

УДК 65.011.56

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕДИНОЙ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПЛАТФОРМЕННОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

© 2013 Д.Ю. Шабалкин¹, В.В. Назаров², А.Н. Пирогов²

¹ Ульяновский государственный университет

² Закрытое акционерное общество «Авиастар-СП», г. Ульяновск

Поступила в редакцию 10.06.2013

Рассматриваются особенности реализации принципов «цифрового производства» авиастроительного предприятия. Проанализированы направления автоматизации на этапах жизненного цикла продукции. Приведены основные принципы и результаты создания полиплатформенной интегрированной системы информационной поддержки жизненного цикла воздушного судна на ЗАО «Авиастар-СП». Ключевые слова: интегрированная автоматизированная система, цифровое производство, интеграция данных, интеграция бизнес процессов, PDM-системы.

Повышение конкурентоспособности отечественного самолётостроения предусматривает сокращение ресурсоёмкости производства, повышения производительности труда, проведения технического перевооружения, гибкой перестройки технологических процессов, применения современных методов управления. Авиастроительное производство традиционно обладает рядом характерных особенностей: сложный производственно-технологический цикл, жесткие требования к сертификации организационно-технологических процессов, многоуровневость структуры и значительное количество технологических процессов на всех уровнях переделов.

Комплексное решение проблемы достигается внедрением цифровых технологий на всех этапах жизненного цикла продукции: проектирования изделия, технологической подготовки производства, изготовления, эксплуатации и послепродажного обслуживания [1]. Наличие «узкого места» в такой цепочке снижает эффективность всех остальных элементов. Так, эффект применения САД-систем на стадии проектирования изделия в конструкторских бюро, зачастую нивелируется при передаче конструкторской документации заводу-изготовителю и в дальнейшем при конструкторско-технологической подготовке производства (КТПП). Использование штамповочного и механообрабатывающего оборудования, не предусмат-

ривающего работу в автоматическом режиме с управляющими программами снижает общий эффект за счёт потери точности, низкой производительности труда. Напротив, наличие современного парка высокопроизводительного программно-управляемого оборудования (ПУО) не приведёт к значительному эффекту в случае слабой технологической проработки и нерациональной загрузки мощностей.

Значительную сдерживающую роль оказывает совокупность субъективных факторов: недостаточная квалификация в области цифровых технологий технологов старшего поколения, недостаточная мотивация для работы в авиапроме молодых инженеров, сопротивление изменениям со стороны части коллектива, не полное соответствие компетенций выпускников вузов современным требованиям. Вышеуказанные факторы требуют отдельного изучения и являются объектом самостоятельного анализа.

В настоящей работе рассматриваются проблемы объективного характера, и предлагается решение создания единого цифрового пространства проектирования, изготовления и эксплуатации изделий авиационной техники.

В настоящей работе под цифровым производством будет пониматься совокупность проектных, организационно-технических и технологических процессов, описание и управление которыми осуществляется с использованием информационных систем. Такой подход предполагает, что само изделие имеет цифровое описание, а производственно-техническая система его производства имеет цифровое описание и управление от уровня макропроцессов до ПУО [2].

Применяемые конструкторскими бюро (КБ) средства формирования и ведения электронной

Шабалкин Дмитрий Юрьевич, кандидат физико-математических наук, заместитель директора Центра компетенций «Авиационные технологии и авиационная мобильность». E-mail: ShabalkinDYu@ulsu.ru

Назаров Владимир Валентинович, заместитель начальника управления информационных технологий. E-mail: D106@aviastar-sp.ru

Пирогов Алексей Николаевич, начальник управления инвестиционного планирования. E-mail: d077@aviastar-sp.ru

конструкторской документации (ЭКД), включая собственно электронную конструкторскую модель (ЭКМ), модель данных, сопроводительные документы должны обеспечивать передачу на завод изготовитель всей совокупности данных без нарушения целостности. Формат модели данных не устанавливается единым стандартом и каждое КБ работает со своей уникальной моделью. Выпуск воздушных судов и изделий авиационной техники осуществляется в условиях производственной кооперации, что означает работу одного КБ с несколькими заводами и наоборот: один завод-изготовитель принимает, обрабатывает и использует в производстве конструкторскую документацию от разных КБ. В то же время инструментальные средства конструкторско-технологической подготовки производства, использующие ЭКМ на заводе-изготовителе, не должны перестраиваться для работы с тем или иным КБ.

