

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» (СГАУ)**

С.А. ШУСТОВ, И.Н. КРУПЕНИЧ

CALS/PLM-ТЕХНОЛОГИИ

ТЕКСТ ЛЕКЦИЙ

электронный ресурс

Самара 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Наименование раздела	стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О CALS - ТЕХНОЛОГИИ	7
1.1. Продукция и изделия, их классификация	7
1.2 Жизненный цикл продукции	9
1.3 Концепция и стратегия CALS	10
1.4 Основные понятия о CALS-технологии и CALS-стандартах ...	13
1.4.1 Основные понятия о технологии представления информации на различных этапах ЖЦ продукции	13
1.4.2 Основные сведения о CALS- стандартах	14
1.4.3 CALS-стандарты информационного описания	16
1.4.4 CALS- стандарты описания продукции	18
1.4.5 Структура CALS- стандартов STEP	18
1.4.6 Организация в CALS-стандартах STEP информационных обменов	24
2 CALS-ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ ОБ ИЗДЕЛИИ В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ	26
2.1 Электронные документы и электронный документооборот	26
2.1.1 Электронный технический документ	
2.1.2 Формы представления электронного технического документа	27
2.2 Основные понятия о PDM-технологии и PDM-системах	28
2.3 Функции современных PDM-систем	32
2.4 Примеры современных PDM-систем	38
3 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О PLM-ТЕХНОЛОГИИ	40
3.1 От управления данными на этапе проектирования – к управлению знаниями о продукции на всех этапах жизненного цикла	40
3.2 Управление требованиями	42
3.3 Управление проектами	44
3.4 Управление процессом проектирования	45
3.5 Управление данными	47
3.6 Управление соответствием стандартам	49

Наименование раздела	стр.
3.7 Управление документооборотом и контентом	50
3.8 Управление взаимоотношением с поставщиками	51
3.9 Управление электромеханическими данными и встроенным программным обеспечением	52
3.10 Управление процессами технологической подготовки производства	53
3.11 Управление расчетными данными	57
3.12 Управление информацией на этапах эксплуатации, сервисного обслуживания и ремонта	58
3.13 Формирование отчетов и аналитики	59
3.14 Архитектура программного комплекса современных PLM- систем	60
Библиографический список	63

ВВЕДЕНИЕ

Традиционный подход, сложившийся в первоначальный период внедрения вычислительной техники в производственные процессы (1960...1970 годы) состоял в том, что с ее помощью решались отдельные, частные задачи, относившиеся к различным стадиям *ЖЦ изделий*. Исторически первыми здесь были задачи, позволяющие автоматизировать отдельные учетно-управленческие функции в рамках так называемой автоматизированной системы управления производством (АСУП). Почти одновременно с ними появились автоматизированные системы управления технологическими процессами АСУТП (за рубежом CAPP – Computer Aided Process Planning) . Затем стали разрабатываться и внедряться системы автоматизированного проектирования (САПР), которые позволяли использовать средства вычислительной техники в процессах конструкторской и технологической подготовки производства (в зарубежной технической литературе они известны под аббревиатурами CAE (Computer Aided Engineering), CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing)) [5,6] .

По мере увеличения числа таких систем на предприятиях возникла проблема передачи информации между ними, что естественным образом привело к идее информационной интеграции. Еще в 1976 г. в методике Госстандарта СССР было указано, что в условиях автоматизации проектирования необходима единая система описания изделий. Методика была предназначена для выработки единого системного подхода к формализованному представлению конструкторской и технологической информации и формированию общего информационного языка. В ее основу была положена модель, структура которой состояла из совокупности элементов изделия и их отношений.

Термин CALS (Continuous Acquisition and Logistic Support – непрерывная информационная поддержка логистики) появился в 1985 году в военно-промышленном комплексе США как аббревиатура интегрированной системы информационной поддержки процессов логистики - заказа, поставки, обслуживания, эксплуатации и ремонта средств вооружений и военной техники . Речь

шла о стандартизации электронного представления и обмена технической и коммерческой информацией, позволяющей упорядочить и ускорить соответствующие процессы в федеральных структурах и вооруженных силах и сократить затраты, связанные с этим сложным информационным взаимодействием. Эффективность такого подхода привела к целесообразности его распространения на все стадии жизненного цикла продукции - Continuous Acquisition and Lifecycle Support (непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукции).

Цель CALS формулируется достаточно просто: производитель обязан поставлять, предположим, ВМС США, боевой корабль в комплекте не с эшелонной бумажной эксплуатационно-конструкторской документацией (и вагонами томов изменений к ней), а с актуальной трехмерной электронной моделью. На основе этой модели должна существовать возможность получения всех необходимых в процессе эксплуатации данных как о самом корабле, его конструктивных и тактико-технических характеристиках, так и обо всех предписанных регламентом профилактических работах. И такой подход должен быть к любому сложному техническому объекту.

С технологической точки зрения CALS — это протокол цифровой передачи данных, обеспечивающий стандартные механизмы их доставки и текущего инжиниринга для проектирования сложных технических объектов (изделий). При этом в качестве форматов данных в CALS используют специальные стандарты, например, IGES и STEP. В CALS входят также стандарты электронного обмена данными, электронной технической документации и руководства для совершенствования процессов, в совокупности представляющие собой информационную модель изделия. Эта модель затем используется на всех последующих стадиях жизненного цикла изделия – от технологической подготовки производства и самого производства изделия до его эксплуатации и утилизации.

За прошедшие годы (1990...2000) понятие CALS существенно расширилось и перестало быть прерогативой только военно-промышленного комплекса . Оказалось, что задачи совместного использования электронной информации и обмена ею в части

данных о составе и структуре изделий, геометрических моделей, чертежей, технических руководств, описаний процессов, данных, касающихся материально-технического обеспечения, технологии информационной поддержки процессов эксплуатации сложной техники, не менее актуальны и в других отраслях, связанных с наукоемкой машино-технической продукцией .

Для CALS характерно непрерывное развитие на основе современных научно-технических достижений [1,2,3,9]. В настоящее время (\approx с 2000 г) в основу CALS –технологии положена технология PDM (Product Data Management – управление данными о продукции) [10] . В основу дальнейшего развития CALS –технологии положена концепция PLM (Product Lifecycle Management – управление информацией об изделии на всех этапах его жизненного цикла), впервые выдвинутая компанией Dassault Systems (Франция) (\approx в 2005 г) [11]

Данный курс лекций состоит из трех разделов. Первая раздел посвящена изложению основных понятий о CALS-технологии. Этому разделу соответствуют лекции №13. Во втором разделе излагаются основные сведения о PDM-технологии. Этому разделу соответствуют лекции № 4...6. Третий раздел посвящен изложению основных понятий о PLM-технологии на примере PDM TeamCenter (техническое решение Siemens PLM Software , Германия) [7]. Этому разделу соответствуют лекции № 7 и № 8.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О CALS - ТЕХНОЛОГИИ

1.1 Продукция и изделия, их классификация

Продукция представляет собой результат некоторой деятельности или выполненных процессов [1]. Ее можно разделить на четыре общие категории:

1. Техническая продукция - отдельные изделия определенной формы; изделие — единица промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках или экземплярах; ГОСТ 15895-77).
2. Обработанные материалы — изделия, являющиеся результатом преобразования сырья.
3. Услуги — итоги непосредственного взаимодействия поставщика и производителя и внутренней деятельности поставщика по удовлетворению нужд потребителя.
4. Программное обеспечение ЭВМ.

Таким образом, понятие продукция является более широким понятием, чем понятие изделие. Далее в рамках данного курса под продукцией будем понимать, как правило, понятие изделие.

Изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии (ГОСТ 2.101-68).

Изделия в зависимости от наличия или отсутствия в них составных частей делятся на следующие виды:

- а) неспецифицированные (детали) — не имеющие составных частей;
- б) специфицированные (сборочные единицы, комплексы, комплекты) — состоящие из двух и более составных частей.



Рисенок 1.1 Виды и структура изделий

Деталь — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций (вал, шайба, литой корпус и т.д.).

Сборочная единица — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии -изготовителе сборочными операциями — свинчиванием, клепкой, пайкой, сваркой и т. д. (насос, генератор, автомобиль).

Комплект — два и более изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями, имеющие общее эксплуатационное назначение (комплекты инструментов технологического оборудования и т. д.).

Комплекс—два и более специфицированных изделия, не соединенные на предприятии-изготовителе сборочными операциями, но предназначенные для выполнения взаимосвязанных эксплуатационных функций всего комплекса (комплекс, состоящий из метеорологической ракеты, пусковой установки и средств управления и т. д.).

1.2. Жизненный цикл продукции

Жизненный цикл продукции — совокупность взаимосвязанных процессов (стадий) создания и последовательного изменения состояния продукции, обеспечивающего потребности клиента. ЖЦ сложного наукоемкого изделия (авиационной и ракетной техники) обычно составляет десяток лет, причем довольно большую часть этого времени занимают периоды разработки и изготовления.

К основным стадиям ЖЦ относятся (ГОСТ Р):

- ▶ маркетинг;
- ▶ проектирование и разработка продукции;
- ▶ планирование и контроль процессов;
- ▶ закупка материалов и комплектующих;
- ▶ производство или предоставление услуг;
- ▶ упаковка и хранение;
- ▶ монтаж и ввод в эксплуатацию;
- ▶ техническая помощь и сервисное обслуживание;
- ▶ послепродажная деятельность или эксплуатация;
- ▶ утилизация и переработка в конце полезного срока службы.

Каждая из стадий жизненного цикла представляет собой процесс. В качестве примера приведем определения производственного процесса и технологического процесса

По ГОСТ 14.004-83, производственный процесс — это совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта продукции.

В свою очередь, технологический процесс (ГОСТ 3.1109-82) — часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и/или определению состояния предмета труда.

Аналогичным образом можно определить маркетинг, проектирование, закупки, продажи, эксплуатацию и т. д., соответственно стадиям ЖЦ.

Процесс представляет собой совокупность взаимосвязанных *операций*. *Операция* — законченная часть процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Операция, в свою очередь, представляет собой совокупность взаимосвязанных *переходов*. *Переход* — законченная часть операции, характеризуемая постоянством применяемого набора ресурсов.

Основная проблема создания современного конкурентоспособного изделия — управление процессами ЖЦ изделия на всех его этапах. Задача сводится к сокращению сроков производства, уменьшению затрат в производстве и увеличению срока эксплуатации.

1.3. Концепция и стратегия CALS

Предыстория CALS, связанная с автоматизацией отдельных этапов ЖЦ, изложена во введении. На современном этапе развития концепция CALS заключается в организации и интегрированной информационной поддержке ЖЦ изделия, основанной на безбумажном обмене данными и стандартизации представления данных на каждом этапе ЖЦ.

Целью применения CALS как концепции организации и информационной поддержки бизнес-деятельности является повышение эффективности процессов разработки, производства, послепродажного сервиса, эксплуатации изделий за счет:

- ▶ ускорения процессов исследования и разработки продукции;
- ▶ сокращения издержек при производстве и эксплуатации продукции;
- ▶ придания изделию новых свойств и повышения уровня сервиса в процессах его эксплуатации и технического обслуживания.

Таким образом, CALS необходимо рассматривать как инструмент повышения эффективности бизнеса, конкурентоспособности и привлекательности продукции.

Применение CALS активно развивается, прежде всего, в разработке и производстве сложной наукоемкой продукции, создаваемой интегрированными промышленными структурами, включающими в себя НИИ, КБ, основных подрядчиков, субподрядчиков, поставщиков готовой продукции, потребителей, пред-

приятия технического обслуживания, ремонта и утилизации. Развитие концепции CALS обусловило появление новой организационной формы выполнения крупных проектов — «виртуального предприятия» — объединения на контрактной основе фирм, участвующих в процессах поддержки ЖЦ изделия и действующих на основе общей системы стандартов информационного взаимодействия. В рамках «виртуальных предприятий» реализуются совместные проекты по разработке, производству, сбыту и обеспечению сервисного обслуживания различных видов наукоемких товаров.

