УДК 65.011.56

ИНТЕГРИРОВАННАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА КАК ОСНОВА ЦИФРОВОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

© 2014 Д.Ю. Шабалкин[1], В.В. Назаров[2], А.М. Топорков[2], Ю.В. Полянсков[1]

[1] Ульяновский государственный университет
[2] ЗАО «Авиастар-СП»

Поступила в редакцию 04.09.2014

Рассматриваются особенности реализации принципов «цифрового производства» авиастроительного предприятия. Проанализированы направления автоматизации на этапах жизненного цикла продукции. Приведены основные подходы 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, PLM-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.

Базовой концепцией, ставшей стандартом для зарубежных разработчиков и производителей высокотехнологичных изделий, является «сквозное» моделирование, как свойств (на ранних стадиях проектирования), так и процессов подготовки производства и выпуска продукции. Таким образом обеспечивается достижение требуемых производственных (себестоимость, время выхода изделия на рынок) и эксплуатационных параметров.

В европейской, прежде всего автомобильной промышленности, такой подход получил название “Digitale Fabrik” (Цифровое производство) [1], в системе обеспечения жизненного цикла продукции оборонного комплекса США – Model Based Enterprise (MBE) (Модель-ориентированное производство) [2]. Комплексное решение проблемы может быть достигнуто внедрением цифровых технологий, позволяющих адаптивно моделировать альтернативные сценарии на всех этапах жизненного цикла продукции: проектирования изделия, технологической подготовки производства, изготовления, эксплуатации и послепродажного обслуживания. [3].

Структура цифрового производства. На предварительных этапах проектирования должны быть заданы основные характеристики воздушного судна (ВС):

- летно-технические характеристики;
- эксплуатационные характеристики;
- стоимостные характеристики,

Основные требования, предъявляемые к производству:

- количество ВС;
- производительность предприятия с учётом кооперации;
- себестоимость изготовления (в зависимости от количества серии);

Шабалкин Дмитрий Юрьевич, 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
Топорков Андрей Михайлович, заместитель генерального директора по экономике и финансам. E-mail: d640a@aviastar-sp.ru
Полянсков Юрий Вячеславович, президент, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Математическое моделирование технических систем. E-mail: president@ulsu.ru

- цикл изготовления;

Требования к послепродажному обслуживанию (гарантийному, постгарантийному и др.):

- доступность ремонтных комплектов в местах базирования ВС;
- стоимость ремонтных комплектов;
- возможность проведения модернизации самолётных систем, авионики и др.

На рис. 1 представлена обобщённая схема цифрового производства ВС в соответствии с современной концепцией управления жизненным циклом (Product Lifecycle Management (PLM). Необходимо отметить, что в полном объеме такая концепция в настоящее время не реализована в рамках автоматизированной системы. Рассмотрим основные особенности, затрудняющие реализацию данной концепции.

Каждый из этапов жизненного цикла должен обеспечивать цифровую связь с соседними в соответствии с заданными рабочими потоками (workflow). Непрерывность электронного взаимодействия накладывает требования инвариантности модели передаваемых данных, в том числе между различными организациями: конструкторскими бюро (КБ), заводами изготовителями, эксплуатантами и др. В частности, конструкторская документация (КД) в заданной КБ модели данных должна приниматься головным заводом изготовителем, прорабатываться именно в рамках заданной модели и так же транслироваться предприятиям – кооперантам (этапы 1-2 на рис. 1). Задача усложняется, если завод-изготовитель получает КД от нескольких КБ, использующих различные модели данных. В этом случае предприятие должно определить собственную внутреннюю (инвариантную по отношению к внешним источникам) модель данных и обеспечить однозначное преобразование исходной данных из различных исходных моделей к своей собственной.