Таким образом, должна быть обеспечена инвариантность ЭКМ, поступающих на завод-изготовитель от различных КБ.

В процессе конструкторской подготовки производства необходима реализация обратной связи от завода к КБ с целью уточнения, внесения изменений и согласования ЭКД.

Применение принципов цифрового производства при технологической проработке ЭКД даёт ряд преимуществ по сравнению с традиционным процессом:

- сокращение циклов подготовки комплекта электронных технологических документов (-ЭТД): электронных технологических моделей (ЭТМ), конструкторско-технологической спецификации (КТС), ведомость подготовки производства (ВПП), технологических маршрутов, структурированных сборочных комплектов (сборочных единиц) и др.;

- повышение качества ЭТД за счёт автоматизации больших объёмов рутинной технической работы;

- возможность организации параллельной проработки техдокументации несколькими группами технологов.

Такие возможности реализуются посредством стандартного функционала большинства PDM-систем.

Дополнительные возможности цифровых технологий управления производственными системами обеспечивают новую функциональность:

- проектирование технологических процессов с использованием шаблонов операций [3, 4]. Особенно актуально для этапов детально-узловой, агрегатной и окончательной сборки [5];

- оценка трудоёмкости и ресурсоёмкости процессов и операций и технико-экономических показателей в целом;

- моделирование альтернативных технологических маршрутов и цикловых графиков с учётом использования различного оборудования и соответствующих операций;

- автоматизация процесса подготовки управляющих программ для ПУО (заготовительно-штамповочное, механообрабатывающее производство, детально-узловая сборка);

- оценка и возможность сокращения требуемых средств технологического оснащения (СТО) за счёт моделирования тех процессов;

- методы и технологические процессы, реализуемые только в среде цифрового производства с применением ПУО и контрольно-измерительных машин (КИМ): бесступенчатая сборка, базирование по сборочным и базовым отверстиям, автоматизированные средства позиционирования при стыковке агрегатов, постановка крепежа и др. [6].

Данные функции реализуются различными информационными системами (в том числе системами для ПУО) различных производителей.

Значительная доля затрат (особенно при единичном и мелкосерийном производстве) относится на проектирование и изготовлении СТО. Применение информационных систем управления позволяют существенно сократить циклы на проектирование СТО как за счёт использования соответствующих ЭТМ деталей и сборочных единиц, так и за счёт реализации процедур технологической проработки ЭКД СТО, аналогичных основному производству. Такой подход обеспечивает возможность проектирования СТО параллельно с изделиями основного производства.

Значительное сокращение затрат достигается применением универсально-сборных приспособлений вместо изготовления уникальной оснастки [7]. Хранение, проектирование, сборка и применение УСП требует использование ЭТМ, создания и ведения каталога базовых элементов, автоматизации процесса выбора базовых элементов в соответствии с геометрией детали, технологических операций по её обработке [8].

В системе управления и планирования ресурсами применение цифровых технологий, используя электронное определение изделия, структурированное электронное описание сборочных единиц позволяет:

- осуществлять оперативное управление группами опережения;

- эффективно управлять комплектацией сборочного производства;

- оптимизировать загрузку производственных мощностей (как на уровне предприятия, так и на уровне цехового планирования);

- логистикой внутри предприятия;

- осуществлять оперативное управление

закупками по поставляемым деталям, узлам и агрегатам.

Единое цифровое пространство проектирования, подготовки производства, изготовления воздушных судов и изделий авиационной техники позволит обеспечить информационно-аналитическое сопровождение проектов. В соответствии бизнес-логикой определяются контрольные точки, ключевые показатели эффективности в этих точках и их плановые значения. Наличие обратной связи на этапах подготовки производства и при изготовлении продукции (в т.ч за счёт использования ПУО) позволяет в режиме реального времени получать информацию необходимую для принятия управленческих решений.

При реализации принципов цифрового производства становится практически реализуем разработанный аппарат имитационного моделирования [9] производственной системы авиастроительного предприятия. Такой подход позволит прогнозировать потребность и оперативно управлять требуемыми производственными, кадровыми, финансовым и материально-техническими ресурсами на ранних стадиях проекта.