Новизна концепции CALS заключается в следующем:

1. Широта охвата и системность подхода (речь идет не только о производстве или проектировании, но и о поддержке всех процессов в жизненном цикле — от замысла до утилизации продукта).
2. При расширении использования компьютерных технологий на повестку дня выходят проблемы информационной интеграции автоматизированных систем.
3. Интеграция достигается путем стандартизации представления информации (или результатов) в процессах проектирования, материально-технического снабжения, производства, ремонта, послепродажного сервиса и т. д. Это обеспечивает оперативную передачу функций одного подрядчика другому, который, в свою очередь, может воспользоваться результатами уже проделанной работы. Такая возможность особенно важна для изделий, имеющих длительный ЖЦ, когда необходимо поддержать преемственность информационной поддержки продукции независимо от складывающейся рыночной или политической ситуации.
4. Эффективный бизнес в данный момент имеет явную тенденцию к географической распределенности. В случае изменения состава участников — смены поставщиков или исполнителей — обеспечиваются преемственность и сохранность уже полученных результатов (моделей, расчетов, документации, баз данных).

Основные преимущества применения концепции CALS:

- ▶ сокращение времени выхода изделия на рынок (сокращение временных издержек);
- ▶ сокращение стоимости ЖЦ (сокращение материальных издержек);
- ▶ повышение качества изделия.

Главными проблемами, мешающими эффективному управлению информацией об изделии, являются огромное количество информации («информационный хаос») и коммуникационные барьеры между участниками ЖЦ изделия.

Пути их решения заложены в стратегии CALS.

Стратегией CALS является создание единого информационного пространства (ЕИП) для всех участников ЖЦ изделия, включая потребителя.

Преодоление информационного хаоса и коммуникационных барьеров между участниками ЖЦ изделия приводит к улучшению взаимодействия между ними и повышению эффективности процессов ЖЦ. Результатом становится снижение временных и материальных издержек и возрастание удовлетворения потребностей заказчика, а это, в свою очередь, неизбежно повысит конкурентоспособность изделия. В основе ЕИП лежит использование открытых архитектур, международных стандартов, совместных хранилищ данных и апробированных программно-технических средств. ЕИП обеспечивает совместную работу проектных организаций, производственных предприятий, поставщиков, организаций сервиса и конечного потребителя на всех стадиях ЖЦ.

Стратегия CALS предусматривает двухэтапный переход к ЕИП:

1. Автоматизация отдельных процессов (или этапов) ЖЦ изделия и представление данных на них в электронном виде в соответствии с требованиями ЕИП. Предполагается, что на этом этапе обмен данными между исходными системами осуществляется отдельными файлами (электронными документами) на магнитных носителях либо по сетям. (Предыстория этого этапа изложена в приложении А)
2. Интеграция автоматизированных процессов и относящихся к ним данных, уже представленных в электронном виде, в рамках ЕИП. Здесь взаимодействие осуществляется с помощью программных средств в режиме реального времени, парал-

тельная работа исполнителей организуется через единую компьютерную среду.

1.4. Основные понятия о CALS-технологии и CALS-стандартах

Технология CALS - совокупность правил, способов, методов, выполнение которых обеспечивает наилучший способ формирования информационной поддержки ЖЦ продукции

Основные составляющие технологии CALS:

- 1) технология представления информации на различных этапах ЖЦ продукции
- 2) технология интеграции информации на всех этапах ЖЦ продукции на основе реализации концепции ЕИП

1.4.1. Основные понятия о технологии представления информации на различных этапах ЖЦ продукции

Технологии представления информации на различных этапах ЖЦ продукции - это набором методов, языков и моделей для представления в электронном виде информации об изделии, относящейся к отдельным процессам его ЖЦ.

При автоматизации каждого этапа ЖЦ изделия (или его части) создают частную информационную модель предметной области, для чего:

- ▶ формируют множество понятий, отображающих объекты предметной области, необходимые для решения поставленной задачи;
- ▶ формируют множество атрибутов понятий, отображающих свойства объектов предметной области, необходимых для решения поставленной задачи;
- ▶ устанавливают отношения между понятиями, соответствующие отношениям между объектами предметной области.

Информационная модель представляет собой множество понятий (сущностей) в совокупности со значениями их свойств (атрибутов) и заданные на этом множестве отношения.

Предметная область - это неструктурированное множество объектов в совокупности со значениями их свойств и существующие на этом множестве отношения. Множество понятий и присущих им атрибутов образуют модель частной задачи, а множество от-

ношений между понятиями — логическую основу процедур и алгоритмов обработки данных.

Как правило, модель частной задачи на каждом этапе служит только для обмена информацией об изделии, то есть является источником первоначальной информации для всех прикладных систем, использующихся на данном этапе, и собирает все результаты их работы. При этом преобразование исходной информации в результирующую на каждом этапе происходит только в прикладных системах.

Сама исходная информация о продукции формируется на основе информационных стандартов в виде совокупности электронных документов, аналогичных бумажным, и передача их участникам ЖЦ изделия. Поэтому основные понятия данного этапа: электронный документ и электронный документооборот. Главные вопросы, подлежащие решению: идентификация документов и их авторов, взаимно однозначное восприятие документов человеком и компьютерными системами с минимальным количеством преобразований, защита информации от потери и несанкционированного доступа на этапах хранения, передачи и использования.

Основная трудность формирования частных моделей состоит в том, что в реальной практике используется слишком большой набор методов, языков и моделей представления информации об изделии.

1.4.2 Основные сведения о CALS- стандартах

В России в последнее время устоялась следующая русскоязычная интерпретация термина CALS — непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделий, на русском языке — ИПИ (информационная поддержка изделий). Однако чаще всего этот термин используется, когда речь идет о средствах реализации (методах, технологиях, стандартах и т. д.) концепции и стратегии CALS. Подчеркивая, в общем случае, идентичность этих терминов, авторы пишут «CALS», когда говорят о концептуальных и стратегических вопросах информационной поддержки ЖЦ изделий, а «ИПИ» используется, если речь идет о средствах реализации этой информационной поддержки. В связи с этим далее под ИПИ будем понимать CALS- технологии.

В рамках международного комитета по стандартизации (ISO) были разработаны несколько десятков стандартов, закрепляющих накопленный в мире опыт ведения производственной деятельности с использованием электронного обмена данными.

В настоящее время работа многих крупных корпораций, разрабатывающих и производящих наукоемкую продукцию (авиакосмическая и автомобильная промышленности, судостроение) базируется на этих стандартах.

Стандарты CALS определяют набор правил и регламентов, в соответствии с которыми строится взаимодействие субъектов в процессах проектирования, производства, испытаний, эксплуатации, сервиса и т. д.

В отличие от бумажного и простейших форм электронного документооборота, основанного на электронных образах бумажных документов, в рамках CALS речь идет об использовании интегрированных информационных моделей (баз данных) продукции и процессов. Здесь на практике реализуются соответствующие информационные технологии (CALS-технологии) и нормативные базы (стандарты).

CALS объединяет три группы стандартов США и ряда европейских стран, включающих [1,2,3,5] :

1) стандарты описания процессов (стандарты функционального описания)

В CALS-технологиях рассматриваются не только вопросы представления данных и организации информационных обменов, но и вопросы моделирования приложений. Для выполнения начальных этапов моделирования сложных слабо-структурированных приложений используется вторая группа CALS-стандартов-методики объектного моделирования на базе языка UML, функционального моделирования серии IDEF (IDEF0, информационного моделирования IDEF1X и др.) [4]

2) стандарты информационного описания

3) стандарты описания продукции

Рассмотрим более подробно последние две группы стандартов

1.4.3 CALS- стандарты информационного описания

К CALS- стандартам этой группы относятся стандарты языков разметки документов SGML и XML. На основе этих языков разметки должно выполняться оформление текстовой технической документации на создаваемые изделия в CALS-технологиях.

Стандарт ISO 8879, посвященный языку SGML, устанавливает такие множества символов и правил для представления информации, которые позволяют различным системам правильно распознавать и идентифицировать эту информацию. В цикле проектирования промышленной продукции стандарты SGML обслуживают стадию, на которой выполняется документирование результатов. Стандартная форма документов способствует их правильной передаче, интерпретации и многократному использованию многими системами и пользователями. Стандарты SGML разрабатывались, прежде всего, применительно к текстовым документам, но их возможности шире. Так, их применяют для документирования гипермедийных данных.

Роль стандартов SGML конкретизируется следующими направлениями их использования.

1. Единообразное представление структуры данных, классификация и идентификация типов документов и их частей, образование отношений элементов данных для их анализа и составления отчетов.

2. Дополнение моделей промышленных изделий, задаваемых в настоящее время стандартами STEP, моделями документов.

3. Обмен данными между различными АС, электронными или традиционными средствами публикации и, прежде всего, между STEP - и SGML - средами. Для достижения этой цели SGML -формы должны быть согласованы с формой обменного файла STEP, описываемого в томе ISO 10303-21.

Использование возможностей SGML в STEP - ресурсах осуществляется с помощью информационной структуры SGML _STRING, включаемой в модели на языке Express. Эта структура содержит информацию о требуемом документальном оформлении данных и, следовательно, позволяет выполнять в STEP - среде

перечисленные выше функции SGML. Тем самым реализуется интеграция STEP - и SGML -стандартов.

При использовании SGML символы и правила описывают в отдельной части документа, называемой декларацией DTD, которую передают вместе с основным SGML -документом. В декларации DTD указывают соответствие символов и их кодов, максимальные длины используемых идентификаторов, способ представления ограничителей для тегов, другие возможные соглашения, синтаксис DTD, а также тип и версию документа. Следовательно, SGML, можно назвать метаязыком для семейства конкретных языков разметки.

Техническое описание в виде SGML -документа включает в себя: 1) основной файл с техническим руководством, размеченный SGML -тегами; 2) описание сущностей, если документ относится к группе, в которой используются одни и те же сущности и подразумевается их известность; 3) словарь для пояснения SGML -тегов; 4) декларация DTD.

В последнее время в CALS-технологиях все большую популярность приобретает язык XML. Создатели XML рассматривают его как часть SGML, предназначенную для упрощения использования языков разметки в CALS-технологиях, что обеспечивается устранением в XML некоторых второстепенных особенностей SGML. В результате язык XML, при сохранении основных возможностей SGML легче воспринимается и приспособлен для использования в современных Web-браузерах. Для конкретных приложений создаются свои варианты (словари) XML. Известны варианты для математики, химии, медицины. Для CALS-технологий интерес представляет вариант Product Definition eXchange (PDX), посвященный обмену данными.

1.4.4 CALS- стандарты описания продукции

К этой группе относятся стандарты стандарты *Parts Library (P_Lib)* и ISO 10303 .

Стандарты *Parts Library (P_Lib)* содержат обзор и основные построения библиотек с данными о стандартных компонентах промышленных изделий. В этих стандартах представлены сведения о семействах таких типовых широко используемых компонентов изделий, как болты, подшипники, электронные компоненты и другие, с целью использования этих данных в системах автоматизированного проектирования. В *P_Lib* содержатся также правила использования, интерфейса и модификации библиотечных описаний. Цель стандарта - обеспечить инвариантный для приложений механизм оперирования частями библиотеки. Благодаря *P_Lib* различные прикладные САПР могут разделять данные из обобщенных баз, беспрепятственно обмениваться данными о типовых компонентах.

Стандарты ISO 10303 под названием *STEP* (Standard for Exchange of Product Data) – стандарт для обмена данными о промышленных изделиях), определяющий средства описания (моделирования) промышленных изделий на всех стадиях их жизненного цикла. Основой для создания единой информационной среды в промышленных АС является инвариантный к приложениям язык *Express*, введенный в *STEP*.

1.4.5 Структура CALS- стандартов STEP

Построение распределенных автоматизированных систем для проектирования и управления в промышленности, взаимодействующих друг с другом в едином информационном пространстве, составляет основу современных CALS-технологий. В CALS-технологиях необходимо обеспечить единообразное описание и интерпретацию данных, независимо от места и времени их получения в общей системе, имеющей масштабы вплоть до глобальных. Структура проектной, технологической и эксплуатационной документации, языки ее представления должны быть стандартизованными. Тогда становится реальной успешная работа над общим проектом разных коллективов, разделенных во времени и пространстве и исполь-

зующих разные CAE/CAD/CAM-системы. Одна и та же проектная документация может быть использована многократно в разных проектах, а одна и та же технологическая документация - в разных производственных условиях, что существенно сокращает и удешевляет общий цикл проектирования и производства, а также упрощает эксплуатацию систем.

