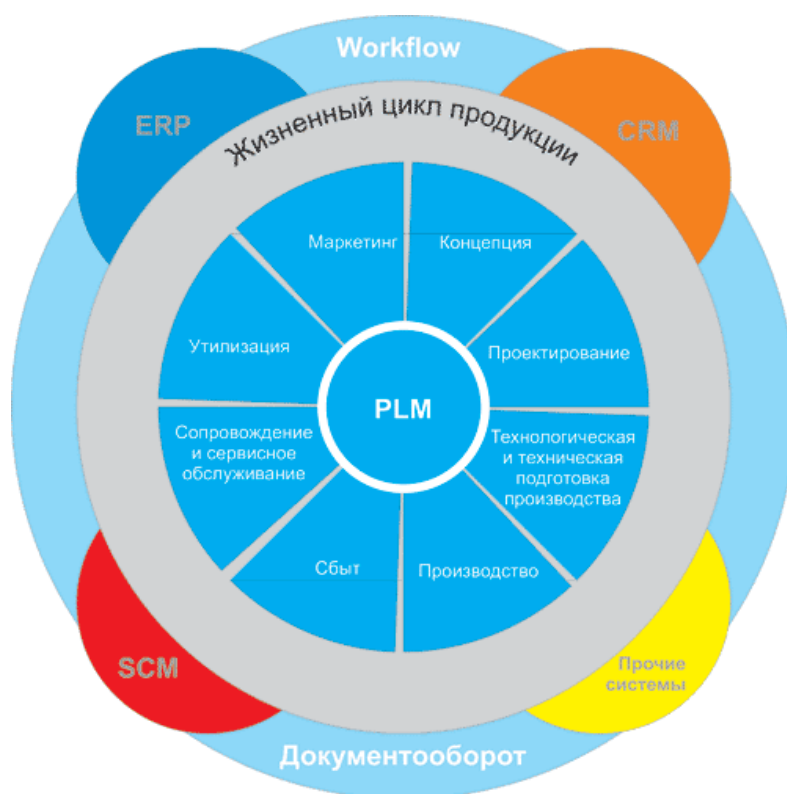


Трушников М.А.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОДУКЦИИ



Волжский

2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

М.А.Трушников

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОДУКЦИИ

Электронное учебное пособие



2017

УДК 681.3(07)
ББК 31я73
Т 804

Рецензенты

Доцент ФГБОУ ВО «ВолгГТУ», канд. тех. наук
А.Г. Алехин,

Преподаватель Волжского политехнического техникума
Б.Г. Севастьянов

Издается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Трушников, М.А.

Автоматизированные системы управления жизненным циклом продукции
[Электронный ресурс]: учебное пособие / М.А. Трушников ; ВПИ (филиал)
ВолгГТУ.- Электрон. текстовые дан. (1 файл:4,38 МБ). – Волжский, 2017. -
Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-9948-2694-2

В учебном пособии изложены общие сведения об автоматизированных системах
управления жизненным циклом продукции.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлениям 15.03.04 "Автоматизация технологических процессов и производств", 15.04.04 "Автоматизация технологических процессов и производств», всех форм обучения.

Ил. 28, табл. 1, библиограф.: 11 назв.

ISBN 978-5-9948-2694-2

© Волгоградский государственный
технический университет, 2017
© Волжский политехнический
институт, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. СОЗДАНИЕ, ВНЕДРЕНИЕ И ИНТЕГРАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ	5
1.1 Концепция комплексной информационной поддержки жизненного цикла изделий ..	5
1.2. Экономические предпосылки CALS/ИПИ/PLM.....	7
1.3. Основные этапы жизненного цикла изделий и его автоматизация	10
1.4. Концепция, стратегия и базовые принципы CALS/ ИПИ /PLM	18
1.5. CALS/ ИПИ /PLM –технологии.....	26
2. ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ ОБ ИЗДЕЛИИ В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ.....	28
2.1. Электронный документ	28
2.2. Электронная цифровая подпись (ЭЦП)	30
2.3. Электронная модель изделия.....	32
2.4. Стандарт STEP и язык EXPRESS	34
3 ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ ОБ ИЗДЕЛИИ.....	41
3.1. PDM-технологии и системы	42
3.2. PDM-система как инструмент интеграции автоматизированных систем поддержки ЖЦИ	46
3.3 Основные функциональные возможности PDM-системы	51
4 МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ.....	62
ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СРЕДЕ PDM.....	62
4.1 PDM-система как основная рабочая среда персонала комплексной автоматизированной системы	67
4.2 Применение PDM для повышения эффективности технологической подготовки производства.....	69
5 ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РУКОВОДСТВА	73
5.1 Классы ИЭТР.....	80
5.2 Языки разработки электронных документов	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	84

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Автоматизированные системы управления жизненным циклом продукции» изучается в 8-м семестре и является одной из завершающих при подготовке инженеров-бакалавров по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

Дисциплина нацелена на подготовку студентов к:

- разработке и исследованию средств и систем автоматизации и управления различного назначения, в том числе жизненным циклом продукции и ее качеством, применительно к конкретным условиям производства на основе отечественных и международных нормативных документов;
- исследованию в области проектирования и совершенствования структур и процессов промышленных предприятий в рамках единого информационного пространства;
- исследованию с целью обеспечения высокоэффективного функционирования средств и систем автоматизации, управления, контроля и испытаний заданным требованиям при соблюдении правил эксплуатации и безопасности.

Изучение курса основывается на дисциплинах общетехнического (профессионального) цикла подготовки бакалавров технических наук по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств».

1. СОЗДАНИЕ, ВНЕДРЕНИЕ И ИНТЕГРАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

1.1 Концепция комплексной информационной поддержки жизненного цикла изделий

Одной из главных тенденций развития компьютерных технологий в современной промышленности является комплексная автоматизация всего жизненного цикла продукции. Методологической основой для пропаганды и развития идей комплексной автоматизации и интеграции в настоящее время выступает стратегия CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support — непрерывное развитие и поддержка жизненного цикла продукции на основе новых информационных технологий), получившая в России название ИПИ (Информационная поддержка производства изделий) [1, 2]. Многие подходы и средства CALS/ИПИ, которые изначально создавались для компьютеризации жизненного цикла военных заказов, оказались весьма действенным средством для сокращения сроков и повышения эффективности разработки практически любых промышленных изделий.

В индустриально развитых странах достижения комплексной автоматизации широко используются в сложном машиностроении (авиа-, авто- и пр.), где в цепочке прикладных систем, поддерживающих этапы жизненного цикла изделия, в наибольшей мере разработаны технологии интеграции для CAD/CAM/CAE- систем. Практически все ведущие фирмы-разработчики САПР в настоящее время активно создают собственные средства управления инженерными данными, и к аббревиатуре, обозначающей область интересов фирм, занимающихся автоматизацией промышленности, прочно добавилась еще одна компонента (.../PDM — Product Data Management). Причем

зарубежные коммерческие фирмы-интеграторы не стали использовать рожденный в военном ведомстве НАТО термин CALS, который также хорошо прижился в отечественных стандартах, а предложили свою аббревиатуру PLM (Product Life Cycle Management). [3]

В отличие от термина CALS/ИПИ, который стандартом определяется исключительно как методология, аббревиатура PLM используется производителями САПР и для обозначения методики (так называемое «расширенное определение PLM» показано на рис. 1.1 и для обозначения конкретной автоматизированной системы, разработанной для определенного предприятия. В этом случае пишется: «PLM-решение» или «PLM-система» (рис. 1.2).

Создание PLM-системы – это достаточно длительный процесс, затрагивающий деятельность большинства служб и подразделений предприятия. Задачи, решаемые с помощью CALS/ ИПИ /PLM-технологий, выходят далеко за рамки автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства, а на одно из ведущих мест ставятся проблемы управления информацией, создаваемой и используемой в процессах проектирования, производства и эксплуатации, в том числе автоматизация производственной логистики и управления качеством выпускаемой продукции.

Достаточно серьезным основанием для внедрения и развития на предприятии сложной и дорогостоящей автоматизированной системы могут быть только научно подтвержденные исследования, функциональные модели, профессиональный проект системы и веские экономические предпосылки.

1.2. Экономические предпосылки CALS/ИПИ/PLM

С конца прошлого века на мировом рынке изделий машиностроения наметился ряд объективных тенденций, в значительной мере определяющих направление развития материального производства, в том числе следующие [2]:

1. Повышение сложности и ресурсоемкости изделий. Промышленные изделия становятся все более развитыми по своей структуре, составу и используемым для их изготовления технологиям. Усложнение изделий и технологий в свою очередь приводит к повышению потребностей в ресурсах, необходимых для их разработки, производства и эксплуатации.

2. Усиление конкуренции на рынке. Одновременно с увеличением сложности изделий увеличивается конкуренция между их производителями, которая вызывает снижение прибыли и рентабельности производства.

3. Расширение и углубление кооперации между участниками производственного цикла, возникшее как следствие глобализации экономики и развития разделения труда. Для создания и продвижения на рынок промышленных изделий приходится объединять усилия разрозненных и удаленных разработчиков, производителей и поставщиков. Благодаря развитию средств коммуникации и глобальных компьютерных сетей все шире применяются так называемые «виртуальные предприятия» (ВП) и организации. Все более острой и актуальной для каждого производителя становится проблема повышения конкурентоспособности своих изделий. Для достижения этой жизненно необходимой цели задействуются все возможные средства и методы. Наиболее известными организационно-техническими методами повышения эффективности производства являются следующие (см. рис. 1.1):



Рис. 1.1 - Организационно-технические методы и технологии повышения эффективности жизненного цикла изделий

- «Всеобщее управление качеством» (Total Quality Management — TQM)
- «Управление ресурсами предприятия» (Enterprise Resource Planning — ERP).

Сюда же мы будем относить и эволюционных предшественников ERP, методы «управление потребностью в материалах» (MRP — Material Requirements Planning) и управление производственными ресурсами» (MRP-II — Manufacturing Resource Planning). [3]

В ряду современных методов повышения конкурентоспособности производства свое место прочно заняла и методология информационной поддержки жизненного цикла изделий CALS/ ИЛИ.

Методология CALS/ИПИ/PLM хорошо сочетается с первыми двумя методами. В этом случае PDM-система выступает как инструмент автоматизации управления качеством, а ее информационные базы содержат полный набор инженерных данных об изделиях, необходимых для успешного функционирования ERP-системы.



Рис. 1.2 - Место PLM-системы и автоматизированных систем управления в жизненном цикле изделия

1.3. Основные этапы жизненного цикла изделий и его автоматизация

Согласно определению, приведенному ГОСТ Р ИСО 9000, жизненный цикл продукции (ЖЦ) — это совокупность процессов, выполняемых от момента выявления потребностей общества в определенной продукции до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации этой продукции. [3]

Существуют различные модели жизненного цикла продукции, самая полная из которых насчитывает 11 этапов:

- маркетинг и выявление потребности в продукции;
- проектирование и разработка продукции;
- планирование и разработка процессов производства;
- закупки материалов и комплектующих;
- производство или предоставление услуг;
- упаковка и хранение изделий;
- реализация продукции;
- монтаж и ввод в эксплуатацию;
- техническая помощь и сервисное обслуживание;
- послепродажная деятельность или эксплуатация;
- утилизация и переработка в конце полезного срока службы.

Иногда пользуются обобщенным перечнем этапов ЖЦИ, в котором выделяют следующие стадии:

- маркетинг;
- проектирование и разработка (включая технологическую подготовку производства);
- производство (включая закупки и испытания);

- поставка продукции (включая упаковку, хранение, доставку и монтаж);
- эксплуатация (включая техобслуживание, ремонт и утилизацию).

Согласно стандартам ИСО продукция представляет собой результат некоторой деятельности или выполненных процессов. При этом определяется четыре общие категории продукции:

- технические средства, к которым относятся отдельные изделия определенной формы;
- обработанные материалы — изделия, являющиеся результатом преобразования сырья в желаемое состояние;
- услуги — итоги непосредственного взаимодействия поставщика и потребителя и внутренней деятельности поставщика по удовлетворению потребностей потребителя;
- программное обеспечение.

Для изделий машиностроения подходит первая категория, а последняя из перечисленных категорий продуктов принципиально важна для компьютерных технологий. Кстати, при создании автоматизированных систем часто используется понятие «жизненный цикл программного обеспечения». [3]

Доказано, что необходимая эффективность от внедрения компьютерных технологий и компьютерного моделирования может быть получена именно при их реализации в составе комплексной системы информационной поддержки жизненного цикла изделий, так как многообразие процессов ЖЦ и необходимость их интенсификации требуют активного информационного взаимодействия субъектов, участвующих в их осуществлении и поддержке.

С усложнением изделий и ростом числа участников ЖЦ нелинейно растет объем создаваемой, обрабатываемой и передаваемой информации. Если не использовать средства автоматизации, то эффективность бизнес-процессов снижается вплоть до недопустимо низких показателей качества и эффективности производства.

Информационное сопровождение ЖЦ характеризуется следующими принципиальными особенностями:

- в отличие от локальной автоматизации отдельных рабочих мест и процессов решаются задачи комплексной автоматизации всех этапов и информационной интеграции всех подсистем;
- объекты автоматизации выходят за границы отдельного предприятия, участники информационного взаимодействия могут быть территориально удалены друг от друга и располагаться в разных городах и даже странах;
- комплексные модели изделий отличаются большой разнородностью состава, включающего маркетинговые, конструкторские, технологические, производственные данные, а также, возможно, и данные об эксплуатации изделий и т.д.;
- используются преимущественно стандартные способы и технологии передачи данных, открытые архитектуры программного обеспечения и международные стандарты описания изделий;
- потребность в создании среды информационного взаимодействия компонентов интегрированной системы приводит к необходимости создания единого информационного пространства предприятия.

Компьютерные технологии и компьютерное моделирование обладают поистине огромным инновационным потенциалом. Современные промышленные автоматизированные системы являются одними из самых

эффективных, а в ряде случаев и незаменимыми инструментами, обеспечивающими решение проблем повышения качества, сокращения издержек и сроков внедрения сложной наукоемкой продукции.

На графике зависимости затрат/доходов в процессе внедрения новой продукции в промышленное производство (рис.1.3) стрелками показаны тенденции влияния информационных технологий на повышение эффективность основных этапов жизненного цикла изделия.

На первом — затратном — участке компьютерное моделирование в прикладных системах и информационные технологии позволяют снизить затраты и сократить время технической подготовки производства. На втором — доходном — участке за счет повышения качества и конкурентоспособности изделий наблюдаются ускорение окупаемости затрат и повышение доходов.

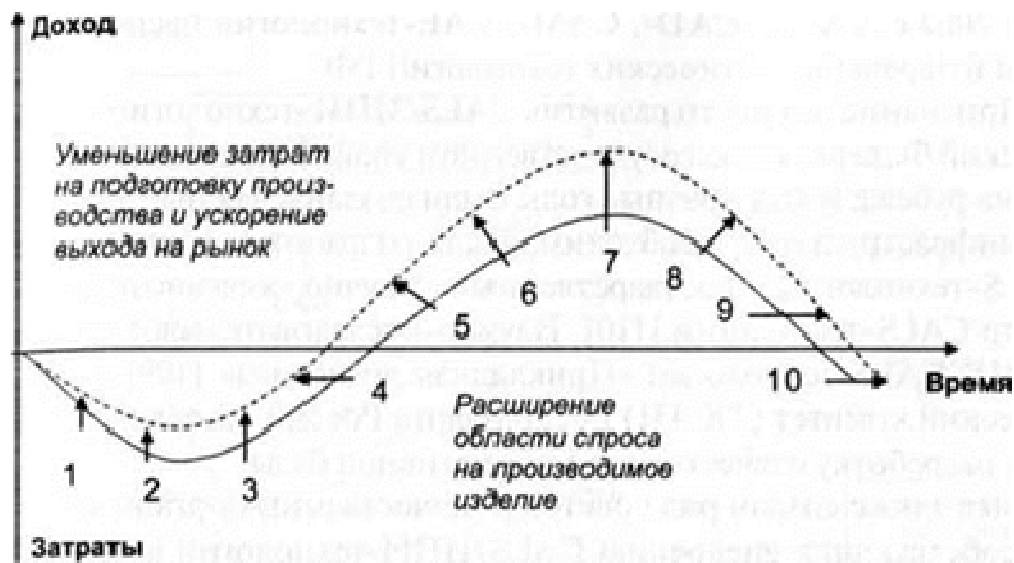


Рис. 1.3 - Влияние новых информационных технологий на эффективность этапов ЖЦ изделия:

1 — сокращение затрат на проектирование;

- 2 — сокращение стоимости внесения изменений и модификаций;
- 3 — сокращение времени подготовки производства за счет перехода от натурных испытаний к компьютерному моделированию;
- 4 — ускорение технологической подготовки производства за счет совмещенного проектирования основного изделия и технологической оснастки для его изготовления;
- 5 — повышение степени удовлетворенности заказчика за счет участия последнего в ходе разработки изделия;
- 6 — быстрое реагирование на потребности рынка;
- 7 — удовлетворение потребностей заказчика;
- 8 — гибкость освоения новых рынков;
- 9 — возможность послепродажного расширения свойств изделия;
- 10 — организация использования накопленных компьютерных баз знаний в новых проектах (быстрый старт новых проектов).

Для информационных систем имеются несколько моделей жизненного цикла. В настоящее время известны и используются три основные модели жизненного цикла: каскадная, спиральная и поэтапная модель с промежуточным контролем.[6]

Каскадная модель (рис. 1.4.) предусматривает последовательное выполнение всех этапов проекта в строго фиксированном порядке.



