

## Организация и управление данными при проектировании сложных изделий в системе V5

Процесс совершенствования конструкторского инструментария, предназначенного для автоматизированного проектирования сложных изделий привел к появлению в качестве наиболее прогрессивного на настоящий момент способа информационной поддержки создания изделия идеи полного цифрового описания изделия, включая цифровой макет и цифровую модель изделия. Ведущий мировой вендор индустрии САПР компания Dassault Systemes реализует данную идеологию в своей системе CATIA начиная с версии V4.

Однако методы и механизмы реализации идеи цифрового описания изделия в V4, так же как и в других системах предыдущего поколения, недостаточны для достижения этой цели. Главным препятствием является необходимость выполнения, как минимум, двух противоречащих друг другу требований:

1. Насыщение моделей все большим количеством элементов различного вида, таких как расчетные схемы, правила, проверки, конфигурационные, межмодельные, внутримодельные и другие связи, виртуальные объекты (топливо, воздух и пр.), знания и многое другое. В результате модели, и без того "тяжелые" по своему составу, становятся еще "тяжелее".
2. Поддержание полной информационной целостности и ассоциативности цифровой модели изделия.

Одновременное выполнение хотя бы только этих двух требований потребовало бы от автоматизированных систем проектирования предыдущего поколения таких вы-

числительных мощностей, которые не представляется возможным обеспечить ни сейчас, ни в обозримом будущем.

Система CATIA V5 предложила новую парадигму проектирования, имеющую принципиальные отличия от традиционного подхода.

Традиционный подход:

- ▶ работа с отдельными файлами, содержащими всю геометрическую информацию, определяющую модель (3D, 2D и др.);
- ▶ отсутствие структурных компонентов для определения сборки;
- ▶ для системы управления данными было достаточно распознавать отношения между CAD-моделями.

Новый подход (V5):

- ▶ работа в контексте всей сборки, но без необходимости полной загрузки сборки;
- ▶ ассоциативность и знания распространяются по всем стадиям проектирования, но на каждой стадии модель содержит только информацию, необходимую на данной стадии. Полная ассоциативность всей модели реализуется с помощью специальных ссылок;
- ▶ для управления данными необходимы отношения как между геометрическими опциями, так и между данными приложений CATIA, в частности, требуется поддержка всего многообразия связей системы V5.

Кроме того, от современной системы автоматизированного проектирования требуется возможность реализации, по крайней мере, следующих двух основополагающих принципов.

1. Проект любого изделия или его части должен быть востребован не только на этапах проектирования, конструирования и технологической подготовки производства, но и на всех остальных этапах жизненного цикла. Благодаря реализации данного требования CATIA имеет самую развитую среди PLM-систем информационную модель изделия. Кроме результирующей геометрии с историей и управляющими параметрами в CATIA в состав электронного проекта включены следующие категории информационных ресурсов, относящихся к изделию:

- ▶ теоретические основы изделия (расчетные схемы с формулами, уравнениями, законами, сценариями инженерных процессов и др.), исполняемые (вычисляемые) по команде или по требованию;
- ▶ инженерные и административные правила и автоматические процедуры контроля их исполнения;
- ▶ автоматически выполняемые задания на исполнение замеров, анализов, отчетов и других задач, необходимых для принятия решений как со стороны программы, так и со стороны пользователя;
- ▶ специализированные формы представления проекта, адаптированные для определенных потребителей (производственного исполнителя, проверяющей организации и т. д.);
- ▶ развитая атрибутивная информация об изделии и каждом его компоненте (физические, технологические, функциональные и другие свойства, ассоциативно связанные с геометрической и структурной информацией);

- ▶ оптимизации, исполняемые по команде или по требованию и обеспечивающие требуемую глубину проработки проекта по данному набору критериев;
- ▶ системные описания, анализы и анимации процессов жизненного цикла;
- ▶ представления всех возможных состояний изделия на протяжении жизненного цикла (заготовка – серия механических операций – состояние поступления на сборку – состояние в момент выполнения действия X – ...) без дублирования данных.

2. Проект любого изделия должен быть пригоден для накопления интеллектуального капитала на основе результатов любых успешно выполненных работ. В CATIA реализован механизм “извлечения” метода, с помощью которого получен конкретный результат, и оформление его в качестве быстро воспроизводимого корпоративного стандарта. В состав метода могут входить любые виды информации об изделии, его внешних связях и условиях его использования, а также любые ссылки на нормы, правила и ранее зафиксированные методы. Благодаря этому преимуществу обеспечиваются такие экономические показатели деятельности предприятия, как “Удельная себестоимость проектно-конструкторских работ” и динамика ее снижения (от проекта к проекту или из года в год). Помимо этого, улучшается использование интеллектуальных ресурсов предприятия и существенно снижаются требования к квалификации пользователя в случае применения уже существующего метода.