Эти цели поставлены при разработке стандартов STEP. К их разработке под эгидой ISO привлечен ряд ведущих специалистов фирм в разных отраслях промышленности. Совокупность стандартов STEP составляет основу CALS-технологий.

Единообразная форма описаний данных о промышленной продукции обеспечивается введением в STEP языка Express, инвариантного к приложениям. Стандарты STEP не отрицают, а развивают методику информационного моделирования IDEF1X и предполагают возможность совместного использования с методикой функционального проектирования IDEF0 и рядом других международных стандартов (например, со стандартами ISO P_Lib, Mandate, SGML, CDIF и др.).

В STEP используются следующие основные понятия:

AAM (Application Activity Model) - функциональная модель IDEF0 для определенного приложения;

ARM (Application Requirements Model) — модель данных, представленная обычными средствами приложения;

AIM (Application Interpreted Model) - ARM-модель, переведенная в STEP-представление;

AP (Application Protocol) - прикладной протокол, описание приложения на языке Express;

SDAI (Standard Data Access Interface) - программный интерфейс к источникам данных (репозиториям) прикладных систем (в том числе к библиотекам моделей CAD/CAM-систем) с переводом моделей в STEP-файлы; используется в STEP-средах для организации обменов между приложениями через общую базу данных STEP.

STEP состоит из ряда томов. Тома имеют свои номера N и обозначаются как «часть N» или ISO 10303-N

Приведем краткую характеристику следующих основных групп томов.

- Том ISO 10303-1 - вводный стандарт, описывающий структуру всей совокупности томов и основные принципы STEP. В этом стандарте вводится ряд терминов, используемых в других стандартах, например, таких, как продукт, приложение, проектные данные, модель, модели AAM, AIM, ARM, прикладной протокол, интегрированный ресурс, элемент функциональности.

- Части 11... 14 - методы описания.
- Части 21...29 - методы реализации.
- Части 31...39 - основы тестирования моделей.
- Части 41...50 - интегрированные основные ресурсы.
- Части 101...108-интегрированные прикладные ресурсы.
- Части 201...236 -прикладные протоколы.
- Части 301...336 - абстрактные тестовые наборы.
- Части 501 ...520 - прикладные компоненты.

Первая группа документов - тома 11... 19 - отведена для описания диалектов языка Express.

N = 11: Express language reference manual. Основное руководство по языку Express. Содержит также описания расширения Express-C базового языка и графического варианта языка Express-C. Базовый язык приспособлен для описания и передачи статических свойств объектов приложений, т. е. параметров структур и ограничений. Поэтому Express-C включает средства описания динамических свойств объектов (добавлено описание событий и транзакций). Для наглядности представления языковых конструкций в Express предусмотрены графические средства изображения моделей, в качестве которых может использоваться специальное дополнение Express-G (графический Express). Express-G - язык диаграмм, напоминающий язык описания информационных моделей в методике IDEF1X.

N= 12: Express-I Language Reference Manual. Express-I - расширение языка, предназначенное для описания отдельных экземпляров данных.

N = 14: Express-X - дополнение к языку Express, используемое для описания соответствий между типами данных в заданной исходной Express-схеме и создаваемыми новыми ее вариантами (views); в качестве views могут использоваться форматы с описанием того же множества сущностей, что и в Express-схеме, например формат IGES.

Вторую группу (тома 21...29) называют «Методы реализации», она служит для межпрограммного информационного обмена между прикладными системами в STEP-среде. Предусмотрены межпрограммные связи с помощью обменного файла и доступа к БД.

N=21: Clear Text Encoding of the Exchange Structure (physical transfer file format); стандарт устанавливает правила оформления обменного файла. Обменный файл играет в STEP важную роль; если собственно на языке Express определены сущности, то именно в обменном файле задаются экземпляры этих сущностей. Прикладные программы для связи со STEP-средой должны читать и генерировать обменные файлы.

N=22: Standard Data Access Interface Specification; содержит описание SDAI - системы представления данных и доступа к данным конкретных прикладных систем (чаще всего это CAD/CAM-системы). Данные, участвующие в межпрограммных связях, образуют SDAI-модели. В SDAI-системе предусматривается компилятор кода, конвертирующего эти модели в SDAI-базу данных, а также функции обращения к этой базе данных. Возможно непосредственное построение прикладных систем, работающих с SDAI-базой данных.

Тома 23...29 устанавливают правила обращения к данным в SDAI-базе данных на языках программирования C++, C, Java, на языке передачи данных в системах распределенных вычислений IDL, языке разметки XML.

Третья группа стандартов (тома 31...39) в ISO 10303 относятся к методам тестирования моделей на языке Express. В этих стандартах представлены общие

положения для определения соответствия моделей требованиям стандартов STEP, включая организацию тестирования (аккредитацию, сертификацию, взаимоотношения между контролерами и клиентами), устанавливаются структура и порядок использования тестовых последовательностей, описываются методы тестирования, требования к контролерам и клиентам.

Рассмотрим содержание группы STEP-стандартов, описывающих интегрированные ресурсы, прикладные компоненты и протоколы.

Прикладным протоколом в стандарте STEP называют информационную модель определенного приложения, которая описывает с высокой степенью полноты множество сущностей, имеющих в приложении, вместе с их атрибутами и выражена средствами языка Express. Предполагается, что эта модель содержит в себе описание данных любой конкретной задачи соответствующего приложения, т. е. практические информационные модели прикладных задач оказываются частными случаями прикладных протоколов.

В прикладных протоколах широко используются типовые фрагменты информационных моделей, встречающиеся более чем в одном приложении. Эти фрагменты называют интегрированными общими и прикладными ресурсами и прикладными компонентами. Такими фрагментами, например, являются описания геометрических объектов в виде поверхностей Безье или 5-сплайнов. Интегрированные ресурсы - это основные компоненты (building blocks) для моделей прикладных протоколов.

Описание интегрированных общих ресурсов содержится в четвертой группе стандартов STEP (тома 41...50). В них описываются свойства материалов изделий, способы визуализации, представления допусков, геометрических форм изделий и т. п.

Так, в стандарте ISO 10303-41 представлены средства описания и поддержки изделий, введены такие понятия и группы сущностей, как продукт, представление формы (shape_representation), операция (action), контекст - аспект описания (application and product context), статус утверждения (approval), контракт,

дата, типы документов, исполнители (организации и персоналии), единицы измерения длины, площади, массы, температуры и др.

В стандарте ISO 10303-42 определен ряд сущностей, относящихся к геометрии и топологии изделий, их набор близок к набору, используемому в таком стандарте, как IGES. В частности, используются следующие понятия: положение координатной оси (`axis_placement`), модели кривых в форме 5-сплайна (`b_spline_curve`) и Безье (`bezier_curve`), модели поверхности в форме 5-сплайна (`b_spline_surface`), рационального 5-сплайна (`rational_b_spline_surface`) и Безье (`bezier_surface`), точка в декартовых координатах (`cartesian_point`), преобразование декартовых координат (`cartesian_transformation_operator_3d`), геометрический аспект (`geometric_representation_context`), полигональная поверхность (`offset_surface`), поверхность вращения (`surface_of_revolution`) и др.

Тома 101... 199 отведены для документов, относящихся к более специальным средствам, называемым интегрированными прикладными ресурсами (`Integrated application resources`). Характерный пример - стандарт ISO 10303-104, посвященный методу конечных элементов. Описание стандарта на языке Express состоит из нескольких схем. В одной из них задаются геометрические аспекты модели. При этом описываются следующие типы данных: система координат (декартова, цилиндрическая, сферическая); виды конечных элементов (объемный, поверхностный $2D$ или $3D$ участок $2D$ - или $3D$ -кривой), форма элемента (линейный, квадратичный, кубический); степень свободы; параметры и дескрипторы элементов, позиция элемента, свойства элементов (например, масса, момент инерции, жесткость), материал и его свойства (плотность, эластичность, тепловое расширение), группа элементов и др. В другой схеме основное внимание уделено математическим представлениям. Например, фигурируют такие сущности и типы данных, как тензоры; переменные, характеризующие напряжения; приложенные нагрузки; погрешности; шаги анализа и т. п.

Группа стандартов с номерами, начинающимися с $N = 501$, содержит геометрические модели и часто используемые элементы чертежей, называемые при-

кладными компонентами. Эти компоненты входят в качестве составных частей в некоторые интегрированные ресурсы и прикладные протоколы. Примеры прикладных компонентов: каркасные модели на основе граней, оболочек, с геометрически заданными границами, поверхностные модели с геометрически и топологически заданными границами, чертежные элементы, чертежные аннотации и т. п.

Прикладные протоколы в стандарте ISO 10303 содержатся в томах, начиная с $N=201$. Прикладные протоколы принято обозначать аббревиатурой AP с указанием номера, например AP203, AP214. Для связи прикладной системы со STEP-средой используемые ею данные должны быть описаны в соответствующем AP.

Как правило, прикладной протокол включает большое число сущностей и их атрибутов, описания AP составляют десятки страниц на языке Express или десятки рисунков на языке Express-G. Поэтому целесообразно использовать приемы группирования тесно взаимосвязанных сущностей для более лаконичной характеристики AP. Такими группами являются единицы функциональности (*UoF – Units of Functionality*). Используют также понятие классов (*CC – Conformance Classes*) для классификаций моделей.

1.4.6 Организация в CALS-стандартах STEP информационных обменов

Возможны обмены через обменный файл и через базу данных SDAI. Эти способы поясняются рисунками 1.2 и 1.3 соответственно.



Рисунок 1.2 Взаимодействие Express-приложений через обменный файл



Рисунок 1.3 Взаимодействие Express-приложений через базу данных SDAI

Обменный файл (см. рисунок 1.2) используется при связи двух систем *A* и *B*, имеющих общие данные с различными обозначениями. Пользователь должен написать перекодировщик (например, на языке Express-X), с помощью которого отождествляются идентификаторы одних и тех же сущностей, имевших разные обозначения в схемах *A* и *B*.

Связь через базу данных SDAI (см. рисунок 1.3) отличается от обмена по схеме, приведенной на рисунке 1.2 , тем, что имеет место не просто обмен, а разделение данных многими пользователями и SDAI фактически выступает в роли метамодели для разных САПР.

2 CALS-ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ ОБ ИЗДЕЛИИ В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ

Технологии представления данных являются набором методов, языков и моделей для представления в электронном виде информации об изделии, относящейся к отдельным процессам его ЖЦ. Наиболее часто эти представления реализуются в виде электронных документов и электронного документооборота.

2.1 Электронный документ и электронный документооборот

MIL 1840 — стандарт, регламентирующий обмен электронными документами в США. В РФ на основе данного стандарта приняты Рекомендации по стандартизации (Р 50.1.027-2001 Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Автоматизированный обмен технической информацией. Основные положения и общие требования). Ниже приводится краткое изложение этого документа [Колчин].

2.1.1 Электронный технический документ

Электронный технический документ (ЭТД) — оформленная надлежащим образом в установленном порядке и зафиксированная на машинном носителе техническая информация, которая может быть представлена в форме, пригодной для ее восприятия человеком. ЭТД логически состоит из двух частей: содержательной и реквизитной.

Содержательная часть представляет собой информацию непосредственно об изделии и/или способах и средствах поддержки ЖЦ изделия.

Реквизитная часть — аутентификационные и идентификационные данные ЭТД, включающие набор обязательных информационных атрибутов и аутентификационные признаки (одну или несколько электронных цифровых подписей). ЭТД может существовать как официальный документ только в рамках автоматизированной системы (АС), в которой он обрабатывается, приобретает статус, регистрируется и/или хранится.

2.1.2 Формы представления и структура электронного технического документа

ЭТД может иметь две формы представления: внутреннюю и внешнюю.

Внутренней формой является фиксация ЭТД на машинном носителе или в памяти ЭВМ.

Внешней формой является представление документа в доступном для визуального обозрения и пригодном для восприятия человеком виде, например воспроизведение на экране дисплея. Ее варианты могут иметь различия с точки зрения визуального восприятия, обусловленные техническими характеристиками используемых для их получения устройств вывода, а также быть отображены как в унифицированной, так и в другой форме, в зависимости от требований к содержанию документа в соответствии с решаемой задачей.

