

УДК 658.5

## УПРАВЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИЕЙ КАК ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕЕМСТВЕННОСТИ МОДЕЛЬНОГО РЯДА ИЗДЕЛИЯ

© 2014 В.П. Махитько<sup>1</sup>, А.Н. Конев<sup>1</sup>, О.Ф. Соколова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ульяновское высшее авиационное училище гражданской авиации

<sup>2</sup> Ульяновский государственный технический университет

Поступила в редакцию 23.11.2014

В статье рассматривается процесс формирования конфигурации с одновременной характеристикой состава изделия, позволяющего обеспечивать визуализацию сборки.

Ключевые слова: *конфигурация, состав изделия, система, процесс, функционал*

Формирование конфигурации изделия на авиационном предприятии сопровождается рассмотрением множества разнообразных и многочисленных редакций конструкторских, технологических и нормативно-организационных документов, учетом замечаний при утверждении или отклонении проектных, технических решений и т.д. Обеспечить согласованность всех действий для любого варианта изделия, содержащего тысячи объектов управления конфигурацией, отследить состояние каждого из них является очень сложной задачей, реализация которой без автоматизации просто невыполнима. Процесс формирования состава изделия (СИ) включает в себя управление изменениями, обеспечивающими формирование такой его конфигурации, которая максимально возможно удовлетворяла бы поставленным задачам [1]. Процесс формирования СИ и его конфигураций обеспечивается регламентированным документированием и сохранением истории всех принимаемых решений по вводимым изменениям. Важным результатом этого процесса является то, что на каждом этапе имеется не только СИ, но и доказательство того, что изделие и все его компоненты соответствуют заданным требованиям. Решение этих задач невозможно без наличия регламентирующих документов и программного обеспечения, обеспечивающего их выполнение. Таким образом, процесс формирования СИ неразрывно связан с понятием «конфигурация изделия».

*Махитько Вячеслав Петрович, доктор технических наук, доцент кафедры управления и экономики на воздушном транспорте. E-mail: tvpr-1945@mail.ru*  
*Конев Алексей Николаевич, доцент кафедры управления и экономики на воздушном транспорте. E-mail: Alex136173@mail.ru*

*Соколова Ольга Федоровна, кандидат технических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой «Экономика, управление и информатика» E-mail: sokof1407@rambler.ru*

Авиационные предприятия совместно с конструкторскими организациями при проектировании и изготовлении изделий решают задачи по формированию и управлению составом изделия, включая:

- управление составом сборочных единиц на этапе сборки изделий и проведения стендовых испытаний;
- обеспечение соответствия между конструкторской и технологической документацией в бумажной и электронной формах;
- сокращение сроков выпуска и повышение качества конструкторской и технологической документации;
- своевременное формирование необходимой и полной информации для систем планирования и управления производством;
- обеспечение взаимодействия территориально удаленных конструкторских подразделений предприятия в процессе проектирования.

Управление составом сборочных единиц при сборке изделия заключается в необходимости разрабатывать разнообразные уникальные конфигурации изделия, структура компонентов и состав атрибутов которых диктуется необходимостью проведения многочисленных испытаний различных видов. Как правило, существует базовая конфигурация, которая дополняется в зависимости от требований заказчика. Параллельно приходится управлять внутренними процессами формирования состава изделия. Формирование одной уникальной конфигурации изделия на предприятии сопровождается рассмотрением множества разнообразных и многочисленных редакций документов, учетом замечаний при утверждении или отклонении проектных решений и т.д. Обеспечить согласованность всех действий для любого авиационного изделия, содержащего тысячи вариантов управления конфигурацией, отследить состояние каждого из них является очень сложной задачей, реализация которой без автоматизации просто невыполнима.

Процесс формирования состава изделия включает в себя управление изменениями, обеспечивающими формирование такой конфигурации изделия, которая максимально возможно удовлетворяла бы поставленным задачам. Конфигурация обеспечивается регламентированным документированием и сохранением истории всех принимаемых решений по вводимым изменениям. Важным результатом этого процесса является то, что на каждом этапе имеется не только состав изделия, но и доказательство того, что изделие и все его компоненты соответствуют заданным требованиям. Решение этих задач невозможно без наличия регламентирующих документов и программного обеспечения, обеспечивающего их выполнение. Таким образом, процесс формирования состава изделия неразрывно связан с понятием «конфигурация изделия».