Рисунок 1.4 – Каскадная модель жизненного цикла информационной системы

В изначально существовавших достаточно простых однородных АИС каждое приложение представляло собой единый, функционально и информационно независимый блок – единое целое. Для разработки такого типа

приложений применялся *каскадный способ* (или «*водопад*»). Его основной характеристикой является разбиение всей разработки на этапы, при этом переход на следующий этап происходит только после полного завершения работ на текущем. Каждый этап завершался после полного выполнения и документального оформления всех предусмотренных работ – выпуском полного комплекта документации, достаточной для того, чтобы разработка могла быть продолжена другой командой разработчиков. При этом этапы работ выполняются в логичной последовательности, что позволяет планировать сроки завершения всех работ и соответствующие затраты.

Каскадный подход хорошо зарекомендовал себя при построении относительно простых АИС, когда в самом начале разработки можно достаточно точно и полно сформулировать все требования к системе и предоставить разработчикам свободу реализовать их как можно лучше с технической точки зрения. Выделяют следующие положительные стороны применения каскадного подхода:

- на каждом этапе формируется законченный набор проектной документации, отвечающий критериям полноты и согласованности;
- выполняемые в логической последовательности этапы работ позволяют планировать сроки завершения всех работ и соответствующие затраты.

Поэтапная модель с промежуточным контролем (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 - Поэтапная модель с промежуточным контролем

При использовании этой модели разработка АИС (автоматизированной информационной системы) ведётся итерациями с циклами обратной связи между этапами. Межэтапные корректировки позволяют учитывать реально существующее взаимовлияние результатов разработки на различных этапах. Однако и эта схема не позволяет оперативно учитывать возникающие изменения и уточнения требований к системе. Согласование результатов разработки с пользователями производится только в точках, планируемых после завершения каждого этапа работ, а общие требования к АИС зафиксированы в виде технического задания на все время её создания. Пользователи могут вносить замечания только после полного завершения работы над системой. При этом время жизни каждого из этапов растягивается на весь период разработки. Таким образом, пользователи зачастую получают систему, не удовлетворяющую их реальным потребностям. [6]

Спиральная модель (рис. 1.6).

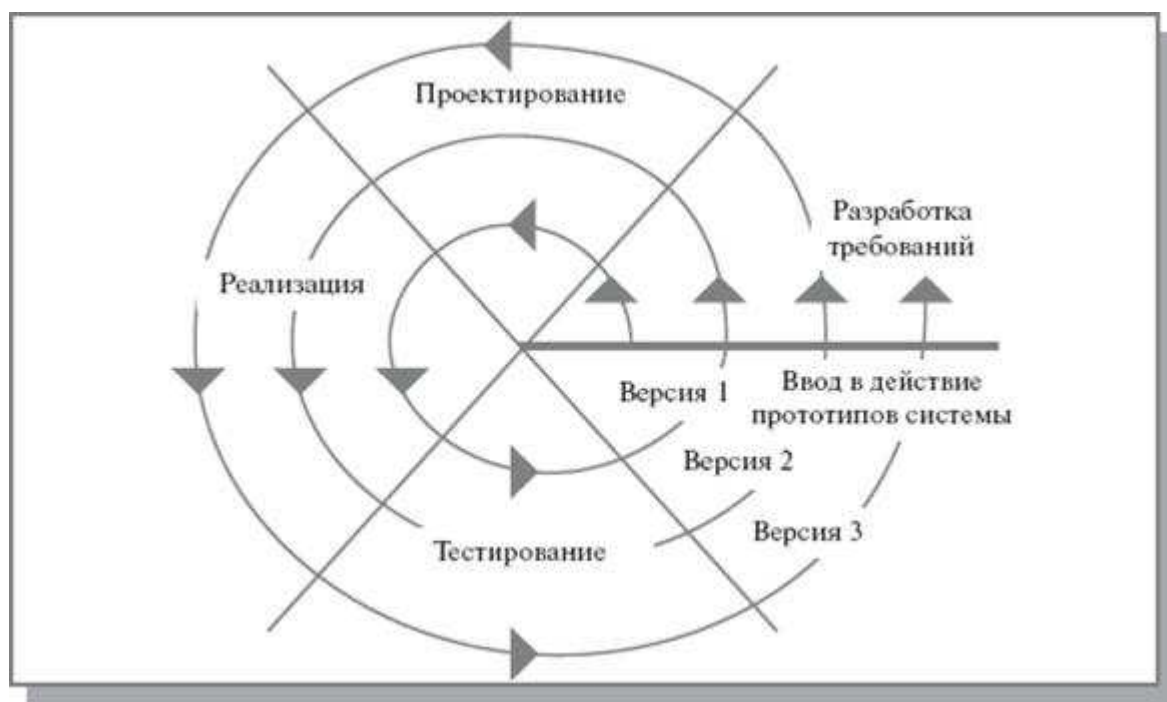


Рисунок 1.6 – Спиральная модель жизненного цикла информационной системы

Спиральная модель ЖЦ появилась как вариант преодоления перечисленных проблем. В ней на каждом витке спирали выполняется создание очередной версии продукта, уточняются требования проекта,

определяется его качество и планируются работы следующего витка. Особое внимание уделяется начальным этапам разработки: анализу и проектированию. На этих этапах реализуемость технических решений и степень удовлетворения потребностей заказчика проверяется путём создания прототипов (макетирование). Каждый виток спирали соответствует созданию работоспособного фрагмента или версии ПО (АИС).

Это позволяет уточнить требования, цели и характеристики проекта, определить качество разработки, спланировать работы следующего витка спирали. Так углубляются и последовательно конкретизируются детали проекта, и в результате выбирается обоснованный вариант, удовлетворяющий требованиям заказчика, который доводится до реализации. Итеративная разработка отражает объективно существующий спиральный цикл создания сложных систем. Она позволяет переходить на следующий этап, не дожидаясь полного завершения работы на текущем, и решить главную задачу – как можно быстрее показать пользователям системы работоспособный продукт, тем самым активизировать процесс уточнения и дополнения требований.

Основная проблема спирального цикла – это определение момента перехода на следующий этап. Для её решения вводятся временные ограничения на каждый из этапов жизненного цикла, и переход осуществляется в соответствии с планом, даже если не вся запланированная работа закончена. Планирование производится на основе статистических данных, полученных в предыдущих проектах, и личного опыта разработчиков.

Каждая из стадий создания системы предусматривает выполнение определённого объёма работ, которые представляются в виде *процессов ЖЦ*.

Процесс определяется как совокупность взаимосвязанных действий, преобразующих входные данные в выходные. Описание каждого процесса включает в себя перечень решаемых задач, исходных данных и результатов.

На практике наибольшее распространение получили две основные *модели жизненного цикла*:

- *каскадная модель* (характерна для периода 1970–1985 гг.);
- *спиральная модель* (характерна для периода после 1986 г.).

В настоящее время практически на всех успешно действующих российских предприятиях активно внедряются или планируются к внедрению новые промышленные компьютерные системы и технологии. Опыт создания PLM, описанный в материалах НИЦ CALS, демонстрирует существенный полезный эффект, получаемый от комплексной автоматизации технической подготовки производства наукоемких и сложных изделий:

- прямое сокращение затрат на проектирование — от 10 до 30%;
- сокращение общего времени разработки изделий — от 40 до 60%;
- сокращение времени выхода на рынок — от 25 до 75%;
- сокращение объема брака и доводок — от 23 до 73%;
- сокращение затрат на разработку технической документации — до 40%;
- сокращение затрат на подготовку эксплуатационной документации — до 30%.

1.4. Концепция, стратегия и базовые принципы CALS/ ИПИ /PLM

Согласно российским стандартам, CALS/ИПИ определяется как «концепция и идеология информационной поддержки жизненного цикла продукции».

Основной идеей этой концепции является повышение конкурентоспособности продукции за счет комплексной автоматизации всех процессов ЖЦ изделия и повышения эффективности управления информацией об изделии.

Концепция предполагает создание и использование единого информационного пространства (ЕИП) или интегрированной информационной среды (ИИС), которая должна обеспечить быстрый и полный доступ к

необходимой содержательной информации об изделии и единообразные способы информационного взаимодействия всех участников этого цикла: заказчиков, поставщиков и производителей продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала и т.д.

Реализация ЕИП/ИИС возможна только при использовании всеми участниками ЖЦИ единых правил взаимодействия и стандартов электронного обмена данными. Причем чем шире будет круг распространения стандартов, тем легче и полнее будет происходить создание интегрированной информационной среды. Очевидно, что наибольший эффект может дать принятие нормативных документов (НД), регламентирующих интеграцию и обмен данными на государственном и даже международном уровнях.

В самом названии CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) уже заложены две важные идеи, развивающие концепцию CALS. Первая часть термина (Continuous Acquisition — постоянное приобретение, развитие) означает непрерывное накопление информации и развитие самого изделия в течение его ЖЦ. Вторая часть термина (Life cycle Support — поддержка жизненного цикла) определяет необходимость создания соответствующего механизма и инструментария информационного обмена.

Глубина и оперативность обработки производственной информации на этапах создания, эксплуатации и обслуживания изделия должны позволить более полно учесть потребности заказчика и, в конечном итоге, повысить качество продукции. [3]

Создание ЕИП/ИИС, в свою очередь, обеспечивает внедрение новых организационных методик разработки изделия, таких как параллельное проектирование (concurrent design), междисциплинарные рабочие группы, удаленное взаимодействие и дистанционное выполнение работ (out sorting), виртуальные предприятия (virtual enterprise).

Согласно подходу, развиваемому сотрудниками НИЦ CALS [5], основное содержание концепции CALS, принципиально отличающее её от других,

составляют определенные инвариантные понятия, которые реализуются в течение жизненного цикла (ЖЦ) изделия (рис. 1.7):

- базовые принципы CALS;
- базовые управленческие технологии;
- базовые технологии управления данными.



Рис. 1.7 - Концептуальная модель CALS/ИПИ/PLM

Базовые принципы CALS:

- системная информационная поддержка ЖЦ изделия на основе использования интегрированной информационной среды (ИИС);
- информационная интеграция за счет стандартизации информационного описания изделий;
- интеграция программного обеспечения на основе стандартизации структур данных и интерфейсов доступа к ним;

- ориентация на готовые коммерческие программно-технические решения (Commercial Of The Shelf — COTS), соответствующие требованиям стандартов;
- безбумажное представление информации и использование электронно-цифровой подписи;
- параллельный инжиниринг (Concurrent Engineering);
- непрерывное совершенствование бизнес-процессов.

Базовые управленческие технологии CALS, по мнению специалистов «Прикладной логистики» [5], базируются на известных и хорошо зарекомендовавших себя, инвариантных по отношению к объекту автоматизации (продукции) технологиях управления процессами.

Базовые управленческие технологии:

- управление проектами и потоками работ (Project Management/ Workflow Management);
- управление ресурсами предприятия (Manufacturing Resource Planning);
- управление качеством (Quality Management);
- интегрированная логистическая поддержка (ИЛП— Integrated Logistic Support).

Базовые технологии управления данными об изделии в настоящее время реализуются в системах управления инженерными данными (PDM):

- технологии представления данных по стандарту ИСО 10303 (STEP);
- технологии представления данных по стандарту ИСО 8879 (SGML);
- методы и технологии создания информационных моделей.

Технология STEP (STandardfor Exchange of Product data — стандарт обмена данными о продукции) в большей степени ориентирована на базы данных, а технология SGML (StandardGeneralized Markup Language — стандартизованный

универсальный язык разметки текстов) — на создание электронных документов.

PDM-системы используют базы данных и электронные описания структуры изделий, при проектировании и реализации которых широко применяется информационное моделирование.

Интегрированная информационная среда (ИИС) определяется в терминологическом словаре CALS как «совокупность распределенных баз данных, содержащих сведения об изделиях, производственной среде, ресурсах и процессах предприятия, обеспечивающих корректность, актуальность, сохранность и доступность данных тем субъектам производственно-хозяйственной деятельности, участвующим в осуществлении ЖЦ изделия, кому это необходимо и разрешено. Все сведения (данные) в ИИС хранятся в виде информационных объектов».

На каждом этапе жизненного цикла единое информационное пространство пополняется новой информацией, в том числе туда входят следующие данные:

- конструкторские данные, которые формируются на этапе проектирования изделия и включают геометрическое описание формы изделия; многоуровневую структуру модели, отражающую процесс конструирования изделия; результаты расчетов и технические характеристики;
- технологические данные, которые создаются на стадии технологической подготовки производства и составляют описание маршрутных и операционных технологий, нормы времени и расхода материалов, управляющие программы для станков с ЧПУ, данные для проектирования приспособлений и специального режущего и мерительного инструмента и т.д.;
- производственные данные, которые относятся к производственному циклу и содержат информацию об изготовлении конкретных экземпляров изделия и его компонентов;

- данные о качестве изделия содержат сведения о соответствии экземпляров изделия техническим требованиям;
- данные для логистической поддержки изделия на пост-производственных стадиях жизненного цикла содержат информацию о расходных материалах, запасных частях, поставках комплектующих и т.п.;
- эксплуатационные данные, необходимые для организации обслуживания и ремонта изделия.

Концепция CALS предполагает создание единого информационного пространства (ЕИП/ИИС) для всех участников ЖЦ изделия (в том числе эксплуатирующих организаций). Основу ИИС составляет комплекс компьютерных моделей изделий и процессов, к которому могут обращаться различные приложения и подсистемы PLM-системы (рис 1.8).

Основные свойства ЕИП/ИИС. ЕИП должно обладать следующими свойствами:

- ЕИП охватывает всю информацию, созданную об изделии;
- ЕИП является единственным источником данных об изделии (прямой обмен данными между участниками ЖЦ исключен);



Рис. 1.8 - Концепция комплексного использования моделей, составляющих ЕИП/ИИС предприятия

- ЕИП строится только на основе международных, государственных и отраслевых информационных стандартов;
- вся информация представлена в ЕИП в электронном виде;
- ЕИП постоянно развивается.

Как правило, для создания ЕИП используются различные программно-аппаратные средства, имеющиеся у участников ЖЦ. [3]

Основными преимуществами ЕИП являются следующие:

- обеспечение защиты и целостности данных;
- возможность организации доступа к данным географически удаленных участников ЖЦ изделия;
- отсутствие потерь данных при переходе между этапами ЖЦ изделия;
- изменения данных доступны сразу всем участникам ЖЦ изделия;
- повышение скорости поиска данных и доступа к ним по сравнению с бумажной документацией;
- возможность использования различных компьютерных систем для работы с данными.

Стратегия CALS предусматривает двухэтапный план создания ЕИП/ИИС:

- автоматизация отдельных процессов (или этапов) ЖЦ изделия и представление данных на них в электронном виде;
- интеграция автоматизированных процессов и относящихся к ним данных, уже представленных в электронном виде, в рамках ЕИП.

В результате может быть образовано виртуальное предприятие.

Таблица 1.1-Уровень эффективности при внедрении ЕИП

Организационная структура	Повышение эффективности управления процессами	Повышение эффективности управления данными	Повышение эффективности обмена данными
<i>Подразделение предприятия</i>	Среднее	Высокое	<i>Низкое</i>
<i>Отдельное предприятие</i>	Высокое	Высокое	Среднее
<i>Виртуальное предприятие (корпорация)</i>	Высокое	Высокое	Высокое
<i>Эксплуатирующая организация</i>	Среднее	Высокое	Среднее

ЕИП/ИИС могут быть созданы для организационных структур разного уровня — от отдельного подразделения до виртуального предприятия или корпорации. При этом различается и эффект, получаемый от создания ЕИП.

В табл. 1.1 даны экспертные оценки эффективности результатов создания единого информационного пространства на предприятиях различного типа [4]. Следует иметь в виду, что в каждом конкретном случае, зависящем от многих объективных и субъективных факторов, результаты могут существенно различаться, к сожалению, как правило, в худшую сторону.

1.5. CALS/ ИПИ /PLM –технологии

CALS/ИПИ/PLM-технологии представляют собой набор формализованных методик и средств реализации концепции и стратегии CALS. Специалисты предлагают классифицировать CALS/ИПИ-технологии, разделяя их на три группы [4]:

- технологии представления данных об изделии, включающие набор методов, языков и моделей для описания в электронном виде данных об изделии, относящихся к объектно-ориентированным процессам ЖЦ изделия. Эти технологии предназначены для стандартизованного, единообразного представления данных, полученных при автоматизации локальных задач (первый этап создания ЕИП);

- технологии интеграции данных об изделии – набор методов для информационного объединения автоматизированных процессов и систем и относящихся к ним данных, представленных в электронном виде, в рамках интегрированной информационной среды. Интегрированная (комплексная) модель должна включать в себя всю информацию о моделях частных задач, полученных на всех этапах ЖЦ, и структуру их взаимосвязи. Эти технологии относятся ко второму этапу создания ЕИП;

- технологии анализа и реинжиниринга бизнес-процессов – набор организационных методов преобразования (реструктуризации) способов функционирования предприятия с целью повышения его эффективности. Эти технологии нужны для того, чтобы корректно перейти от бумажного к электронному документообороту и внедрить новые методы и средства разработки изделий.

При автоматизации отдельных процессов ЖЦ изделия могут успешно использоваться уже существующие на предприятии прикладные программно-методические комплексы (САПР, АСУП и т.п.), однако к ним предъявляется важное требование – наличие или разработка стандартного интерфейса к обрабатываемым ими данным. Основные понятия, которые используются на данном этапе: электронный документ, электронная модель, электронный документооборот и электронная подпись.