ЭТД представляет собой последовательный символьный файл, который логически состоит из двух частей. Реквизитная часть ЭТД—это последовательность записей (в виде строк ASCII), каждая из которых описывает отдельный атрибут документа и содержит идентификатор и значение. Реквизитная часть ЭТД заключена между лексемами <HEADER> и </HEADER>. После заголовка идут записи, содержащие информацию о примененных электронных подписях и шифровании (аутентификационный блок), затем идентификационные признаки документа и дополнительная информация в произвольном порядке (идентификационный блок). Далее следует обозначение конца реквизитной части.

Содержательная часть ЭТД находится за реквизитной частью и состоит из набора информационных единиц, несущих информацию о способах и средствах поддержки жизненного цикла изделия. Содержательная часть заключена между лексемами <DATA> и </DATA>.

ЭТД может быть простым или составным. Содержательная часть простого ЭТД физически реализована в виде одной информационной единицы. У составного ЭТД содержательная часть физически реализована в виде нескольких информационных единиц, связанных друг с другом. Составной ЭТД имеет одну, единую для всех со-

ставляющих единиц, реквизитную часть. Каждая составляющая информационная единица может иметь собственные реквизитную и содержательную части.

В процессе обращения ЭТД подразделяют на оригинал и электронную копию.

В оригинальном (подлинном) виде электронный технический документ существует только на машинном носителе. Все экземпляры ЭТД, зафиксированные на машинном носителе и идентичные друг другу, будут оригиналами.

Электронной копией ЭТД является информация на машинном носителе, идентичная содержательной части ЭТД. Электронная копия может быть изготовлена только средствами АС, где данный ЭТД приобретает статус, регистрируется и хранится. Регистрация электронных копий должна обеспечиваться средствами АС.

Твердой копией ЭТД является его внешняя унифицированная форма представления на бумажном или ином отделенном от машинного носителя информации материальном объекте. Твердая копия ЭТД, подписанная в установленном порядке собственноручно владельцами соответствующих электронных цифровых подписей или уполномоченными на это лицами, обладает статусом подлинника официального документа по ГОСТ 2.102-68. Твердая копия может содержать указание на то, что она получена с оригинала ЭТД. На всех стадиях ЖЦ изделия оригинал ЭТД и его подлинник, выполненный на немашинном носителе информации (твердая копия), имеют одинаковый статус.

2.2 Основные понятия о PDM - технологии и PDM-системах

Технологии интеграции данных представляют собой набор методов для интеграции автоматизированных процессов ЖЦ и относящихся к ним данных, представленных в электронном виде, в рамках ЕИП. Интегрированная модель ЖЦ изделия должна включать в себя всю информацию о моделях частных задач для каждого этапа ЖЦ и об их взаимосвязях. Интеграция нужна для создания структуры, объединяющей частные модели, соединения множеств понятий, атрибутов и отношений, а также определения отношений между множествами понятий частных моделей.

Понятия ЕИП и информационной интеграции за время развития концепции CALS менялись. В настоящее время в основе создания ЕИП лежит PDM –технология.

Среди CALS -технологий интеграции данных об изделии ключевой является технология управления данными об изделии (Product Data Management — PDM). PDM-технология предназначена для управления всеми данными об изделии и информационными процессами ЖЦ изделия.

Данные об изделии представляют собой всю информацию о продукте в течение его ЖЦ в электронном виде. Они включают в себя: состав и структуру изделия, геометрические данные, чертежи, планы проектирования и производства, спецификации, нормативные документы, программы для станков с ЧПУ, результаты анализа, корреспонденцию, сведения о партиях и отдельных экземплярах изделия и многое другое.

Информационные процессы являются процессами ЖЦ изделия, создающими или использующими данные о нем. Примером служит формальная процедура изменения изделия. Совокупность информационных процессов представляет собой документооборот, происходящий в течение ЖЦ изделия. Естественно, документооборот, управляемый PDM-системой, называется электронным документооборотом.

При решении глобальной задачи CALS -технологий — повышения эффективности управления информацией об изделии — роль PDM-технологии состоит в том, чтобы сделать информационные процессы максимально прозрачными и управляемыми. Основным методом, применяемым для этого, является повышение доступности данных для всех участников ЖЦ изделия, что требует интеграции данных об изделии в логически единую информационную модель.

Существует много задач, решаемых с помощью PDM-технологии, среди которых можно выделить наиболее распространенные:

- ▶ создание ЕИП для всех подразделений предприятия;
- ▶ автоматизация управления конфигурацией изделия;
- ▶ построение системы качества продукции на предприятии согласно международным стандартам серии ISO 9000;

Для реализации PDM-технологии существуют специализированные программные средства, называемые *PDM-системами (системы управления данными об изделии)*. Они представляют собой новое поколение компьютерных средств управления всеми

связанными с изделием данными и информационными процессами ЖЦ. В отличие от АСУП, контролирующей информацию о ресурсах предприятия, PDM-системы направлены именно на управление информацией о продукте.

Среди задач PDM-системы можно выделить две основные:

1. PDM-система как рабочая среда пользователя.
2. PDM-система как средство интеграции данных на протяжении всего ЖЦ изделия.

Рабочая среда пользователя

PDM-система должна выступать в качестве рабочей среды любого сотрудника предприятия, который в процессе своей работы постоянно находится в ней, а система, в свою очередь, обеспечивает абсолютно все его потребности, начиная от просмотра спецификации узла и кончая изменением твердотельной модели детали или утверждением измененной детали начальником. При необходимости PDM-система должна пользоваться помощью других систем для обработки данных (например, САПР), самостоятельно определяя, какое именно внешнее приложение необходимо запустить для обработки той или иной информации.

Пользователями PDM-системы выступают все сотрудники предприятий-участников ЖЦ изделия (конструкторы, технологи, работники технического архива), а также служащие, работающие в других предметных областях: сбыт, маркетинг, снабжение, финансы, сервис, эксплуатация и т. п. Главной задачей PDM-системы как рабочей среды пользователя является предоставление соответствующему сотруднику нужной ему информации в нужное время в удобной форме (в соответствии с правами доступа).

Средства интеграции данных на протяжении жизненного цикла продукции

Наряду с созданием рабочей среды сотрудника предприятия другой важной функцией PDM-системы является интеграция данных об изделии на протяжении всего производственного цикла, то есть единое информационное пространство. Фактически на предприятии существуют два центра интеграции данных: АСУП и

PDM-система. АСУП (или ERP-система) интегрирует данные о ресурсах предприятия, необходимых для его функционирования, тогда как PDM-система интегрирует данные о его деятельности. Кроме того, существуют прикладные компьютерные системы, основной задачей которых являются создание и обработка данных об изделии. Таким образом, можно выделить два направления интеграции данных на предприятии: вертикальное (то есть интеграция PDM-системы и прикладных систем) и горизонтальное (то есть интеграция PDM-системы и АСУП).

Преимущества от использования PDM-системы

Основным преимуществом от использования PDM-системы на предприятии является сокращение времени разработки изделия, то есть выхода изделия на рынок, и повышение его качества. Сокращение времени достигается, в первую очередь, за счет повышения эффективности процесса проектирования изделия, которое характеризуется четырьмя аспектами:

1. Избавление конструктора от непроизводительных затрат своего времени, связанных с поиском, копированием и архивированием данных, что при работе с бумажными носителями составляет 25-30% времени.
2. Улучшение взаимодействия между конструкторами, технологами и другими участниками разработки поддержки методики параллельного проектирования, что приводит к сокращению количества изменений изделия.
3. Значительное сокращение срока проведения изменения конструкции изделия или технологии его производства благодаря улучшению контроля за потоком работ в проекте.
4. Резкое увеличение доли заимствованных или слегка измененных компонентов в изделии (до 80%) за счет предоставления возможности поиска детали с необходимыми характеристиками.

В настоящий момент в связи с использованием современных систем автоматизированного проектирования и подготовки производства низкое качество изделия в меньшей степени является следствием плохого проектирования, а в большей степени связано с низким качеством данных (неполнота, некорректность или неактуальность).

PDM-система, предполагающая наличие единой целостной модели изделия и четких способов доступа к хранящейся в ней информации, позволяет значительно улучшить качество данных об изделии и, соответственно, повысить качество самого изделия.

2.3 Функции современных PDM-систем

Системы PDM предназначены для управления проектированием и его информационного обеспечения. Это осуществляется путем упорядочения информации о проекте и управления соответствующими документами, включая спецификации и другие виды представления данных. С помощью систем PDM поддерживаются информационные связи не только внутри САПР, но и с производственной и маркетинговой документацией, а также доступ к данным по различным атрибутам, навигация по иерархической структуре проекта. К системным вопросам, решаемым в PDM, относятся также управление проектами, интеграция программного обеспечения, пользовательский интерфейс и интерфейс с другими АС.

В системах PDM разнообразие типов проектных данных поддерживается их классификацией и соответствующим выделением групп с характерными множествами атрибутов. Такими группами данных являются аспекты описания т.е. описания изделий с различных точек зрения. Для большинства САПР машиностроения характерными аспектами являются свойства компонентов и сборок (эти сведения называют *Bill of materials - BOM*), модели и их документальное выражение (основными примерами могут служить чертежи, 3D- — визуализации, точные представления для конечно-элементного анализа текстовые описания), структура изделий, отражающая взаимосвязи между компонентами и сборками и их описаниями в разных группах.

Вследствие большого объема проектных данных и наличия ряда версий проектов система PDM должна обладать развитой системой поиска нужных данных по различным критериям.

К числу основных функций систем PDM относятся также моделирование и структурирование данных. Структурирование данных означает выявление сущностей рассматриваемого приложения, их атрибутов и связей. Структура изделий обычно может быть представлена в виде дерева. Иерархическая форма удобна при внесении и отслеживании изменений в модели, например, при добавлении и удалении сущностей, изменении их атрибутов, введении новых связей.

Например, системе BaanPDM основными типами данных являются документы и изделия, экземпляры сущностей идентифицируются и описываются с помощью набора атрибутов, среди которых имеются уникальный идентификатор (ключ) объекта и ряд дополнительных атрибутов, например тип документа, автор, количество входящих в документ страниц. Стандартные функции поддержки объекта включают возможность добавлять объекты (при этом добавляются уникальный идентификатор и другие атрибуты), модифицировать атрибуты объекта и удалять объекты.

При необходимости внесения изменений в проект первоначальную копию проекта обычно не модифицируют. Вместо этого создают новую версию проекта, основанную на первоначальном проекте, и изменения вносят в эту новую версию. Одна версия каждого объекта является текущей, или активной, версией. Если имеется несколько версий объекта, то текущей является та, которая последней подвергалась изменениям.

Так, в системе BaanPDM принята следующая схема управления версиями. Если версия объекта создана впервые, ей назначается статус «неопределенная». Если версия объекта готова для общего доступа, ее следует занести в сборник, и затем BaanPDM назначает ей статус «готово к выпуску».

Выпуск объекта делает его описание доступным для использования в других подразделениях и производстве. Если кто-либо желает сделать изменения в готовой к выпуску версии объекта, он должен извлечь ее из сборника. Этой версии присваивается статус «находящаяся в процессе изменения», который показывает, что готовится новая версия, а новой версии - неопределенный статус.

Управление внесением изменений в проектные данные должно обеспечивать целостность проектных данных. Целостность данных поддерживается тем, что не могут одновременно работать и изменять один и тот же объект разные разработчики, каждый из них должен работать со своей рабочей версией. Другими словами, необходимо обеспечение синхронизации изменения данных разделяемых многими пользователями.

Для этого, во-первых, пользователи подразделяются на классы (администрация системы, руководство проектом и частями проекта, группы исполнителей-проектировщиков) и для каждого класса вводят определенные ограничения, свя-

занные с доступом к разделяемым данным; во-вторых, обеспечивают средства ведения многих версий проекта; в-третьих, в случае выполнения работ в отдельных ветвях параллельного процесса каждому пользователю выделяют свои рабочие области памяти. Данным могут присваиваться различные значения статуса, например: «правильно», «необходимо перевычисление» «утверждено в качестве окончательного решения» и т. п. Собственно синхронизация выполняется с помощью механизмов типа рандеву или семафоров, рассматриваемых в пособиях по параллельным вычислениям.

