Siemens PLM Software. Vertical - система автоматизации технологической подготовки производства от компании Ascon. Техно Про и TechnologiCS – отечественных разработок.

- Системы управления данными об изделии (**PDM системы**) используются на всех этапах проектирования, позволяя осуществлять режим коллективного проектирования, автоматизируя функции управления, связанные с этим режимом: назначение и обеспечение качества ответственности, прав доступа, ведение базы данных проекта и т.д. В первую очередь системы PDM упрощают передачу данных между отделами предприятия и доступ к информации, необходимой для работы в разных программных системах. Использование этих систем на предприятии улучшает взаимодействие подразделений, уменьшает бумажный документооборот, повышает эффективность управления.

PDM-система управляет всеми связанными с изделием информационными процессами (в первую очередь, проектированием изделия и технологией его производства), а также всей информацией об изделии - его составом и структурой, геометрическими данными, чертежами, планами проектирования и производства, нормативными документами, программами для станков с ЧПУ, результатами анализа, корреспонденцией, данными о партиях и отдельных экземплярах изделия и многим другим.

PDM-система выступает в качестве средства интеграции множества используемых на предприятии прикладных автоматизированных систем (CAD/CAM/CAE/CAPP/ERP/MRP) за счет сбора поступающей из них информации в логически единую модель на основе стандартных интерфейсов взаимодействия.

Пользователями PDM-системы могут быть все сотрудники всех предприятий-участников жизненного цикла изделия: конструкторы, технологи, работники технического архива, а также сотрудники, работающие в других предметных областях (сбыт, маркетинг, снабжение, финансы, сервис, эксплуатация и т. п.).

Наиболее типичные задачи, решаемые при помощи PDM-систем:

- электронный архив документации (конструкторской, технологической, организационно-распорядительной, проектной, нормативно-технической);
- электронный документооборот (согласование данных и документов, контроль исполнения);
- управление разработкой данных и документации (совместная работа в рабочей группе, управление составами и конфигурацией изделий);
- компьютерная система менеджмента качества;
- электронные справочники (материалы, ПКИ, стандартные изделия и т.д.).

Примеры PDM. В настоящее время наиболее известными PDM-системами являются ENOVIA и SmarTeam (Dessault Systemes), Teamcenter (Siemens PLM Software), Windchill (PTC), mySAP PLM (SAP), BaanPDM (BAAN) и российские системы Лоцман: PLM (Аскон), PDM StepSuite (НПО "Прикладная логистика"), Party Plus (Лоция Софт). Основные разработчики CAPP в машиностроении считают целесообразным предлагать комплексные системы PLM, в состав которых входят как модули CAD/CAM/CAE, так и PDM.

С помощью CAD-средств создается геометрическая модель изделия, которая используется в качестве входных данных в системах CAM, и на основе которой, в системах CAE, формируется требуемая для инженерного анализа модель исследуемого процесса.

Многие системы автоматизированного проектирования совмещают в себе решение задач относящихся к различным аспектам проектирования CAD/CAM, CAD/CAE, CAD/CAE/CAM. Такие системы называют комплексными или интегрированными.

3.4 Система автоматизированного проектирования ЛОЦМАН.

Единое информационное пространство предприятия. Задачи и проблемы

Проблемы любого предприятия заключаются в том что (рисунок 22):

- Производственные функции составляют как минимум 70% затрат.
- Из них конструкторско-технологическая подготовка производства занимает более 90% времени выполнения заказа.

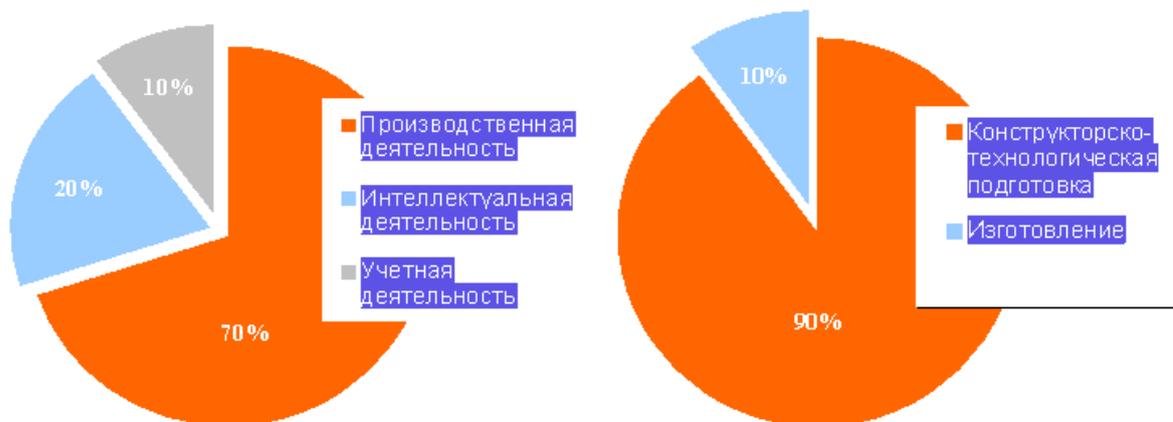


Рисунок 1 - Распределение деятельности на предприятии

Причины, почему это происходит следующие:

- Многократный ручной ввод проектных данных различными службами. Ошибки, несоответствие по составу.
- Большое количество согласований, обусловленных тем, что службы оперируют разными данными. Нет единого представления состава изделия, нет единых справочников.
- Использование только 2D-CAD — это автоматизация черчения, но не проектирования.
- Анализ собираемости, прогноз ошибок. Устранение ошибок на этапе проектирования.
- Низкий процент использования наработок из-за неудобства доступа к архиву и поиска данных.
- Абсолютная оторванность друг от друга инженерных и финансовых служб.
- Невозможность контролировать ход выполнения проекта, анализировать, устранять узкие места.
- Отсутствие инструмента для работы с типовыми изделиями и исполнениями.

Все это приводит к тому, что

- Происходит провал сроков изготовления заказа. Потеря репутации в глазах заказчиков.
- Невозможно корректно рассчитать стоимость выполнения заказа на этапе согласования с заказчиком
- Возникают сложности с сопровождением продукции после выпуска, ремонтные комплекты и т.п. Рекламации.

Оторванность всех стадий проектирования друг от друга и вызывает все эти проблемы, так как требуется достаточно много времени на взаимодействие различных служб между собой (рисунок 2.)

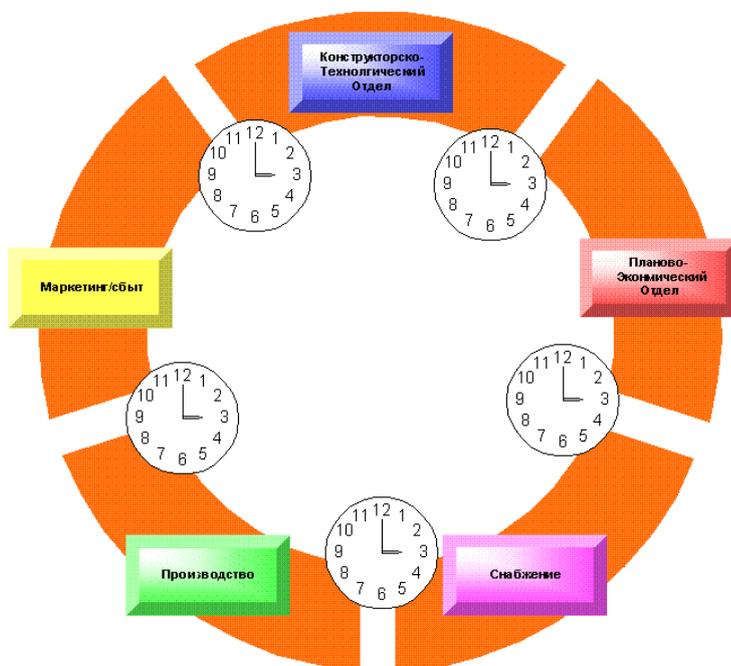


Рисунок 1 Необходимое время на взаимодействие различных служб между собой

АО АСКОН предлагает пользователям систему ЛОЦМАН, компоненты которой ориентированы на разработку чертежей и выпуск документации в различных отраслях применения (машиностроении, электроники, электротехники и т.д.).