При интеграции всех данных об изделии в рамках ЕИП применяются специализированные программные средства – системы управления данными об изделии (PDM — Product D Management). Задачей PDM-системы является аккумуляция всей информации об изделии, создаваемой прикладными системами, в единую комплексную модель. Процесс взаимодействия PDM-системы и прикладных систем строится на основе стандартных интерфейсов.

Технологии реинжиниринга бизнес-процессов составляют методы функционального моделирования бизнес-процессов и систем, а также технологии разработки и внедрения и развития PLM-решений. [3]

2. ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ ОБ ИЗДЕЛИИ В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ

Стандарты серии 2.05, принятые в 2006 г., приводят единую систему конструкторской документации (ЕСКД), которая считается одной из самых эффективных и действенных в соответствии с современными положениями и тенденциями комплексного развития промышленных автоматизированных систем, а также концепциями информационной интеграции жизненного цикла изделий, развиваемыми стандартами CALS/ ИПИИ-технологий.

Эти стандарты (ГОСТ 2.051-2006, 2.052-2006, 2.053-2006) подробно определяют понятия электронных документов и моделей, используемых в промышленных автоматизированных системах (рис 2.1-2.3), причем особо следует обратить внимание присутствующие в тексте стандартов развернутые комментарии к терминам и определениям. Например, подчеркивается комплексный характер моделей, используемых в автоматизированных системах: «Модель изделия должна содержать полный бор конструкторских, технологических и физических параметров (согласно ГОСТ 2.109), необходимых для выполнения расчетов, тематического моделирования, разработки технологических процессов и др.».

2.1. Электронный документ

Электронный документ или, как обозначено в стандарте ДЭ (документ электронный), – разработанный с использованием компьютерных технологий технический документ, выполненный как структурированный набор данных, создаваемых программно-техническим средством.

ДЭ выполняют на стадии разработки изделия и применяют на всех стадиях жизненного цикла изделия. ДЭ получают в результате автоматизированного проектирования или преобразования документов, выполненных в бумажной форме, в электронную форму.

ДЭ имеют два представления – внутреннее и внешнее.

Во внутреннем (подлинном) представлении ДЭ существует только в виде записи информации, составляющей электронный документ, на электронном носителе, воспринимаемом только программно-техническими средствами.

Внешним является представление ДЭ в доступной для визуального восприятия форме. Для получения формы внешнего представления внутреннее представление ДЭ должно быть преобразовано к требуемому виду различными техническими средствами отображения данных.

ДЭ состоит из двух частей — содержательной и реквизитной.

Содержательная часть ДЭ состоит из одной или нескольких частей (см. рис 6.2.1), включающих всю основную информацию об изделии, необходимую для компьютерной обработки и использования. В реквизитную часть ДЭ входят дополнительные данные об изделии и документе, в том числе подписи, которые выполняются в виде электронной цифровой подписи (ЭЦП). [3]

Подлинники, дубликаты и копии ДЭ имеют одинаковую силу с бумажной (твердой) формой документов соответствующих наименований. Твердая копия, изготовленная и подписанная в установленном порядке, может иметь то же наименование документа, но должна содержать указание на то, что исходным документом является ДЭ.

Подтверждение подлинности и целостности ДЭ производится соответствующими программно-техническими средствами, обеспечивающими проверку ЭЦП.

2.2. Электронная цифровая подпись (ЭЦП)

ЭЦП является неотъемлемой составляющей реквизитной части ДЭ и предназначена для удостоверения и подтверждения его подлинности и целостности. Под подлинностью подразумевается подтвержденное авторство (в том числе разработка, согласование и утверждение), что определяется принадлежностью ЭЦП конкретному физическому лицу.

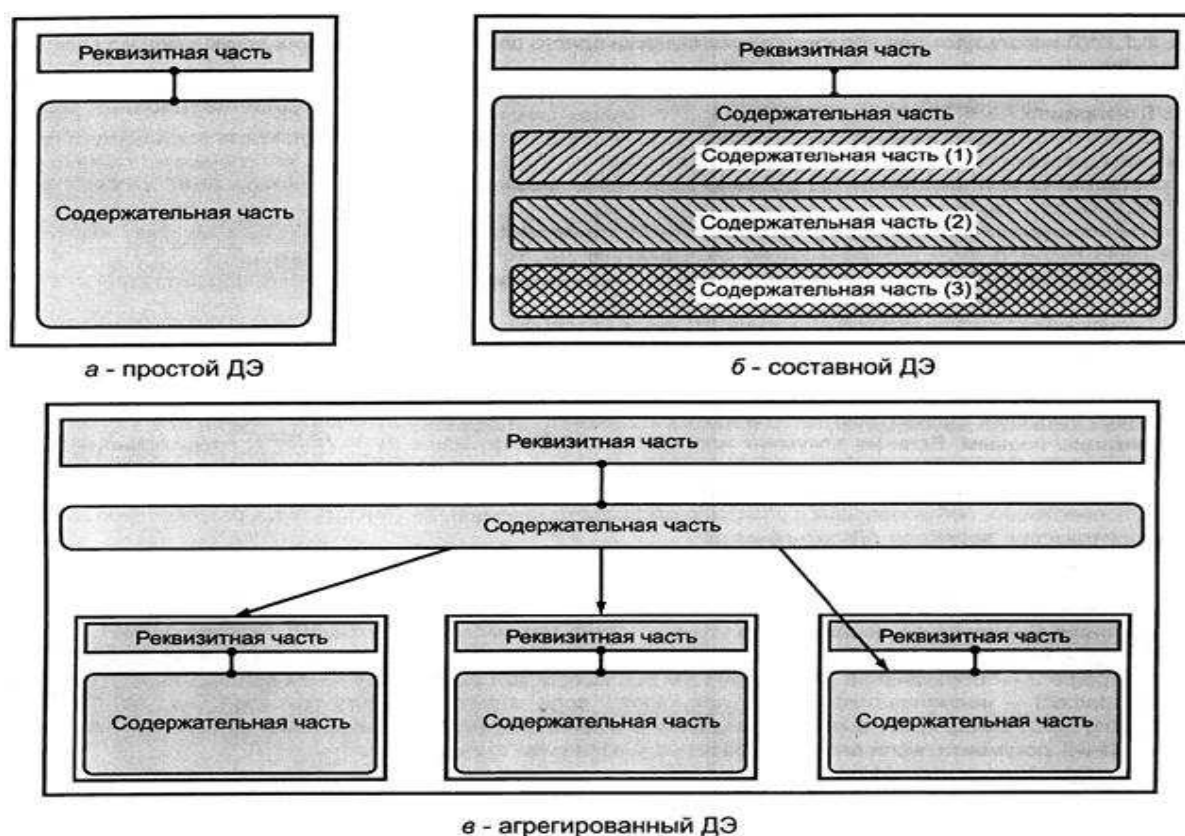


Рис. 2.1 - Примеры организации данных в электронных технических документах: а — простой ДЭ; б — составной ДЭ; в — агрегированный ДЭ

ЭЦП увязывает в одно целое содержание подписанной информации и идентификацию подписывающего лица и делает невозможным изменение информации без нарушения данной ЭЦП. Значение ЭЦП вычисляют после того, как в документ были внесены идентификационные данные.

Использование конкретных алгоритмов выработки ЭЦП устанавливается на предприятии в зависимости от наличия конкретного информационного, программного и организационного обеспечения.

Применение ЭЦП не обеспечивает защиту информации от несанкционированного доступа, а выполняет только задачи аутентификации и идентификации.

Идентификация подтверждает соответствие документа критериям поиска и его совпадение с содержанием подлинника.

Аутентификация подтверждает подлинность, целостность и авторскую принадлежность документа конкретному лицу, поставившему ЭЦП.

ЭЦП представляет собой набор знаков, генерируемый специальной программой в процессе обработки ДЭ по определенному алгоритму, так называемое *хэширование*. ЭЦП зависит от содержимого, подписываемого электронного технического документа и секретного ключа. [3]

Секретный ключ (код) выдается каждому пользователю АС, имеющему право подписи, и может храниться на диске или смарт-карте. Второй ключ (открытый) используется получателями документа для проверки подлинности ЭЦП. При помощи ЭЦП можно подписывать отдельные файлы или фрагменты

баз данных. В последнем случае программное обеспечение, реализующее ЭЦП, должно встраиваться в прикладные автоматизированные системы.

2.3. Электронная модель изделия

Электронная модель изделия (ЭМИ) (электронная модель детали или сборочной единицы) определяется в ГОСТ 2.102. В компьютерной среде ЭМИ представляется в виде набора данных, которые вместе определяют геометрию изделия и иные свойства, необходимые для изготовления, контроля, приемки, сборки, эксплуатации, ремонта и утилизации изделия (см. рис.2.2—2.3).



Рис. 2.2 - Пример типового состава электронной модели изделия

ЭМИ используется:

- для интерпретации всего составляющего модель набора данных (или его части) в автоматизированных системах;
- для визуального отображения конструкции изделия в процессе выполнения проектных работ, производственных и иных операций;

- для изготовления чертежной конструкторской документации в электронной и/или бумажной форме.

Электронная структура изделия (ЭСИ) — конструкторский документ, содержащий состав сборочной единицы, комплекса или комплекта и иерархические отношения (связи) между его составными частями и другие данные в зависимости от его назначения. ЭСИ является обобщающим документом, консолидирующим технические данные об изделии, и предназначена для организации информационного взаимодействия между автоматизированными системами. ЭСИ выполняется только в электронной форме для использования в компьютерной среде.

Графически структура изделия может представляться в виде ориентированного ациклического графа, вершины которого соответствуют компонентам, а ребра, соединяющие вершины, — отношениям (связям) между компонентами (см. рис. 3.7).

Различают следующие основные разновидности ЭСИ: функциональную, конструктивную, производственно-технологическую, физическую, эксплуатационную и совмещенную модели структуры изделия.

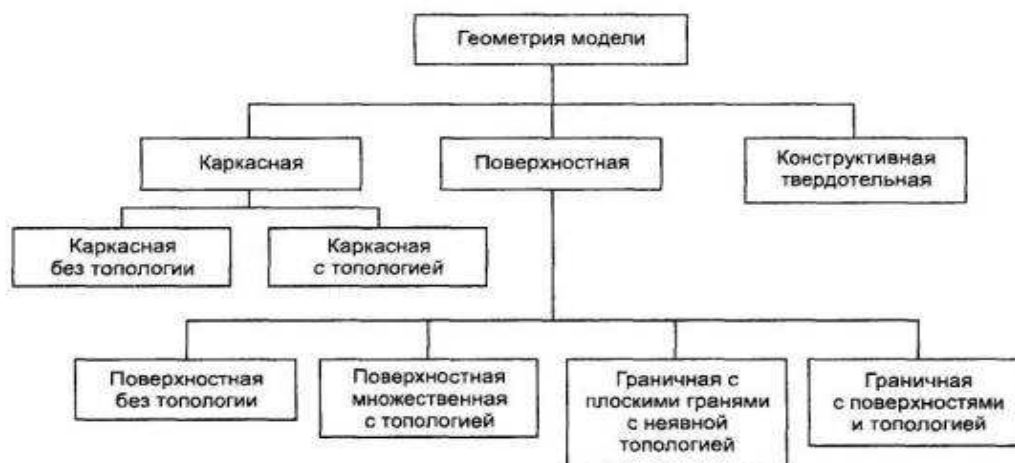


Рис. 2.3 - Состав геометрической электронной модели изделия

2.4. Стандарт STEP и язык EXPRESS

Для решения проблемы унификации описаний изделий в различных автоматизированных системах и программах, используемых в процессах ЖЦИ, разработан и получил широкое признание международный стандарт ISO 10303 STEP — «Стандарт о представлении информации об изделии и способах работы с ней». [3]

Перед разработчиками стандарта стояла очень непростая задача — создать независимый от специфики предметной области, типа продукции и технологии производства способ описания модели изделия, пригодный для использования на протяжении всего жизненного цикла изделия. Универсальный характер такого описания делает возможным производить обмен файлами между прикладными системами, централизовать архивацию и хранение соответствующих данных, позволяет создавать общие базы данных об изделиях и организовать коллективное использование этих баз.

В результате в настоящее время STEP представляет собой пространственный комплекс стандартов, собранных в несколько отдельно издаваемых томов (частей) по тематическим группам. Тома имеют свои номера № и обозначаются как «часть №» или ISO 10303-№. Уже разработано более сотни томов, часть из которых утверждена в качестве международных стандартов (ISO), а ряд только предлагается для обсуждения в виде проекта.

- Том 1 (ISO 10303-1) — вводное описание системы стандартов, исполняющее роль аннотации ко всей совокупности томов. В этом томе

вводится ряд терминов, используемых в других стандартах, например таких, как продукт (product), проектные данные (product data), прикладной протокол (Application Protocol), интегрированный ресурс (integrated resource) и пр.

- Тома 11— 14 — методы описания (Description methods).
- Тома 21—29 — методы реализации (Implementation methods).
- Тома 31—35 — основы тестирования моделей (Conformance testing methodology and framework).
- Тома 41 —50 — интегрированные основные ресурсы (Integrated generic resources).
- Тома 101-108 — интегрированные прикладные ресурсы (Integrated application resources).
- Тома 201-236 — прикладные протоколы (Application protocols).
- Тома 301-332 — абстрактные тестовые наборы (Abstract test suites).
- Тома 501-520 — прикладные компоненты (Application interpreted constructs).

Ряд томов уже переведен на русский язык и представлен в виде национальных стандартов России, в том числе приняты следующие стандарты.

- ГОСТ Р ИСО 10303-1-99. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление и обмен данными об изделии. Методы описания. Общий обзор и основополагающие принципы. Содержит обзор, принципы построения и основные термины стандартов серии ГОСТ Р ИСО 10303/10304.
- ГОСТ Р ИСО 10303-11 -2000. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление и обмен данными об изделии. Методы описания. Справочное руководство по языку EXPRESS 1891. Определяет формальный язык, с помощью которого могут быть описаны данные об

изделии, а также задает графическое представление подмножества конструкций в данном языке.

- ГОСТ Р ИСО 10303-21-99. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление и обмен данными об изделии. Методы реализации. Текстовый обменный файл. Этот стандарт задает метод осуществления стандартного информационного описания изделия в виде текстового файла, который должен однозначно декодироваться прикладными системами.

— ГОСТ Р ИСО 10303-22-2002. Методы реализации. Стандартный интерфейс доступа к данным. Определяет функциональные характеристики интерфейса доступа к данным. Распространяется на доступ и манипулирование экземплярами объектов, доступ к словарю, обеспечение управления отношениями зависимости между экземплярами объектов, обеспечение использования данных.

— ГОСТ Р ИСО 10303-41-99. Интегрированные обобщенные ресурсы. Основы описания и поддержки изделий. Определяет обобщенные ресурсы описания, ресурсы управления, поддержки.

— ГОСТ Р ИСО 10303-43-2002. Интегрированные обобщенные ресурсы. Структуры представлений. Устанавливает конструкции ресурсов, группирующих элементы данных об изделии в соответствующие упорядоченные наборы для описания видов изделий. Применяется для описания свойств изделия.

— ГОСТ Р ИСО 10303-45-2000. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление и обмен данными об изделии. Материалы. Регламентирует описание данных о конструкционных материалах, используемых в изделии: маркировка, физические свойства и состав (как исходные, так и приобретенные в результате технологических процессов), структура, сортаменты и условия поставки, рабочие условия, методы измерения свойств и т.д.

Можно заметить, что нумерация отечественных стандартов соответствует их международным аналогам.

Продолжают переводиться и готовиться к утверждению другие стандарты ГОСТ России, соответствующие STEP ISO 10303.

Язык EXPRESS — это название специализированного языка, предназначенного для информационного описания моделей изделий.

ГОСТ Р ИСО 10303-1-99 дает следующее определение: «Язык EXPRESS является формальным языком определения данных, который обеспечивает механизм стандартного описания данных об изделии, как в интегрированных ресурсах, так и в прикладных протоколах».

Использование стандартного языка описаний дает возможность классифицировать модели и данные об изделии, структурировать их содержание, а также позволяет создавать прикладные протоколы (правила) обмена данных, на которых базируются форматы передачи и хранения данных (формат STEP).

При разработке языка EXPRESS были использованы несколько алгоритмических языков, в частности Ada, Algol, C, C++ , Euler, Modula-2, Pascal, PL/I и SQL.

В языке EXPRESS добавлены некоторые возможности, которые делают язык более подходящим для задач описания информационной модели, причем при создании языка ставилась задача избежать, насколько это возможно, влияния особенностей реализации на конкретной технической платформе.

Тексты, написанные на EXPRESS, позволяют не только машинную интерпретацию содержимого (трансляцию в коды компьютера), но и возможность для интерпретации (чтения) данной информации человеком.

Например, для определения точки использованы атрибуты с именами X,Y,Z, которые однозначно понимаются любым технически грамотным пользователем, и т.д. [3]

Предусмотрено даже специальное графическое подмножество языка EXPRESS-G для создания диаграмм, удобных для восприятия человеком.

Обменные файлы (STEP-файлы) служат для передачи данных из одной автоматизированной системы в другую.

Для машиностроительных изделий основными данными являются описания геометрических моделей деталей и сборок, входящие практически во все электронные документы (рис. 2.4).

Обменный STEP-файл состоит из головной и информационной секций.