В системе VaanPDM каждому пользователю в зависимости от его роли назначается уровень прав доступа - один из восьми возможных. На низшем уровне пользователь может только просматривать данные. На высшем уровне, присваиваемом старшему администратору, допускаются любые модификации данных любого проекта и архивов. В функции лица, являющегося системным администратором, входят упорядочение данных с их распределением по дискам, контроль за правами доступа пользователей, связь с внешними системами (управление импортом и экспортом данных) и др.

Важной функцией управления является возможность учета влияния и автоматического распространения вносимых изменений на другие части проектной документации. Проектная документация характеризуется разноплановостью и большими объемами. В процессе проектирования используют чертежи, конструкторские спецификации или список материалов ВОМ, пояснительные записки ведомости применения изделий, различного рода отчеты и др. Кроме того, в интегрированных АС проектирования и управления производством в документооборот входит большое число документов, связанных с процедурами маркетинга снабжения, планирования, администрирования и т. п.

Для подготовки, хранения и сопровождения необходимых документов в PDM, как правило, имеются специализированные системы управления документами и документооборотом (СДО). Некоторые полнофункциональные системы делопроизводства интегрированы в САПР или, по крайней мере, имеют средства для управления проектной, в том числе чертежно-конструкторской, документацией.

Для создания СДО часто используют программы Lotus Notes и Lotus Domino компании Lotus Development. Возможности управления чертежно-конструкторской документацией подготовленной в AutoCAD и Microstation, имеются в продукте DOCS open (компания Hummingbird), программе CADLink, входящей в систему управления документами и бизнес-процессами Documentum, Search (белорусская компания Интермех) и ряде других.

В системе Search осуществляются хранение и поиск данных, доступ к ним, документооборот, разработка спецификаций, внесение изменений и т. п. Для этого имеются редактор извещений об изменениях в проекте, средства обеспечения групповой работы над проектом, модуль доступа к документам, расположенным на других узлах сети, х e- дактирование и просмотр выполняются с помощью внешних редакторов.

Управление процессом проектирования включает в себя большое число действий и условий, поддерживающих параллельную работу многих пользователей над общим проектом. Одной из задач управления проектированием является управление потоком работ.

Поток работ состоит из отдельных шагов различных типов. Шаги заданного или динамически определяемого маршрута работ могут представлять собой выполнение проектных операций и процедур, пересылку документов и файлов другим пользователям, изменение статуса объекта, просмотр, контроль и утверждение инженерных проектов и внесения в них изменений и т. п. Между шагами перемещается пакет документов. На шагах маршрута документы проекта обрабатываются, видоизменяются, оцениваются, пакет автоматически пополняется, и в конечном счете проектная документация выпускается в производство.

Управление потоком работ выполняется на основе моделей вычислительных процессов. Используются спецификации моделей, принятые в CASE-системах, например диаграммы потоков данных, ориентированные графы, UML- диаграммы. Сначала модели составляют в терминах проектных заданий, а затем система осуществляет их покрытие имеющимися проектирующими программами и программными модулями. Применяют также описания на языках расширения или 4GL.

В некоторых системах, например в iMAN, реализован аппарат имитационного моделирования бизнес-процессов на этапах жизненного цикла изделий в том числе процессов проектирования.

Часто управление крупными проектами, включающее распределение большого числа работ во времени и между исполнителями, выполняется программами, относящимися к специальной группе систем управления проектами В эту группу входят программы верхнего уровня, такие, как Artemis Project (фирма Metier),

Primavera Project Planner (Primavera Systems), Open Plan (Welcom Software), среднего уровня - Time-Line (Symantec), Microsoft Project (Microsoft).

Например, система Project Manager Workbench служит для одновременного управления различными проектами с оптимальным распределением ресурсов помогает построить иерархическую структуру плана, сформировать несколько видов отчетов, описывающих расписания, расходы, контроль качества. С ее помощью контролируют общее использование ресурсов, составляют расписания разнохарактерных работ. В качестве ресурсов могут рассматриваться люди, финансовые средства, устройства.

Для интерфейса с пользователем в PDM-системе предусматривается возможность одновременного просмотра данных разных аспектов в нескольких окнах. Для этого имеется ряд браузеров. Типичные изображения, создаваемые браузерами, - дерево проекта или его фрагментов; различные виды, такие, как 2D-чертеж или 3D -изображение; спецификации; принципиальные схемы: атрибуты объекта (исполнитель, номер версии, дата утверждения и т. п.).

Параллельное проектирование, интеграция АС проектирования и управления на современных предприятиях возможны только в распределенной среде. Распределенные хранение и обработка информации в большинстве случаев осуществляются на базе применения технологии CORBA, языков Java и XML, РБД. Данные проекта при этом находятся в нескольких базах данных распределенного банка данных. Находят применение трехзвенные распределенные системы (например, PDM STEP Suite) с уровнями сервер баз данных - сервер приложений - клиенты. Принимаются меры по защите информации, типичные для корпоративных информационных систем.

Интеграция данных на ранних этапах развития систем PDM связывалась только с организацией сквозного проектирования изделий в рамках конкретной САПР. В настоящее время в связи с развитием CALS-технологий основным содержанием проблемы интеграции стало обеспечение интерфейса САПР с другими автоматизированными системами. Проблема решается с помощью поддержки

типовых форматов, например, путем конвертирования данных из общепринятых форматов во внутренние представления конкретных САПР.

В CALS-технологиях взаимодействие систем основано на стандартах STEP, поэтому в ряде PDM имеются конверторы из предложенного в STEP языка Express. В стандарте STEP введен прикладной протокол AP208,-представляющий собой информационную модель, относящуюся к управлению процессами изменений в жизненном цикле изделий. В соответствии с AP208 внесению изменений предшествуют идентификация событий (недостатков), требующих внесения изменений, установление вызвавших их причин и определение лиц, вносящих изменения.

Среди других форматов данных обычно используют IGES, DXF, VRML, SAL, EDIF, текстовые и графические форматы и др.

Предусматривается возможность адаптации САПР к конкретным условиям с помощью языков расширения. Язык расширения - язык программирования, позволяющий адаптировать и настраивать системную среду на выполнение новых проектов. Язык расширения должен обеспечивать доступ к различным компонентам системной среды, объединять возможности базового языка программирования и командного языка, включать средства процедурного программирования. Для большинства языков расширения базовыми являются Lisp или C.

Для поколения PDM - системами, предназначенных для использования, главным образом, на этапах проектирования и технологической подготовки изделий на основе использования CAE/CAD/CAM- систем, характерным является следующий набор функций :

- 1) управление документами, документооборотом, электронным архивом (выполняются атрибутирование, поиск по атрибутам, контроль исполнения, аннотирование чертежей и других документов, возможен вызов нескольких приложений для обработки документа и др.), поддержка классификаторов и справочников, автоматизированное составление спецификаций;
- 2) управление процессами: PDM-система отслеживает все операции пользователей с данными, в том числе следит за версиями; кроме того PDM-система управляет пото-

ком работ (например, в процессе проектирования изделия) и занимается протоколированием действий пользователей и изменений данных;

3) управление конфигурацией изделия, ведение состава изделия, контроль изменений, сохранение истории проекта, классификация и формирование обозначений изделий (кодификация);

4) визуализация структуры изделия в виде дерева, в том числе многооконное представление трехмерных изображений;

5) возможность подключения внешних систем и разработка приложений, поддерживаются форматы САПР Catia, Unigraphics, Pro/Engineer, SolidWorks, ядра ACIS, стандартов STEP и др.;

6) управление правами доступа к данным;

7) генерация отчетов (спецификаций, ведомостей и т. п.).

Дополнительно в PDM быть включены криптографические средства, средства электронной подписи и другие функции.

2.4 Примеры современных PDM-систем

Важной особенностью современных PDM является то, что наряду с перечисленными выше функциями они имеют интегрирующими функции управления на всех этапах жизненного цикла изделий. Системы, обладающие такими интегрирующими функциями управления на всех этапах жизненного цикла изделий, называются системами управления жизненным циклом изделий (PLM).

Технология PLM - это технология взаимодействия производителей, поставщиков и покупателей на различных этапах жизненного цикла изделий, направленная на оптимальное удовлетворение потребностей заказчиков в продукции и услугах. Благодаря более высокой степени специализации предприятий, проектированию под заказ, комплексному учету затрат на проектирование, изготовление, доставку продуктов можно минимизировать временные и финансовые затраты при высоком качестве изделий. Чтобы использовать эти возможности, требуются специальные PLM- системы, главное назначение которых обеспечивать информационную согласованность действий всех участников процесса соз-

дания продукции. В PLM- системе учитывается, что число участников в цепи поставок может быть значительным, причем состав участников непостоянен, а определяется исходя из конкретных задач и условий. Для эффективного управления процессами на протяжении всего жизненного цикла продукции все участники должны пользоваться исчерпывающе полными и доступными для правильного восприятия и интерпретации данными. Очевидно, что PLM-системы должны быть ориентированы на работу в Web-среде и быть способными воспринимать данные из автоматизированных систем, использующих разные СУБД.

Так компания PTC (США) создала PLM- систему под названием Windchill, основанную на использовании Internet и Web-технологий для информационного взаимодействия многих предприятий. Система выполняет функции, которые присущи СДО системам управления проектами, конфигурацией и изменениями проектных данных, причем система СРС функционирует в гетерогенной среде, охватывающей пространство, не ограниченное рамками отдельными предприятиями и корпораций. Система, отвечая на запросы пользователей, может собирать необходимые данные из web-сайтов, баз данных систем ERP или PDM и, преобразуя их в единый формат, предоставляет их пользователю. Имеются возможности планирования и моделирования производственных и логистических процессов.

Другими примерами систем PLM-систем могут служить mySAR.com (компания SAP, Германия) , ENOVIA (Dassault Systems, Франция), Team Center (Siemens PLM Software, Германия).

В отечественной аэрокосмической отрасли широкое распространение получила PDM- система Team Center, в связи с чем на ее примере рассмотрим основные функции PLM-систем , которые лежат в основе современной PLM-технологии []

3. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О PLM-ТЕХНОЛОГИИ

3.1 От управления данными на этапе проектирования – к управлению знаниями о продукции на всех этапах жизненного цикла

Знания (разработки, ноу-хау) компании - это ее активы, позволяющие смело смотреть в будущее и иметь конкурентные преимущества. Управление этими знаниями и их повторное использование - главная ценность системы управления инженерными процессами.

Технические решения Teamcenter (Siemens PLM Software) основаны на концепциях коллективной работы и сквозного проектирования. Это технология мастер-модели, разработанной конструктором, на основе которой выстраиваются все инженерные процессы, начиная от простановки технических требований на моделях и заканчивая процессами разработки оснастки, анализа кинематики, динамики, сборки, разработки управляющих программ для станков с числовым программным управлением и т. д.

Интеграция системы Teamcenter с различными инструментальными платформами - это механические CAD, электрические и электронные CAD, системы анализа CAE и инструментальные средства офисного документооборота (MS Office, MS Exchange, MS Explorer и SharePoint т. д.), обеспечивает полное электронное описание изделия, управляемое из единой среды Teamcenter.

Teamcenter - платформа для разнородных приложений (так называемая multi-CAD- платформа), которая интегрирована не только с приложениями от Siemens PLM Software в области проектирования и анализа, но и с другими продуктами, предоставляющими средства проектирования изделий машиностроения, приборостроения, строительства и т. п. Это продукты Autodesk, Dassault Systems, PTC, ECAD-системы – Mentor, Cadence, Synopsys и др.

Встроенные средства визуализации данных Teamcenter предоставляют огромный набор функций по просмотру и анализу геометрии, аннотированию, захвату изображения с заморозкой видимого состава изделия, поиску появлений. Кроме вышеперечисленных инструментов, для организации электронного согласования и коллективной работы над проектом используются возможности работы с заявками и заданиями, что включает в себя встроенные функции почтового клиента и

Недостаток планирования и неоправданные ожидания - проблемы, возникающие при реализации более чем двух третей от общего числа проектов. Приложение *Менеджер требований* помогает решить обе эти задачи в наиболее критичной части проектирования - стадии принятия решения, когда планы и ожидания консолидируются в виде требований.

Требования описывают изделие, которое планирует покупать заказчик. Они связывают запросы заказчика (спецификации) с различными направлениями разработки изделия. Процесс разработки нового или модификации существующего изделия инициируется различными требованиями (требованиями стандартов, заказчиков, рынка). Например, это требования по шумности продукта, требования по эргономике, требования по ресурсу и т. п.