Для реализации единой цифровой среды на каждом этапе проектирования и изготовления воздушных судов применяются информационные системы различной функциональности, различных производителей. Готовых моноплатформенных решений, обеспечивающих реализацию всего вышеперечисленного функционала, в настоящее время не существует. Необходимое условие обеспечения непрерывности бизнес-процессов и workflow в течение всех этапов: от проектирования до изготовления ВС требует обеспечения интеграции полиплатформенных систем. Наиболее эффективной (с точки зрения технико-экономических параметров проекта) в таких случаях является интеграция на уровне сервисов [10].

В работе [11] рассматривались достоинства и недостатки моноплатформенных и полиплатформенных интегральных решений, а также подходы к формированию системы, обеспечивающей по «построению» высокий уровень интегрируемости. В качестве универсального решения может рассматриваться сервис-ориентированный подход [12].

В настоящей работе рассматривается результат разработки полиплатформенной интегрированной автоматизированной системы (ИАС) информационной поддержки жизненного цикла воздушных судов на основе электронного определения изделия.

Система функционально обеспечивает:

- управление цифровым проектированием изделия;
- цифровую конструкторско-технологичес-

кую подготовку производства на заводе-изготовителе (головном, кооперанте);

- цифровую проработку и проектирование СТО;

- управление проектированием технологических процессов агрегатной и окончательной сборки;

- цифровое управление комплектацией сборочного производства;

- информационно-аналитическое сопровождение изготовления ВС;

- формирование электронного дела изделия.

Данные функции распределены по подсистемам:

- 1) Подсистема конструкторской подготовки производства;

- 2) Подсистема централизованной технологической подготовки производства;

- 3) Подсистема управления проектированием и изготовлением СТО;

- 4) Подсистема восстановления строительной мастер-геометрии;

- 5) Подсистема автоматизированного проектирования технологических процессов;

- 6) Подсистема управления комплектацией сборочного производства;

- 7) Информационно-аналитическая подсистема;

- 8) Подсистема формирования «электронного дела изделия».

Подсистема конструкторской подготовки производства обеспечивает взаимодействие с КБ-разработчиками (ЗАО «ГСС», КБ «Иркут», МАК «Ильюшин», КБ «Туполев») КД на изделия и Управления главного конструктора завода-изготовителя.

Большинство КБ используют PDM-систему Team Center Engineering для управления данными ЭКД. Интеграция с ИАС осуществляется с помощью адаптеров с дальнейшим экспорт-импортом ЭКД в соответствии с принятой моделью данных завода-изготовителя. Адаптер настраивается на модель данных конкретного КБ и осуществляет операции по трансляции ЭКД от КБ к заводу и в обратном направлении. Адаптер реализован на базе информационной системы «ТеМП», разработанной ФГУП «НИЧ МАТИ» и адаптированной управлением информационных технологий ЗАО «Авиастар-СП». Подсистема конструкторской подготовки производства выполняет следующие основные функции:

- непрерывную интеграцию в рамках одного workflow при информационном взаимодействии с конструкторскими бюро

- поддержки сквозного (межсайтового) процесса прохождения документа для взаимодействия с КБ;

- преобразования форматов ЭКД разных КБ к формату ЭКД ИАС;

- управления изменениями ЭКД ведения струк-

турированного документа типа «Извещение»;

- обеспечения управления конфигурацией изделия;

- мониторинга КПП и моделирования альтернативных сценариев состояния КПП.

Подсистемы централизованной технологической подготовки производства осуществляет цифровое формирование и управление комплектом ЭТД. Подсистема управления технологической подготовкой производства является базовой при формировании электронного определения изделия и является источником данных для других систем. В ней выполняются осуществляется:

- формирование технологического маршрута изготовления деталей, сборочных единиц;

- формирования сборочно-технологических комплектов;

- ведения электронных цикловых графиков;

- формирование и ведения ведомости подготовки производства;

- формирование и ведения ведомости плазово-шаблонного оснащения;

- информационной поддержки процесса разработки управляющих программ для ПУО, включая реализацию функций создания и ведения изменений;

- ведения изменений технологических документов, включая оформление;

Подсистемы управления проектированием, подготовкой и производством средств технологического оснащения на основе ЭОИ выполняет следующие функции автоматизации:

- проектирования и ведения ЭКД на СТО;

- проектирования технологических процессов на СТО в системе «ТеМП» изготовления СТО для одного из цехов производства технологической оснастки