В головной секции указываются имя и некоторые другие атрибуты данного конкретного файла; описание содержимого файла и требования к ПО для обработки данного файла, а также так называемая Express-схема, описывающая объект в терминах информационного моделирования.

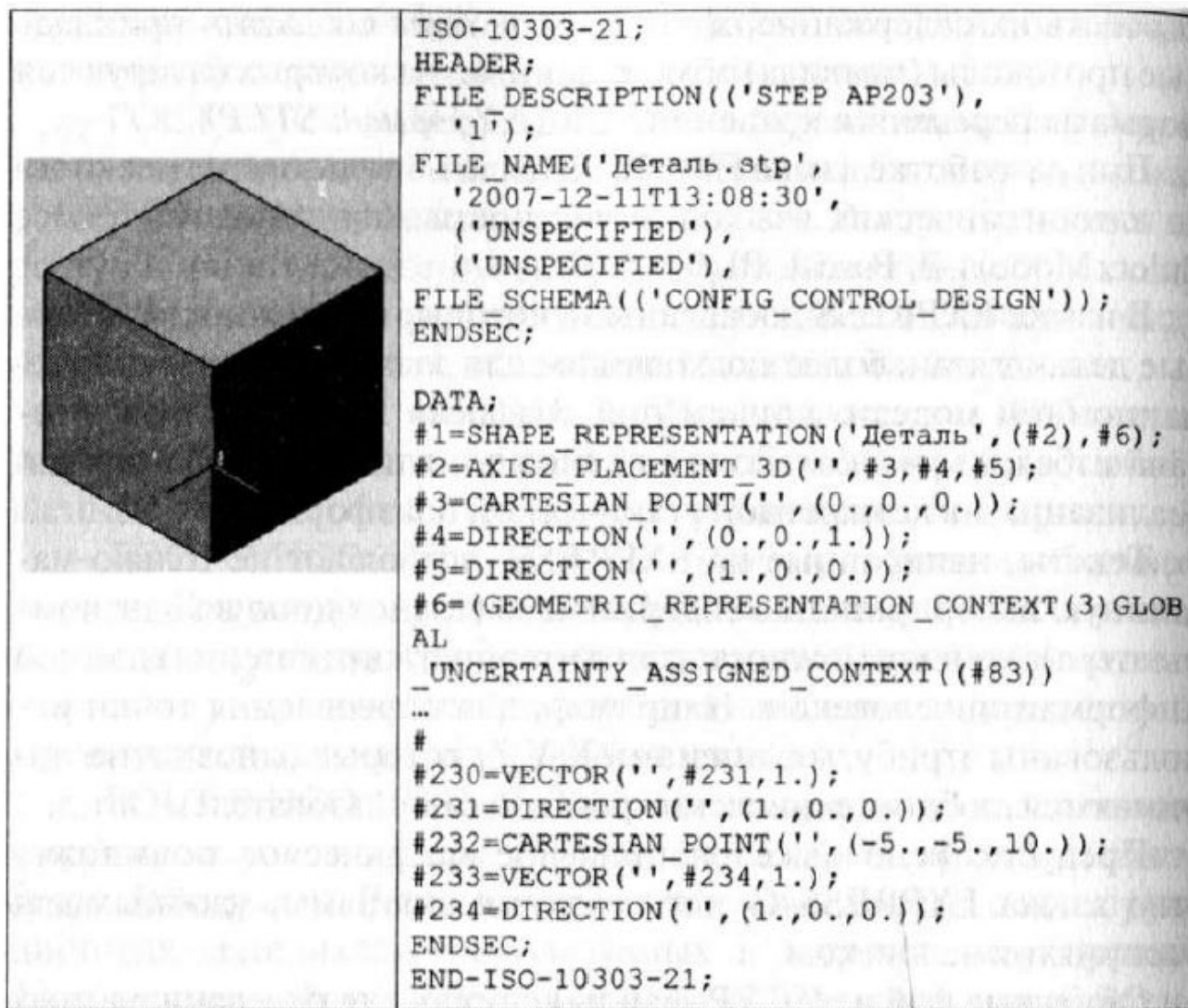


Рис. 2.4 - Пример обменного STEP-файла с описанием геометрической модели детали

В информационной секции указываются имена экземпляров сущностей и значения их атрибутов в виде нумерованных текстовых строк.

Обменный файл также может быть использован при связи прикладной системы с системой управления инженерными данными. Для интеграции частных прикладных моделей в комплексную информационную модель необходимо разработать специальные программы-перекодировщики (например, на языке Express), с помощью которых отождествляются идентификаторы одних и тех же сущностей, имевших разные обозначения в схемах прикладных

программ и комплексной модели. В прикладных протоколах часто используются типовые фрагменты информационных моделей, встречающиеся более чем в одном приложении. Эти фрагменты называют интегрированными или общими ресурсами. Например, описания геометрических объектов могут использоваться во многих прикладных протоколах.

Каждый такой протокол STEP имеет свой номер в пределах тома, например:

- N=41: Fundamentals of product description and support — основы описания и поддержки изделий. В нем определяются такие понятия и группы сущностей, как продукт, аспект описания (application and product context), статус утверждения (approval), контракт, дата, типы документов, исполнители (организации и персоналии), единицы измерения длин, площадей, масс, температур и др.;

- N=42: Geometric and topological representation — представление геометрии и топологии. В данном стандарте определен ряд сущностей из области геометрического моделирования, например, положение координатной оси (Axis placement), точка и декартовых координатах (Cartesian point), преобразование декартовых координат (Cartesian_transformation_operator_3d, полигональная поверхность (Offset surface), поверхность вращения (Surface_of_revolution) и др.

3 ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ ОБ ИЗДЕЛИИ

Технологии интеграции данных об изделии являются наиболее специфическими из всех CALS/ИПИ/PLM-технологий. Их содержание непосредственно касается решения проблем информационной поддержки всего жизненного цикла изделий.

Согласно методологии CALS, создание единого информационного пространства (ЕИП/ИИС) для основных участников жизненного цикла изделий (ЖЦИ), связанных с маркетингом, конструкторско-технологической подготовкой производства, поставками и самим производством, обеспечивается, прежде всего, с использованием PDM-систем и технологий (Product Data Management — управление данными об изделии).

Для потребителей машиностроительной продукции предусмотрено создание и использование электронных технических руководств (ИЭТР/ИЕТМ), которые служат инструментом интеграции в информационную среду тех пользователей, которые не имеют возможности организации взаимодействия с PDM в реальном масштабе времени. [3]

С обеспечением удаленного доступа к сервисным службам посредством WEB-модулей электронных технических руководств в том числе связаны задачи организации логистической поддержки сложных машиностроительных изделий.

3.1. PDM-технологии и системы

В настоящее время уже практически никого не требуется убеждать в преимуществах современных автоматизированных, компьютерных систем проектирования изделий. Высокий уровень развития информационных технологий позволяет автоматизировать проектирование в самом широком понимании целей и задач этой сферы интеллектуальной деятельности. Доказано, что наибольший эффект дает комплексная сквозная автоматизация всего цикла проектных работ. При этом связывается в логическую последовательность целый ряд важнейших стадий жизненного цикла изделия, начиная с исследования проектной ситуации, включая концептуальное проектирование, инженерный анализ, вплоть до изготовления. Лишь как составную часть процесса проектирования принято рассматривать работы по оформлению соответствующей стандартам технической документации.

Неотъемлемой частью задач автоматизированного проектирования является технологическая подготовка производства.

Автоматизация проектно-конструкторских, технологических и соответствующих им организационных работ на промышленном предприятии дает возможность решить ряд важнейших задач, как напрямую, так и косвенно влияющих на конкурентоспособность выпускаемой продукции. Напомним только некоторые из них.

Во-первых, использование точных компьютерных моделей позволяет повысить качество изделий, сократить число возможных ошибок и неточностей. При правильной организации работ многократно сокращаются проблемы, связанные с увязкой размеров, соблюдением точности форм и допусков.

Во-вторых, при достаточной компьютерной подготовке и квалификации персонала могут существенно сокращаться трудовые затраты. Особенно это заметно при внесении изменений, перепроектировании и модификации изделий.

В-третьих, снижается общее время проектирования. Уменьшаются сроки запуска изделий в производство, длительность монтажных и пусконаладочных работ.

В-четвертых, сокращаются издержки производства, связанные с доводкой изделий, постановкой в серию, уменьшением времени обработки и износа оборудования. Например, эффективные программы для станков с ЧПУ существенно сокращают машинное время и уменьшают опасности «зареза» дорогостоящих заготовок, предупреждают поломку инструмента.

Однако любая автоматизация — достаточно затратное мероприятие, имеющее внутренние издержки и порождающее новые проблемы.

Существенными «барьерами» при внедрении информационных технологий являются проблемы организационно-технического характера, такие как хранение, учет и контроль безбумажной документации, моделей, программ и других данных, относящихся к изделию и процессу его изготовления. Виртуальная, нематериальная информация, тем не менее, обладает определенной ценностью. В условиях современного производства эта ценность может быть очень высока. Утеря или искажение интеллектуальной собственности, заключенной в компьютерах, может привести к серьезным производственным потерям, срыву контрактов, поломке оборудования.

При отсутствии надежного учета и хранения данных критическими могут стать тривиальные кадровые движения и замены. Как показывает практика, только организационные мероприятия в случае с компьютерной информацией не дают должного эффекта. Данные на обычном персональном компьютере

слишком легко теряются, портятся, шифруются, несанкционированно копируются.

Из-за чрезвычайной легкости компьютерного копирования и модификации документов и моделей отдельной проблемой становится выявление актуальной копии. По истечении некоторого времени даже самый добросовестный исполнитель не в состоянии восстановить историю изменений проекта и даже уверенно идентифицировать итоговый (актуальный) вариант.

В цепочке всего жизненного цикла изделия этапы проектно-конструкторской и технологической подготовки производства считаются самыми сложными и интеллектуально емкими. Для выполнения этих работ требуется персонал с высоким уровнем образования и опытом практической работы. Как правило, такие коллективы складываются годами, а накопленные в архиве решения являются основой и залогом успешности новых проектов.

Кроме того, приходится хранить и учитывать информацию, поступающую в самом различном виде от заказчиков и из сторонних источников.

К сожалению, нельзя геометрию с бумажного чертежа использовать для измерений и расчетов, модифицировать, передавать в технологический пакет для формирования управляющей программы, поскольку точность оригинала, скорее всего, не удовлетворит поставленным целям. Чаще всего получается быстрее, и главное — надежнее, создать заново электронный документ в соответствии с точными размерами модели.

Таким образом, создание автоматизированного архива (или, как принято называть в терминах PDM-технологий, электронного хранилища), содержащего электронную документацию, компьютерные модели и все другие данные об изделии, циркулирующие в электронной форме, а также формирование соответствующей организационно-технической системы, необходимой для

поддержания электронного документооборота, представляется одной из самых актуальных и важнейших задач любого предприятия. Тем более, что современные PDM-системы наделяют электронный архив принципиально новыми интеллектуальными функциями.

Самым существенным мотивом внедрения большинства технических новшеств чаще всего служат не успехи, а сложные экономические обстоятельства. В современных условиях производители вынуждены переходить от крупносерийного, малономенклатурного выпуска однотипной продукции к мелкосерийному производству (под заказ) многовариантной продукции, наиболее полно соответствующей постоянно меняющейся конъюнктуре рынка. В этом случае электронные PDM- технологии становятся инструментом, позволяющим сделать громоздкий процесс подготовки производства более быстрым и гибким.

Внедрение PDM позволяет существенно автоматизировать организационные процессы проектирования и производства изделий и добавляет в организацию работ ряд новых возможностей:

- оперативный поиск нужного документа по названиям, номерам и атрибутам (дата, материал, производитель, цена и т.п.);
- быстрый анализ структуры изделия и просмотр документ и данных с любого рабочего места в объеме предоставленных прав доступа;
- исключение дублирования работ и проблемы поиска актуальной версии документа;
- учет вариантов и истории изменений продукции;
- автоматический учет и надежный контроль результатов работы соответствующих отделов, служб и исполнителей;
- обеспечение сохранности и защиты документации;
- четкая организация и сопровождение всей последовательности работ.

При комплексной и достаточно полной компьютеризации инженерно-технических служб предприятия PDM-система может выполнять функции рабочей среды для пользователей и интегрирующей среды для многочисленных прикладных программных средств, автоматизирующих отдельные этапы и процессы.

3.2. PDM-система как инструмент интеграции автоматизированных систем поддержки ЖЦИ

Задача автоматизации хранения производственных данных не нова. Еще в середине прошлого века на многих предприятиях и в КБ создавались различные компьютерные базы данных, в которых хранились тексты и данные об изделии в алфавитно-цифровой форме.

Выделение PDM в качестве особого программно-методического комплекса связывается с деятельностью ведущих производителей САПР, которые, эволюционно развиваясь, пришли к концепции комплексной автоматизации. Для объединения компьютерных моделей, используемых в CAD/CAM/CAE-системах, и обеспечения коллективного характера работы инженерных подразделений и групп потребовались специальные интерактивные программы, общающиеся с пользователями на общепринятом техническом языке.

PDM отличаются от других АС по совокупности качеств: они автоматизируют определенный набор и последовательность работ пользователя, связанную с осуществлением операций технического документооборота (информационную технологию), при этом реализуют удаленный доступ к информации с помощью компьютерных сетей и обеспечивают достаточно сложное взаимодействие с универсальными системами управления базами данных СУБД.

Основой первой PDM-системы, созданной в начале 1980 гг., стал программный пакет EDL компании CDC. В 1990 гг. работы по созданию PDM разворачиваются всеми основными производителями тяжелых машиностроительных САПР. [3]

Одной из первых полноценных PDM-систем считается система Optegra компании Computervision. В 1998 г. молодая и успешная фирма PTC поглощает Computervision. На базе ее технологий PTC разрабатывает свою PDM-систему Windchill и становится одним из лидирующих поставщиков PLM-решений. PDM Windchill отличается своей ориентацией на применение WEB- технологий даже в локальных сетях (так называемые Internet — технологии).

Практически в то же время Unigraphics Solutions (UGS) совместно с Kodak разрабатывает PDM-систему iMAN (в настоящее время переименована в Teamcenter).

В начале XXI в. Dassault Systemes (DS) приобретает и развивает PDM-системы ENOVIA и Smarteam.

Среди российских систем PDM наиболее известными являются Party Plus (компания Люция-Софт); PDM STEP-Suite, разработанная в НПО «Прикладная логистика»; ЛОЦМАН- PLM производства компании АСКОН.

История появления и развития PDM-технологий в компаниях-разработчиках машиностроительных систем автоматизированного проектирования существенно повлияла на состав, структуру и облик современных систем управления данными об изделии. Современные PDM-системы лучше всего приспособлены для интеграции компьютерных моделей проектных данных, создаваемых в процессах конструкторско-технологической подготовки производства.

Повышение эффективности обработки электронных моделей, документов, результатов расчетов и исходных данных достигается за счет интеграции всей информации об изделии в единую структурированную и логически связанную комплексную (интегрированную) модель. В дальнейшем всю эту разнородную совокупность информации, относящуюся к определенному техническому объекту и хранящуюся в памяти ЭВМ или на электронных носителях, мы будем называть данными об изделии.

При создании PLM-решения, объединяющего множество программных комплексов, PDM-система выступает в качестве своеобразного посредника, аккумулирующего поступающие от прикладных подсистем данные, представленные на основе стандартных интерфейсов взаимодействия (рис 3.1). Зачастую PDM может воспринимать данные во внутреннем формате наиболее популярных САПР, обеспечивая так называемую «бесшовную» интеграцию.

Методы, технологии и программные средства управления данными об изделии играют системообразующую роль в создании интегрированной информационной среды.

На рис 3.1 показаны основные уровни интеграции. Наиболее тесно с PDM интегрируются системы автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства.



Рис 3.1 – Место PDM в общей структуре ИИС

Взаимодействие с PDM является одним из основных инструментов логистической поддержки и источником создания информационного пространства для потребителей продукции.

На другом уровне PDM интегрируется с системами управления производством, в современной трактовке — ERP. Для **ERP** инженерные данные, содержащиеся в хранилищах PDM, служат основным источником актуальной, полной и объективной информации об изделии. Действительно, только в конструкторских и технологических документах можно найти исчерпывающую информацию о составе и структуре изделия, материалах, оборудовании, инструментах и технологических операциях.

Если САПР и PDM часто производятся в одной фирме или в родственных организациях, занимающихся инженерной подготовкой производства, то ERP — это давний и самостоятельный бизнес с приоритетами в области планирования и финансов. Обеспечение эффективного взаимодействия PDM с системами управления предприятием в настоящее время является одной из главных научных и практических проблем CALS/ИПИ.

Глубину интеграции PDM с прикладными системами можно классифицировать по следующим признакам.

Применение единой модели данных. Это идеальный вариант, который чаще всего достигается при использовании компонентов САПР и PDM одного производителя. Следует обратить внимание, что если при этом производители не применяют международные стандарты, то это существенно ограничивает возможности интеграции с продуктами других фирм.

Прямой доступ к прикладным базам данных. У каждой прикладной системы сохраняется своя база данных, но эти системы оснащены прямыми интерфейсами, которые автоматически транслируют данные из одной системы в другую. Как правило, такие интерфейсы разрабатываются фирмами по взаимному соглашению.

Использование стандартизованных обменных файлов. В этом случае одна программа транслирует свои данные в стандартном формате, а другая читает записанный файл и конвертирует его в свой формат.