Выполнение требований стандартов к выпускаемой продукции (как отечественных, так и зарубежных) - гарантия сертификации продукции. Чтобы быть уверенными, что готовое изделие удовлетворит всем этим требованиям, разработчики работают с ними на протяжении всего процесса разработки. Как только изделие отвечает всем требованиям, оно готово к поставке и, что более важно, имеет функции и качество, отвечающие требованиям заказчика.

Проект, не полностью отвечающий требованиям, обречен на выход за бюджетные и временные ограничения, на доработки в последний момент, выполняемые посредством титанических усилий коллектива. Кроме того, серьезное расхождение результирующих и требуемых функциональных качеств может быть причиной сокращения объема, снижения стоимости и даже отмены заказа.

Для предупреждения подобных трудностей существуют два подхода:

- требования, их разработка и определение должны быть отправной точкой проекта, благодаря этому многие узкие места могут быть определены еще до начала проектирования;
- требования должны быть однозначно связаны с элементами конструкции, к которым они предъявлены. И эти связи должны поддерживаться на всех этапах жизненного цикла изделия.

Объединяя эти подходы, приложение Менеджер требований, отвечающее за управление требованиями в Teamcenter, применяется для:

- разработки требований к изделию и его свойствам на начальной стадии проекта и анализа взаимосвязей между требованиями;
- ранней привязки требований к составляющим изделия;
- текущего сопровождения требований (уточнения, пересмотра, расширения и т. п.), что возможно, так как каждое требование представляется бизнес-объектом со своим набором атрибутивной информации.

В итоге Менеджер требований увеличивает степень причастности заказчика ко всем стадиям процесса разработки и позволяет существенно сократить ошибки.

Как правило, требования оформляются в виде документа или набора документов. Менеджер требований позволяет загрузить их в базу данных Teamcenter и представить в виде структурированного дерева объектов, соответствующих параграфам, абзацам или отдельным предложениям исходного документа (или нескольких документов).

Система дает возможность добавлять новые объекты в дерево требований из вновь поступающих документов, которые возникают в процессе жизненного цикла проектируемого изделия. Эти требования могут быть связаны с существующими объектами требований и между собой, тем самым формируя логически понятную структуру требований, относящихся к различным элементам структуры изделия и процессам, связанным с ними.

Важным достоинством Менеджера требований является возможность создания связей требований как с элементами состава изделия (сборками, деталями, покупными изделиями и т. п.) или их функциональными блоками, так и с любыми процессами и другими информационными объектами в базе данных системы Teamcenter. Это позволяет оперативно производить анализ влияния изменения требований на состав изделия (функциональные блоки изделия) и изменения конструкции изделия на соответствие требованиям.

3.3 Управление проектами

Управление проектами и календарное планирование предназначены для решения задач, связанных с планированием, организацией и управлением действиями, направленными на достижение поставленных целей при заданных ограничениях на использование ресурсов. Типовыми задачами, которые решаются в рамках данного направления, являются:

- разработка планов выполнения проектов, в том числе разработка структурной декомпозиции работ проекта;
- планирование потребностей в ресурсах;
- отслеживание хода выполнения работ, сравнение текущего состояния работ и планируемого;
- расчет и оптимизация планов с учетом ограничений на ресурсы;
- формирование управленческих решений, связанных с воздействием на процесс или с корректировкой планов;
- возможность связывать сведения о ставках и тарифах с теми или иными ресурсами, чтобы осуществлять контроль расходов - как общий, так и детальный;
- формирование полного представления о видах и интенсивности нагрузок на рабочие группы, а также рисках для каждого конкретного проекта, связанных с невыполнением плана;
- формирование различных отчетных документов.

Teamcenter позволяет не только определить план работ по проекту и его временные характеристики, но и связать пункты плана проекта с элементами состава изделия или функциональными блоками.

Благодаря возможности объединения отдельных проектов в программы система позволяет производить анализ загрузки ресурсов и сроков выполнения как в разрезе проектов, так и в разрезе программ.

Teamcenter дает возможность создавать связи плановых событий с рабочими процессами (Workflow), что автоматизирует контроль и позволяет сделать «прозрачными» процессы взаимодействия между подразделениями компании, а вкпе

с системой управления проектами добиться эффективного использования всех инженерных ресурсов.

Планирование отдельных проектов, плюс объединение проектов в программы, плюс планирование и анализ загрузки ресурсов, плюс управление заданиями и контроль выполнения - все это обеспечивает управление процессами на предприятии.

3.4 Управление процессами проектирования

Одной из главных задач любой PLM -системы является управление информацией об изделии на всех этапах его жизненного цикла. Управление информацией невозможно без надежного хранения данных. В качестве хранилища данных Teamcenter использует широко распространенные и хорошо зарекомендовавшие себя системы управления базами данных Oracle, MS SQL Server и DB2.

Не менее важным элементом управления информацией является разграничение доступа к данным для обеспечения защиты коммерческой тайны или от несанкционированного изменения, разрушения и хищения хранимых данных. Для этого в Teamcenter реализована очень гибкая система управления доступом к данным.

Еще одним важным элементом является графический интерфейс с пользователем, обеспечивающий отображение данных в удобном виде, а также предоставляющий набор функций по созданию и редактированию этих данных.

Teamcenter предоставляет несколько таких интерфейсов:

- полнофункциональное клиентское приложение Полный/Толстый клиент. Предназначено для пользователей, порождающих информацию (конструкторов, технологов и специалистов других служб);
- основанный на веб-технологиях тонкий или веб-клиент. Не требует установки на рабочих местах пользователей, настройки и мощных вычислительных ресурсов у пользователя;
- доступ к данным из приложений CAx и MS Office. Teamcenter предоставляет интерфейсы для наиболее распространенных CAD-систем - NX, Solid Edge®, CATIA, Pro/ENGINEER, SolidWorks, AutoCAD, Inventor и др.

Такое многообразие клиентских приложений дает возможность унифицировать доступ к знаниям предприятия, исключить необходимость комплексного дополнительного обучения сотрудников, значительно снизив стоимость владения комплексом программного обеспечения для автоматизации процессов конструкторско-технологической подготовки производства.

Управление инженерными данными в Teamcenter основано на концепции Мастер-модели, подразумевающей порождение всех данных об изделии на основе исходной модели, разработанной конструктором. На основе данных Мастер-модели выстраиваются все инженерные процессы, начиная от создания чертежа и заканчивая процессами разработки оснастки, анализа кинематики, динамики, сборки, разработки управляющих программ для станков с числовым программным управлением и т. д. (рисунок 3.2).

Такой подход обеспечивает возможность:

- коллективной работы над изделием всех задействованных в проекте специалистов, вне зависимости от «принадлежности» их к тому или иному подразделению и территориального местоположения;
- сквозного проектирования, с постоянной поддержкой ассоциативных связей, хранением истории и контролем изменений;
- управления данными с разграничением прав доступа, гарантией их целостности и уникальности в рамках единой информационной среды предприятия, а также их быстрого поиска и удобной навигации по большим объемам информации;
- организовать взаимодействие через процедуры Workflow автоматизировать контроль и сделать «прозрачными» процессы взаимодействия между подразделениями компании, а также организовать работу между подразделениями и сторонними поставщиками, работающими в различных системах, в рамках единого информационного пространства предприятия.

Таким образом, создается полное электронное описание изделия, способное «чутко» реагировать на постоянно меняющиеся рыночные условия.

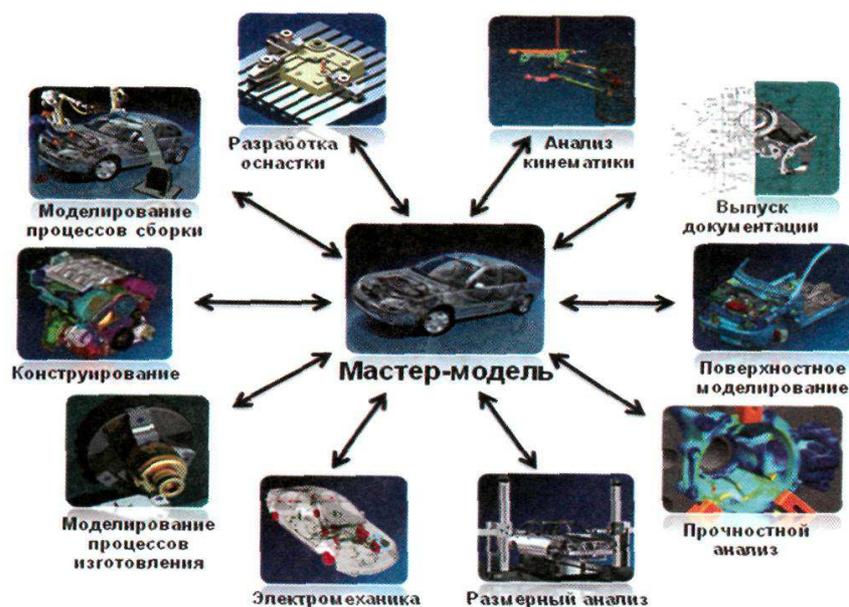


Рисунок 3.2

3.5 Управление данными о составах изделия

Состав изделия в PDM Teamcenter представляется в виде иерархического дерева объектов, соответствующих сборочным единицам, деталям, стандартным изделиям и т. п.

Одной из важнейших функций любой PLM-системы является управление этими составами, представление единого состава изделия с различных точек зрения (функциональный состав, конструкторский состав, технологический состав, плановый состав и др.), управление вариантными правилами (например, варианты комплектации), так называемая модуляризация состава, управление исполнениями и альтернативными заменами.

Немаловажным фактором является наличие возможности управления составом изделия с учетом его изменений, когда необходимо учитывать такие факторы, как дата ввода/аннулирования изменения, для каких конечных изделий действует данное изменение и для каких экземпляров выпускаемых изделий применяется.

Для достижения вышеописанных целей используется приложение *Менеджер структуры* (рисунок 3.3), которое применяется для создания, просмотра и изменения состава изделия.

Менеджер структуры позволяет создавать единую универсальную структуру, состоящую из всех возможных компонентов, применяющихся в различных исполнениях. В зависимости от выбранных условий структура может трансформироваться в любое заданное исполнение изделия.

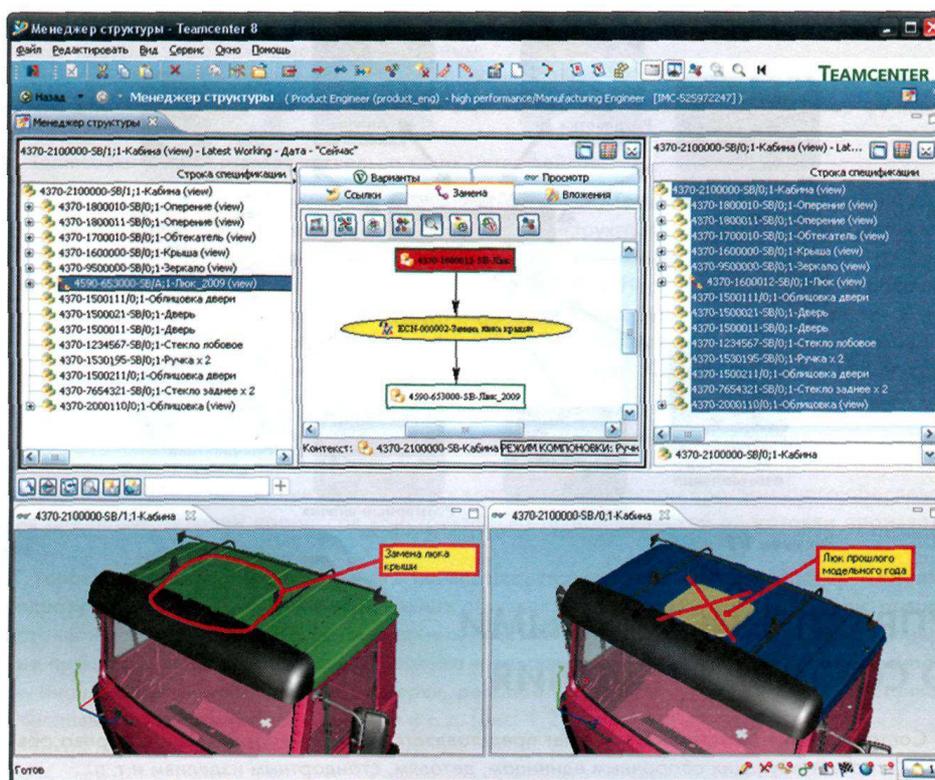


Рисунок 3.3

Менеджер структуры отображает структуру изделия в унифицированном формате многоуровневой (иерархической) структуры, делая ее простой и удобной для просмотра.