- планирования и учета изготовления номенклатуры СТО на основании ЭКТС и базы данных состава «изделия» СТО;

- планирования потребности и учета обеспечения материалами для производства

- ведения изменений и доработки СТО;

- взаимодействия с кооперантами-изготовителями СТО;

- связи систем производственного учёта и учёта затрат на СТО;

- мониторинга процессов КТПП СТО и оснащённости основного производства в реальном режиме времени;

Особое место занимает подсистема восстановления источников геометрической информации и создания строительной мастер-геометрии. Подсистема выполняет функции по «оцифровке» СТО на изделия, разработанные во второй половине XX века без применения САД-систем. В первую очередь это относится к Ан-124 «Руслан».

Подсистема выполняет следующие функции:

- сбор исходных геометрических данных из наследуемого формата автоматизированной системы автоматизированного проектирования и контроля плазово-шаблонной оснастки, разработана Инициатора 1981г. на платформе ЕС ЭВМ;

- преобразование исходных геометрических данных из наследуемого формата автоматизированной системы в формат САД-систем NX, CATIA;

- обеспечения обратного инжиниринга геометрической информации средств технологической оснастки;

- ведения электронных геометрических данных взамен имеющихся конструктивных плазов;

- управления строительной мастер-геометрией ВС.

Возможность применения автоматизированное проектирование технологических процессов является одним из ключевых преимуществ при «цифровом производстве». В ИАС в настоящее время реализовано только проектирование технологических процессов сборочно-монтажных работ и СТО. В качестве инструментального средства выступает система «ТеМП». Подсистема даёт возможность расчёта трудоёмкости проводимых работ и в этом смысле играет роль среды имитационного моделирования сборочно-монтажных работ.

Подсистема выполняет следующие функции:

- ведение электронных цикловых графиков;

- визуализации состояния процессов технологической подготовки производства и производства по сборочно-монтажным работам;

Требования к функциям подсистемы управления комплектацией сборочного производства логично следуют из функций подсистемы моделирования техпроцессов сборочно-монтажных работ и обеспечивают оперативное управление процессом агрегатной и окончательной сборки. В этой связи реализуются функции:

- производственного планирования и учёта в цехах сборочного производства включая:

- мониторинга состояния процессов комплектации производства согласно цикловым графикам в реальном времени;

- моделирования альтернативных сценариев хода производства.

Информационно-аналитическая подсистема состояния конструкторского, технологического, производственного процессов является интегратором данных в соответствии с заданными ключевыми показателями эффективности. Мониторинг и анализ ключевых показателей эффективности автоматизируемых бизнес-процессов в реальном времени осуществляется в разрезе:

- проектов (заказов);

- изделий;
- уровней управления (от генерального директора до мастера);
- подразделений;
- кооперантов.

Другой интегрирующей данные подсистемой является подсистема формирования электронного «Дела изделия» воздушного судна. «Дело изделия» – документ определённой структуры, в котором изготовитель указывает основные технические характеристики, параметры деталей, узлов и др. применённых при создании конкретного ВС. В связи с тем, что электронное определение изделия содержит значительную долю необходимых данных, то «Дело изделия» формируется с использованием соответствующих баз данных.

Особенность созданной системы заключается ещё и в том, что электронные материалы передаются в виде документов, подписанных электронной подписью. Тем самым цифровым документам обеспечивается юридическая значимость.

ИАС БД «Электронное определение изделия» разрабатывалась на ЗАО «Авиастар-СП» с 2003 г. силами сотрудников предприятия с участием Ульяновского государственного университета. Система интегрирует на уровне приложений собственно БД ЭОИ и систему автоматизированного проектирования техпроцессов «ТеМП». На уровне сервисов в непрерывном workflow осуществляется интеграция PDM-системы TeamCenter Engineering с «ТеМП». Средства интеграции данных применялись для реализации информационно-аналитических функций.

Архитектура системы носит иерархичный характер и содержит собственно ядро - физическую базу данных (на основе СУБД Oracle); интерфейсный блок, реализующий функции API, интегратора сервисов – ESB (Enterprise Service Bus); подсистемы.