Применение принципов цифрового производства при технологической проработка электронной КД (этап 2 на рис.1) в идеале может дать ряд преимуществ по сравнению с традиционным процессом:

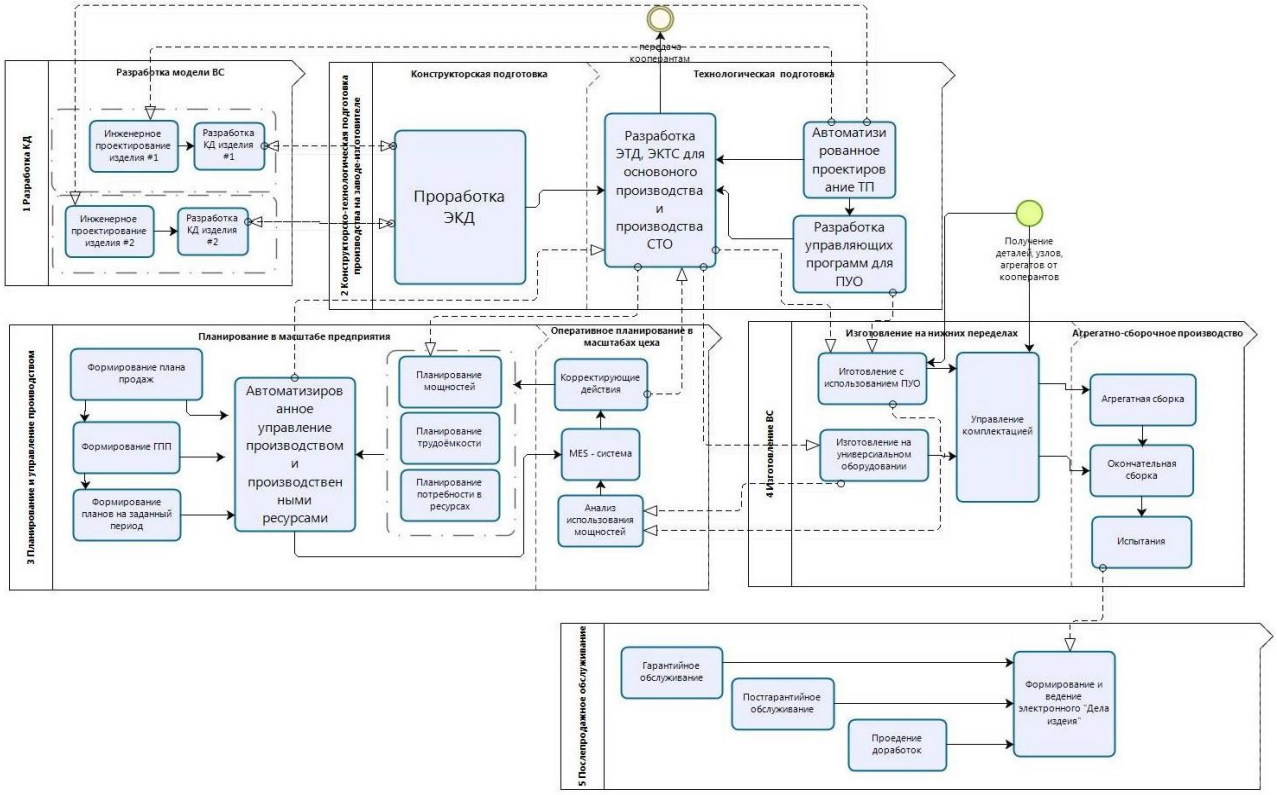

Рис. 1. Обобщенная схема цифрового производства

- 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 реализуется посредством стандартного функционала большинства PDM-систем. При реализации принципов управления производственными системами на основе цифровых технологий обеспечиваются новые функциональности:

- проектирование технологических процессов с использованием шаблонов операций [4,5]. Особенно актуально для этапов детально-узловой, агрегатной и окончательной сборки [6];
- 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 программно-управляемого оборудования (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): бесстапельная сборка, базирование по сборочным и базовым отверстиям, автоматизированные средства позиционирования при стыковке агрегатов, постановка крепежа и др. [7]

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 средств технологического оснащения (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 электронной КД СТО, аналогичных основному производству. Такой подход обеспечивает возможность проектирования СТО параллельно с изделиями основного производства.

Одним из направлений сокращение затрат является применением универсально-сборных приспособлений (УСП) вместо изготовления уникальной оснастки [8]. 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 [9]. Формирование конструкторско-технологической спецификации (как на основное изделие, так и СТО), технологической документации, включая технологические процессы и управляющие программы (УП) для ПУО должно осуществляться и храниться в той же единой структуре данных в среде PDM-системы.