Причем система спроектирована таким образом, что позволяет увязать все этапы проектирования между собой и таким образом при внедрении этой системы на предприятии создается полноценная компьютерно-интегрированная система (рисунок 3).

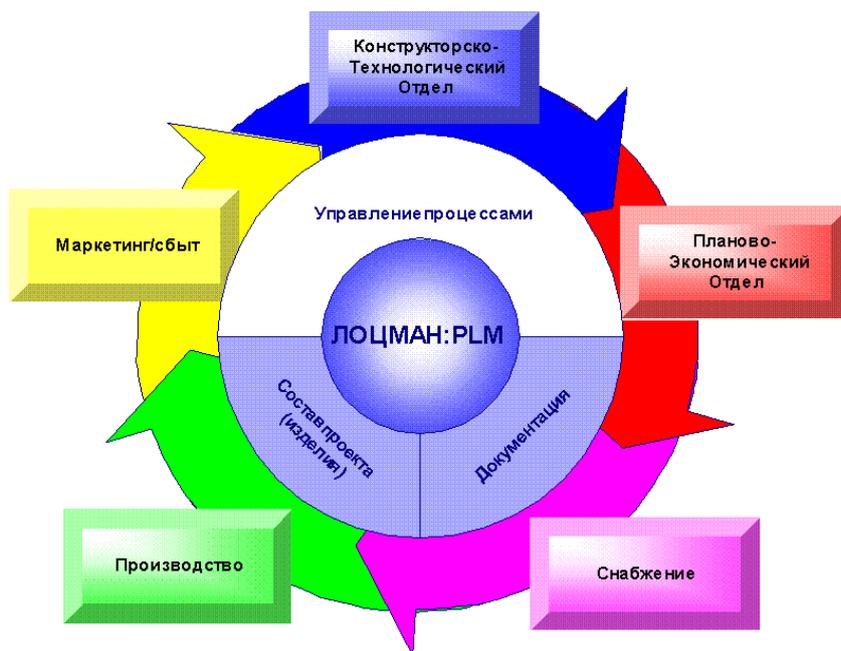


Рисунок 3 - АО АСКОН система ЛОЦМАН

Сфера компетенции АСКОН направлена на автоматизацию:

- Инженерной подготовки производства, которая включает в себя конструкторскую и технологическую части. На данной стадии происходит проектирование на базе единой справочной базы (материалы, комплектующие, единицы измерения, оборудование, операции, профессии)
- Управление предприятия. Которое включает управление и планирование производством и снабжением.

А так же тесную взаимосвязь этих двух составляющих (рисунок 4.)

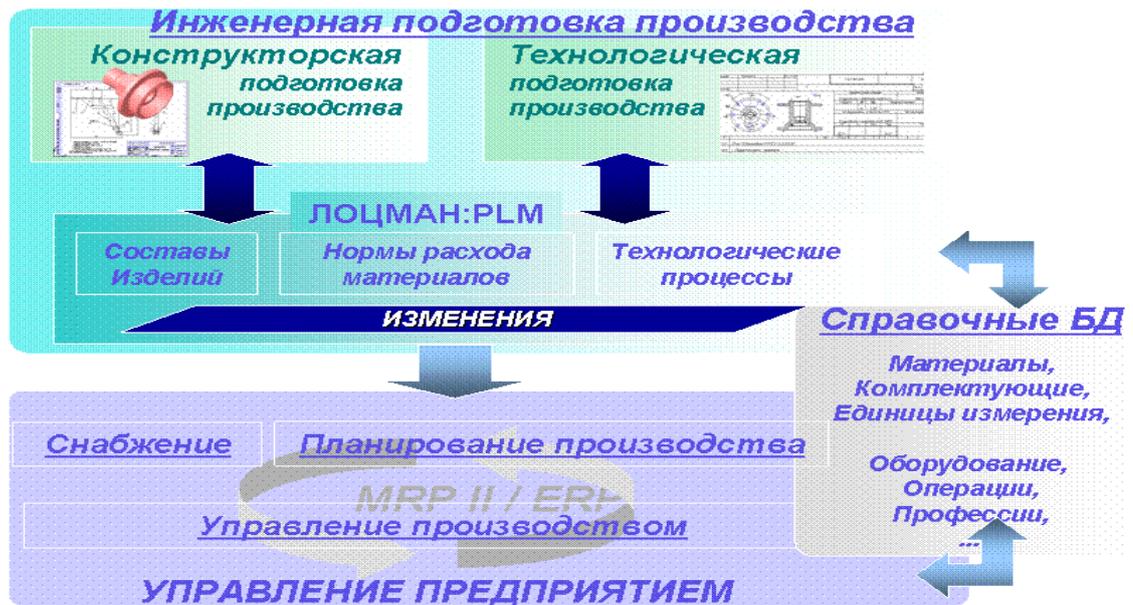


Рисунок 4 - Сфера компетенции АСКОН

ЛОЦМАН:PLM. Функциональные возможности

Система ЛОЦМАН — это открытая модульная система с возможностью наращивания ее компонентов.

Она включает в себя следующие составляющие (рисунок 5)

1. Единую справочную базу
 - материалы и сортаменты
 - стандартные изделия
2. Компас 3D
3. Компас-автопроект (вертикаль)
4. Компас-каталог
5. Модули
 - импорта
 - администрирования
 - отчетов
 - workflow
 - конфигуратор и т.д.

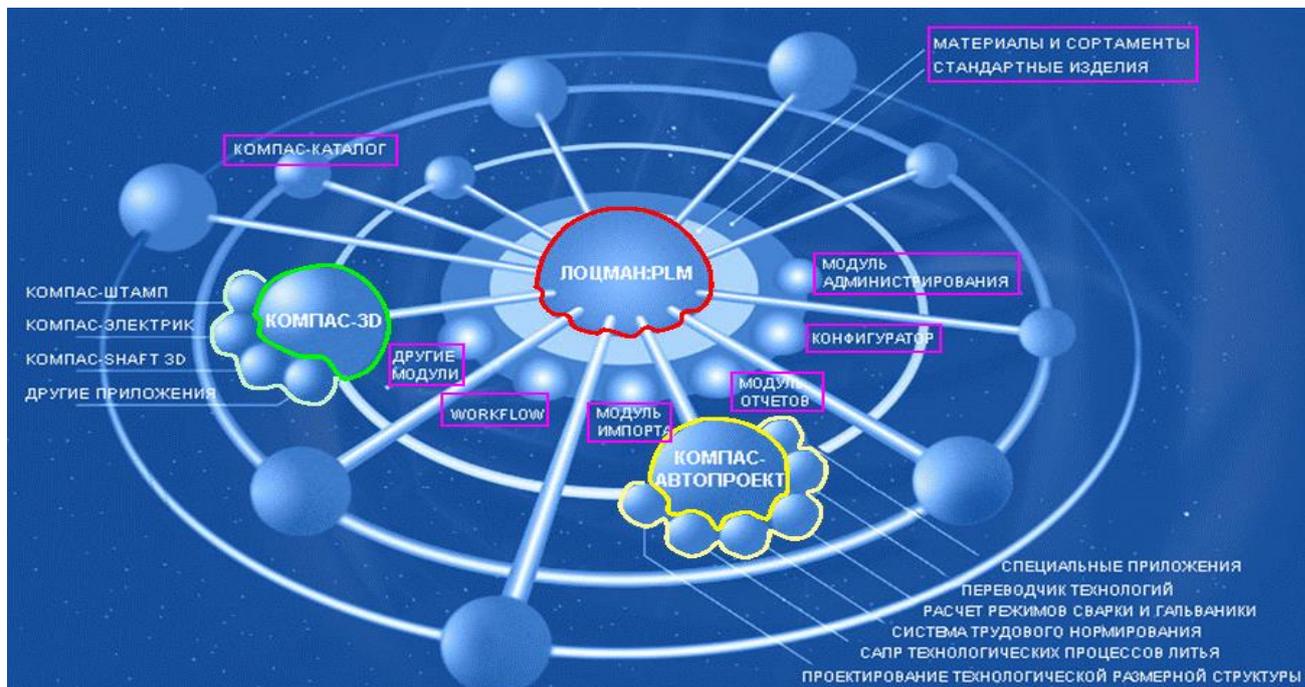


Рисунок 5 - ЛОЦМАН:PLM. Функциональные возможности

Управление инженерными данными (PDM/PLM) это:

1. Управление документами и данными
 - Хранение
 - Защита
 - Быстрый поиск
2. Управление процессами обмена документами и данными
 - Ускорение процессов обмена
 - Планирование
 - Контроль
3. Управление составом изделия (проекта)
 - Управление жизненным циклом (CALS-технологии)
 - Внутри предприятия: разработка и постановка на производство, заимствования, изменения ...
 - Вне предприятия: информационные системы эксплуатанта, электронные каталоги, ИЭТР...
 - Данные для планирования и управления производством (MRP/ERP - технологии)

Архитектура ЛОЦМАН:PLM это (рисунок 6):

- Трехзвенная распределенная архитектура Windows DNA, технология COM+повышение производительности, снижение требований к клиентским рабочим местам, гибкость, масштабируемость.
- Структура данных, регламентированная стандартами группы ISO 10303 (STEP) версии, состояния, связи...
- Внутренние средства безопасности, транзакционная модель работы с объектами: механизм Check In – Check Out
- Гибкая схема интеграции с программами-инструментами
 - схема «PDM-Интегратор-Инструмент»

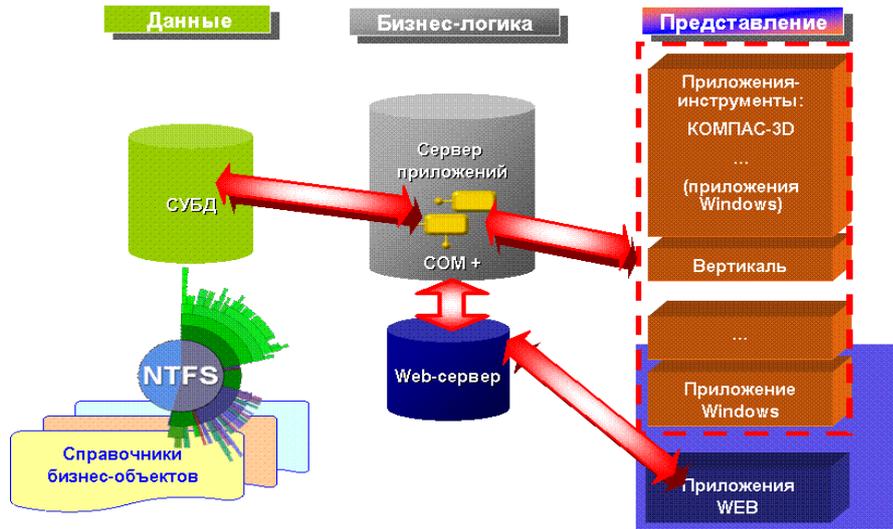


Рисунок 6 - Архитектура ЛОЦМАН:PLM

Ведение состава изделия в ЛОЦМАН:PLM (рисунок 7) это:

- Неограниченная вложенность
- Поиск любой сложности
- Любые объекты, атрибуты, состояния
- Работа с исполнениями, заменами
- Работа с версиями
- Работа с изменениями
- Работа с конфигурациями

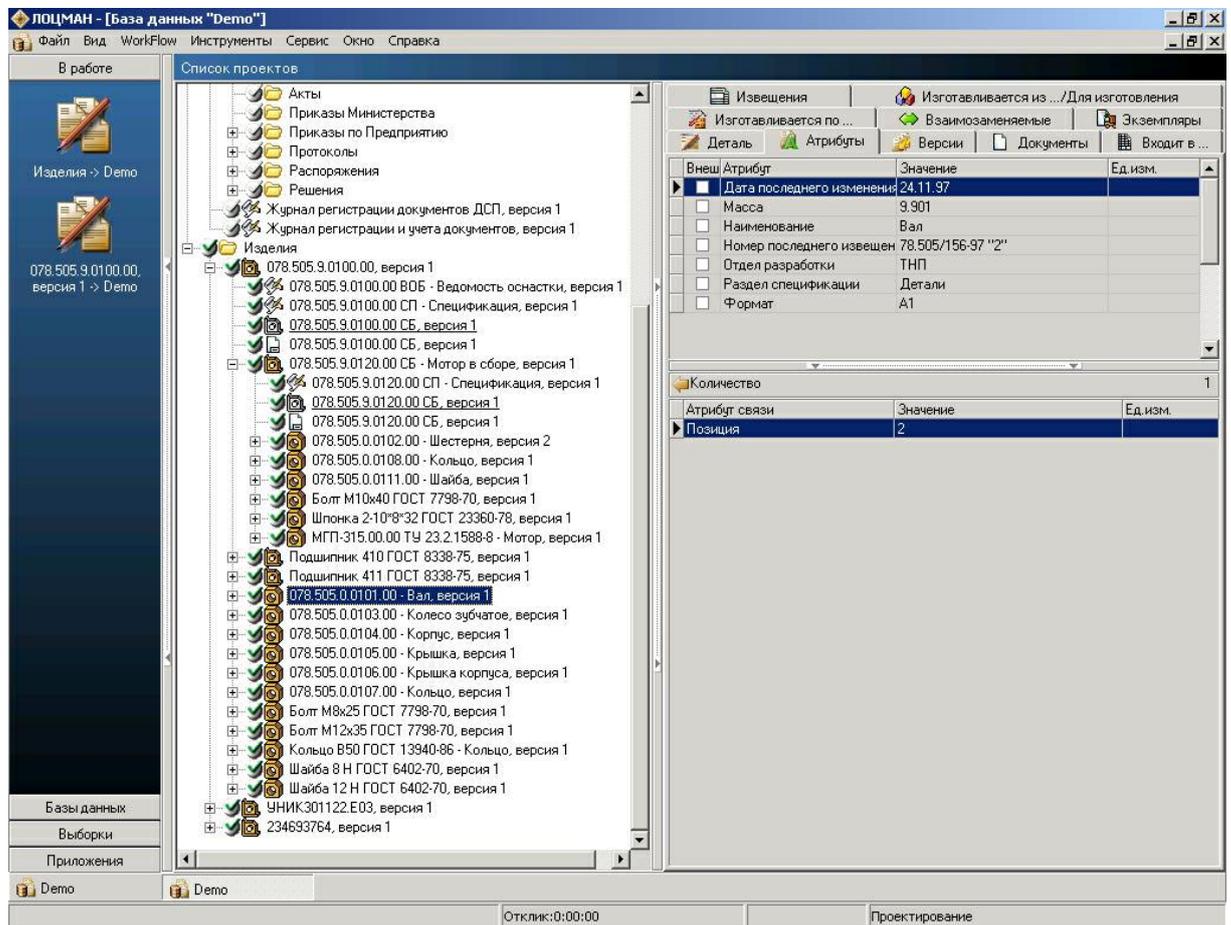


Рисунок 7 - Ведение состава изделия в ЛОЦМАН:PLM

ЛОЦМАН:PLM — электронный архив это (рисунок 8):

- Централизованное хранение
- *. * файлы, любые программы
- Надежная защита данных