В настоящее время ИАС реализует не более 25% функционала, необходимого для реализации принципа цифрового производства, и преимущественно обеспечивает функционал конструкторско-технологической подготовки производства. Однако уже в таком формате система позволила сократить циклы КТПП на 40% и обеспечить экономический эффект свыше 490 млн. руб. Внедрение подсистемы управления проектированием и производством СТО обеспечило экономию свыше 20%.

Другим важным результатом является тот факт, что созданная на ЗАО «Авиастар-СП» система является архитектурной и методической основой для комплексной реализации концепции «цифрового производства». Ценность полученного решения состоит в его тиражируемости и

настройке под конкретные бизнес-процессы другого предприятия и в связи с этим может быть внедрено на предприятиях-кооперантах.

Дальнейшими направлениями деятельности по созданию единого цифрового пространства является формирование и интеграция ERP-системы, обеспечение интеграции с системой цехового планирования (MES-системы). Важной темой для проведения исследовательских и поисковых работ является построение комплексной имитационной модели производственной системы авиастроительного предприятия.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного контракта № 12.527.11.0010.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. CALS-технологии: Основные направления развития /А. Давыдов, В.Барабанов, Е.Судов//Стандарты и качество. 2002. №7.
2. *Diedrich C., Mühlhause M.* Basic concept of the Digital factory/ *Diedrich C., //AT: Automatisierungstechnik.* 2011. v59, p 18-25.
3. *Самсонов О.С.* Моделирование процессов конструкторско-технологического проектирования сборки летательных аппаратов// Технология машиностроения. 2007.№9. с 18-26.
4. *TECHCARD 7.0* Седьмой виток развития технологического сапр интермех //САПР и графика. 2006. № 3. С. 14.
5. *Самсонов О. С.* Автоматизирование проектирование технологии сборочно-монтажных работ в системе «ТеМП»// Технология машиностроения. 2006. № 8. С. 44-48.
6. *Самсонов О.С.* Оптимизация сборки изделий авиационной техники на основе моделирования процессов производства// Технология машиностроения. 2012. №8. С. 24-32.
7. *Кузнецов В.С., Пономарев В.А.* Универсально сборные приспособления. М.: Машиностроение, 1974.
8. Анализ методов проектирования станочных приспособлений для операций механообработки на основе разработки бизнес процессов / *М.С. Черников, А.А. Блюментейн, Р.И. Салихов, О.В. Железнов // Известия Самарского научного центра РАН.* 2012. Т. 14. №4(3).
9. Имитационное моделирование производственных систем [под общ. А.А.Вавилова]. М.: Машиностроение; Берлин: Техника, 1983. 416 с.
10. *Решетников И.С., Козлецов А.П.* Стандарты и технологии интеграции производственных информационных систем // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2010. № 2. С. 24-30.
11. Развитие полиплатформенной интегрированной автоматизированной системы информационной поддержки жизненного цикла воздушных судов на основе электронного определения изделия / *Ю.В. Полянский, С.Г. Дементьев, Д.Ю. Шабалкин, А.М. Топорков, В.В. Назаров // Известия Самарского научного центра РАН.* 2012. Т. 14. №4(2). С. 333-337.
12. *Шабалкин Д.Ю.* Интеграция полиплатформенных автоматизированных подсистем различной функци-

**ENSURE A SINGLE DIGITAL ENVIRONMENT DESIGN AND TECHNOLOGICAL
PREPARATION OF PRODUCTION AND MANUFACTURE AIRCRAFT
BASED ON A POLYPLATFORM INTEGRATED AUTOMATION SYSTEM**

© 2013 D.Yu. Shabalkin¹, V.V. Nazarov², A.N. Pirogov²

¹Ulyanovsk State University
²CJSC “AviastarSP”, Ulyanovsk

The features of “Digitale Fabrik” principles approach are discussed. The directions of the automation at the each part of lifecycle has been analyzed. The basic principles and results of the construction of the polyplatform integrated automation system aircraft life cycle support are shown.

Keywords: Integrated automation system, Digitale Fabrik, data integration, business process integration, PDM-system

*Dmitriy Shabalkin, Candidate of Physics and Mathematics,
Deputy Director of Competence Center “Aviation Technology
and Air Mobility”. E-mail: ShabalkinDYu@ulsu.ru
Vladimir Nazarov, Deputy Head of IT Department.
E-mail: d106@aviastar-sp.ru
Alexey Pirogov, Head of Investment Planning Department.
E-mail: d077@aviastar-sp.ru*