Менеджер структуры позволяет просматривать существующие графические объекты, привязанные к элементу структуры, используя встроенную систему визуализации. Это дает возможность легко идентифицировать компонент не только по его атрибутам или расположению в структуре, но и по его внешнему виду.

Элементами отображения состава изделия в Менеджере структуры всегда являются версии (реvisions), описывающие тот или иной компонент.

При создании компонента всегда создается первая версия. Далее в процессе жизненного цикла изделия может появиться неограниченное количество версий, которые могут соответствовать как различным этапам жизненного цикла (проектирование, технологическая проработка, изготовление и т. д.), так и вариантам внутри этих этапов. Это прежде всего версии, соответствующие проведенным изменениям, а также различные варианты, прорабатываемые в процессе проектирования.

Вся информация, описывающая изделие на определенном этапе (переписка, чертежи, спецификации, ссылки на нормативные документы и т. д.), привязывается к определенной версии, образуя «электронное состояние» этого изделия на данном этапе.

От того, насколько успешно справляется система с данными функциями, зависит не только повышение эффективности инженерных работ, но и увеличение количества изделий или их модификаций, которые предприятие выводит на рынок.

3.6 Управление соответствием стандартам

В современных рыночных условиях все большую важность приобретает необходимость обеспечения соответствия продукции определенным нормам и требованиям разных государств. Требования могут быть различными, начиная с требований по безопасности и заканчивая экологическими нормами. При этом все эти нормы также разнятся на территориях различных государств. И то, насколько быстро предприятие может проанализировать свое изделие на предмет соответствия тому или иному набору требований, напрямую влияет на скорость сертификации и вывода изделия на новые рынки.

Teamcenter предоставляет следующие основные функции по управлению соответствием:

- фиксация и документирование нормативных требований;
- интеграция этих требований в принятые на предприятии процессы проектирования;

- отслеживание соответствия этих требований на всех этапах жизненного цикла изделия.

3.7 Управление документами и контентом

Управление контентом - это мощное средство разработки технической документации, предназначенное для выпуска:

- различных описаний и руководств;
 - интерактивных и статических каталогов продукции и запасных частей;
 - инструкций по эксплуатации и ремонту;
 - прочей комплексной документации, требующей коллективной, параллельной разработки и нередкого частичного изменения.

Управление контентом предоставляет среду разработки документации с дополнительными расширениями модели данных, набором собственных приложений и интеграцией с приложениями сторонних производителей в области создания документации.

В основе этой среды лежит использование стандартов передачи данных SGML/XML. Главным в подходе Управления контентом является отделение содержания документации от ее формата. Это позволяет упростить ряд функций по разработке и публикации технической документации:

- настройка соответствия требованиям действующих стандартов;
- простота изменения внешнего вида конечного документа;
- повторное использование фрагментов ранее разработанных документов;
- публикация в нескольких форматах и на различных языках.

Базисом Управления контентом является репозиторий (контент), состоящий из данных в формате XML, хранящих ссылки на исходные данные об изделии (модели, различные представления состава, данные о проектах, требованиях, поставщиках, сервисном обслуживании и ремонте). Для управления этими данными, а также для осуществления интеграции со сторонними специализированными при-

ложениями по созданию документации в состав Teamcenter входит модуль Управление контентом. Основными функциями этого приложения являются:

- управление данными контента (создание, изменение и удаление элементов);
- декомпозиция и сборка всего документа из элементов контента;
- управление доступом к данным контента (режим чтение/запись, блокировки);
- синхронизация данных между элементами контента и исходными данными;
- управление шаблонами и таблицами стилей;
- кэширование данных.

Важнейшим механизмом модуля Управление контентом является интеграция со специализированными приложениями по созданию технической документации. К наиболее распространенным можно отнести XMetaAuthor компании Just-Systems и XSL Formatter компании Antenna House.

3.8 Управление взаимоотношениями с поставщиками

Современные комплексные проекты создаются в условиях широкого взаимодействия между различными организациями, вовлеченными в процессы конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) . Высокую актуальность приобретают задачи, связанные с обменом документацией, моделями и другими данными в рамках этого взаимодействия. Предприятиям, задействованным в комплексных проектах, необходимы инструменты и методики обмена информацией между собой.

Управление взаимоотношениями с поставщиками (SRM) - это полностью интегрированное в систему Teamcenter, основанное на веб-технологии решение, позволяющее построить единое рабочее пространство для работы с поставщиками документации в рамках процессов

КТПП, а также организовать информационную поддержку конструкторско-технологических подразделений всех задействованных организаций.

Основными функциями и процессами взаимодействия с поставщиками в рамках КТПП, которые позволяет автоматизировать Teamcenter SRM, являются:

- сбор и анализ основных показателей деятельности поставщиков;
- консолидация и обработка данных о закупках;
- оптимизация запросов, связанных с контрактными предложениями и расценками;
- организация совместной работы с поставщиками в режиме реального времени;
- рассылка сообщений, получение уведомлений, обмен данными об изделии;
- организация совместной работы в Multi-CAD-среде.

3.9 Управление электромеханическими данными и встроенным программным обеспечением

Ни одно современное комплексное изделие немислимо без электрической и электронной составляющих наравне с механической. Кроме того, электронные управляющие устройства, которые во все большем количестве присутствуют в современных изделиях, управляются с помощью встроенного в них программного обеспечения. Поэтому современная PLM-система в обязательном порядке должна предоставлять необходимые для автоматизации проектирования элементов электрики и электроники инструментальные средства, иметь интеграционные решения для ECAD-систем и систем проектирования программного обеспечения, а также соответствующим образом адаптированную модель данных.

Управление данными об электромеханической составляющей изделия в Teamcenter- это объединенные в единое целое данные об электрике, электронике, встроенном программном обеспечении и физико-геометрических характеристиках изделия, представляющие его как единую электромеханическую систему.

3.10 Управление процессами технологической подготовки производства

Технологическая подготовка производства (ТПП) включает в себя огромный пласт задач, требующих тщательной проработки, оптимизации и модернизации.

Для автоматизации управления процессами технологической подготовки производства требуется программный комплекс, включающий инструментальные средства для решения широкого спектра задач, касающихся основных этапов ТПП:

- разработки технологических процессов;
- проектирования технологической оснастки и нестандартного оборудования;
- изготовления средств технологического оснащения (оснастки и нестандартного оборудования);
- выверки и отладки запроектированной технологии и изготовленного технологического оснащения.

Teatseппэг также предоставляет инструменты для автоматизации ряда процессов, неразрывно связанных с основными этапами ТПП. Обо всех перечисленных элементах подробнее ниже.

Транслируя необходимость автоматизации управления процессами технологической подготовки производства на решениях Simens PLM Software, можно выделить одно из основных направлений информационной поддержки жизненного цикла изделия, которое обеспечивается системами Teamcenter, Tehnomatic и NX с целью повышения эффективности следующих инженерных процессов:

1) подготовка производства агрегатной и окончательной сборки.

- Teamcenter в рамках данного направления обеспечивает:
 - определение технологического состава изделия;
 - разработку циклограммы процессов агрегатной и окончательной сборки;
 - назначение межцеховых маршрутов;
 - разработку технологических процессов агрегатной и окончательной сборки;
 - управление данными о средствах технологического оснащения для соответствующих процессов;

- централизованное хранение нормативно-справочной информации;
 - поддержку процессов, связанных с изменением конструкторско-технологической информации.
 - Technomatic в рамках данного направления обеспечивает:
 - анализ процессов сборки, разработанных в системе Teatsep1eg, на качество собираемости;
 - применение механизмов моделирования действий человека.
 - NX в рамках данного направления обеспечивает:
 - разработку средств технологического оснащения с применением различного рода инструментов автоматизации расчетов и моделирования;
- 2) моделирование и разработка процессов изготовления изделий.
- Teamcenter в рамках данного направления обеспечивает:
 - назначение межцеховых маршрутов;
 - разработку технологических процессов изготовления (механообработка, штамповка, ковка, гальваника, литье и т. п.);
 - управление данными о средствах технологического оснащения для соответствующих процессов;
 - централизованное хранение нормативно-справочной информации;
 - поддержку процессов, связанных с изменением конструкторско-технологической информации.
 - NX в рамках данного направления обеспечивает:
 - разработку управляющих программ для оборудования с ЧПУ с двусторонним обменом информацией между операциями технологического процесса Teamcenter и управляющей программой NX;
 - разработку средств технологического оснащения с применением различного рода средств автоматизации расчетов и моделирования.
 - Technomatix в рамках данного направления обеспечивает:
 - имитационное моделирование процессов обработки;
 - управление линиями обрабатывающего оборудования;

- проверку и анализ кинематики механизмов штампов, моделирование обработки давлением;

3) моделирование и оптимизация производственных подразделений.

- Teamcenter в рамках данного направления обеспечивает:
 - управление данными о структуре предприятия, начиная от предприятий, входящих в холдинг/корпорацию и заканчивая оборудованием и ресурсами, расположенными в производственных подразделениях (цехах и участках), или их аналогами в виде групп рабочих центров.
- Technomatix в рамках данного направления обеспечивает:
 - моделирование 3D-макета производственного подразделения с двусторонним обменом информацией с системой Teamcenter;
 - анализ компоновки производственных площадей, грузопотока и себестоимости перемещения (используется информация о технологическом маршруте номенклатуры, необходимой емкости складов и требуемом подъемно-транспортном оборудовании);
 - обеспечение качества выпускаемой продукции.
- Teamcenter Visualization в рамках данного направления обеспечивает:
 - анализ размерных цепей;
 - анализ статистического распределения полей допусков относительно объема партии;
 - выявление компонентов, оказывающих наибольшее влияние на результирующие параметры размерной цепи.
- Technomatix в рамках данного направления обеспечивает:
 - разработку управляющих программ для контрольно-измерительных машин;
 - сопоставление 3D-модели с данными контроля качества.
- Teamcenter в рамках данного направления обеспечивает:
 - управление данными о расчетах/измерениях и их централизованное хранение

ние;

- взаимосвязи состава изделия, расчетной структуры и результатов расчета/измерения;

стр.20

управление изменениями структур данных;

4) моделирование и пусконаладка автоматизированных промышленных систем, их проверка и оптимизация.

- Teamcenter в рамках данного направления обеспечивает:
 - централизованное хранение изделий, технологических процессов, нормативно-справочной и прочей информации, необходимой для моделирования, проверки и оптимизации промышленных систем в Technomatic.
- Technomatic в рамках данного направления обеспечивает:
 - разработку, симуляцию, оптимизацию, анализ и off-line-программирование роботизированных и автоматизированных технологических процессов сборки, сварки, клепки, сверления, окраски и т. п.;
 - симуляцию работы линии штампового и прессового оборудования;

5) управление процессами производства и их оптимизация.

- Teamcenter в рамках данного направления обеспечивает:
 - двусторонний обмен данными между Teamcenter и ERP-системами.
- NX в рамках данного направления обеспечивает:
 - NX CAM + Sinumerik VNCK - оптимизацию и симуляцию процессов обработки с учетом конкретного оборудования, материала и инструмента.
- Technomatix в рамках данного направления обеспечивает:
 - моделирование сложных производственных систем и стратегий управления;
 - построение объектно-ориентированных моделей, включающих производственные, логистические и бизнес-процессы;
 - анализ и оптимизацию производительности, ресурсов и узких мест на

производстве.

3.11 Управление расчетными данными

Вне зависимости от того, что выпускает предприятие и какие расчетные или исследовательские задачи решаются в рамках выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применение систем инженерного анализа необходимо для получения надежных результатов, обеспечивающих высокий экономический эффект и успех в условиях современного рынка. Моделирование эксплуатационных характеристик будущего изделия еще на ранних стадиях проектирования, до изготовления физического прототипа, а зачастую и вместо них, позволяет экономить ресурсы организации и существенно снижает сроки выхода продукции на рынок.