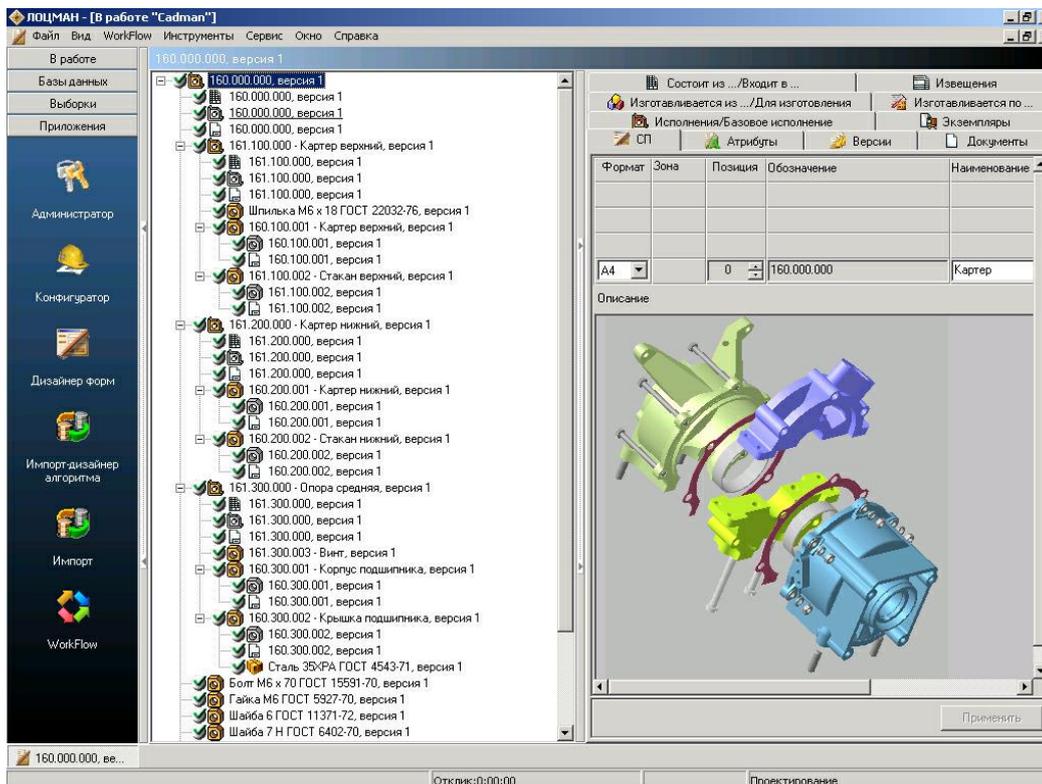


Рисунок 8 - ЛОЦМАН:PLM — электронный архив

ЛОЦМАН:PLM. Вторичное представление это возможность отслеживать изменение в составе изделия, после завершения конструкторского проектирование. При этом широко используется система пересылки сообщений для быстрого внесения изменений в конструкторскую документацию (рисунок 9).

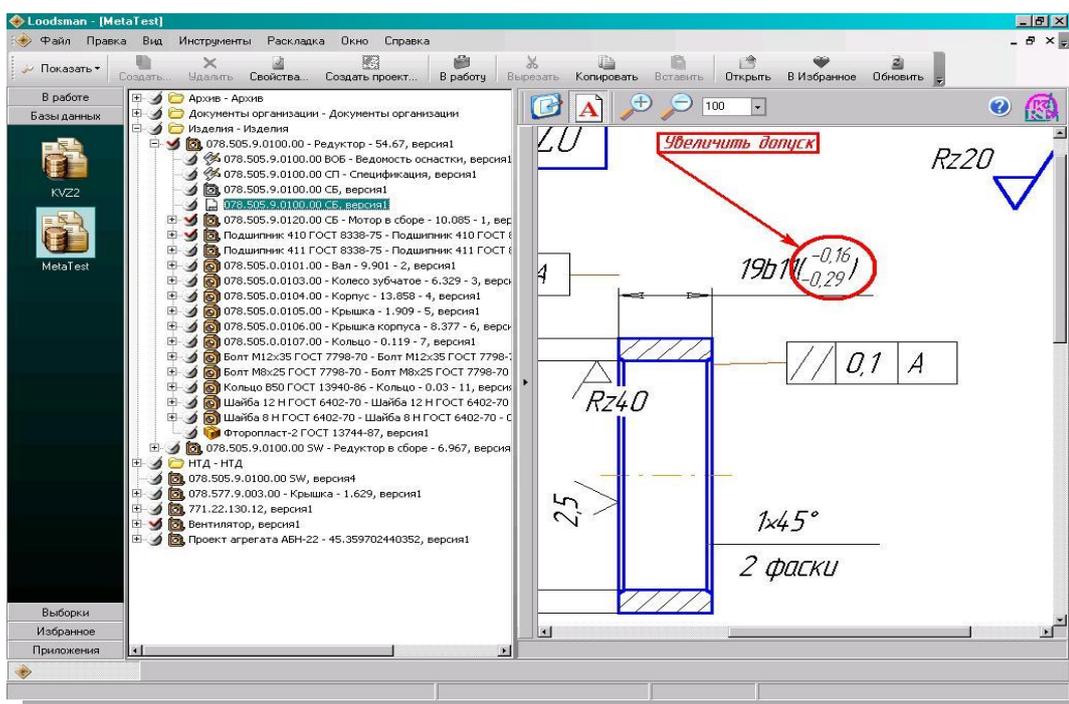


Рисунок 9 - ЛОЦМАН:PLM. Вторичное представление

ЛОЦМАН:PLM. Механизм изменений в изделиях. Выпуск ИИ позволяет централизованно просматривать все вносимые изменения (рисунок 10)

Тип извещения		Извещение об изменении (ИИ)	
Предприятие	Подразделение	Обозначение извещения	
ОАО "МОЛОТ"	ОГК	ИИ-1	
Дата выпуска	Срок изменения	Срок погашения	Обозначение ...
18.04.2005	23.04.2005		078.505.0.0101.00...
Дополнительная информация			Лист
			1
			Листов
			1
Причина	По результатам испытаний		5
Указание о заделе	использовать		
Указание о внедрении	внедрить после использования задела		
Применяемость	078.505.9.0100.00 СБ		
Разослать	Всем службам	Приложение	
Составил	Смышляев		
<input checked="" type="checkbox"/> Взять созданное извещение в работу <input checked="" type="checkbox"/> Формировать бланк извещения			
Справка		Создать извещение	
		Выход	

Рисунок 10 -ЛОЦМАН:PLM. Механизм изменений в изделиях

Все модули системы используют единые справочники:

- Материалы и Сортаменты
- Стандартные изделия

Справочник **Материалы и Сортаменты** включает в себя общее количество марок материалов составляет 4500 позиций:

- 1070 отечественных марок сталей,
- 720 зарубежных марок сталей,
- 320 марок цветных металлов и сплавов,
- 400 марок масел и смазок,
- 148 марок лаков и красок,
- 460 наименование клеев.

Справочник разработан на основе

- ISO 10303 Part 45,
- Общероссийского классификатора продукции ОК 005-93
- Действующей нормативно-технической документации

Поддержка СУБД:

- MS SQL Server
- Oracle
- InterBase
- Access

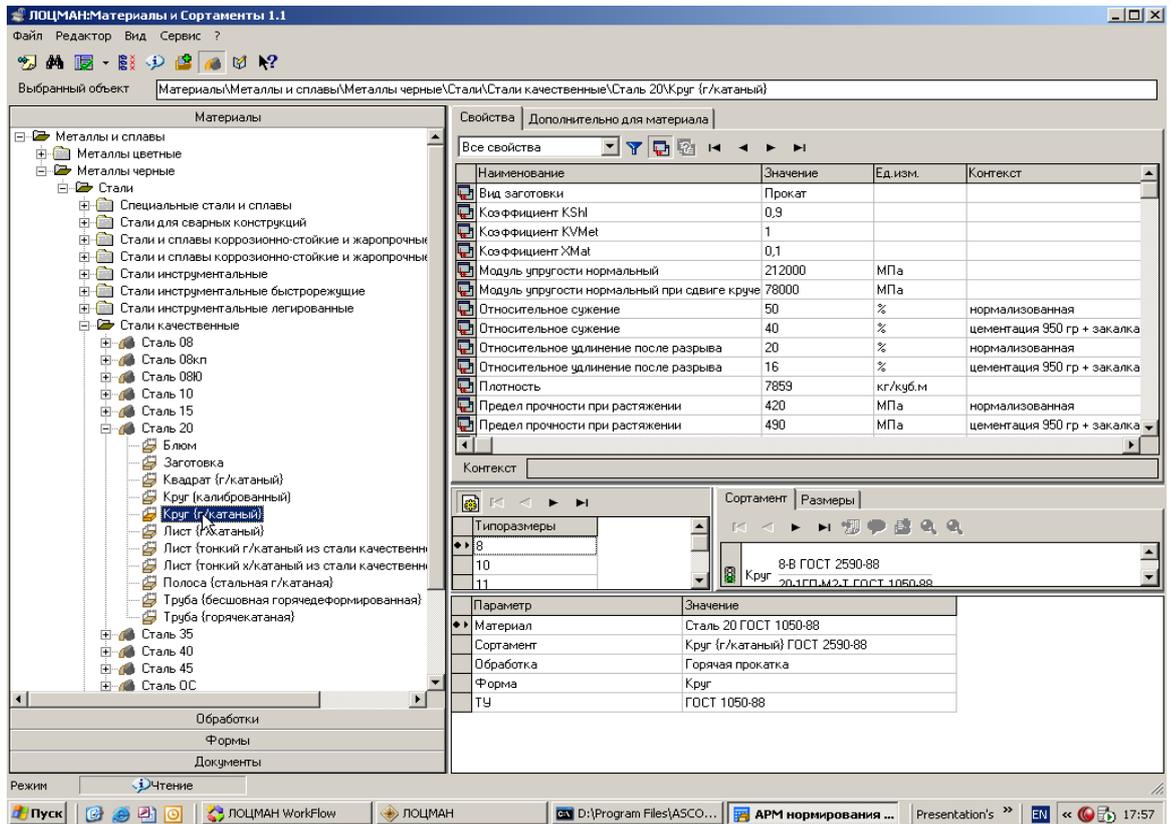


Рисунок 11 - Справочник Материалы и Сортоментаы

Справочник **Стандартные изделия** используется в среде

- КОМПАС-3D;
- КОМПАС-График;
- Solid Works®;
- Unigraphics®;
- Solid Edge®.

Справочник разработан на основе

- Стандарта ISO 13584 (Parts Library)
- Объектно-ориентированного подхода к описанию мира стандартных изделий
- Нормативной документации (ГОСТ)

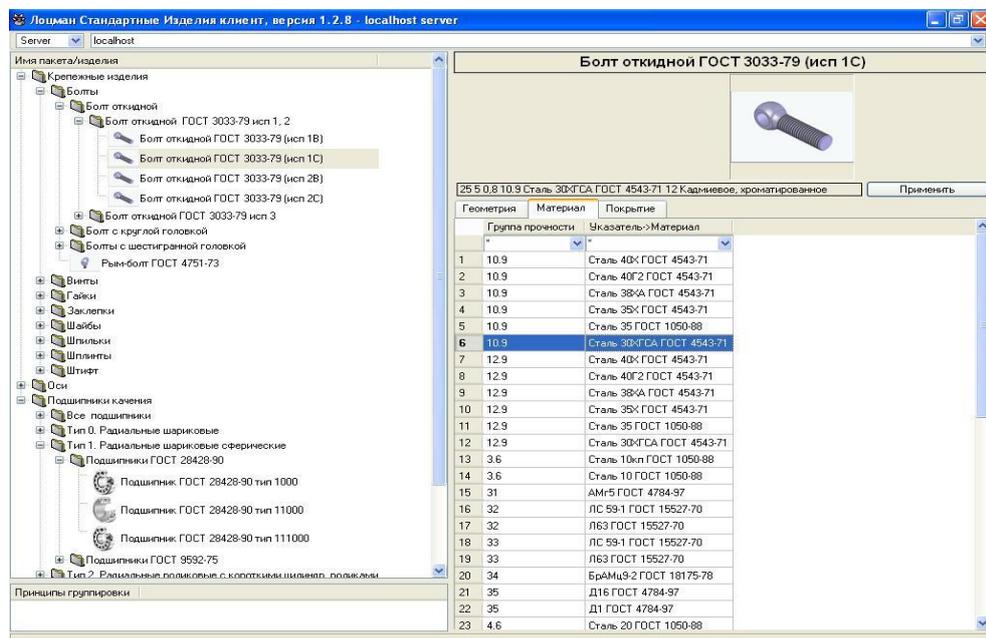


Рисунок 12 - Справочник Стандартные изделия

ЛОЦМАН:PLM. Модуль нормирования материалов позволяет автоматизировать расчет норм на материалы при механической обработке

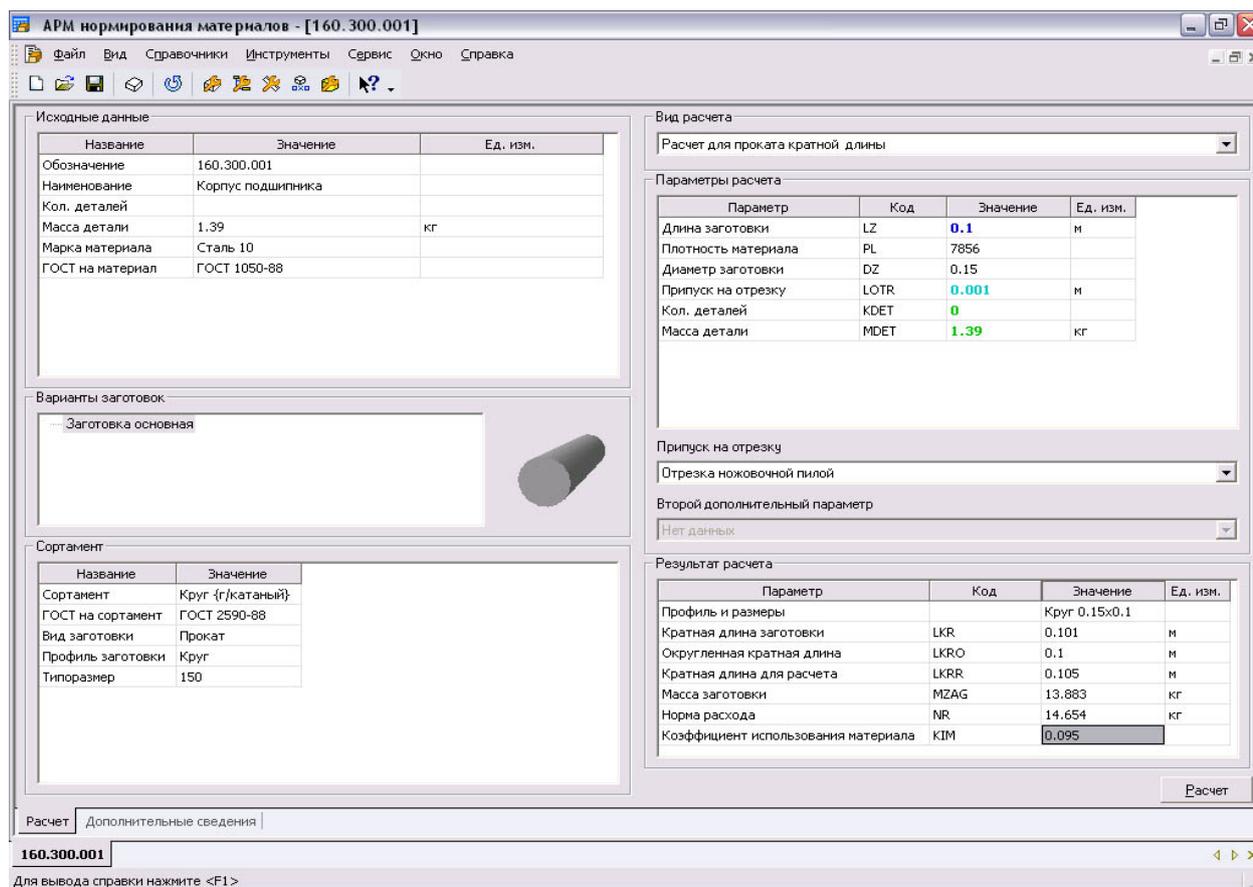


Рисунок 13 - ЛОЦМАН:PLM. Модуль нормирования материалов

ЛОЦМАН:PLM позволяет автоматизировать процесс формирования следующих отчетов:

- Спецификация конструкторская единичная форма А ГОСТ 2.106;
- Спецификация конструкторская групповая форма А,Б ГОСТ 2.113;
- Ведомость спецификаций ГОСТ 2.106;
- Ведомость покупных ГОСТ 2.106;
- Извещение об изменении ГОСТ 2.503;
- Ведомость оборудования
- Ведомость оснастки
- Ведомость технологических маршрутов
- Нормы трудоемкости
- Подетальные нормы расходов
- Перечень элементов

Модуль ЛОЦМАН:PLM. Web-интерфейс это:

- Возможность оснащения «легких» рабочих мест для служб, не занятых в непосредственной работе над проектом.
- Низкие аппаратные требования, легкость обновления.

Модуль ЛОЦМАН:PLM. WorkFlow это:

- Правильная формализация всех инженерных бизнес-процессов (задания на разработку, согласования, утверждения).
- Возможность контроля хода выполнения заданий.
- Полная информация о степени готовности проекта
- Интегрированная служба почтовых сообщений.
- Хранение истории согласований и контактов по каждому элементу проекта.

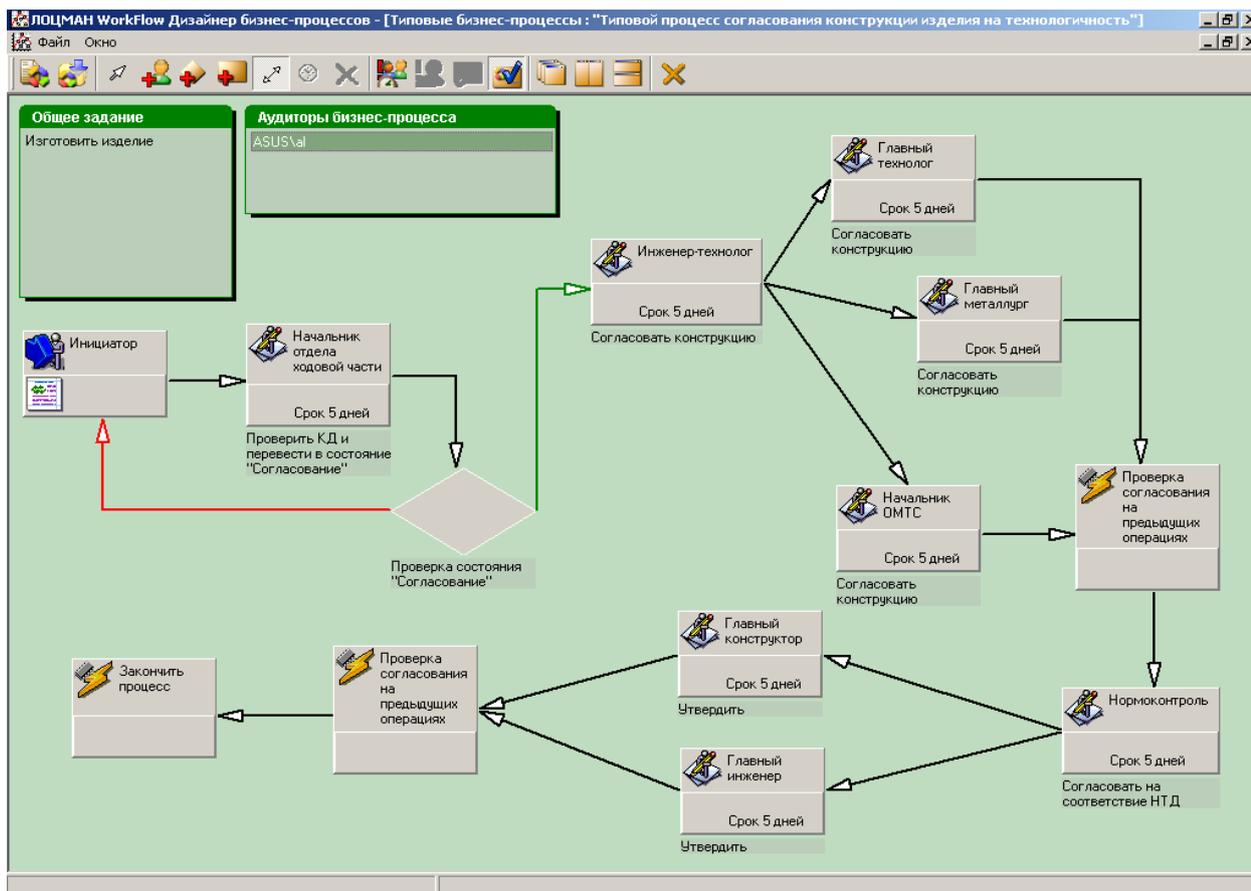


Рисунок 14 - ЛОЦМАН:PLM. Workflow

Эффект от автоматизации производственных процессов

- Сокращение сроков разработки/модернизации изделий и постановки их на производство
 - Точный расчет себестоимости
 - Снижение складских остатков, заделов, неликвидов
 - Повышение оборачиваемости средств предприятия
 - Увеличение прибыли
- Повышение степени унификации конструкторских и технологических решений
- Обеспечение сохранности электронной технической информации
- Отсутствие необходимости многократного ввода одних и тех же данных
- Единые справочники
- Возможность быстрого обмена упорядоченной технической информацией с другими предприятиями
- Возможность формирования электронных каталогов и ИЭТР
- Повышение общей культуры производства. Повышение привлекательности для молодых специалистов
- Сокращение ошибок проектирования на 50%
- Уменьшение необоснованного номенклатурного разнообразия деталей на 20%
- Сокращение на 40% потерь времени на поиск нужной проектной информации
- Уменьшение на 15% количества инженерных переделок
- Сокращение циклов разработки на 30-50%
- Сокращение времени и улучшение точности при передаче информации от конструкторских подразделений в инженерные производственные службы на 40%

3.5 Основные системы компьютерно-интегрированного производства

Самостоятельное использование систем CAD, CAM дает экономический эффект. Но он может быть существенно увеличен их интеграцией посредством CAPP. Такая **интегрированная система CAD/CAM** на информационном уровне поддерживается единой базой данных. В ней хранится информация о структуре и геометрии изделия (как результат проектирования в системе CAD), о технологии изготовления (как результат работы системы CAPP) и управляющие программы для оборудования с ЧПУ (как исходная информация для обработки в системе CAM на оборудовании с ЧПУ) – рисунке 15.

Основные преимущества интегрированных систем можно сгруппировать в следующие категории:

1. Качество интегрированных систем (ИС) может оказаться мощным средством как для установления требований к продукции, так и для измерения того, насколько хорошо эти требования удовлетворяются. Например, экспертные системы могут дать уверенность, что требования, установленные для каждой новой продукции, соответствуют общим стандартам и совместимы с другой продукцией фирмы. Система просто не позволит инженеру-проектировщику забыть или нарушить спецификацию. Когда дело касается измерения качества продукции, ИС может служить для того, чтобы:

- Обеспечить данные для статистики системы контроля производства;
- Обеспечить данные для оборудования лабораторного тестирования;
- Проводить аппаратный контроль измерения с использованием станков с ЧПУ.

2. Потребительская стоимость. Получение максимума за ваши деньги. Чем ближе продукция была спроектирована к требованию клиента, тем охотнее он будет платить деньги.