Кроме форматов, предусмотренных международными стандартами, большинство прикладных программ имеют возможность записывать свои файлы в форматы нескольких популярных систем. Например, для плоской

графики часто используется формат *DXF/DWG*, применяемый в AutoCAD, а для 3D-моделей — формат ядра *Parasolid*.

Наконец, всегда сохраняется возможность разработать *конвертор* для любого описанного формата данных средствами API (*Application Programming Interface*), которым оснащена каждая полноценная PDM.

3.3 Основные функциональные возможности PDM-системы

Основные функции PDM-системы можно сгруппировать по назначению следующим образом.

Управление хранением данных и документов обеспечивается тем, что все данные об изделии содержатся в специальной подсистеме, называемой хранилище данных.

Хранилище, как правило, строится на базе универсальной СУБД, которая обеспечивает их целостность, безопасность и уникальность, предлагает механизм разделения прав пользователей, средства резервирования и аварийного восстановления. Для организации больших и распределенных хранилищ данных часто требуется приобретение мощной коммерческой СУБД типа MSC SQL SERVER или ORACLE. Средние и легкие PDM могут использовать открытое или собственное программное обеспечение. [3]

PDM предоставляет *доступ к данным* только зарегистрированным пользователям, в соответствии с имеющимися правами, и позволяет осуществлять ввод, поиск, обработку и представление (визуализацию, вывод на печать) необходимых данных (рис.3.2—3.6).

Совокупность информации об изделии, прежде всего, формируется из электронных моделей (ЭМИ) и электронных документов (ДЭ), которые создаются и используются для описания изделия или процессов его проектирования, производства или эксплуатации на всех стадиях ЖЦ.

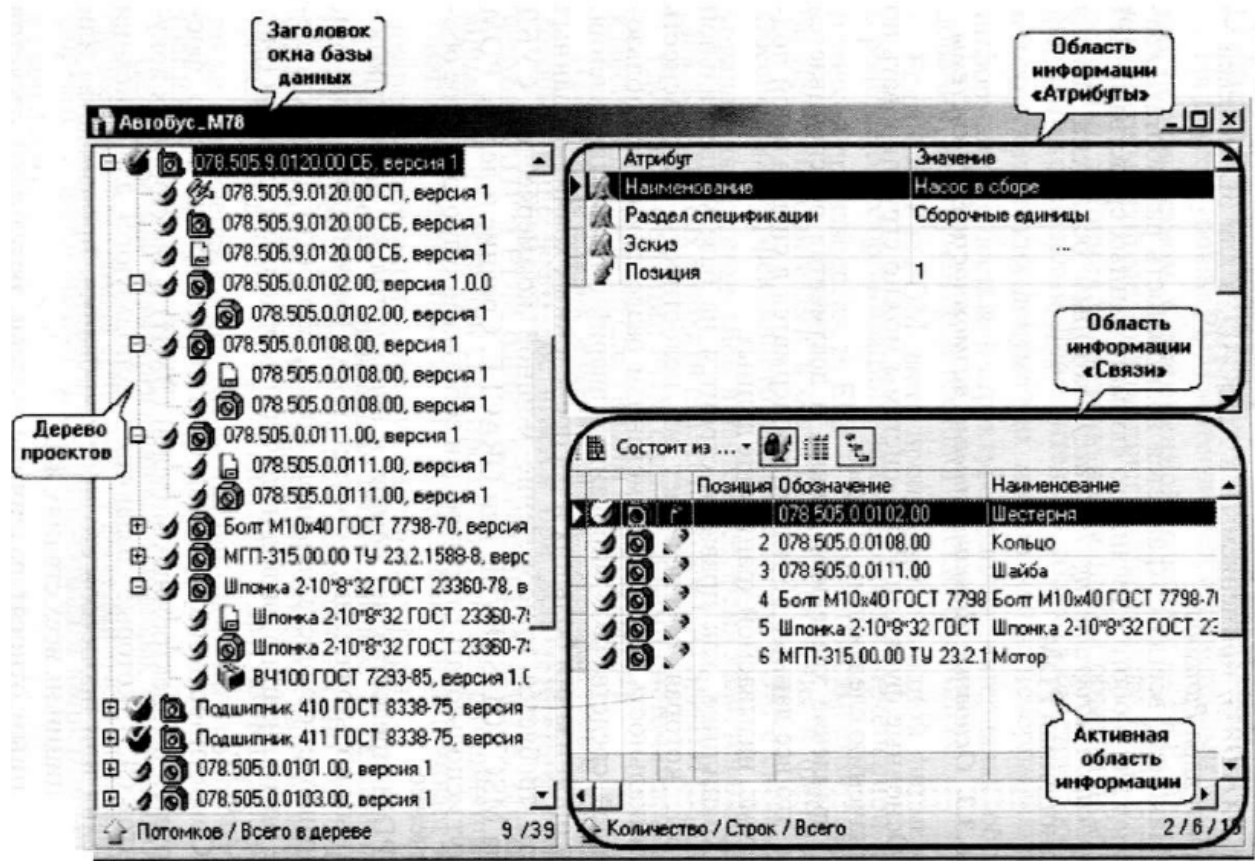


Рис 3.2 – Отображение информации о составе изделия в рабочем окне PDM-системы

К данным относят различные модели, результаты расчетов и другие цифровые массивы, которые создаются и обрабатываются компьютером. В процессе занесения документов и данных к ним могут быть присоединены любые дополнительные данные в виде чисел, текстовых строк, таблиц и пр., которые называются атрибутами и используются для повышения функциональности поиска (поиск *по атрибутам*). Атрибутивная информация может обрабатываться в самой PDM и использоваться для *составления выборок и отчетов* (см. рис 3.3).

Отчеты для базы данных "Mash71"

Шаблон Справка

Доступные отчеты 078.451.9.0000.00_Спецификация

Выполнить экспорт данных в: лист MS Excel

Связь	Формат	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Раздел спецификации	EXT
Документы	A1		078.505.9.0100.00.СБ	Редуктор		3D-модель сборки	СБ
Документы	A1		078.505.9.0100.00.СБ	Редуктор		Сборочный чертеж	СБ
Документы	A1		078.505.9.0100.00	Редуктор		Спецификация	
Документы	A4		078.505.9.0100.00.806	Ведомость оснастки		Документ	806
Документы		1	078.505.9.0101.00	Шестерня 1 передачи	1	Сборочные единицы	
Состоит из ...		2	078.505.9.0102.00	Шестерня 2 передачи	1	Сборочные единицы	
Состоит из ...		6	078.505.9.0123.00	Вал	1	Детали	
Состоит из ...		5	078.505.9.0124.00	Вал	1	Детали	
Состоит из ...		18	Подшипник 410 ГОСТ 8338-75	Подшипник 410 ГОСТ 8338-75	2	Стандартные изделия	
Состоит из ...		13	Подшипник 411 ГОСТ 8338-75	Подшипник 411 ГОСТ 8338-75	4	Стандартные изделия	
Состоит из ...		11	Болт М10-6НХ10.36 ГОСТ 15589-70	Болт М10-6НХ10.36 ГОСТ 15589-70	1	Стандартные изделия	

Рис 3.3 – Табличный отчет, сформированный PDM-системой по результатам поиска

Подписи по бизнес-процессу - Утверждение проекта - 078.505.9.0100.00.СП

Поместите заголовок колонки сюда, чтобы сгруппировать таблицу по этой колонке

Дата	Должность	Пользователь	Подпись
27.02.2004	Конструктор	(AK\Fedorov) Роман Фед	
27.02.2004	Главный конструктор	(AK\Sennikov) Денис Се	
01.03.2004	Главный технолог	(AK\Metelkin) Лее Metel	

а

Выбор сертификата

Выберите сертификат.

Кому выд...	Кем выд...	Назначе...	Понятн...	Срок де...	Размещ...
Ilyin	Ilyin	<Все>	Отсутст...	09.09.2...	Нет дан...
Admin	Admin	<Все>	Отсутст...	29.09.2...	Нет дан...

б

Подписи

Сертификаты подписей

Кому выдан	Кем выдан	Дата и время подписи	Срок истечения действия
Ilyin	Ilyin	14.09.2004 11:08:08	14.09.2005
Petrov	Petrov	14.09.2004 11:08:26	14.09.2005

в

Рис 3.4 – Вариант графического интерфейса перечня подписей (а), операции добавления (б) и проверки (в) электронной цифровой подписи документа

В хранилище, управляемом PDM-системой, содержится так называемое внутреннее представление ДЭ. Создание и модификация ДЭ производится в прикладных автоматизированных системах. Просмотр ДЭ и ЭМИ, ориентированных на восприятие и обработку человеком, в PDM

осуществляется или с помощью специальных программ-визуализаторов (например, eDrawings), или с использованием заранее заготовленных графических изображений (графических моделей), которые играют роль так называемого *вторичного представления* (см. рис.3.5). Наличие функций вторичного представления существенно ускоряет поиск и воспроизведение информации, просматриваемой и анализируемой человеком.

Если данные, хранящиеся в системе, являются электронными документами, то PDM позволяет автоматизировать *использование технологии электронно-цифровой подписи* (ЭЦП). Вновь созданные документы проходят операцию хеширования и оснащаются ЭЦП, а используемые — проверяются на аутентификацию и идентифицируются (см. рис 3.4).

Использование PDM-системы для создания электронного архива является одной из важнейших и первоочередных задач при внедрении комплексной системы автоматизации предприятия. Чаще всего в процессе внедрения осуществляются поэтапное оснащение подразделений автоматизированными рабочими местами и автономное наполнение и настройка баз данных.

При создании *электронного архива* большое значение имеет обеспечение уникальности хранимых электронных документов, которые согласно ГОСТ должны выступать в роли подлинников. Только PDM может гарантировать актуальность документа, поскольку в базе данных предусмотрен механизм, препятствующий созданию одноименных объектов. При необходимости повторного вхождения и модификации автоматически формируются ссылки и учитываются версии документов.



Рис. 3.5 - Использование вторичного представления при просмотре электронных моделей, содержащихся в хранилище PDM-системы

Одной из главных функций технического архива на машиностроительном предприятии является исполнение и сопровождение механизма прохождения извещений об изменениях.

Любое изменение конструкторских и технологических документов по российским стандартам должно проводиться только на основании извещений об изменениях. Извещения выполняют информационную роль, а также являются инструментом согласования изменений со всеми необходимыми участниками этапов жизненного цикла изделий, причем конструкция может трансформироваться весьма значительно без изменения обозначения и наименования.

PDM-система, функционирующая в составе службы технического архива предприятия, должна поддерживать работу с извещениями в соответствии с ГОСТ 2.503-90.

Пользователь автоматизированной системы должен иметь возможность составлять, изменять, распечатывать и проводить извещения для электронных документов (см. рис 3.6). Важной особенностью при работе с извещениями в PDM-системе является возможность учитывать не только сами исправления, но и архивировать все варианты документов, составляющих «историю жизни» изделия. Сохраняя вместе с извещениями все версии документов, в которых проводились изменения по данному извещению, можно в любой момент времени ознакомиться с предыдущими версиями документа, выбирая их по номеру или по дате изменения.



Рис. 3.6 - Фрагмент работы подсистемы извещений об изменениях PDM ЛОЦМАН PLM

В отличие от традиционной методики, когда исходный документ обрастает пачкой бумаг, которые внимательно надо изучить, чтобы правильно прочитать чертеж, в электронном варианте в последнюю версию документа уже внесены все исправления. Это существенно экономит рабочее время и сокращает число возможных ошибок и потерь.

Управление составом изделия. Автоматизация управления составом изделия считается одним из главных достижений PDM-технологий. По своему определению PDM-система должна содержать самую полную информацию о составе изделия, включая варианты его исполнения, возможные конфигурации и многое другое.

ГОСТ 2.053-2006 вводит в употребление основные понятия, непосредственно касающиеся автоматизации управления составом изделий в PDM.

Согласно положениям этого стандарта *Электронная структура изделия (ЭСИ)* является обобщающим документом, консолидирующим технические данные об изделии, и предназначена для организации информационного взаимодействия между автоматизированными системами.

Понятие ЭСИ было введено в стандарты специально для использования при разработке новых систем управления данными об изделии как обобщение опыта реализации многочисленных известных примеров PDM.

В компьютерной среде состав изделия отображается в виде ЭСИ, которая содержит не только конструктивные элементы, составляющие изделие, а также все иерархические отношения (связи) между его составными частями и другие данные в зависимости от его назначения. При этом область назначения ЭСИ устанавливается самая обширная.

Кроме отображения конструктивных элементов электронная структура изделия может использоваться:

- для представления интегрированной (присоединенной к конструктивным элементам) разнотипной информации о свойствах (характеристиках) изделия и его частей;
- для представления вариантов состава и структуры изделия;
- для представления проектной и рабочей конструкторской документации на изделие;
- для представления информации о правилах применяемости и взаимозаменяемости частей изделия;
- для представления обозначений изделия и его составных частей

(классификации).

Таким образом, расширенное толкование состава изделия, предусмотренное определением ЭСИ, включает большой объем сложно-структурированной информации. Как документ ЭСИ предназначена для анализа и обработки человеком, поэтому для удобства работы специалистов может применяться несколько различных представлений состава изделия для различных предметных областей: конструкторский состав, технологический состав, маркетинговый состав и т.д. Предметное представление состава изделия представляет собой частный случай (результат фильтрации) общего массива информации, составляющей полный состав изделия.

ЭСИ — конструкторский документ, выполняемый только в электронной форме и формируемый автоматизированным способом на основе информации, хранящейся в общей базе данных (ОБДИ).

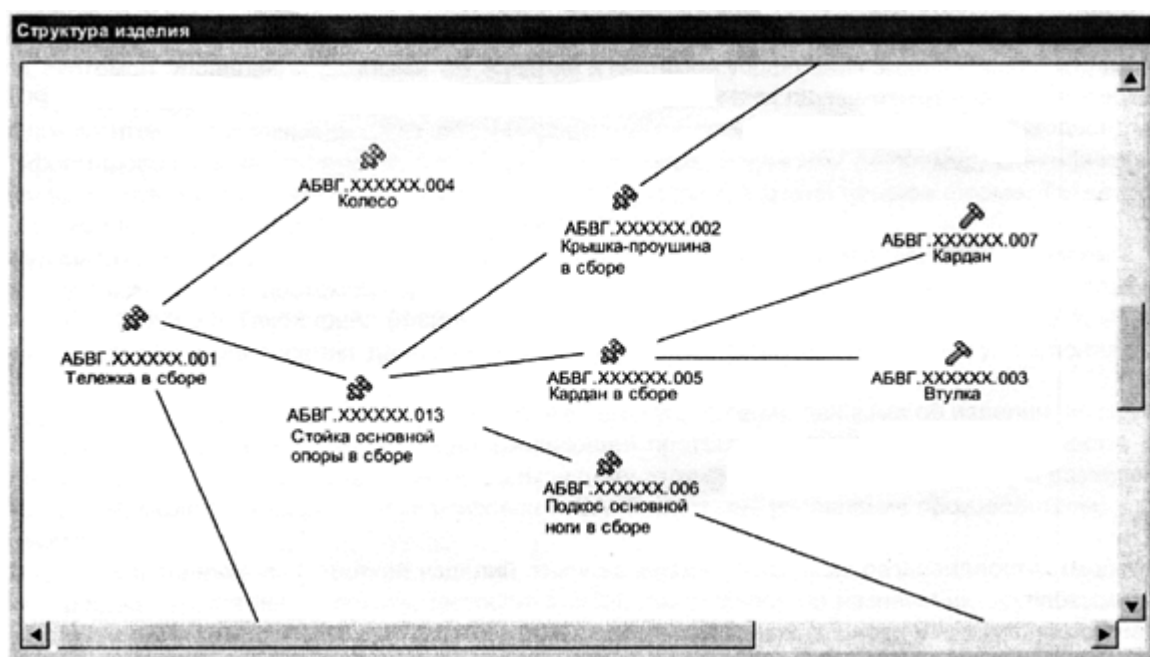


Рис. 3.7- Визуализация структуры изделия в виде графа

Электронную структуру изделия представляют в визуальной форме, с использованием компьютерных технических средств, в виде ориентированного ациклического графа (рис 3.7) или, чаще всего, в форме

многоуровневого списка, как показано на реальном примере, на рис. 3.8.

Операции формирования, пополнения, удаления, редактирования, копирования структуры, элементов и атрибутов объектов составляют набор инструментов управления составом изделия.

Управление составом изделия, в том числе, заключается в установлении входимости и применяемости компонентов изделия.

Входимость — понятие, характеризующее использование составных частей изделия в составе конечного изделия или/и его составных частей.

Понятие входимости широко используется при *управлении классификацией состава изделия*. Классификация состава используется для задач унификации и стандартизации выпускаемой продукции.

Применяемость — характеристика связи, показывающая, при каких условиях данная составная часть использована в конечном изделии или другой составной части. [3]

Управление конфигурацией изделия. Управление конфигурацией — это управленческая технология, связанная с разработкой, выпуском и поддержкой жизненного цикла сложных изделий, производимых во многих вариантах. Мы будем рассматривать управление конфигурацией в конструкторском контексте. В российской промышленности приняты следующие понятия конфигурации изделий.

Базовое изделие, которое формально можно определить по факту утверждения комплекта проектно-конструкторской документации, принятой для изготовления изделия.

Модификация изделия — вариант изделия, созданный на основе базовой конфигурации изделия с целью изменения основных тактико-технических (функциональных) характеристик изделия.

Исполнение изделия — вариант изделия, созданный на основе базового изделия с целью удовлетворения специфических требований заказчика без изменения основных функциональных характеристик изделия.