Конфигурация (Configuration): структура предполагаемого к разработке, разрабатываемого или существующего изделия, обладающая эксплуатационными, функциональными и физическими атрибутами (свойствами, характеристиками), отвечающими установленным требованиям, и отображаемая в различных информационных моделях, соответствующих стадиям жизненного цикла (ЖЦ) этого изделия [2]. Управление конфигурацией (Configuration Management): управленческая технология, направленная на установление и поддержание соответствия эксплуатационных, функциональных и физических атрибутов (свойств, характеристик) изделия заданным требованиям (в т.ч. требованиям заказчика), в процессе создания и преобразования информационных моделей этого изделия в течение его ЖЦ [3]. Эта технология предполагает выполнение следующих операций:

- идентификация конфигурации;
- контроль конфигурации;
- учет статуса конфигурации;
- проверка (аудит) конфигурации.

Объект управления конфигурацией (Configuration Item): любое техническое или программное средство (или их комбинация), которое выполняет конечную функцию (или некоторую функцию конечного изделия), выделено для целей управления конфигурацией и обладает определенным набором атрибутов (свойств, характеристик) [4]. Решение вопроса управления составом изделия неразрывно связано с обеспечением единого информационного пространства, обеспечивающего разработку документации в единой среде, позволяющего объединить результаты работы конструкторов в рамках единой информационной трехмерной модели изделия. Система управления данными об изделии обеспечивает обмен данными о составе изделия и вносимых в него изменениях и позволяет создавать и поддерживать множество взаимосвязанных спецификаций изделия, благодаря чему

пользователь получает согласованное представление о составе изделия по ходу работы над ним.

Использование PLM (Product Lifecycle Management – управление ЖЦ изделия) системы позволяет сократить время разработки изделия (выхода на рынок) и повышение его качества. Сокращение сроков достигается за счет повышения эффективности процесса проектирования:

- сокращение затрат на поиск, копирование данных (составляет 25-30% рабочего времени);
- внедрение методики параллельного проектирования (сокращает количество проводимых изменений);
- увеличение доли заимствованных и слегка измененных изделий (до 80%) за счет возможности поиска по заданным характеристикам;
- использование справочников стандартных изделий, материалов, прочих изделий.

Правильный выбор системы управления конфигурацией оказывает огромное влияние на стоимость изделия, прибыль, безопасность, качество и сроки его разработки. Поэтому при выборе системы управления составом изделия на этапе разработки изделия выполняется оценка его функциональных возможностей с точки зрения удовлетворения набору требований заказчика.

Система управления данными на протяжении ЖЦИ позволяет решать задачи:

- управление разнородной информацией, создаваемой на всех стадиях жизненного цикла изделия;
- управление требованиями на всех стадиях жизненного цикла изделия;
- управление составом и электронным макетом изделия;
- ведение общекорпоративного каталога нормативно-справочной информации;
- управление процессом технологической подготовки производства.

На стадии проектирования изделия следует учитывать следующие формы взаимоотношений разработчиков и пользователей:

- разработчик непрерывно улучшает функциональные возможности управления составом изделия;
- существует обратная связь между пользователем и разработчиком;
- система управления составом изделия используется для управления процессами изменений.

В соответствии с ГОСТ 2.053 электронная структура изделия представляет собой конструкторский документ, содержащий состав сборочно-технологических комплектов и иерархические отношения (связи) между его составными частями и другие данные в зависимости от его назначения. Поэтому для хранения информации о составе изделия в PLM, в системе управления проектированием и производством изделия

следует учитывать следующие требования:

- состав специфицируемого изделия (сборочно-технологического комплекта) хранить во взаимосвязи с модификацией специфицируемого изделия;
- в составе изделия хранить модификации изделий, соответствующие сборочно-технологическим комплектам, деталям, стандартным изделиям, комплектующим изделиям, материалам и их иерархическим связям со специфицируемым изделием;
- на иерархических связях между составными частями и специфицируемым изделием хранить атрибуты, необходимые для формирования отчетных конструкторских документов (спецификации, ведомости и т.д.);
- каждую составную часть включать в состав специфицируемого изделия как одно вхождение с количеством, предусмотренным конструкцией;
- изменение состава специфицируемого изделия выполнять посредством создания новой модификации изделия и соответствующего ему состава.