3. Время разработки. Если проанализировать, где теряют время инженеры, то обнаружится, что много времени уходит на поиск и получение информации, необходимой для проектирования продукции. Очень часто не хватает достаточно точной информации для выполнения инженерной работы. Если недоступна хорошая возможность компьютерного моделирования, то много времени уходит в ожидание проверки прототипов и их передел, и проверки снова и снова.

4. Автоматизация – тип детального проектирования (в части чертежных работ) позволяет избежать многочисленных разнообразных ошибок (размеры, не согласующиеся между собой на проекциях, отсутствуют информации о детали).

5. Поддержка производственной технологии. Многие из современных, производственных технологий не могут быть эффективно реализованы без интегрированных САПР-АСТПП. Это касается роботов, гибких производственных систем.

6. Сокращение ошибок и удобство внесения инженерных изменений.

7. Широкие вычислительные сети, связи предприятия.

Современное предприятие в своей деятельности связано со многими другими предприятиями – смежниками, поставщиками комплектующих изделий, заказчиками и т.д. Время согласования производственных вопросов с ними влияет на общее время выполнения заказа, а его уменьшение требует в первую очередь автоматизации общих информационных потоков. Такая совокупность организационно самостоятельных организаций, но информационно связанных между собой для выполнения определенных заказов представляет собой виртуальное предприятие. Для создания нового особо сложного наукоемкого изделия нужна первоначальная разработка модели реализующего его виртуального предприятия. Она должна включать все необходимые ресурсы для его создания и состав производства и предприятий для их реализации. Программно-технической поддержкой такой организации является локальная сеть предприятия либо сеть Intranet виртуального предприятия с общим доступом к базам данных и знаний.

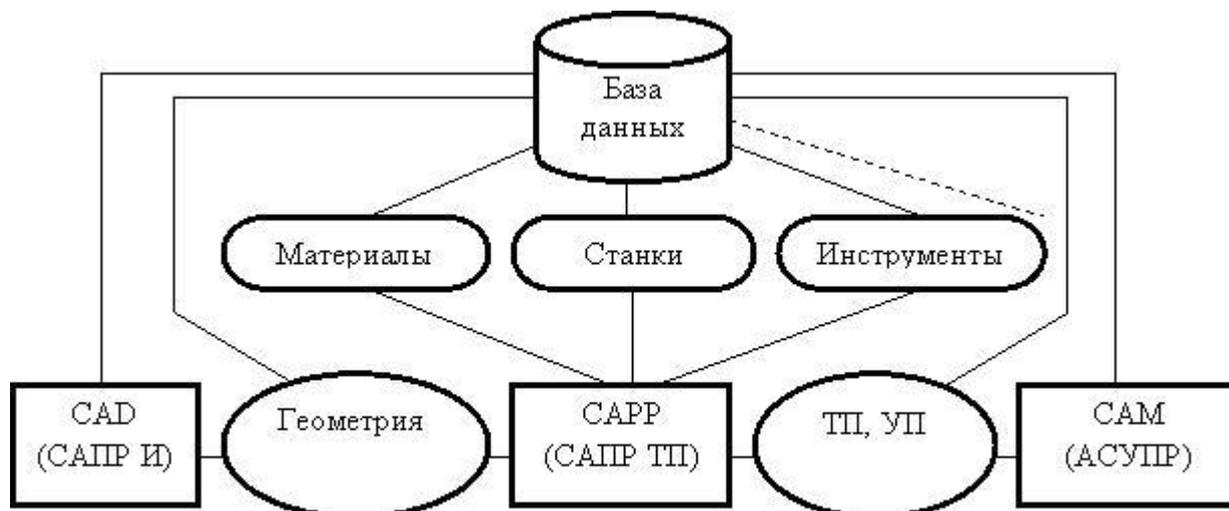


Рисунок 15 - Элементы интегрированной схемы



Рисунок 16 - Основные системы компьютерно-интегрированного производства

Основные системы компьютерно – интегрированного производства (КИП) показаны на рисунке 16.

Этапы создания изделий могут перекрываться во времени, т.е. частично или полностью выполняться параллельно. На рисунке 2 показаны лишь некоторые связи этапов жизненного цикла изделий и автоматизированных систем. Так, например, автоматизированная система управления качеством взаимосвязана практически со всеми этапами жизненного цикла изделия.

В настоящее время основной тенденцией в достижении высокой конкурентоспособности предприятий является переход от отдельных замкнутых САПР и их частичного объединения к **полной интеграции** технической и организационной сфер производства. Такая интеграция связывается с внедрением модели компьютерно – интегрированного производства (КИП) или в западной версии CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Информационная структура компьютерно–интегрированного производства показана на рисунке 17.

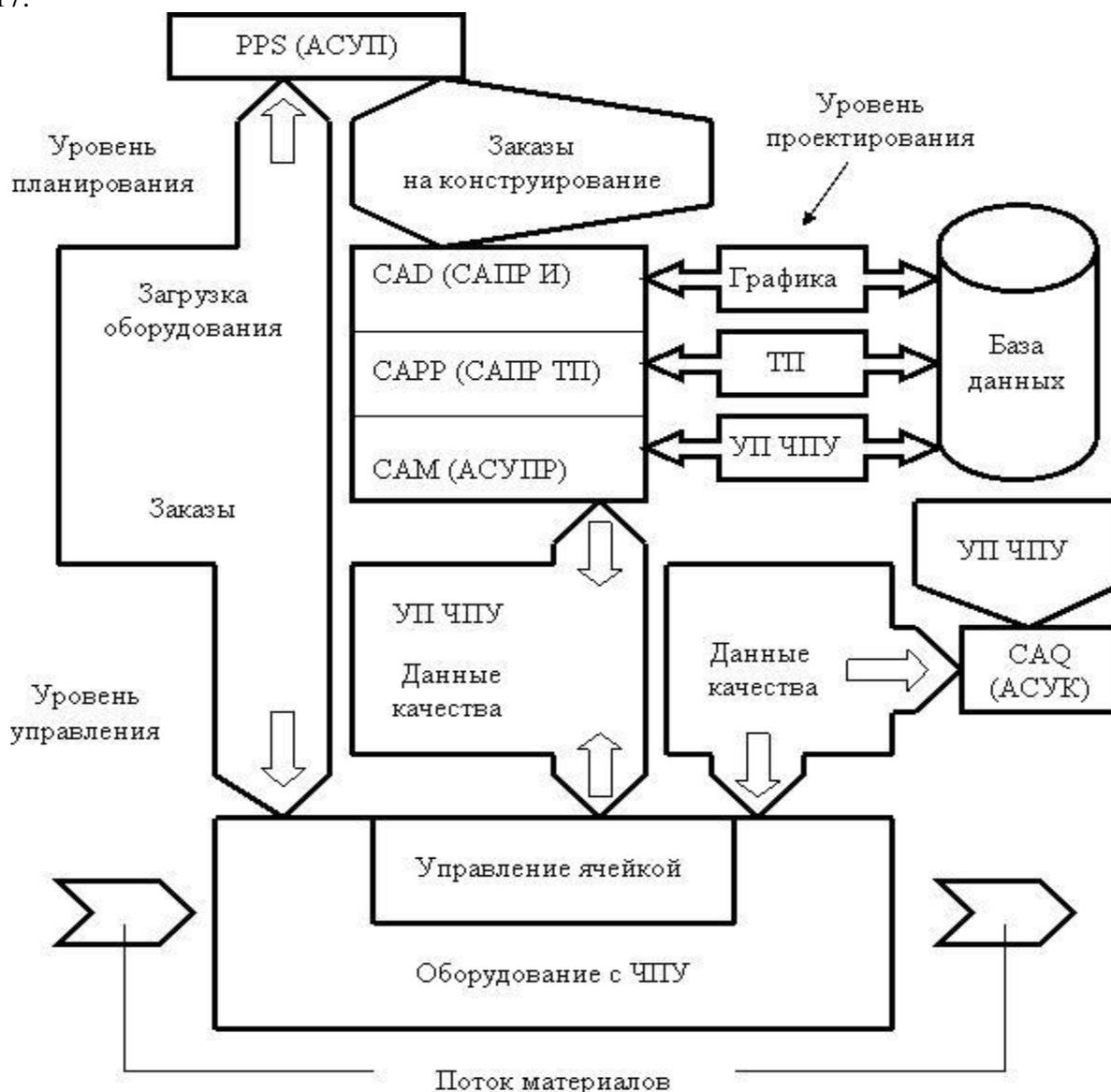


Рисунок 17 - Информационная структура компьютерно-интегрированного производства

В структуре компьютерно–интегрированного производства выделяются три основных иерархических уровня:

1. **Верхний уровень (уровень планирования)**, включающий в себя подсистемы, выполняющие задачи планирования производства.
2. **Средний уровень (уровень проектирования)**, включающий в себя подсистемы проектирования изделий, технологических процессов, разработки управляющих программ для станков с ЧПУ.
3. **Нижний уровень (уровень управления)** включает в себя подсистемы управления производственным оборудованием.