Назначение направления Управление расчетными данными заключается в обеспечении работы расчетных подразделений в единой среде разработки изделия и обеспечении связи между конструкторскими и расчетными данными.

Teamcenter позволяет работать с данными, созданными в САЕ-пакетах сторонних производителей. Кроме стандартной интеграции с NX Advanced Simulation и Femap (оба являются продуктами Siemens PLM Software, для корпоративного заказчика и среднего и малого бизнеса соответственно), модуль может работать с данными наиболее распространенных САЕ-пакетов, таких как ANSYS, MSC.NASTRAN, Abacus и др. Более того, имеется возможность интеграции существующих наработок заказчика (утилит, программ, написанных для каких-либо задач) и менее распространенных САЕ-пакетов в единую информационную среду. Глубина интеграции будет определяться интерфейсами интегрируемого приложения. В общем случае минимальная глубина интеграции обеспечивает управление данными, с которыми работает приложение.

Teamcenter, что немаловажно, позволяет организовать пакетную обработку данных, хранящихся в базе данных, любым расчетным приложением. Это позволяет, например, в пакетном режиме создавать конечно-элементные сетки на основе входных данных или запускать процессы расчета. В этом случае Teamcenter про-

изводит выгрузку исходных данных, запускает обрабатывающее приложение и по окончании процесса производит импорт результирующих данных в базу данных.

3.12 Управление на этапах эксплуатации, сервисного обслуживания и ремонта

Направление послепродажного обслуживания продукции является зачастую даже более прибыльным, чем ее изготовление, а для некоторых отраслей, создающих оборудование длительного цикла использования, и вовсе является необходимым. Даже в том случае, если организация не занимается сопровождением своей продукции напрямую, а полностью или частично передает эти обязанности третьим лицам, остается необходимость сбора статистической информации о плановом и внеплановом обслуживании. Данная информация аккумулируется с целью повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции и оптимизации этапов ее жизненного цикла.

Teamcenter обеспечивает данными сервисные подразделения, осуществляющие послепродажную поддержку изделия, позволяет вести данные и историю конкретного экземпляра изделия. Teamcenter ликвидирует разрыв между специалистами подразделений в области логистики, технического обслуживания и проектирования.

Основными функциональными блоками, обеспечивающими это направление, являются:

- управление данными о техобслуживании, обеспечивающее единый источник данных об активах. Управление корпоративными знаниями для различных (as-maintained/as-serviced, as-designed и as-built) конфигураций физических (сопровожаемые изделия) активов с сопутствующей документацией. Также в рамках этого функционального блока обеспечивается хранение истории сопровождения изделия и его компонентов. Управление событиями обслуживания позволяет учитывать обслуживание, проведенное подрядчиком;
- планирование техобслуживания (Maintenance Planning) позволяет устанавливать, контролировать и предсказывать требования к обслуживанию (автомати-

- зировать выдачу нарядов на ремонтные работы); определять процедуры обслуживания и требуемые для этого ресурсы;
- оптимизировать частоту обслуживания; назначать незапланированное обслуживание; анализировать конкретные изделия на частоту их использования, обслуживания и прочие ограничения;
 - выполнение обслуживания (*Maintenance Execution*) позволяет создавать наряды на выполнение работ, учитывая суть процесса, зону выполнения и требуемый профессионализм исполнителя; накапливать опыт обслуживания (об использовании конечного изделия, разрешенные допущения, изменения конфигурации); поддерживать программы аудита и проверки на соответствие;
 - управление материалами (*Material Management*) позволяет управлять деталями, инструментом, оборудованием и прочим инвентарем и анализировать частоту их использования и износ, срок хранения, местоположение, хранит события, связанные с деталями (ремонт, трансферт, замена).

3.13 Формирование отчетов и аналитики

Современное предприятие - невероятно сложная структура, управление которой - адекватно сложная задача. Для того чтобы контролировать работу современного предприятия, необходимо отслеживать десятки различных показателей с учетом их взаимосвязей. Вышеназванные показатели могут быть получены в различном виде, например как файлы электронных таблиц, как объекты в базах данных различных информационных систем. На основе этих данных при помощи приложения *Teamcenter Reporting & Analytics* можно получать необходимую информацию консолидированно, в удобно воспринимаемом виде (в виде графиков, диаграмм, «светофоров» и других индикаторов). Полученные отчеты могут с установленным периодом попадать на согласование и просмотр руководящему составу организации. Различные данные и показатели могут быть представлены в виде электронной информационной панели (*Digital Dashboard*) с автоматическим обновлением информации в реальном времени.

Teamcenter Reporting & Analytics включает инструменты генерации запросов и отчетов, а также средства оперативной аналитической обработки (OLAP). Поддерживается возможность пакетной генерации регламентных отчетов с последующей рассылкой по почте или публикации на веб-сервер.

Простой в использовании веб-интерфейс позволяет конечному пользователю получать и обрабатывать данные на основании бизнес-правил и с учетом разработанной модели безопасности.

Инструменты построения отчетов обладают богатыми функциональными возможностями для графического оформления результатов: графики, диаграммы, гистограммы, таблицы. Поддерживается множество форматов для хранения отчетов: HTML, XML, PDF, Excel и т. д.

Teamcenter Reporting & Analytics позволяет извлекать и агрегировать данные из любых структурированных источников (ERP, PDM, CRM, реляционные базы данных, Excel-файлы и т. д.). Динамическая связь с моделью данных Teamcenter упрощает обслуживание системы и поддерживает целостность информационной модели. Часто используемые данные могут извлекаться и кэшироваться автоматически в соответствии с заранее определенным расписанием для оптимального использования IT-ресурсов предприятия. Данные из различных источников могут быть представлены в виде таблиц, графиков или в виде OLAP-гиперкубов - логических и физических моделей показателей, коллективно использующих измерения, а также иерархии в этих измерениях. Данные и отчеты могут быть сохранены для выявления трендов.

3.14 Архитектура программного комплекса современной PLM-системы

Использование наиболее современной и продвинутой архитектуры программного решения является залогом возможностей масштабирования корпоративной информационной системы. Насколько корпоративная информационная система учитывает многолетний опыт человечества в области автоматизации, напрямую влияет на скорость и качество внедрения ее на предприятии, существенно снижа-

ет затраты на внедрение и организацию взаимодействия с уже используемыми на предприятиях средствами автоматизации.

Архитектура Teamcenter отвечает современным представлениям о построении эффективных корпоративных информационных систем и может быть логически разделена на четыре уровня (рисунок 3.4).

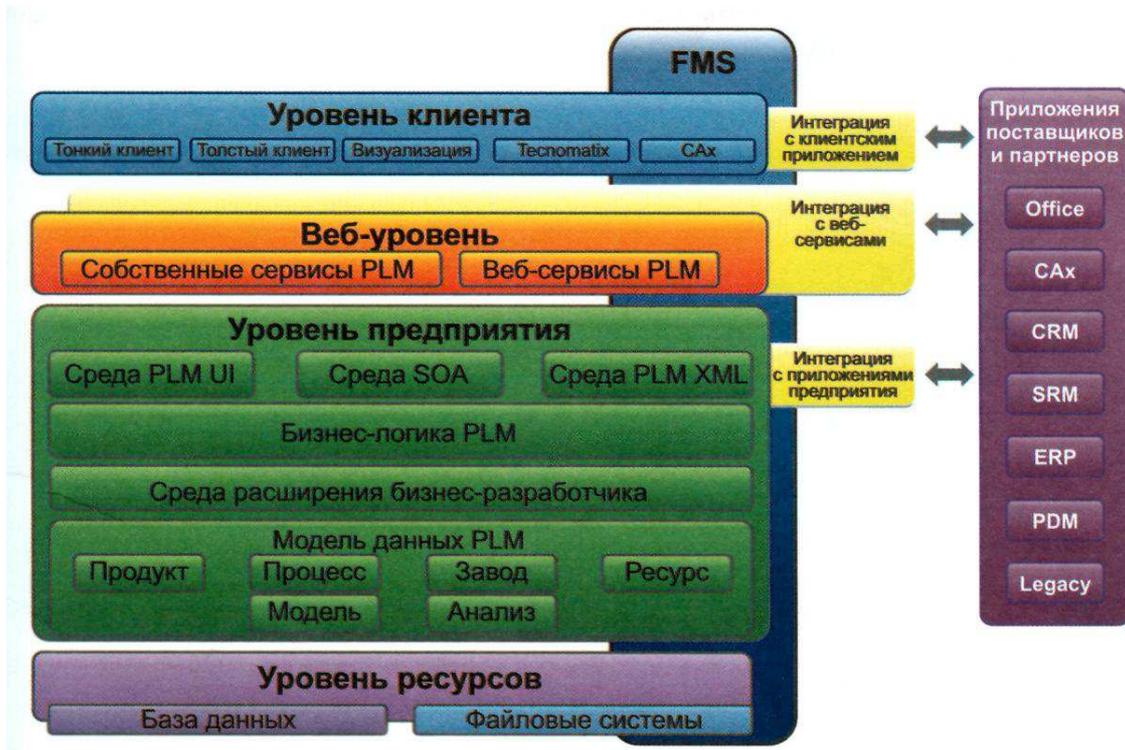


Рисунок 3.4

Уровень клиента - уровень, где осуществляется управляющее воздействие. Это рабочее место конечного пользователя, где осуществляется интерфейс с пользователем (дополнительно здесь может находиться файловый кэш клиента для сокращения времени доставки файлов). Поддерживается *толстый клиент* с полной функциональностью и облегченный *тонкий клиент* для доступа к базе данных через веб-браузер. Кроме того, к этому уровню относятся любые клиентские приложения, являющиеся как инструментами пользователя, так и информационными системами, потребляющими данные об изделии.

Веб-уровень - уровень, где обеспечивается маршрутизация клиентских запросов к нужному серверу, а также выполняются функции аутентификации и авторизации пользователя. Этот уровень является шлюзом между клиентом и сервером. Для реализации функций маршрутизации активно используются возможности современных корпоративных веб-серверов.

Уровень бизнес-логики: уровень, где производится выполнение запросов, транзакций и т. п. Также здесь выполняется проверка прав доступа к объектам базы данных.

Уровень ресурсов - обеспечивает хранение метаданных в таблицах базы данных и предоставление их стандартными средствами СУБД, а также хранение файлов. Teamcenter использует исключительно промышленные решения СУБД – MS SQL, Oracle, DB2, что обеспечивает высокую производительность и степень надежности информационной системы.

FMS - отдельная система, предназначенная для хранения и обеспечения передачи файловых данных с места их постоянного хранения на уровень клиента, с использованием гибкого механизма кэширования данных. Данная система, разработанная специалистами Siemens, позволяет полностью абстрагироваться от деталей реализации используемой СУБД и файлового хранилища и обеспечить единственность способа доступа к хранимым данным.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

- 1 Управление жизненным циклом продукции [Текст] / А.Ф. Колчин и др. –М.: Анархис, 2002.-304 с.
- 2 Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких технологий. CALS-технологии. [Текст]: / И.П. Норенков, П.К. Кузьмик – М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана ,2002 - 320 с.

Дополнительная литература

3. Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / Гл. ред. Братухин. М.: ОАО «НИЦ АСК» , 2008 . 608 с
4. Безменова Н.В, Шустов С.А Методология концептуального моделирования IDEF0 в инструментальной среде VPWin (на примере жизненного цикла ДЛА) // Учебное пособие, Самара, СГАУ, 2006 г, 54 с.
- 5 . Норенков , И.П. Основы автоматизированного проектирования [Текст] / И.П. Норенков . Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. // М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002.-336 с.
- 6 Кунву Ли. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) - СПб.: Питер,2004.-560 с.
- 7 Тороп Д., Терликов В. Teamcenter. Начало работы [Текст] / Д. Тороп , В. Терликов // - М.: ДМК Пресс,2011.- 280 с

Презентации

- 8 С.А.Шустов . Управление данными о продукции на этапах ее жизненного цикла. 44 слайда.
- 9 CALS (концепция, стратегия и технология) . 244 слайда
- 10 SmarTeam: Основы. 210 слайдов
- 11 PLM-решения компании Dassault Systemes