Изготавливаемое изделие должно быть представлено в виде иерархической структуры (дерева), корнем которого является само изделие, а элементами, образующими иерархию – его компоненты. В дереве состава изделия каждое изделие представляется в виде такой иерархической структуры, в которой отображаются только специфицируемые элементы. Этим обеспечивается возможность ведения спецификаций. Многоуровневый состав изделия отображает не только дерево сборки, но и полный набор атрибутов. Обеспечивается возможность просмотра динамической иерархически организованной информации, отслеживание принадлежности каждой детали, сборки, узла, изделия модельному ряду; определение условий применимости и отображение ограничений применимости; ведение протоколов изменения версий вплоть до версий каждой детали; отслеживание действия внесенных изменений и модификаций.

Для модификаций каждой части, входящей в состав изделия, хранится атрибутивная информация, разрабатываемые документы в различных форматах. Тем самым обеспечивается возможность отслеживания ссылок на эти данные, соответствующие каждой детали, сборке, узлу, изделию в целом. Обеспечивается функция сравнения структур изделий, сопровождение и обслуживание информации об изделии с учетом специфики различных подразделений, а также возможность представления трехмерных данных, их визуализацию с построением разрезов, сечений, ведении комментариев на изображении и т.д.

Система управления конфигурацией изделия обеспечивает обмен данными о структуре изделия и вносимых в него изменениях, позволяет создавать и поддерживать множество

взаимосвязанных спецификаций на модификации и исполнения изделия. Благодаря этому пользователь получает согласованное представление обо всех конфигурациях изделия по ходу работы над ним. Система управления конфигурацией дает возможность определять и контролировать действия по внесению изменений в изделие, тем самым упрощая процессы совершенствования и модификации изделия [4]. Система управления конфигурацией изделия обеспечивает автоматизированную систему проведения изменений с полной поддержкой проведения изменений в структуре спецификаций и базе данных (БД) о составе изделия. После утверждения внесенного изменения автоматически отслеживаются ограничения по применяемости, генерируется обновленная структура изделия без переиздания всего комплекта документации. Отслеживается принадлежность к модельному ряду, возможность получения актуального среза по списку деталей и документов.

Все документы, хранящиеся в БД, индексируются по редакциям, что позволяет отслеживать их состояние на каждом этапе. Задание критериев конфигурации позволяет формировать отчеты по составу изделия в зависимости от решаемой задачи: степень готовности составных частей к определенным срокам, применяемые материалы изготовления и т.д. Формируемые отчеты могут быть представлены в одном из следующих видов:

- полное дерево сборки изделия, т.е. всех его составляющих, сгруппированных в виде иерархического списка, где отображается вхождение подсборки в сборку;
- список наименований комплектующих изделий с подсчетом количества каждой комплектующей в составе целого изделия.

Оба типа спецификаций являются механизмами получения наиболее достоверной информации в наиболее ранние сроки.

Широко может использоваться опция «Применяемость» («Effectivity»), позволяющая отслеживать, какая деталь и как применяется в каждой из модификаций данного конкретного изделия. В процессе внесения и утверждения изменений в проект предприятие должно учитывать, когда и для каких партий эти изменения уже действуют, а для каких – нет, когда и в каких количествах необходимо производить или покупать новые детали. Используется три типа такой функциональности: отслеживание по календарным срокам, отслеживание по идентификационному номеру изделия и отслеживание по номеру партии или заказа. Для сбора всех накопленных данных об изделии и создания максимально насыщенной информационной структуры изделия используется функция ассоциирования любых документов, относящихся к любой детали или узлу, в принятом на предприятии формате. Примером ассоциированных документов могут

служить готовые спецификации, техническая документация, файлы САПР, ссылки на другие сетевые ресурсы вне информационной системы. Выбрав деталь или сборочную единицу в структуре изделия, пользователь может получить любую информацию: список ссылочных документов, атрибутивную информацию об изделии, обозначение родительской сборки и т.д.