Построение компьютерно–интегрированного производства включает в себя решение следующих проблем:

- **информационного обеспечения** (отход от принципа централизации и переход к координированной децентрализации на каждом из рассмотренных уровней как путем сбора и накопления информации внутри отдельных подсистем, так и в центральной базе данных);
- **обработки информации** (стыковка и адаптация программного обеспечения различных подсистем);
- **физической связи подсистем** (создание интерфейсов, т.е. стыковка аппаратных средств ЭВМ, включая использование вычислительных систем).

Внедрение компьютерно–интегрированного производства значительно сокращает общее время прохождения заказов за счет:

- уменьшения времени передачи заказов с одного участка на другой и уменьшения времени простоя при ожидании заказов;
- перехода от последовательной к параллельной обработке;
- устранения или существенного ограничения повторяемых ручных операций подготовки и передачи данных (например, машинное изображение геометрических данных можно использовать во всех отделах, связанных с конструированием изделий).

3.6 Стратегии проектирования

При «ручном» проектировании, а особенно при создании (использовании) САПР важно иметь четкое представление, с использованием какой (каких) стратегий они проектируются. Стратегия проектирования определяет методику его проектирования. Правильный выбор стратегии проектирования чрезвычайно важен (особенно в САПР). Это определяет эффективность САПР. Ниже приведены некоторые стратегии проектирования (рисунки 18 – 22).

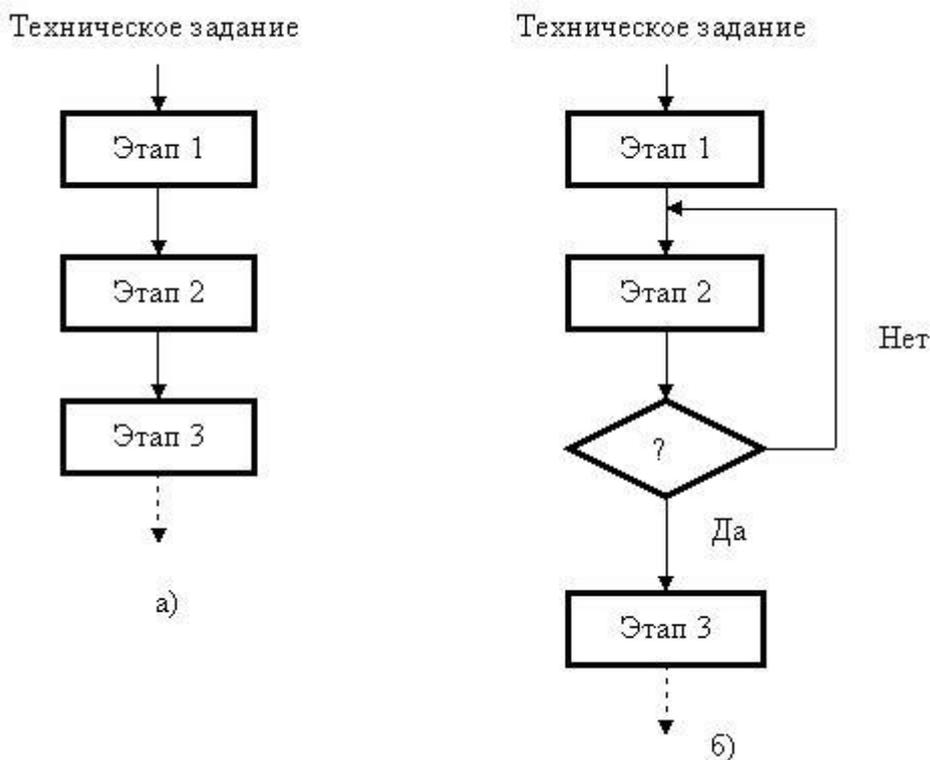


Рисунок 18 - Линейная (а) и циклическая (б) стратегии проектирования

В идеале необходимо стремиться к выбору или разработке линейной стратегии проектирования. Она является идеальной особенно при проектировании с использованием ЭВМ. Эта стратегия имеет минимальную трудоемкость, максимальную надежность.

Циклическая стратегия (схема с петлями) характерна для многих программ ЭВМ и носит название итерационного процесса. Другими словами это процесс последовательного приближения к цели путем улучшения разрабатываемых вариантов.

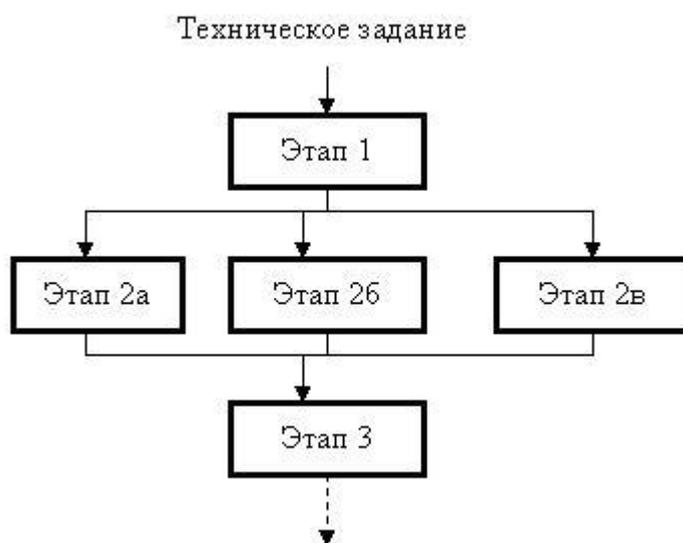


Рисунок 19- Разветвленная стратегия проектирования



Рисунок 20 -Адаптивная стратегия проектирования

Наличие параллельных этапов в разветвленной стратегии очень выгодно. Это позволяет сократить сроки проектирования.



Рисунок 21 - Стратегия случайного поиска

В адаптивных стратегиях проектирования с самого начала определяется только первое действие. В дальнейшем выбор каждого последующего действия зависит от результатов предыдущего. В принципе это самая разумная стратегия, т.к. схема поиска определяется на основе наиболее полной информации. Эта стратегия используется при создании систем искусственного интеллекта.

Стратегия случайного поиска отличается абсолютным отсутствием плана. Она используется в новаторском проектировании, например, при разработке новых процессов.

Необходимо добиваться максимальной линейаризации процесса проектирования с включением параллельных этапов, а цикличность стараться исключать, особенно на верхних уровнях проектирования. К сожалению, из-за недостаточной информации часто не удается задать линейную стратегию, которая особенно целесообразна в САПР.

Стратегия проектирования может детализироваться от одного уровня проектирования к другому. На определенных этапах проектирования приходится вводить методы управления стратегией (рисунок 22).



Рисунок 22 - Управление стратегией проектирования

Целесообразно процесс проектирования разбивать на частные задачи. Результат выполнения каждой задачи оформляется в виде технического задания, которое дает информацию о последующем плане (стратегии) ее детализации (дальнейшего решения).