Перечисленные обстоятельства являлись той совокупностью причин, по которым компания Dassault Systemes приняла фактически революционное решение о разработке своего решения на основе новой парадигмы как построения самой системы, так и реализуемого в ней процесса проектирования. Показательно, что решение было принято в условиях, когда система CATIA V4 получила широкое распространение и признание, продолжала поддерживаться и развиваться.

Новая система, получившая название V5, разработана с применением кардинально нового подхода к

построению как структуры данных, так и механизмов реализации необходимых функций.

Отметим, что успешный опыт разработки системы V5 позволил перейти к реализации еще более совершенной и интегрированной системы, получившей название система V6 или PLM 2.0. Накопленный ранее опыт перехода от системы V4 к V5 дал возможность создания нескольких уровней специальных средств, позволяющих обеспечить совместное использование систем V5 и V6, а также осуществить плавный переход к работе с V6.

Для реализации возможностей, разработанных в рамках новой парадигмы, требуется соответствующая информационная поддержка со стороны систем, имеющих наиболее распространенное название “системы управления данными о продукции” (PDM) и именуемых также в зависимости от производителя и заявленных функций VPDM, CPD, CPC, cPDM и др.

Система V5 может рассматриваться как единая платформа, на которой базируются все основные решения компании Dassault Systemes. Кроме CAD/CAM/CAE CATIA в систему V5 входят, например, PDM-системы ENOVIA VPLM и ENOVIA SMARTEAM, система моделирования технологических процессов DELMIA и целый ряд решений партнеров по разработке, например решения компании MSC.

При этом, функционал V5, в частности механизмы работы с большими сборками, реализован в разных продуктах, обеспечивая разные уровни полноты функционала:

- ▶ базовый уровень (CATIA + файловая система);
- ▶ продвинутый уровень (CATIA + ENOVIA SMARTEAM);
- ▶ максимальный уровень (CATIA + ENOVIA VPLM).

Основополагающие механизмы ядра V5:

- ▶ связанное проектирование (Relational Design);
- ▶ проектирование в контексте (Design in Context);
- ▶ параллельное проектирование (Concurrent Engineering);
- ▶ управление знаниями (Knowledge Management).

## Связанное проектирование

Одним из решений, составляющих основу современного автоматизированного проектирования, является связанное проектирование Relational Design (RD), впервые реализованное в системе V5 и, наряду с другими прогрессивными технологиями, поддерживаемое системой ENOVIA как часть стандартной функциональности. RD обеспечивает параллельное, разделенное по стадиям проектирование с сохранением полной ассоциативности всей модели на всех стадиях с использованием и накоплением знаний. RD является одним из основных механизмов, позволяющих работать с большими многокомпонентными сборками и создавать полные цифровые модели таких сложных изделий, как, например, судно, самолет, автомобиль и др.

## Проектирование в контексте

Проектирование в контексте позволяет конструктору определить контекст (окружение), необходимое для проектирования нужной в данный момент части изделия, независимо от того, насколько сложна и велика структура всего изделия. При этом, контекст содержит только те элементы, которые влияют на проектируемую часть, например:

- ▶ контактирующие части или сборки;
- ▶ результаты анализа взаимовлияний;
- ▶ скелетоны изделия;
- ▶ варианты конфигурации.

## Параллельное проектирование

Параллельное проектирование – это метод, при котором различные участники процесса проектирования могут параллельно выполнять работы с одним и тем же сегментом изделия, что значительно ускоряет весь процесс. В традиционном проектировании подобные работы выполняются последовательно.

Важнейшие технологии проектирования сложных изделий, реализованные в системе V5:

1. проектирование “сверху вниз”, создание конфигурируемой структуры изделия до выполнения конструирования компонентов изделия в CAD-системе;
2. конструирование на основе “скелетонов”;
3. параллельное опережающее проектирование, то есть создание моделей компонентов изделия до завершения первичного определения структуры изделия;
4. проектирование в контексте сборки;
5. управление конфигурациями и вариантами;
6. проектирование в конфигурированном контексте сборки;
7. построение различных представлений структуры изделия и его составляющих и управление ими;
8. формирование пакетов работ “на лету” при создании модели изделия (альтернативный метод создания структуры модели изделия, позволяющий распараллеливать выполнение работ);
9. совместная работа различных групп пользователей: определение ролей и полномочий, создание специализированной среды и дифференцированное оснащение рабочих мест для различных категорий пользователей, определение порядка взаимодействия пользователей;
10. создание и работа с “виртуальными сборками”, то есть со сборками, не имеющими реального эквивалента в составе изделия. Эта уникальная возможность обеспечивается с помощью механизма определения и использования фильтрации по различным критериям, например по занимаемому объему. Механизм “виртуальных сборок” позволяет конструктору работать в любом необходимом ему контексте, извлекая контекст из сборок любого уровня сложности, включая полную цифровую модель изделия. После сохранения результатов работы с виртуальной сборкой реальная модель остается в целостном и непротиворечивом (консистентном) состоянии;
11. проведение изменений как в рамках традиционного описания бизнес-процессов (workflow), так и путем создания “на лету” пакетов

связанных работ по выполнению изменений с помощью уникального механизма Action Flow;

12. анализ влияния изменений на другие компоненты изделия;
13. проведение анализа столкновений, зазоров и т. д.;
14. использование шаблонов;
15. управление знаниями;
16. построение и сопровождение цифровой модели изделия, ведение состава изделия;
17. совместная работа в среде расширенного предприятия.

Следует отметить, что реализация всех возможностей системы V5, особенно важных для проектирования сложных изделий, достигается только при совместном использовании системы CATIA и VPDM-системы ENOVIA VPLM.

Имеется специальная методология работы с большими сборками при автономном использовании системы CATIA на файловой системе, однако ее далеко недостаточно для решения поставленной задачи.

Ограниченная поддержка некоторых из перечисленных 17-ти решений достигается при использовании PDM-системы ENOVIA SMARTEAM, которая достаточно хорошо известна в России и успешно применяется при проектировании изделий средней сложности.

В настоящей статье рассматриваются некоторые особенности системы ENOVIA VPLM и приводится сравнительное описание полноты реализации возможностей V5 в случае автономного использования CATIA и работы с системами ENOVIA SMARTEAM и ENOVIA VPLM.

## ENOVIA VPLM

ENOVIA VPLM является наиболее функциональным решением, предназначенным для предприятий, разрабатывающих продукцию высокой сложности, с большим количеством составляющих компонентов, варианностью исполнения и необходимостью создания полной цифровой модели изделия. При этом цифровая модель, созданная с использованием VPLM, включает все необходимое для всех стадий жизненного цикла изделия, для различных групп пользователей, а также для проведения испыта-

ний и моделирования производства и эксплуатации. ENOVIA VPLM интегрирована с остальными компонентами системы V5, такими как CATIA, DELMIA и др. ENOVIA VPLM является единственной VPDM-системой, поддерживающей все возможности системы V5. В частности, только при поддержке VPLM может функционировать весь набор возможностей, заложенных в систему CATIA. Кроме того, VPLM включает в себя некоторые расширения, например управление проникновениями (Penetration Management).

VPLM в первую очередь предназначена для работы в таких областях, как авиастроение, судостроение, автомобилестроение. Кроме того, имеется положительный опыт использования VPLM в других областях, где продукция имеет подобный уровень сложности. В качестве примера можно привести международную программу создания экспериментального термоядерного реактора.

Для обеспечения взаимодействия и совместной работы на предприятии начиная с самых ранних этапов проектирования ENOVIA VPLM предоставляет так называемое пространство для совместной работы – взаимосвязанную среду, в которой все участники процессов жизненного цикла изделия (конструкторы, маркетологи, сотрудники отдела продаж, производственники, поставщики, заказчики и др.) имеют строго авторизованный доступ к данным остальных участников проекта. Используя специальные инструменты, VPLM позволяет хранить знания и информацию об изделиях и их компонентах, управлять ими, проводить соответствующие инженерные расчеты, моделирование и планирование на всем протяжении процесса разработки изделия.

VPLM позволяет управлять сборками, включая все реляционные связи, находящиеся в хранилище. Когда какая-либо деталь или сборка изменяется, VPLM определяет и визуально представляет взаимосвязанные компоненты и процессы в дереве или графе структуры. VPLM обеспечивает отслеживание этих изменений и указывает конструкторам компоненты, связанные с изменяемым объектом, а также автоматически

инициирует специальные рабочие потоки, отслеживающие изменения.