Важным свойством PLM системы является наличие средств управления вносимыми изменениями в состав изделия с учетом влияния на весь ЖЦ этого изделия. Процесс управления изменениями позволяет обеспечивать возможность контроля всей информации о вносимых изменениях с момента постановки задачи до полного ее разрешения. Процесс внесения изменения разделяется на этапы – запрос на изменение, изучение причин, повлекших за собой необходимость изменения, предложения альтернативных вариантов изменений, реализация изменения путем формулировки заявки на изменение и выполнение действий по внесению изменения. На каждом этапе собираются и подготавливаются для использования на следующих этапах все необходимые данные. В зависимости от вида предлагаемого изменения требуется разная степень детализации и использования не обязательно всех этапов общего процесса внесения изменений, поэтому широко применяется функционал, позволяющий изменять число шагов в процессе проработки и проведения изменения.

Возможность отслеживания изменений позволяет просматривать проведенные изменения, а также готовящиеся к проведению изменения, что позволяет использовать данную информацию в процессе принятия решений. Каждый этап процесса внесения изменений представлен как определенное задание потока работ и автоматически передается пользователю или системе, которые отвечают за выполнение этого задания. После завершения выполнения задания система управления потоком заданий продолжит процесс внесения изменений до тех пор, пока не будут завершены все его этапы, и документация по изделию получит статус выпущенной («released»).

Формирование и ведение состава изделия позволяет обеспечивать визуализацию сборок любой степени сложности. Функционал системы обеспечивает данную возможность на любом рабочем месте вне зависимости от технических параметров локального компьютера пользователя. При этом реализуется динамическая навигация по трехмерной структуре сборки вне зависимости от конкретных САПР, в которых были выполнены каждый из входящих в сборку компонент.

Техническим результатом построения БД состава изделия является повышение быстродействия и достоверности обработки данных с применением упрощенного языка, а также поддержания БД состава изделия в актуальном

состоянии. Поиск и анализ различных конфигураций изделия производят как с помощью формирования и обработки запроса, так и в обратном направлении с помощью подготовки БД состава изделия для пользователя. В системе управления также могут быть предусмотрены средства для работы с БД, для поиска, контроля и анализа информации, документов, областей деятельности, для создания и корректировки документов системными администраторами, экспертами и пользователями. БД состава изделия может содержать вертикальные и горизонтальные таблицы. Вход в вертикальные таблицы может осуществляться с использованием выходных данных механизма анализа одного из уровней, а вход в горизонтальные таблицы – с использованием идентификации изделия. Выходными данными могут быть ключи, представляющие соответствующие характеристики специфицируемого изделия, которому эти ключи сопоставлены. Как альтернативный вариант, БД состава изделия может быть, например, файловая система.

Технической задачей в этом варианте является формирование упорядоченной, организованной по определенным логическим, функциональным, иерархическим, семантическим правилам БД состава изделия, характеризующих анализ существующего состояния нормативно-информационного обеспечения конфигурации изделия, определения недостающей информации в конфигурации, разработки недостающей информации и ее использования при решении прикладных задач по конфигурации, поддержания БД состава изделия в актуальном состоянии, а также сокращение времени и затрат вычислительных ресурсов на обработку больших массивов данных с целью извлечения требуемой информации по изделию.

Система организации и функционирования БД состава изделия содержит список ссылочных документов, атрибутивную информацию об изделии, обозначение родительской сборки и т.д., систему управления БД (СУБД). При этом БД состава изделия может включать синтаксический анализатор, лингвистический анализатор, XML редактор, предназначенный для проверки по критериям полноты информации, интерфейс анализа и формирования данных, связанный с системным администратором и предназначенный для предварительного анализа документа и объема документации посредством синтаксического, лингвистического анализаторов для определения характеристических признаков и их составляющих с присвоением кодовых обозначений и введением указанных данных в СУБД для присвоения в информационном пространстве формируемой БД названий характеристических признаков, а также составления соответствующих разделов в БД состава изделия с формированием их кодовых обозначений. Структура интерфейсов БД состава изделия может содержать

интерфейс формирования БД, интерфейс анализа БД, интерфейс пользователя для поиска и анализа информации и интерфейс редактора для создания документов.