В системе управления и планирования ресурсами (этап 3 на рис. 1) применение цифровых технологий, используя электронное определение изделия[1], структурированное электронное описание сборочных единиц (при разработке соответствующих автоматизированных систем) позволит:

- осуществлять оперативное управление процессом на заданном горизонте планирования (от нескольких лет до месяца), на особо ответственных участках с точностью до дня;
- эффективно управлять комплектацией сборочного производства;
- оптимизировать загрузку производственных мощностей (как на уровне предприятия, так и на уровне цехового планирования);
- управлять логистикой внутри предприятия;
- осуществлять оперативное управление закупками по поставляемым деталям, узлам и агрегатам.

Принципы цифрового производства предполагают наличие адаптивных обратных связей между этапами процесса. При технологической проработке может возникнуть необходимость инициировать изменения КД, исходя из требований к трудоёмкости изделия, эффективности использования оборудования и др., может быть пересмотрен ряд технологических процессов. Этим обеспечивается выполнение набора требований, заложенных при проектировании изделия. *С учётом разнородности функций на всех этапах жизненного цикла, универсального средства информационного обеспечения всего жизненного цикла в настоящее время нет.*

Очевидно, что моноплатформенная PLM-среда позволяет наиболее эффективно, без потерь на промежуточных преобразованиях данных позволяет обеспечить необходимые workflow. В настоящее время моноплатформенные решения, интегрирующие на единой платформе широкий спектр функциональных систем находятся на стадии формирования. Наиболее полные решения разрабатываются и предлагаются

[1] Под электронным определением изделия понимается совокупность электронных документов, описывающих структуру изделия, входящие в него элементы на каждом этапе его жизненного цикла

компанией Siemens PLM Software. Компанией разработаны эффективные CAD\CAM – системы (NX), системы управления данными об изделии (Team Center Engineering\Manufacturing), системы имитационного моделирования производственно-технологических процессов Tecnomatix, имеющих единые средства и стандарты интеграции. Вместе с тем, на отдельных этапах жизненного цикла успешно применяются специализированные средства других зарубежных и отечественных разработчиков: системы автоматизированного проектирования технологических процессов, системы инженерного анализа и др. Необходимо отметить, что принципы реализованные в Team Center Engineering\Manufacturing, нуждаются в серьёзной адаптации к отечественным требованиям к управлению технологическими процессами и производством в целом.

Важным фактором развития систем цифрового производства является применение предприятиями отечественной авиационной промышленности набора функционально обособленных автоматизированных систем собственных разработок, не всегда обеспечивающих непрерывность workflow. Аналогичная ситуация характерна и для промышленно развитых стран Северной Америки и Европы, в которых доля предприятий, использующих системы PDM собственных разработок составляет до 23% [10]. В этой связи для реализации принципов цифрового производства актуальной является задача эффективной интеграции собственных разработок и промышленных решений на уровне сервисов, обеспечивающих непрерывность workflow. В работе [11] рассматривались подходы к формированию системы, обеспечивающей по «построению» высокий уровень интегрируемости. В качестве универсального решения может рассматриваться сервис-ориентированный подход [12]. Применение полиплатформенного подхода позволяет также сформировать и отработать основные принципы и методики, которые в дальнейшем будут перенесены на моноплатформенную основу.

В настоящей статье рассматривается результат опытно-конструкторской работы (ОКР) по разработке полиплатформенной интегрированной автоматизированной системы (ИАС) информационной поддержки конструкторско-технологической подготовки производства воздушных судов с учётом реализации вышеизложенных подходов к формированию системы цифрового производства.