Большинство PLM-систем, включая VPLM, поддерживают работу с предварительно запланированными потоками бизнес-процессов (workflow), например для выполнения инженерных изменений или выпуска информации об изделии. Однако, в отличие от других систем, благодаря применению технологии Relational Design в VPLM можно автоматически или вручную инициировать специальные рабочие потоки, которые обеспечивают распознавание и анализ каскадных взаимодействий изменений. Эта функциональная возможность (Action Flow) помогает проектировщикам оптимизировать проект как можно раньше, когда затраты на изменения еще невелики. При этом не возникает задержек, к которым часто приводит использование традиционных средств workflow, особенно на ранних стадиях разработки, когда число изменений особенно велико.

## Сравнительное описание полноты реализации возможностей V5

### Использование файловой системы

При использовании файловой системы обеспечивается только базовый уровень функциональности системы V5, что влечет за собой существенные ограничения в применении концепции Relational Design. Работа по идентификации и управлению целостными наборами данных полностью ложится на пользователя.

Проведение изменений требует загрузки сборки в CATIA, что для больших сборок с большим количеством сложных связей может занимать длительное время, требует ручной проверки и может приводить к значительному числу ошибок.

При этом сборка, загружаемая в CATIA, должна быть полной и включать все связанные документы, в том числе и из других сборок. Во время работы конструктора со сборкой описывающие ее документы становятся недоступными для других пользователей.

Следует отметить, что применение специальных методологий работы с большими сборками (использование облегченных представлений, режим визуализации, неполное раскрытие дерева сборки и т.д.) обеспечивает лишь частичный эффект.

В этом случае существенно ограничиваются возможности совместной и параллельной работы нескольких конструкторов над сборкой.

Рис. 1 иллюстрирует основные возможности системы V5, доступные при работе с файловой системой.

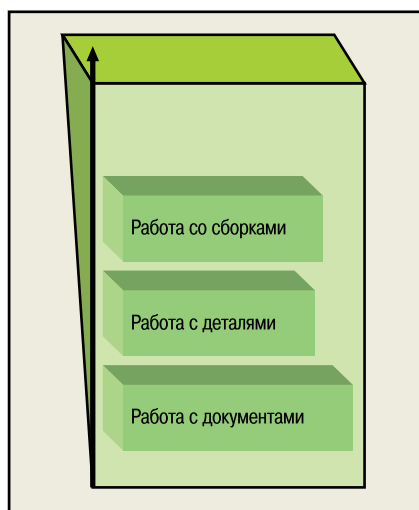


Рис. 1. Основные возможности системы V5, доступные при работе с файловой системой

### Использование системы ENOVIA SMARTEAM

При использовании системы ENOVIA SMARTEAM обеспечивается частичная поддержка концепции Relational Design и лишь отчасти поддерживается параллельная работа пользователей.

ENOVIA SMARTEAM "понимает" смысл связей CATIA, что позволяет пользователю выбирать для изменений те данные, в контексте которых он работает. Процесс взятия данных на изменение автоматизирован, что позволяет пользователю не тратить значительное время и силы на проверку целостности данных. Также возможно проанализировать влияние изменений и модификаций на изделие в целом.

Однако в рассматриваемом варианте остаются серьезные ограничения по сравнению с полномасштабным VPDM-подходом. Внесение изменений в какую-либо модель (деталь или сборку) требует загрузки в CATIA сборки, в состав которой входит изменяемая модель, а также свя-

занных с ней деталей, которые могут входить в состав других сборок. При этом необязательно "изымать" из PDM-системы те модели, изменения которых не производятся непосредственно в данный момент, достаточно открыть их только для чтения.

Так же, как при работе с файловой системой, для поддержки целостности структуры изделия изменения в ней необходимо производить в CATIA, но возможность распознавания связей CATIA существенно облегчает этот процесс, предохраняет от ошибок, помогает обеспечивать сохранение целостности сборок и ассоциативности в контексте всего изделия.

Рис. 2 иллюстрирует основные возможности системы V5, доступные при работе с ENOVIA SMARTEAM.

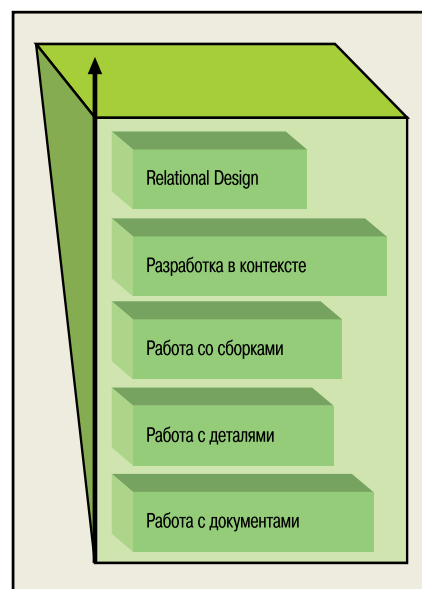


Рис. 2. Основные возможности системы V5, доступные при работе с ENOVIA SMARTEAM

### Использование системы ENOVIA VPLM

В целом, использование VPLM позволяет "задействовать" всю функциональность системы V5.