Семейство изделий — базовое изделие и все модификации и исполнения, созданные на его основе.

Автоматизированное управление конфигурацией изделия заключается в установлении применимости элементов изделия и их состояния в различных вариантах поставок (рис.3.9).

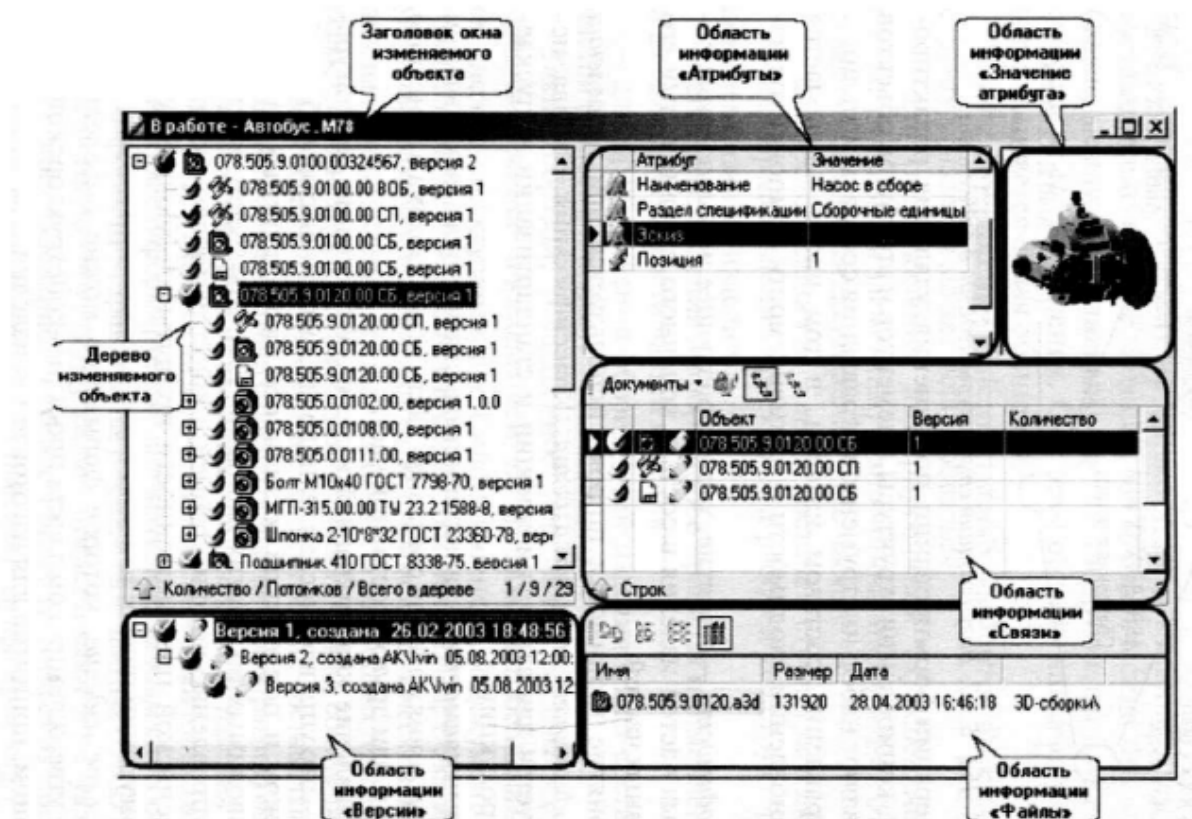


Рис. 3.8 - Расширенное представление состава изделий в PDM-системе в форме многоуровневого списка с атрибутами и связями с документами, версиями, файлами

Управление процессами. Управление бизнес-процессами, и прежде всего конструкторско-технологической подготовкой производства, возможно в том случае, когда все участвующие в процессе пользователи включены в состав автоматизированной системы.

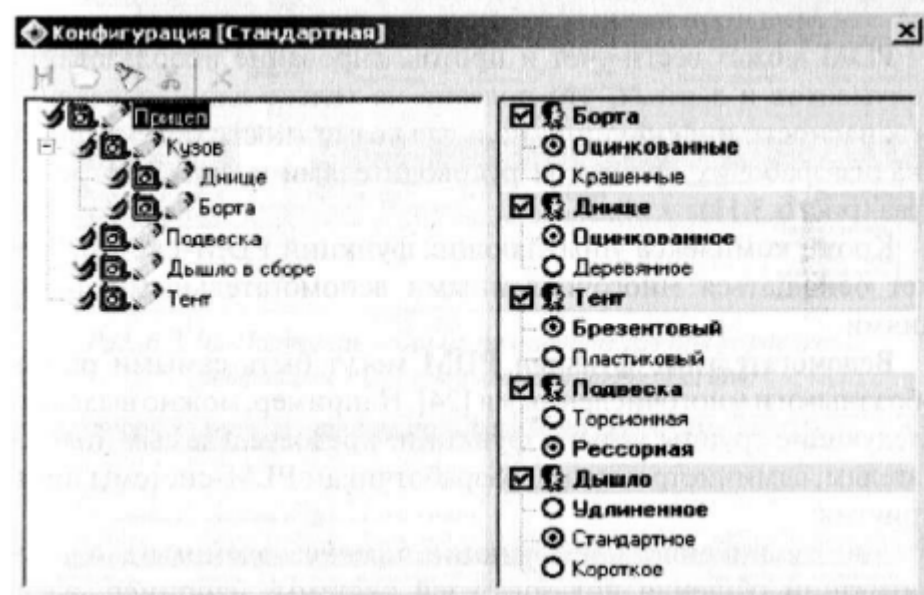


Рис. 3.9 - Автоматизированное управление конфигурацией изделия

Управление коллективной работой необходимо при совместном проектировании одного изделия. В любой базе данных обязательно необходимо исключить ситуацию, когда одновременно происходит модификация общих данных. В большинстве **PDM** для этого используется механизм разделения доступа. Одна и та же деталь или сборка может быть в активном использовании только у одного пользователя. Для того чтобы отредактировать объект, пользователь должен «взять его в работу», при этом автоматически система переводит изделие в режим «*Check-in*», закрывая его от других изменений. Остальные участники процесса в реальном масштабе времени получают сведения о состоянии объекта. Они могут просматривать информацию, но редактирование станет возможным только тогда, когда свою работу закончит активный пользователь и объект перейдет в состояние ожидания «*Checkout*» — свободен от изменений.

Управление потоком работ пользователей осуществляется с использованием специализированных подсистем, называемых «*Work Flow*» и позволяющих в интерактивном режиме планировать, сопровождать и контролировать последовательность деятельности

персонала автоматизированной системы. В этом случае PDM-система формирует и автоматически направляет задания всем задействованным в процессе пользователям, контролирует сроки и объем выполненных по плану работ.

К функциям управления процессами можно отнести и контрольную процедуру *протоколирования действия пользователей*, в том числе и с целью учета содержания и временных затрат на выполнение проведенных работ. PDM может вести учет и протоколирование использования документов и данных, что полезно не только для обеспечения безопасности информации, но и для возможности объективного анализа рабочих процессов руководителями и службами качества.

4 МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СРЕДЕ PDM

Основной выгодой от использования на предприятии **PDM**-системы является уменьшение потребного времени разработки изделия, а также повышение качества проекта, выражающееся в сокращении числа ошибок и неувязок. Как следствие, достигается заметное сокращение срока выхода изделия на рынок.

По результатам исследований известной аналитической фирмы *McKinsey & Co*, приведенных на рис. 4.1, влияние на прибыль отдельных факторов повышения конкурентоспособности значительно различается. Максимальное влияние на конкурентоспособность оказывает общее сокращение сроков выхода изделия на рынок.

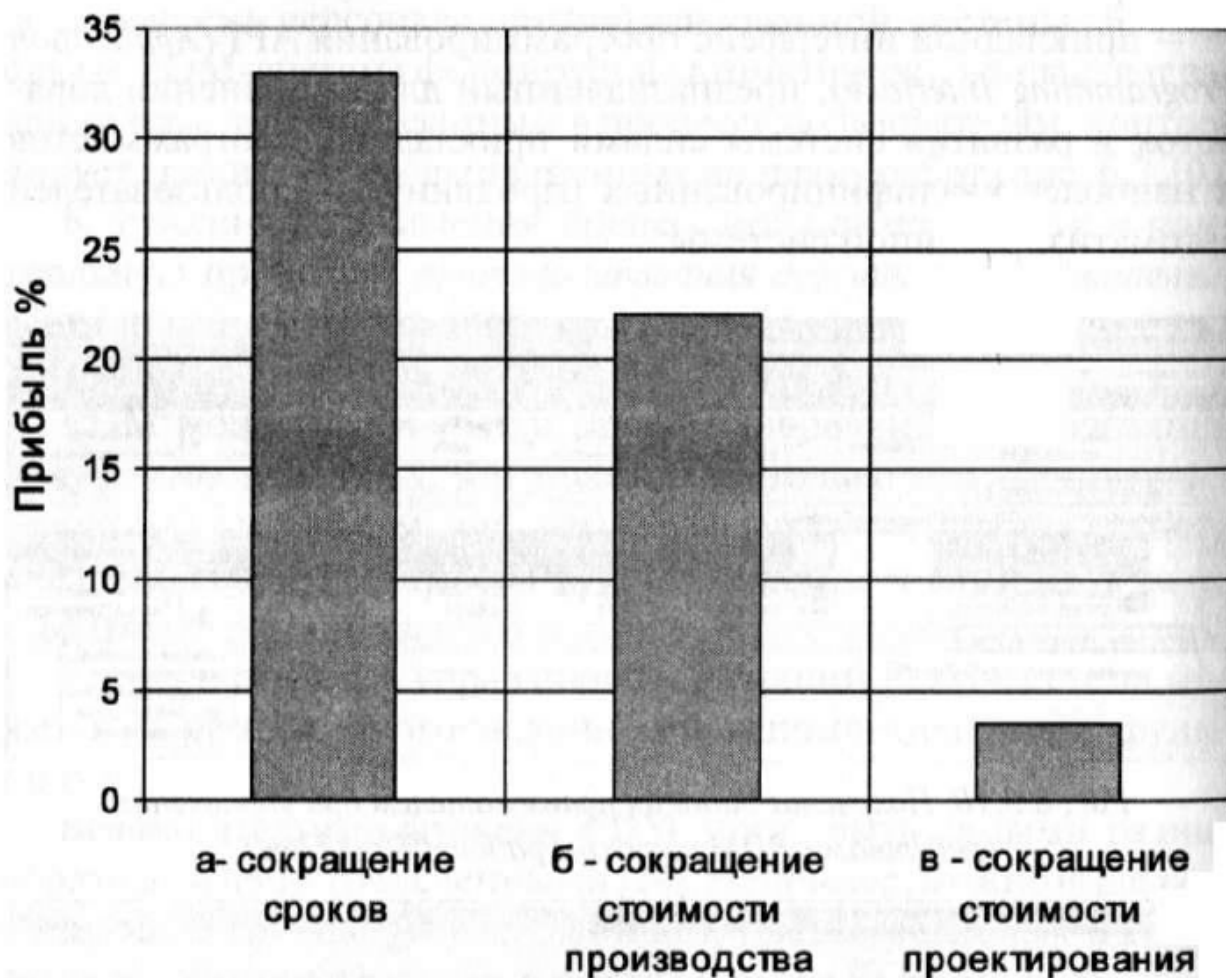


Рис. 4.1- Влияние различных факторов на прибыль для сложного изделия с продолжительностью жизненного цикла 5 лет: а — сокращение сроков поставки на 6 месяцев; б — уменьшение стоимости производства на 9%; в — сокращение стоимости проектирования на 50%.

Для единичного и мелкосерийного производства, которое характерно для значительной части современных машиностроительных предприятий, поддерживающих позаказный режим работы с клиентами, наибольшее влияние на сроки поставок оказывает этап конструкторско-технологической подготовки производства. Это свидетельствует о том, что внедрение комплексной PLM-системы и PDM-технологий в частности актуально не только для промышленных гигантов со сверхсложными изделиями или огромной номенклатурой продукции, а и для малых и средних предприятий, работающих в позаказном режиме.

Положительное влияние внедрения PDM-системы на сокращение сроков технической подготовки производства определяется за счет следующих основных аспектов:

- избавление конструктора от непроизводительных трудовых затрат, связанных с поиском, копированием и архивированием данных, что при работе с бумажными данными составляет 25- 30% рабочего времени;
- улучшение взаимодействия между конструкторами, технологами и другими участниками ЖЦ изделия за счет поддержки методики параллельного проектирования, что приводит к сокращению общего количества доработок и изменений;
- значительное сокращение сроков проведения изменений конструкции изделия или технологии его производства за счет улучшения контроля потока работ в проекте;
- резкое увеличение доли заимствованных или слегка измененных компонентов в изделии (до 80%) за счет автоматизации поиска компонента с необходимыми характеристиками.

Однако столь впечатляющие достижения возможны только при правильной организации работ и включении всех участников производственных этапов жизненного цикла изделий в интегрированную информационную среду.

Хранилище информации, создаваемое средствами PDM-системы, должно содержать полную информацию об изделии, включая состав и структуру изделия, компьютерные модели, электронные чертежи и спецификации, планы процессов проектирования и производства, нормативные и справочные документы, программы для станков с ЧПУ, результаты инженерного анализа, корреспонденцию, данные о партиях изделия и отдельных экземплярах изделия и любую другую содержательную информацию.

Пользователями PDM-системы выступают сотрудники всех отделов

предприятия, непосредственно участвующие в осуществлении ЖЦ изделия, в том числе конструкторы, технологи, работники технического архива, а также сотрудники, работающие в других смежных областях (сбыт, маркетинг, снабжение, финансы, сервис, эксплуатация), и все другие заинтересованные и уполномоченные на это специалисты, вне зависимости от формальной подчиненности и принадлежности к официальным структурам.

Главной задачей PDM-системы является предоставление каждому пользователю автоматизированной системы нужной ему информации (в соответствии с предоставленными правами доступа) в нужное время, с минимальной задержкой и в удобной форме.

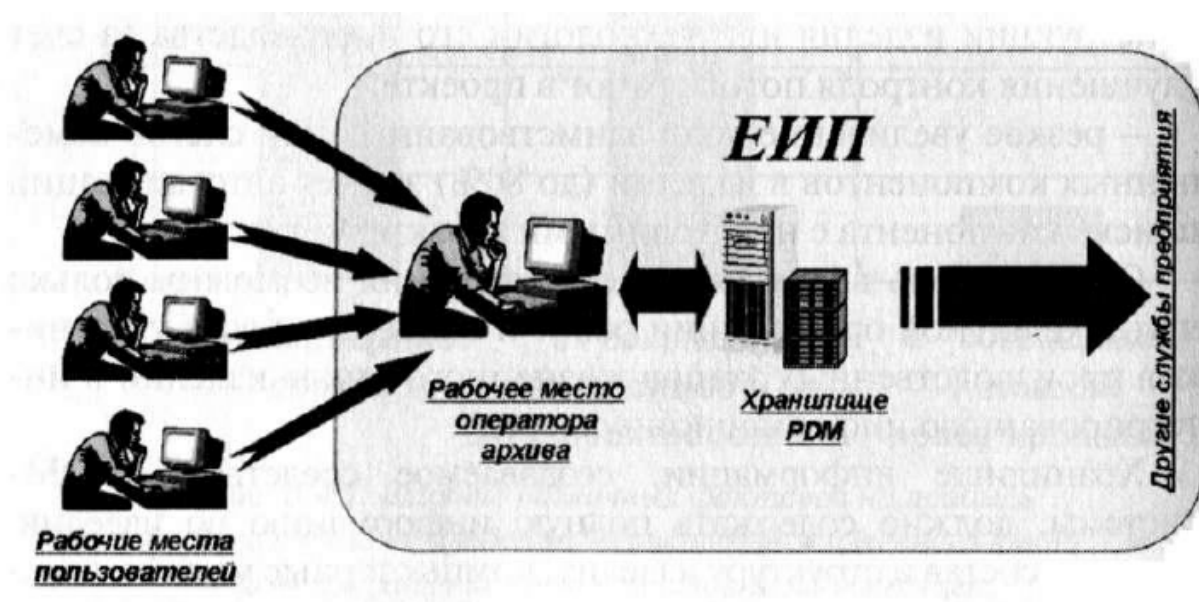


Рис. 4.2 - Схема автоматизированной работы при частичном оснащении персонала

Иногда, с целью экономии, в подразделении может быть установлено только одно клиентское рабочее место PDM (рис. 4.2). Такой режим предусматривает наличие посредника между пользователем и единым информационным пространством, открываемым средой системы управления данными об изделии.

В этом случае пользователи периодически передают результаты своего

труда и запросы необходимой информации на выделенное рабочее место, а занесение данных в базы данных и процедуры поиска информации производятся оператором.

Передача электронных документов может осуществляться посредством компьютерной сети или физически передаваться от человека к человеку с помощью промежуточных носителей информации (дискеты, CD, FLASH-карты). Кстати, роль оператора может исполнять и руководитель низшего или даже среднего звена соответствующего подразделения. Тогда он получает в свое распоряжение самую непосредственную возможность управления документацией. Кроме этого, процесс занесения документов может быть совмещен с их контролем и учетом, что также является одной из важнейших функций технического руководителя.

В числе существенных недостатков такой схемы можно выделить наличие промежуточного звена передачи информации, необходимость исполнения дополнительной операторской работы, замедление информационных потоков, усложнение коллективной работы над проектом, а также психологический эффект «отлучения» пользователя от единого информационного пространства.