Интегрированная автоматизированная система информационной поддержки конструкторско-технологической подготовки производства ВС. Этап конструкторско-технологической проработки изделия в общем контексте цифрового производства играет определяющую роль. Формируется цифровой технологический облик изделия на основе электронного определения изделия. Создаётся электронная технологическая документация, включая технологические маршруты, собственно технологические процессы, управляющие программы для ПУО, конструкторско-технологические спецификации. Выбор этапа конструкторско-технологической проработки производства (КТПП) изделия в общем контексте цифрового производства определён следующими причинами:

1) Продолжительность цикла КТПП определяет срок выхода продукта на рынок.
2) Осуществляется отработка электронного взаимодействия между КБ и заводом-изготовителем.
3) Формируется электронная технологическая документация на изделие.
4) Формируется электронная конструкторская и технологическая документация на СТО, материальные и временные затраты на которые при малых сериях сопоставимы с затратами на производство основного изделия.
5) Формируются технологические процессы, определяющие цикл производства изделия.
6) Формируются управляющие программы для ПУО.
7) Созданные и хранящиеся в ИАС данные (конструкторско-технологические спецификации и др.) являются основой для автоматизированной системы планирования и управления производства и производственных ресурсов.

При формировании технического задания на ОКР были сформулированы требования по решению следующих научно-технических задач:

1) Обеспечение электронного двустороннего взаимодействия создаваемой ИАС с PDM-системами КБ;
2) Автоматизация формирования электронных конструкторско-технологических спецификаций (КТС) на основные изделия с учётом версионности КД;
3) Автоматизация формирования электронных конструкторско-технологических спецификаций (КТС) на СТО;
4) Реализация системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) детально-узловой и агрегатной сборки изделия;
5) Обеспечение «сквозного» мониторинга и анализа процессов КТПП.

Решение указанных задач позволит:

1) Сократить цикл КТПП как в части проработки КД с КБ, так и разработки технологической документации;

2) Снизить расходы на подготовку производства;

3) Повысить качество изготавливаемой продукции.

Принципиальное отличие ИАС от аналогичных PDM-систем заключается в обеспечении «по-построению» соответствия отечественным требованиям к организации технологической подготовки производства и наличием расширенного функционала: ведением КТС на СТО, интеграцией с САПР ТП детально-узловой и агрегатной сборки изделия, интегрированной информационно-аналитической системой, применение стандартных средств электронной подписи, отвечающих требованиям российского законодательства.

ИАС «БД «Электронное определение изделия» разрабатывалась на ЗАО «Авиастар-СП» начиная с 2003 г. силами сотрудников предприятия с участием Ульяновского государственного университета. Система интегрирует на уровне приложений собственно БД ЭОИ и САПР ТП «ТеМП». На уровне сервисов в непрерывном workflow осуществляется интеграция PDM-системы Team Center Engeneering с «ТеМП». Средства интеграции данных применялись для реализации информационно-аналитических функций. Функционально-структурная схема ИАС приведена на рис. 2.