Поиск и анализ необходимой информации производят не только традиционным путем с помощью формирования и обработки запроса (движение от пользователя к документу), но и в обратном направлении с помощью подготовки БД для пользователя (движение от документа к пользователю). В СУБД состава изделия также могут быть предусмотрены средства для работы с БД, для поиска, контроля и анализа информации, документов, для создания и корректировки документов системными администраторами, экспертами и пользователями в соответствии с правами доступа.

Таким образом, с помощью средств БД состава изделия можно:

- выбирать и находить нормативные документы по управлению конфигурацией изделия по одному, двум или трем характеристическим признакам;
- осуществлять доступ к информации по конфигурации;
- решать задачи, связанные с поиском основных и дополнительных документов по конфигурации, используя механизмы ссылок, атрибуты и ключи, прикрепленные к информации;
- поддерживать БД состава изделия по всем конфигурациям в актуальном состоянии.

Техническим результатом такого способа построения БД является создание упорядоченной, организованной по определенным логическим, функциональным, иерархическим, семантическим правилам БД состава изделия, разработанной с применением упрощенного специализированного языка, которая предназначена для анализа существующего состояния конфигурации изделия, определения недостающей информации в конфигурации, разработки недостающей

информации, и ее использование при решении прикладных задач отслеживания конфигурации, поддержание БД состава изделия в актуальном состоянии. При этом сокращаются время и затраты вычислительных ресурсов на обработку больших массивов данных с целью извлечения требуемой информации по конфигурации.

Пользователь системы может выбирать данные конфигурации по одному, двум или трем характеристическим признакам, анализировать состояние БД состава изделия по одному, двум или трем характеристическим признакам. Встроенный в систему управления БД состава изделия визуализатор обеспечивает построение видов, сечений, разрезов сборки, моделирование в трехмерном виде монтажных операций, сборочных и ремонтных работ, учет пространственных и эргономических ограничений функционирования изделия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. ГОСТ Р ИСО 10007-2007. Менеджмент организации. Руководящие указания по управлению конфигурацией. <http://gostexpert.ru/gost/gost-10007-2007> (Дата обращения 15.09.2014)
2. <http://www.slovari.ru> [Эл. ресурс] (Дата обращения 15.09.2015)
3. Колчин, А.Ф. Управление жизненным циклом продукции / А.Ф. Колчин, М.В. Овсянников, А.Ф. Стрекалов, С.В. Сумароков. – М.: Анахарсис, 2002. 304 с.
4. Мельник, И.И. Формирование состава изделия российской разработки в PLM-системе / И.И. Мельник, Л.А. Фавстова. – М.: Журнал «МАИ». 2011. № 43.
5. Ляшко, Ф.Е. Организация производства промышленного предприятия с позиции методологии функционально-стоимостной инженерии / Ф.Е. Ляшко, О.Ф. Соколова, Т.В. Денисова // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2008. № 2. С. 19-23.
6. Махитко, В.П. Оценка системообразующих факторов в управлении жизненным циклом изделий / В.П. Махитко, Ю.С. Алексеев // Симбирский научный вестник. 2011. № 3. С. 125-129.

## CONFIGURATION CONTROL AS THE BASIS OF ENSURING CONTINUITY OF A PRODUCT MODEL NUMBER

© 2015 V.P. Makhitko<sup>1</sup>, A.N. Konev<sup>1</sup>, O.F. Sokolova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ulyanovsk Higher Civil Aviation School

<sup>2</sup>Ulyanovsk State Technical University

In article process of formation the configuration with the simultaneous characteristic of product structure allowing to provide assembly visualization is considered.

Key words: *configuration, product structure, system, process, functional*

Vyacheslav Makhitko, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Management and Economy in the Air Transport.. E-mail: [mvp-1945@mail.ru](mailto:mvp-1945@mail.ru); Aleksey Konev, Associate Professor at the Department of Management and Economy in the Air Transport. E-mail: [Alex136173@mail.ru](mailto:Alex136173@mail.ru); Olga Sokolova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department "Economy, Management and Informatics". E-mail: [sokof1407@rambler.ru](mailto:sokof1407@rambler.ru)