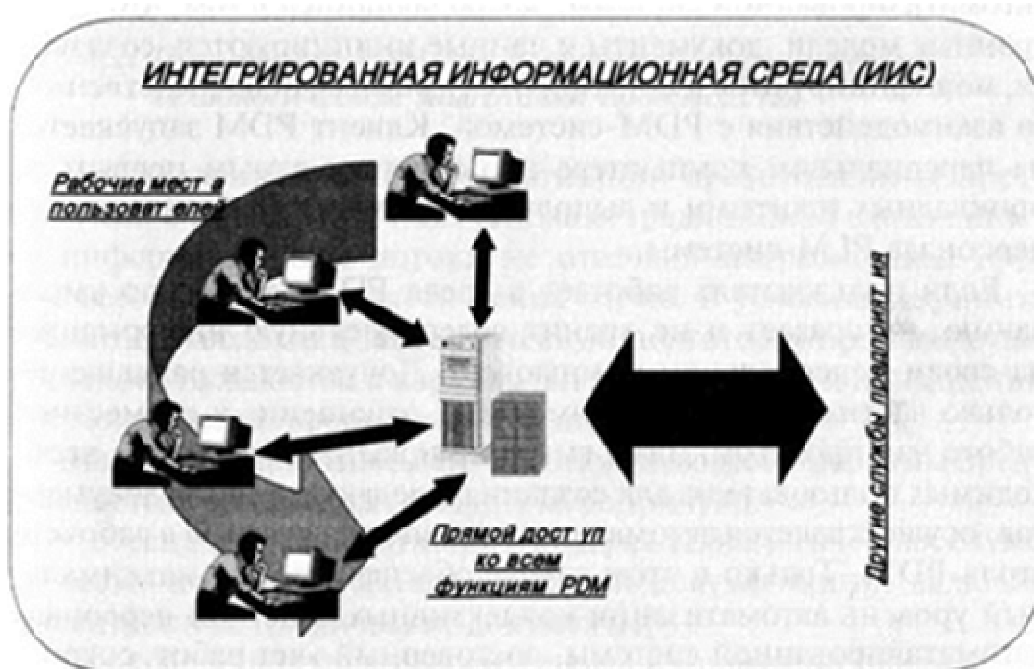


Рис. 4.3- Схема автоматизированной работы проектного персонала

автоматизированной системы в интегрированной информационной среде (ИИС)

Схема работы с оператором может быть рекомендована только как промежуточный вариант при поэтапном внедрении PDM- системы или как инструмент автоматизации во вспомогательных подразделениях предприятия.

На рис 4.3 показана схема использования PDM в прямом доступе всех пользователей. На ПК каждого конструктора установлено отдельное клиентское место. В этом случае в распоряжении пользователей находятся все разрешенные функции и возможности системы управления данными об изделии. Однако это еще не последний уровень интеграции пользователей в единое информационное пространство.

Для целевого персонала автоматизированной системы, выполняющего основные проектные процедуры (работники конструкторских и технологических подразделений), PDM-система должна играть роль рабочей среды. [3]

4.1 PDM-система как основная рабочая среда персонала комплексной автоматизированной системы

Использование PDM в роли рабочей среды предусматривает особый метод деятельности пользователя в составе комплексной автоматизированной системы, заключающийся в том, что электронные модели, документы и данные иницируются, создаются, модифицируются и пополняются в режиме непосредственного взаимодействия с PDM-системой. Клиент PDM запускается на персональном компьютере пользователя самым первым из прикладных программ и выполняет функцию «рабочего стола» персонала PLM-системы.

Если пользователь работает в среде PDM, то он, по умолчанию, не

создает и не хранит содержательную информацию на своем персональном компьютере. Допускается размещение только частных данных, не имеющих отношение к совместной работе над проектом. Даже вызов прикладных программ, необходимых пользователю для создания и редактирования документов, осуществляется автоматически, непосредственно с рабочего стола PDM. Только в этом случае обеспечиваются максимальный уровень автоматизации коллективных действий персонала автоматизированной системы, достоверный учет работ, сохранность и эффективное управление информацией.

Все конструкторские документы (наборы данных), создаваемые и обрабатываемые конструктором, хранятся на сервере. Этот режим предоставляет самый оперативный доступ к документам и их обновление, что обеспечивает совместную работу конструкторской бригады над одним проектом.

При работе проектного персонала в среде PDM автоматически решаются вопросы создания и модификации состава изделий, автоматически порождаются спецификации и выборки. В целом увеличивается производительность труда коллектива проектировщиков и сокращается число ошибок согласования и увязки узлов и деталей изделия.

Таким образом, инженерным службам предприятия предоставляются не отдельные программы, а отлаженный и эффективный комплекс взаимосвязанных и взаимодополняющих систем, автоматизирующий всю цепь проектно-конструкторских работ и технологическую подготовку производства.

Работы по конструкторской подготовке производства, выполненные непосредственно в среде PDM, позволяют автоматически получить массив

данных об изделии, полностью отвечающий требованиям как самой конструкторской службы, так и служб-смежников.

4.2 Применение PDM для повышения эффективности технологической подготовки производства

Как показывает опыт автоматизации промышленных предприятий, в новых рыночных условиях традиционно сложившиеся информационные потоки не отвечают потребностям, прежде всего, самих технологических служб. В условиях дефицита времени, отводимого на техническую подготовку производства, технологи нуждаются в кардинальном улучшении и повышении оперативности информационной поддержки.

Наиболее эффективными решениями данной проблемы представляется комплекс следующих мероприятий:

- обеспечение оперативного доступа технологических служб ко всему комплексу конструкторской документации, включая и электронные графические документы;
- сокращение непроизводительных издержек на поиск и передачу информации об изделии;
- сокращение ошибок, несогласованности и несоответствий в конструкторской документации;
- внедрение прогрессивных методов параллельного проектирования конструкторской и технологической документации;
- внедрение современных систем автоматизации технологической подготовки производства на рабочих местах технологов.
- Конструкторская документация (КД) и иная информация об изделии, занесенная в единое информационное пространство, является необходимым условием для обеспечения своевременной и полной технологической подготовки производства.

— На рис.4.4 показана схема информационной поддержки технологических служб машиностроительного предприятия средствами PDM, которая обеспечивает оперативный доступ технолога ко всему актуальному массиву КД уже на этапе согласования.

— В комплексной PLM-системе автоматизированные места технологов должны быть оснащены современными интерактивными САПРТП, интегрированными в ИИС. В этом случае технолог также получает возможность работать не только с электронным архивом, но непосредственно участвовать в совместной работе над проектом изделия в среде PDM.



Рис. 4.4 -. Схема автоматизированной работы технологических служб в едином информационном пространстве

Сразу, в момент открытия КД на согласование, автоматически запускается соответствующее приложение (интерактивная САПР ТП), и технолог может начать проработку проекта конструкции на технологичность. Таким образом, начало технологической подготовки происходит параллельно с продолжением традиционного процесса оформления бумажного подлинника и существенно экономит общие

временные затраты на техническую подготовку производства. При этом можно прогнозировать увеличение согласующих итераций «конструктор-технолог». Это обстоятельство способствует тщательности и глубине проработки проекта и должно быть компенсировано наличием современного программного обеспечения и скоростных компьютерных сетей. Затраты на внедрение комплексной автоматизации в технологических службах окупаются за счет сокращения числа ошибок, переделок и брака в процессе производства.

В интегрированной информационной среде, при организации работ непосредственно в среде PDM, благодаря комплексному использованию интерактивной САПР ТП и конструкторской САПР, становится возможным автоматически импортировать введенную ранее проектную информацию об изделии и использовать ее при создании технологии. Это свойство PLM позволяет избежать повторного ручного ввода проектных данных (рис. 4.5).

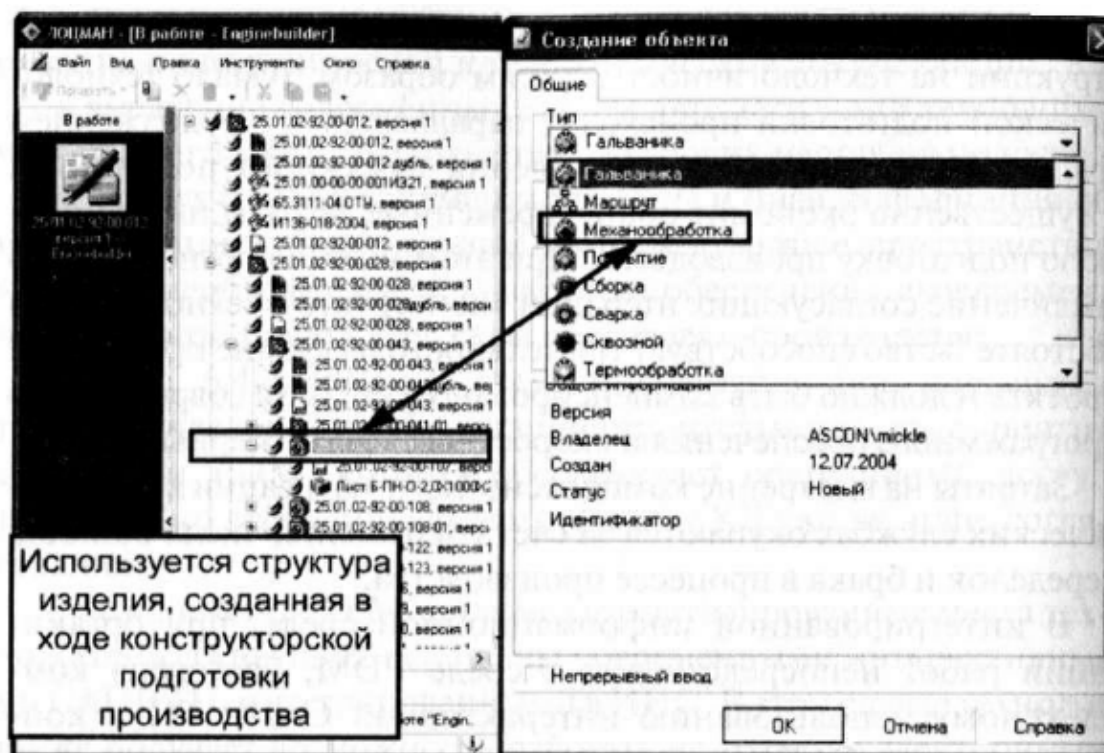
По результатам разработки технологии в базы данных PDM может передаваться следующая информация:

- маршрут изготовления;
- сведения об используемом оборудовании;
- сведения об используемой оснастке и инструменте;
- нормы времени;
- комплект технологических карт.

Основные преимущества работы технолога в интегрированной среде PDM и САПРТП:

- автоматическое получение конструкторских данных, необходимых в ходе проектирования техпроцессов;
- использование общезаводских классификаторов оборудования, мерительного, режущего инструмента, оснастки;

- автоматизированное проектирование на основе типовых, групповых техпроцессов и техпроцессов-аналогов;
- автоматическое формирование полного комплекта технологической документации по разработанной модели техпроцесса;



а

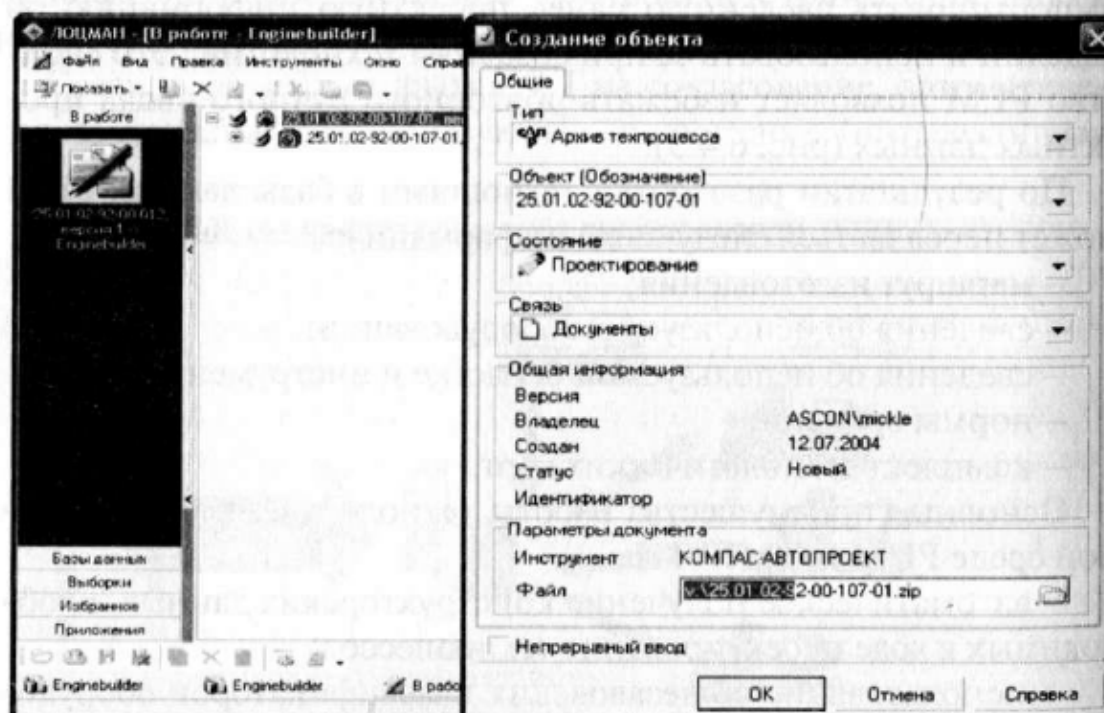


Рис. 4.5- Пример интеграции САПР ТП в PLM-системе АСКОН: КОМПАС-ЛОЦМАН-АВТО ПРОЕКТ: а — инициация разработки ТП; б — создание техпроцесса в среде PDM ЛОЦМАН.

— автоматическая передача данных, полученных в ходе создания технологических процессов, в общую базу данных.

Информация, созданная на этапе технологической подготовки, может быть использована для дальнейшей обработки в системах управления производством, что позволяет предоставить надежные данные для определения плановой и фактической себестоимости продукции, степени загрузки оборудования, управления закупками и другими важными производственными показателями. [3]

5 ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РУКОВОДСТВА

Поставка эксплуатационной технической документации на электронных носителях давно уже перестала быть исключительной возможностью компьютерных фирм, производителей программного обеспечения и цифровой аппаратуры. В настоящее время разработчики практически во всех прикладных областях готовят техническую документацию при помощи компьютеров. Чаще всего для этого используются обычные офисные программы. Однако технологии подготовки иллюстрированных текстов, хорошо зарекомендовавшие себя для офисного документооборота и рекламных буклетов, не дают большого эффекта при создании технических руководств.

Во-первых, эксплуатационнику в итоге достаются всё те же бумажные списки и книги, в лучшем случае на электронных носителях, которые еще

где-то надо распечатать.

Во-вторых, оперативность подготовки бумагоориентированных руководств на местах не сильно повышается по сравнению с традиционной издательской деятельностью, а число возможных неточностей и ошибок экспоненциально нарастает вместе с увеличением объема рукописи.

В-третьих, трудоемкость писательского труда и оформления качественных иллюстраций также остается непомерно большой, требует наличия высокой квалификации и таланта исполнителей.

Самое существенное, что деятельность эксплуатационников при этом никак не автоматизируется.

Адекватное осуществление разнообразных функций материально-технического обеспечения (логистики) в отношении сложных систем и прочего оборудования требует наличия непосредственно у эксплуатирующих организаций огромного количества своевременных, легкодоступных, точных и очень подробных данных.

Необходимо следующее:

- автоматизировать поиск и выборку данных по определенным условиям, составление сводных ведомостей и отчетов;
- автоматизировать составление запросов, рекламаций и заказов оборудования, комплектующих, расходных материалов;
- обеспечить интерактивную связь с разработчиками и обращения в службу технической поддержки;
- автоматизировать учет изменений документов и рассылку извещений;
- сделать технические руководства более наглядными, эргономичными, удобными и легкими для использования;
- наделить технические руководства интеллектуальными качествами, такими как экспертная оценка и помощь в принятии решений;
- снабдить технические руководства обучающими и контро-

лирующими функциями.

Все это способны сделать современные интерактивные технические руководства (*ИЭТР — interactive electronic technical manual-IETM*).

Сегодня становится очевидным, что выход на рынок с новым сложным техническим изделием, сопровождаемым большим объемом традиционной бумажной документации, не просто архаичен, а экономически нецелесообразен. Отсутствие полноценных электронных средств сопровождения продукции существенно снижает ее конкурентоспособность. Большинство потребителей уже не хотят оплачивать и содержать большой архив бумажной документации, а грамотный пользователь, привыкший к сервису компьютерных технологий, предпочитает чтению бумаг автоматизацию поиска и наглядность визуализации информации. Без налаженных электронных коммуникаций затруднены процедуры сервиса, заказа запасных частей и т.д.

Решение проблемы заключается не просто в переводе эксплуатационной документации на изделие, поставляемой потребителю, в электронный вид, а придание ей новых качеств. Для этого комплект электронной эксплуатационной документации следует рассматривать как составную часть единой интегрированной информационной модели изделия, т.е. для потребителя необходимо обеспечить доступ к единому информационному пространству (ЕИП).

ЕИП для потребителя может быть организовано с помощью глобальных компьютерных сетей и Internet (WEB-технологий) или с помощью специализированных интерактивных руководств и баз данных, поставляемых на электронных носителях (рис. 5.1).