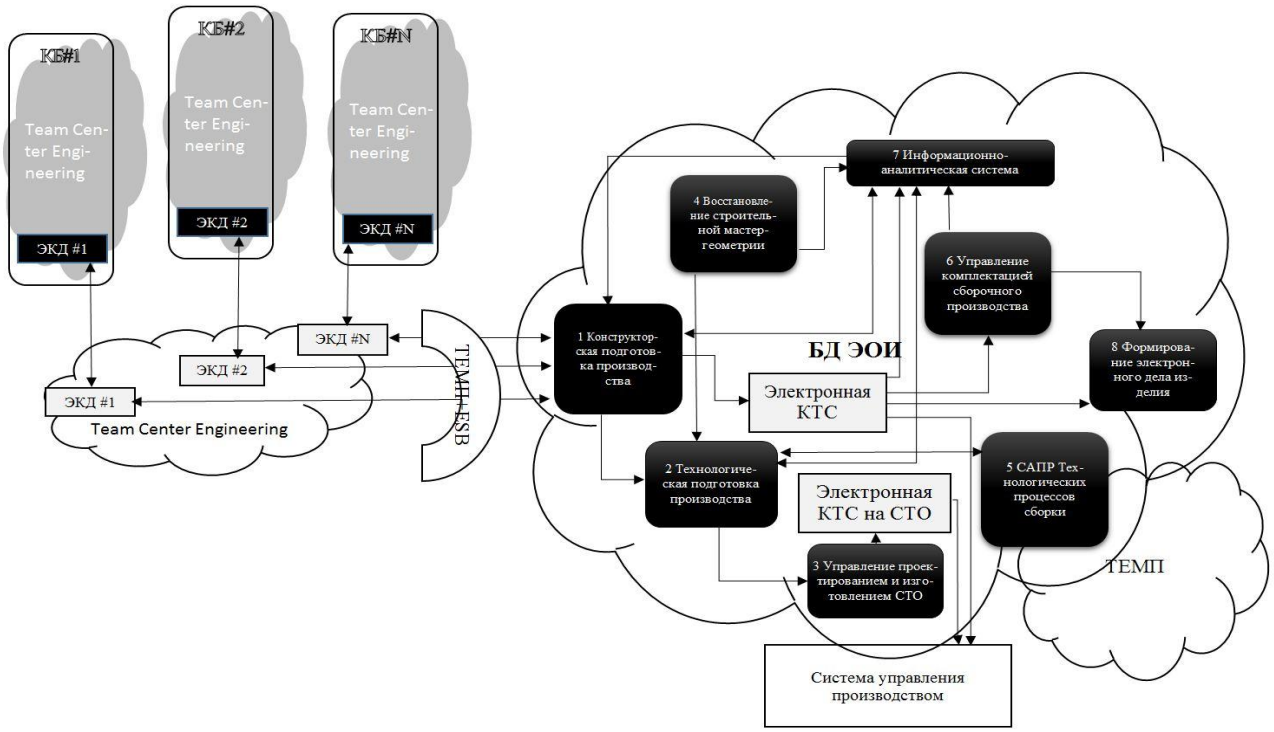

Рис. 2. Функциональная схема ИАС

Структура ИАС имеет три уровня.

1. Ядро ИАС – 1 уровень, содержащее инвариантные по отношению к функциональным подсистемам СУБД и базовые приложения (ядра ERP, PDM, CAPP). Базовые приложения предоставляют инструмент доступа функциональных подсистем (через корпоративную сервисную шину) к инвариантным данным системы. Основные функции ядра – обеспечение интеграции данных и базовых приложений (ядра ERP, PDM, CAPP). Ядро содержит ключевые справочники (нормативно-справочная информация), соотнесённые с основными бизнес-процессами «авиационных программ». Ядро обеспечивает обработку запросов, поступающих через ESB (корпоративная сервисная шина), от функциональных подсистем, Ядро обеспечивает взаимодействие базовых (инвариантных) инструментальных средств PDM, ERP и CAPP с функциональными подсистемами; информационных потоков, отвечающих бизнес-процессам, инвариантных по отношению к периферийным модулям;

2. Корпоративная сервисная шина (ESB) – 2 уровень. ESB-среда обеспечения обмена данными и взаимодействия функциональных подсистем с ядром системы. ESB обеспечивает интерфейс периферийных модулей с ядром системы. ESB осуществляет обработку, маршрутизацию и передачу данных между ядром системы и периферийными модулями. За счёт ESB происходит унификация – обеспечивается инвариантность по отношению к периферийному приложению СУБД и базовых приложений. При формировании EBS реализуются принципы интеграции данных (ETL) и информационных потоков предприятия (EII). Тем самым обеспе-

чивается интеграция на уровне данных и приложений

3. Подсистемы – 3 уровень:

1 Подсистема конструкторской подготовки завода-изготовителя.

2 Подсистема централизованной технологической подготовки производства.

3 Подсистема управления проектированием, подготовкой и производством средств технологического оснащения на основе электронного определения изделия (ЭОИ).

4 Подсистема автоматизированного проектирования (САПР) для восстановления источников геометрической информации (конструктивных плазов) и средств технологического оснащения изделий авиационной техники, строительной мастер-геометрии;

5 Подсистема САПР технологических процессов (ТП) сборочного производства.

6 Подсистема управления комплектацией сборочного производства;

7 Информационно-аналитическая подсистема состояния конструкторского, технологического, производственного процессов;

8 Подсистема формирования электронного «Дела изделия» воздушного судна.

Выбор подсистем определяется функциональными требованиями к системе, сформулированными с учётом потребностей крупнейшего авиастроительного предприятия ЗАО «Авиастар-СП».