ENOVIA VPLM может управлять структурой изделия, а также всеми межмодельными и внутримодельными связями системы CATIA. Система позволяет осуществлять редактирование любой комбинации моделей без необходимости загрузки полной сборки, что является намного более эффективным способом работы в системе. При этом обеспечивается гибкость и масштабируемость при работе на любом уровне сборки или

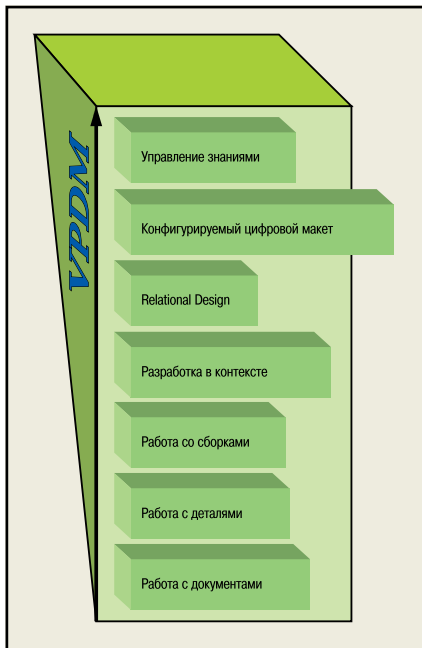


Рис. 3. Основные возможности системы V5, доступные при работе с ENOVIA VPLM

изделия в целом. Имеется возможность загружать только те модели, которые относятся к необходимому контексту, конфигурации или варианту изделия. Благодаря этому резко увеличивается продуктивность работы конструктора, уменьшается время

загрузки деталей в CAD, облегчается работа при проведении изменений.

Механизм “виртуальных сборок” позволяет конструктору работать в любом необходимом ему контексте, извлекая контекст из сборок любого уровня сложности, включая полную цифровую модель изделия. После сохранения результатов работы с виртуальной сборкой, реальная модель остается в целостном и непротиворечивом состоянии.

Изменения в структуре изделия возможно производить как в CATIA, так и в ENOVIA VPLM, целостность данных при этом сохраняется.

В ENOVIA VPLM весьма эффективно организован процесс управления коллизиями (Clash Analysis), который осуществляет идентификацию пересечений, столкновений и зазоров без загрузки сборки в CAD-систему. Clash Analysis производится в VPLM, после чего выдается отчет или сообщения о необходимости изменения модели.

Рис. 3 иллюстрирует основные возможности системы V5, доступные при работе с ENOVIA VPLM.

На рис. 4 представлено обобщенное сравнение полноты реали-

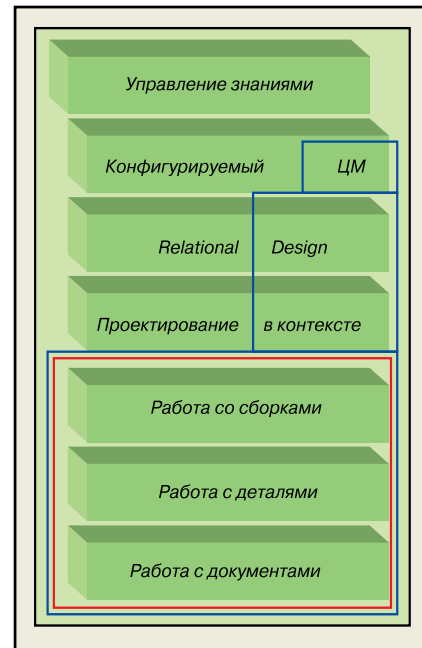


Рис. 4. Обобщенное сравнение полноты реализации возможностей V5 при разных способах управления данными

зации возможностей V5 при разных способах управления данными.

**А. И. Краснухин,**  
главный специалист по PLM/PDM,  
компания “Би Питрон”



## 9-й ПЕТЕРБУРГСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ

# ФОРУМ ТЭК

www.forumtek.ru

## 25–27 МАРТА 2009 САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

### ВЫСТАВКИ • КОНФЕРЕНЦИИ СЕМИНАРЫ • КРУГЛЫЕ СТОЛЫ

Организатор  Тел.: (812) 320-9660 Факс: (812) 320-8090  
E-mail: oilgas@restec.ru

Информационная поддержка