Внедрение в эксплуатационных организациях PDM-систем не всегда оправдано из-за высокой стоимости и сложности такого решения, хотя не исключено удаленное взаимодействие потребителей с интегрированной информационной средой посредством WEB-интерфейсов.

Использование потребителями ИЭТР представляется более естественным и простым решением, однако необходимо организовать оперативное обновление ИЭТР и баз данных, в том числе и с применением удаленного доступа.

В концепции CALS/ИПИ интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР/ИЕТМ) являются неотъемлемыми компонентами интегрированной логистической поддержки изделия и должны обладать следующими качествами:

- содержать все необходимые технические и эксплуатационные данные об изделии;

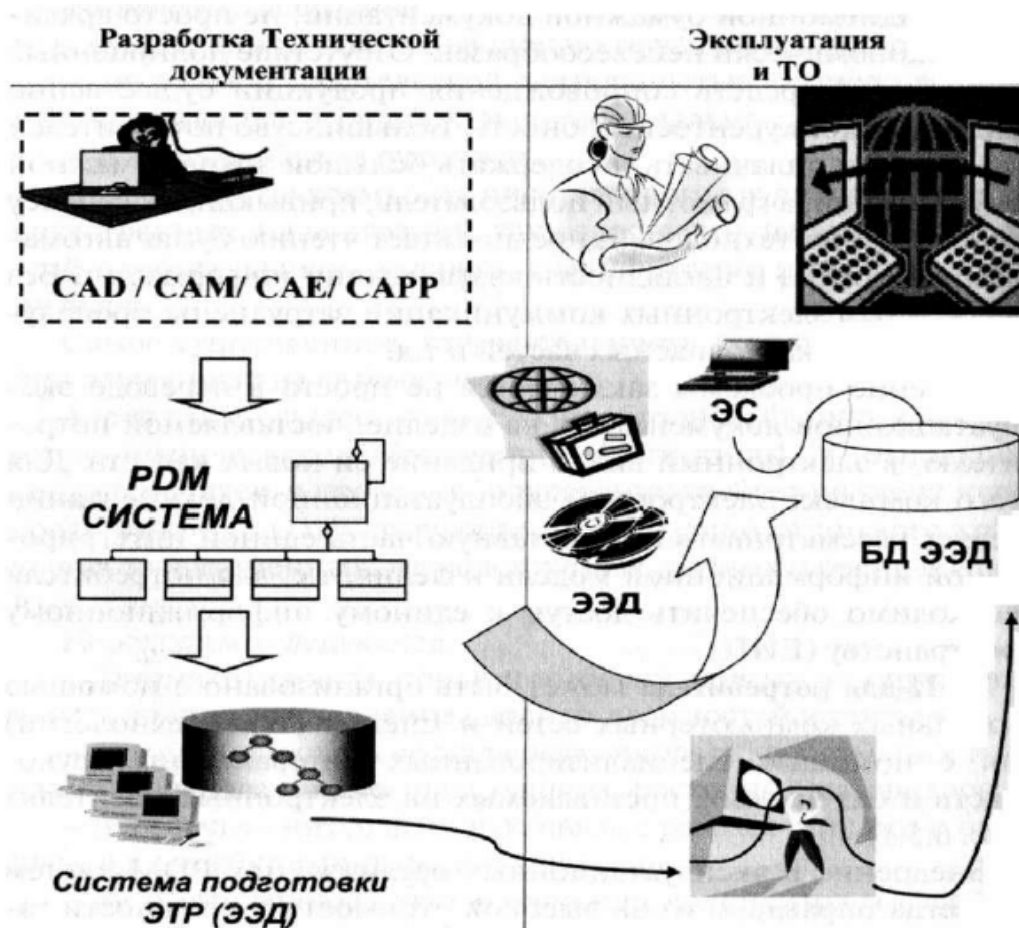


Рис. 5.1 - Электронные технические руководства, создаваемые разработчиками на основе технической документации, хранящейся в PDM

- поддерживать стандартный интерфейс пользователя;
- формироваться поставщиком с использованием автоматизированных систем и программно-методических комплексов;
- соответствовать условиям поставки и эксплуатации изделия по уровню и степени автоматизации.

ИЭТР высших классов должны отличаться следующими качествами:

- быть графическими и интерактивными;
- содержать средства для автоматизации процедур технического обслуживания, поиска и устранения неисправностей;
- обладать развитыми обучающими функциями.

Кроме этого в них могут применяться различные мультимедийные

средства, дополняющие и иллюстрирующие основную процедурную информацию.

Требования к содержанию, стилю и оформлению ИЭТР устанавливают следующие российские нормативные документы.

— Р 50.1.029-2001. *Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Интерактивные электронные технические руководства. Общие требования к содержанию, стилю и оформлению.*

— Р 50.1.030-2001. *Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Интерактивные электронные технические руководства. Требования к логической структуре базы данных.*

Согласно данным рекомендациям по стандартизации, интерактивное электронное техническое руководство (ИЭТР) — это структурированный комплекс взаимосвязанных технических данных, предназначенный для предоставления пользователю в интерактивном режиме справочной и описательной информации об эксплуатационных и ремонтных процедурах конкретного изделия.

ИЭТР предназначены для решения следующих задач:

- обеспечения эксплуатационного персонала справочным материалом об устройстве и принципах работы изделия;
- обеспечения справочными материалами, необходимыми для эксплуатации изделия, выполнения регламентных работ и ремонта изделия;
- обеспечения информацией о технологии выполнения операций с изделием, необходимых инструментах, материалах, числе и квалификации специалистов;
 - обеспечения сведениями о диагностике оборудования и поиске неисправностей;
 - автоматизации заказа материалов и запасных частей, планирования и учета проведения регламентных работ;

- организации обмена данными между потребителем и поставщиком;
- автоматизации обучения персонала правилам эксплуатации и ремонта изделия.

Профессионально подготовленное ИЭТР на промышленное изделие содержит следующие компоненты;

- спецификацию изделия;
- техническое описание деталей, узлов, систем;
- инструкцию по эксплуатации систем и оборудования;
- инструкцию по монтажу систем и оборудования;
- инструкцию по техобслуживанию систем и оборудования;
- описание диагностики систем и оборудования;
- механизм навигации, обеспечивающий контекстно-зависимый поиск;
- средства общения потребителя с поставщиками (например, по E-mail);
- средства связи и обмена с автоматическими системами диагностики изделий и управления ремонтным оборудованием.

Для повышения производительности и оперативности работ, а также обеспечения преемственности и непротиворечивости информации ИЭТР необходимо формировать в значительной степени автоматически, с использованием электронного конструкторско-технологического описания изделия. То есть процесс подготовки ИЭТР должен представлять собой автоматизированную процедуру генерации эксплуатационной документации на основании моделей и данных об изделии, содержащихся в PDM-системе, под непосредственным управлением и с возможностью оперативного редактирования человеком.

Для диагностики оборудования и поиска неисправностей возможно использование экспертных систем и баз знаний.

Обучающие функции ИЭТР должны реализовываться при помощи электронных учебников, автоматизированных обучающих систем (АОС) и компьютерных тренажеров, включаемых в состав электронных руководств в качестве подсистем. [3]

5.1 Классы ИЭТР

В настоящее время на практике используется достаточно много различных компьютерных технологий подготовки технических описаний, руководств и эксплуатационной документации, которые можно классифицировать по следующим признакам:

- Класс 1. *Бумажно-ориентированные документы* на электронных носителях. Сюда относятся отсканированные документы или файлы, передаваемые в текстовых форматах данных. Недостатки этой технологии заключаются в отсутствии интерактивности, необходимости использования громоздких офисных редакторов, отсутствии защиты от искажения авторского текста.
- Класс 2. *Неструктурированные электронные документы*. Такие документы, записанные в специальных форматах, например, *PDF* (Adobe Acrobat) и *DJVU*, трудно исказить, они достаточно экономичны по объему, но не автоматизированы.
- Класс 3. *Структурированные электронные документы*. Такие документы создаются с помощью языков разметки, например *HTML*, которые позволяют организовать систему ссылок и переходов по ним, т.е. создаваемые документы уже приобретают свойства интерактивности.
- Класс 4. *Интерактивные документальные базы данных*. Отличаются тем, что в них вместо создания разрозненных файлов, как в предыдущих классах, используются технологии баз данных, которые позволяют повысить эффективность поиска и анализа информации, обладают

качествами защищенности и сохранности и могут оперировать большими объемами информации.

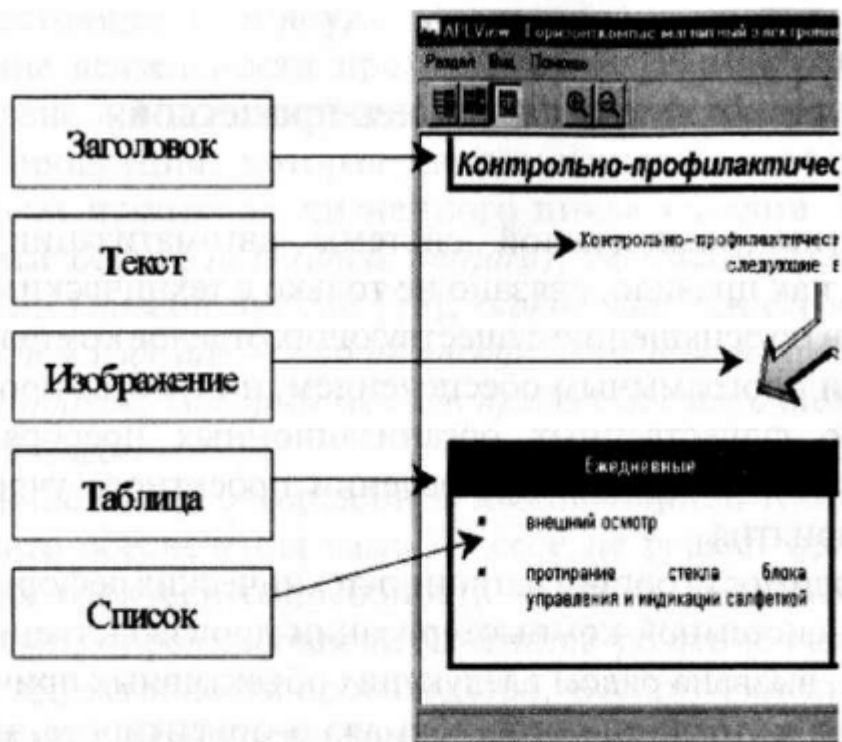
— Класс 5. *Интегрированные документальные базы данных и программно-методические комплексы.* ИЭТР данного класса не только предоставляют доступ к справочной информации, но и автоматизируют работу пользователей, обладают интеллектуальными и обучающими функциями.

Автоматизированная система подготовки ИЭТР получает данные из PDM. Использование PDM при подготовке ИЭТР:

- гарантирует полное соответствие эксплуатационной и технической документации, ее преемственность и непротиворечивость;
- обеспечивает оперативность внесения изменений и модификаций в комплекс эксплуатационной документации;
- сокращает трудоемкость и длительность разработки эксплуатационной документации.

5.2 Языки разработки электронных документов

В современных автоматизированных системах текстовые описания создаются и используются в виде структурированных гипертекстовых документов, оформляемых с помощью языков разметки (рис. 5.2).



а

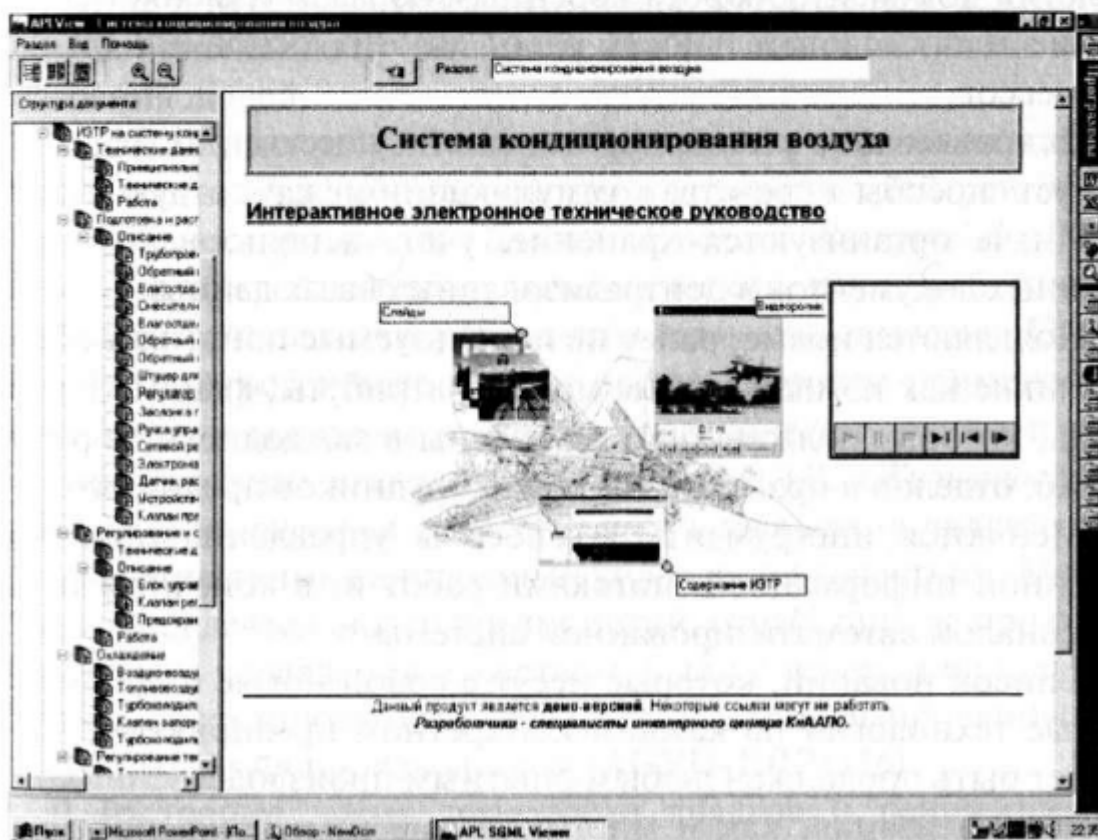


Рис. 5.2 - Примеры интерфейса ИЭТР:

а — стандартные элементы окна;

б — использование дерева содержания и вставок мультимедиа.

В качестве основного языка оформления сопроводительной текстовой документации в CALS-технологиях (в том числе интерактивных электронных технических руководств) в 1986 г. принят язык разметки *SGML (Standard Generalized Markup Language)*.

В 1991 г. на базе SGML был разработан упрощенный язык *HTML (HyperText Markup Language)*, а в 1996 г. — язык *XML (extensible Markup Language)*.

Язык HTML приобрел огромную популярность в связи с распространением INTERNET (в WEB-технологиях). Описание на языке HTML представляет собой текст в формате ASCII и последовательность включенных в него команд (управляющих кодов), называемых также *дескрипторами или тегами*.

Теги описывают оформление текста, графические и мультимедийные вставки, гиперссылки и т.п. В настоящее время существует огромное число текстовых редакторов, позволяющих готовить HTML-документы.

Язык XML, как и HTML, считается подмножеством языка SGML, но, будучи более поздним эволюционным развитием языков разметки, более удобен, чем SGML, что позволяет ему претендовать на роль основного языка электронных документов для технических описаний и ИЭТР.

Вариантом развития XML для применения в CALS/PLM является язык разметки *PDX(Product Definition eXchange)*.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колчин А.Ф., Овсянников М.В., Стрекалов А.Ф., Сумароков С.В. Управление жизненным циклом продукции. – М.:Анахарсис, 2002.–304 с.
2. Управление техническим документооборотом на основе CALS-технологий. Учеб.пособ. 2-е изд. Под ред. С.Г. Емельянова.— М.: Славянская школа, 2005.– 255 с.
3. Черепашков А.А., Носов Н.В. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении: гриф УМО АМ: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2009. — 640 с: , илл.
4. Информационная поддержка жизненного цикла изделий в машиностроении: принципы, системы и технологии CALS/ИПИ. Учеб. пособие / Под ред. А.Н. Ковшова. — М.: Изд-во МГОУ, 2005.-236 с.
5. <http://www.cals.ru/> НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика»
6. Алешин, Л.И. Информационные технологии: учеб. пособие. — М.: Литера, 2008. — 424 с.
7. Автоматизированные системы управления в промышленности : учеб. пособие / М. А. Трушников [и др.] ; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. - Волгоград : ВолгГТУ, 2010. - 97 с.
8. <http://www.osp.ru/cio/2002/11/172340/> Приключения CALS/PLM в России
- 9.http://www.emb.ustu.ru/kurs/ispu/new-prezent/PLM_HTML/Zadachi_PLM.html Задачи и принципы PLM
10. http://www.delcam-ural.ru/dobro_pojalovat_na_sayt_delkam_ural Делкам-Урал Комплексная автоматизация
11. Бочкарев, С.В. Интегрированная логистическая поддержка продукции на этапах жизненного цикла: учеб. пособие / С.В. Бочкарев, Н.И. Хорошев. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2016. – 373 с

Электронное учебное издание

Максим Алексеевич **Трушников**

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОДУКЦИИ**

Учебное пособие

Электронное издание сетевого распространения

Редактор Матвеева Н.И.

Темплан 2017 г., поз. № 39

Подписано к использованию 26.12.2017. Формат 60x84 1/16.
Гарнитура Times. Усл. печ. л. 5,0

Волгоградский государственный технический университет
400005, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28. корп. 1

ВПИ (филиал) ВолгГТУ.
404121, г. Волжский. ул. Энгельса, 42а.