1) Подсистема конструкторской подготовки производства обеспечивает взаимодействие с КБ-разработчиками (ЗАО «ГСС», КБ «Иркут», «Ильюшин», КБ «Туполев») КД на изделия и Управления главного конструктора завода-изготовителя. В практической плоскости выбор между полиплатформенным и моноплатформенным подходом определяется необходимостью завода-изготовителя взаимодействовать в части приёмки-передачи электронной конструкторской документации с различными отечественными и зарубежными КБ. Как было отмечено ранее, что единой инвариантной модели данных, используемых всеми КБ, не существует. С другой стороны, завод изготовитель должен иметь единую систему конструкторско-технологической подготовки производства, учитывающую особенности всех реализуемых авиационных программ.

Адаптер реализован на базе информационной системы «ТеМП», разработанной ФГУП «НИЧ МАТИ» и адоптированной управлением информационных технологий ЗАО «Авиастар-СП» с использованием функционала ESB. 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 завода и в обратном направлении.

2) Подсистемы централизованной технологической подготовки производства осуществляет цифровое формирование и управление комплектом ЭТД. Подсистема управления технологической подготовкой производства является базовой для формировании электронного определения изделия и является источником данных для других систем. В ней 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:
- информационная поддержка процесса разработки управляющих программ для ПУО, включая реализацию функций создания и ведения изменений:

3) Подсистема управления проектированием, подготовкой и производством средств технологического оснащения на основе ЭОИ выполняет следующие функции по формированию комплекса технологических документов на СТО:

- проектирования и ведения ЭКД на СТО;
- проектирования технологический процессов на СТО в системе «ТеМП» изготовления СТО для одного из цехов производства технологической оснастки;
- мониторинга процессов КТПП СТО и оснащённости основного производства в реальном режиме времени.

4) Применение цифровых технологий ограничено изделиями, КД и ТД на которые разработана в электронном виде. В то же время обеспечение технического обслуживания и в перспективе возобновление производства Ан-124 «Руслан» требует «оцифровки» имеющейся технологической документации. В этой связи в состав ИАС включена подсистема восстановления источников геометрической информации и создания строительной мастер-геометрии. Подсистема выполняет функции по «оцифровке» СТО на изделия, разработанные во второй половине 20 века без применения CAD-систем. В первую очередь это относится к Ан-124 «Руслан». Данная подсистема обеспечивает обратный инжиниринг геометрической информации средств технологического оснащения.

5) Возможность применения автоматизированного проектирования технологических процессов является одним из ключевых преимуществом 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.

Данная подсистема полностью интегрирована в среду ИАС.

6) 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.

7) Информационно-аналитическая система (ИнфАС) состояния конструкторского, технологического, производственного процессов является интегратором данных в соответствии с заданными ключевым показателями эффективности. ИнфАС является интегрированным средством обеспечения адаптивной связи в данной системе. Мониторинг и анализ ключевых показателей эффективности автоматизируемых бизнес-процессов в реальном времени осуществляется по каждому из этапов КТПП. Формируется «карта» отклонений по параметрам подготовки производства (согласование изменений в ЭКД, внесение изменений в ЭТД, сопровождение версионности документации) и изготовление (соответствие номенклатуры сборочных единиц на центральном комплектующем складе требованиям КТС). Важной особенностью ИнфАС является возможность выявления проблемы на стадии её зарождения и формирования. Тем самым, система позволяет своевременно планировать и осуществлять корректирующие действия по управлению процессом КТПП и изготовления ВС.

8) Подсистема ведения электронного «Дела изделия» воздушного судна интегрирует данные от остальных подсистем. «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.

ИАС реализует не более 25% функционала, необходимого для реализации принципа цифрового производства (рис. 1). Однако уже в таком формате система на этапе опытной эксплуатации позволила сократить циклы КТПП на 40%. Внедрение подсистемы управления проектированием и производством СТО обеспечил 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». Реализованная методология позволяет развивать решения как на поли-, так и на моноплатформенной основе. 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.

Наличие формализованных СТК на основное изделие и СТО позволяет эффективно развивать систему управления производственными ресурсами в соответствии со стандартом MRP II, формировать цеховые производственные программы с использованием MES-систем. В настоящее время такая работа ведётся УлГУ совместно с ЗАО «Авиастар-СП». Наличие автоматизированных систем КТПП, управления производственными ресурсами позволит обеспечить моделирование и проектирование технологических процессов на всех переделах: от металлургии до механосборочных производств.

Выводы: в работе приведена общая структура цифрового производства в соответствии с современной концепцией PLM. Показана приоритетность реализации в цифровом представлении этапа конструкторско-технологической подготовки производства. Приведены результаты создания интегрированной автоматизированной полиплатформеной системы управления инженерными данными на основе электронного определения изделия. Дальнейшим развитием данной темы является проведения исследовательских и поисковых работ по построению комплексной имитационной модели производственно-технологической системы авиастроительного предприятия.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Diedrich, C.* Basic concept of the Digital factory / *C. Diedrich, M. Mühlhause* // AT: Automatisierungstechnik. 2011. V59, P 18-25.

2. Model Based Enterprise [Электронный ресурс] Режим доступа: http://model-based-enterprise.org/default.aspx.
3. *Давыдов, А.* CALS-технологии: Основные направления развития / *А. Давыдов, В. Барабанов, Е. Судов* // Стандарты и качество. 2002. №7. С. 12-18.
4. *Самсонов, О.С.* Моделирование процессов конструкторско-технологического проектирования сборки летательных аппаратов // Технология машиностроения. 2007. №9. С. 18-26.
5. TECHCARD 7.0 – Седьмой виток развития технологического САПР интермех // САПР и графика. 2006. № 3. С. 14.
6. *Самсонов, О.С.* Автоматизирование проектирование технологии сборочно-монтажных работ в системе «ТеМП» // Технология машиностроения. 2006. № 8. С. 44-48.
7. *Самсонов, О.С.* Оптимизация сборки изделий авиационной техники на основе моделирования процессов производства // Технология машиностроения. 2012. №8. С. 24-32.
8. *Кузнецов, В.С.* Универсально сборные приспособления / *В.С. Кузнецов, В.А. Пономарев.* – М.: Машиностроение, 1974. 170 с.
9. *Черников, М.С.* Анализ методов проектирования станочных приспособлений для операций механообработки на основе разработки бизнес процессов / *М.С. Черников, А.А. Блюменштейн, Р.И. Салихов, О.В. Железнов* // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. №4(3). С. 868-873.
10. *Дубова, Н.* Интеграция приложений и бизнес-процессы // Открытые системы. 2009. №10. С. 30-33.
11. *Решетнико, И.С.* Стандарты и технологии интеграции производственных инфор-мационных систем / *И.С.Решетников, А.П. Козлецов* // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2010. № 2. С. 24-30.
12. *Шабалкин, Д.Ю.* Интеграция полиплатформенных автоматизированных подсистем различной функциональности в единое информационное пространство жизненного цикла изделия авиационной техники // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, №4(2). С. 545-549.
13. *Полянсков, Ю.В.* Развитие полиплатформенной интегрированной автоматизированной системы информационной поддержки жизненного цикла воздушных судов на основе электронного определения изделия / *Ю.В. Полянсков, С.Г. Дементьев, Д.Ю. Шабалкин* и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012.Т. 14, №4(2). С. 333-337.
14. Имитационное моделирование производственных систем / Под общ. Ред. *А.А. Вавилова.* – М.: Машиностроение; Берлин: Техника, 1983. 416 с.

AUTOMATIC POLYPLATFORM SYSTEM DESIGN AND PROCESS PLANNING AS THE BASE OF DIGITAL MANUFACTURING SYSTEM

© 2014 D.Yu. Shabalkin[1], V.V. Nazarov[2], A.M. Toporkov[2], Yu. V. Polyanskov[1]

[1] Ulyanovsk State University
[2] CJSC «Aviastar-SP»

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.

Key words: *integrated automation system, Model Based Enterprise, data integration, business process integration, PLM-systems*

Dmitriy Shabalkin, Deputy Director of Competence Center “Aviation Technologies and Aviation Mobility”. E-mail: shabalkindyu@ulsu.ru
Vladimir Nazarov, Deputy Chief of the IT-Department. E-mail: d106@aviastar-sp.ru
Andrey Toporkov, Deputy General Director on Economy and Finances. E-mail: d640a@aviastar-sp.ru
Yuriy Polyanskov, President, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department “Mathematical Modeling of Technical Systems”. E-mail: president@ulsu.ru