

МОДЕЛЬ И ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕГРАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**С. Б. Жилина, Н. В. Капитанов, И. А. Кочедыкова,
А. А. Тимохин, Н. П. Ямпурин**

*ПАО «Арзамасское научно-производственное предприятие
«Темп-Авиа», г. Арзамас, Россия;
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический
университет им. Р. Е. Алексеева», г. Арзамас, Россия*

Рецензент д-р техн. наук, профессор В. П. Хранилов

Ключевые слова: информационные системы; нормативно-справочная информация; системная интеграция.

Аннотация: Представлена модель обеспечения информационного взаимодействия разработчиков, конструкторов и технологов со специалистами производственных подразделений приборостроительного научно-производственного предприятия с единичным и мелкосерийным выпуском изделий. Предложены алгоритмы выгрузки и загрузки данных под управлением PDM-системы в сквозном бизнес-процессе разработки технологии изготовления деталей, проведения изменений в конструкторской и технологической документации и доведения данных изменений до производственных подразделений.

Введение

Одним из значимых факторов конкурентоспособности предприятий сегодня стало применение компьютерных информационных технологий, комплексной интеграции современных программных продуктов при проектировании, подготовке и сопровождении производства сложной наукоемкой продукции.

Жилина Светлана Борисовна – начальник отдела информационных технологий, e-mail: zhilina@temp-avia.ru; Капитанов Николай Владимирович – начальник сектора проектно-конструкторских и технологических систем; Кочедыкова Ирина Александровна – ведущий инженер-программист, руководитель группы разработки; Тимохин Андрей Александрович – инженер-программист 2 категории, «Арзамасское научно-производственное предприятие «Темп-Авиа»; Ямпурин Николай Петрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструирование и технология радиоэлектронных средств», ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева», г. Арзамас, Россия.

Как показывает практика, в настоящее время для многих предприятий характерна разрозненная автоматизация отдельных стадий жизненного цикла изделия с использованием информационных систем различных производителей, что приводит к дополнительным затратам времени и труда по вводу одной и той же информации. Идея интеграции информационных сред, основанная на стандартизованном едином цифровом электронном представлении данных и коллективном доступе к ним, достаточна, актуальна и способна повысить производительность труда при повышении качества продукции.

Существующие подходы и стандарты, используемые при интеграции различных информационных сред, подробно описанные в [1]. Они классифицируются по группам в зависимости от уровня интеграции: унифицированной модели данных, единой системы нормативно-справочной информации (НСИ), сервис-ориентированного подхода, обмена документами и сообщениями.

Применение того или иного подхода к интеграции имеющихся информационных контуров на каждом предприятии обусловлено рядом производственных и технологических факторов, сложившихся на момент интеграции, и их формализации в рамках первоначально формируемой концептуальной модели единого информационного пространства (ЕИП).

Кроме того, важным аспектом выбора технологии интеграции является использование на предприятии систем управления данными об изделии PDM (Product Data Management) и автоматизированных систем управления предприятием (АСУП) разных вендоров, и у них нет не только инструментов интеграции, но и согласованных структур и форматов данных [2].

В конечном итоге, на приборостроительном предприятии необходимо ЕИП, охватывающее контур проектирования, конструкторско-технологической подготовки на рабочих местах конструктора и технолога, и контур управления производством в производственных подразделениях, на рабочих местах специалистов, где осуществляется запуск, диспетчирование изготовления и выпуска готовых изделий.

Целью работы является построение модели обеспечения информационного взаимодействия разработчиков, конструкторов и технологов со специалистами производственных подразделений приборостроительного научно-производственного предприятия с единичным и мелкосерийным выпуском изделий, а также использование технологии интеграции контуров конструкторско-технологической подготовки производства и управления производством в рамках ЕИП на уровне унифицированной модели данных и единой системы НСИ.

Функциональная модель информационного взаимодействия

Предлагаемая функциональная схема ЕИП предприятия, представленная на рис. 1, базируется на программной интеграции двух импортонезависимых программных продуктов:

- линейки PDM: T-Flex Docs 2014 (входит в состав T-Flex PLM);
- линейки АСУП: 1С: Управление производственным предприятием 8.



Рис. 1. Функциональная схема ЕИП предприятия

(ЭСИ – электронная структура изделия; ПДО – производственно-диспетчерский отдел; ОТиЗ – отдел труда и зарплаты; КД – конструкторская документация; ЧПУ – числовое программное управление)

В представленной схеме PDM является передающей стороной, АСУП – принимающей.

Технология обмена информацией

Для обмена конструкторско-технологической информацией между системами рассмотрено два варианта: обмен файлами в формате XLS (MS Excel), обмен текстовыми файлами формата XML и общей базой данных на основе систем управления базами данных (СУБД) MS SQL Server. В результате остановились на втором варианте, основными преимуществами которого являются:

- унификация модели данных;
- большая гибкость, маневренность, расширяемость при кодировании и разработке;
- поддержка индексов;
- поддержка многопользовательского режима и возможности параллельной работы нескольких процессов.

Вышеперечисленные преимущества позволяют легко строить отчеты пользователям, быстро отлаживать программный код в случае возникновения ошибок при работе, что ведет к уменьшению трудоемкости разработки и снижению затрат на реализацию проекта в целом.

Общий принцип обмена данными между системами основан на разработанной и согласованной унифицированной модели данных конструкторско-технологической информации с использованием единой промежуточной базы данных на основе СУБД MS SQL Server, правила работы с которой регламентирует протокол обмена. Для обмена используют событийно-ориентированную архитектуру: PDM-система устанавливает продолжительное соединение с системой АСУП согласно своему внутреннему бизнес-процессу. Промежуточная база данных позволяет обойти проблему различия в структуре справочников, то есть в нормативно-справочной информации каждой из систем.

Выстроенная таким образом система программно-инструментальной интеграции данных, учитывая предметную специфику приборостроительного предприятия, направлена на обеспечение информационной поддержки всего жизненного цикла изготавливаемых изделий.

Алгоритм выгрузки данных из PDM-системы

Введем определения двух электронных документов полученных по определенным алгоритмам:

– технологическая структура изделия (ТСИ) – из ЭСИ и электронного технологического процесса (ЭТП). Введение ТСИ, как отдельного документа, обусловлено возможными различиями в конструктивной ЭСИ и технологической структурах изделия;

– электронная материально-расцеховочная ведомость (ЭМРВ) – из ТСИ со сводными нормами трудоемкости изготовления и уточненным маршрутом изготовления детали-сборочных единиц (ДСЕ).

Бизнес-процесс от разработки до подписания ТСИ дает описание всех стадий работы с документом. В логике бизнес-процесса, выполняемого под управлением PDM-системы, предусмотрены специальные этапы, реализованные в виде программ-макросов на языке С#. С помощью таких этапов достигается автоматизация процедуры согласования, одним из которых и осуществляется процесс выгрузки в промежуточную базу.

Модуль интеграции, показанный на рис. 2, запускается автоматически на одном из первых этапов бизнес-процесса утверждения ТСИ. Программа обеспечивает сбор и проверку информации о структуре изделия и маршрутах изготовления в соответствии с установленным регламентом.

На этапе предварительной проверки осуществляют верификацию данных в соответствии с нижеследующими критериями:

- выгружают только изделия с ЭСИ;
- обязательно заполняют артикул, группу номенклатуры и единицу измерения у каждой ДСЕ;
- указывают число элементов, находящихся в ЭСИ;
- обязательно указывают материальные нормы для деталей.

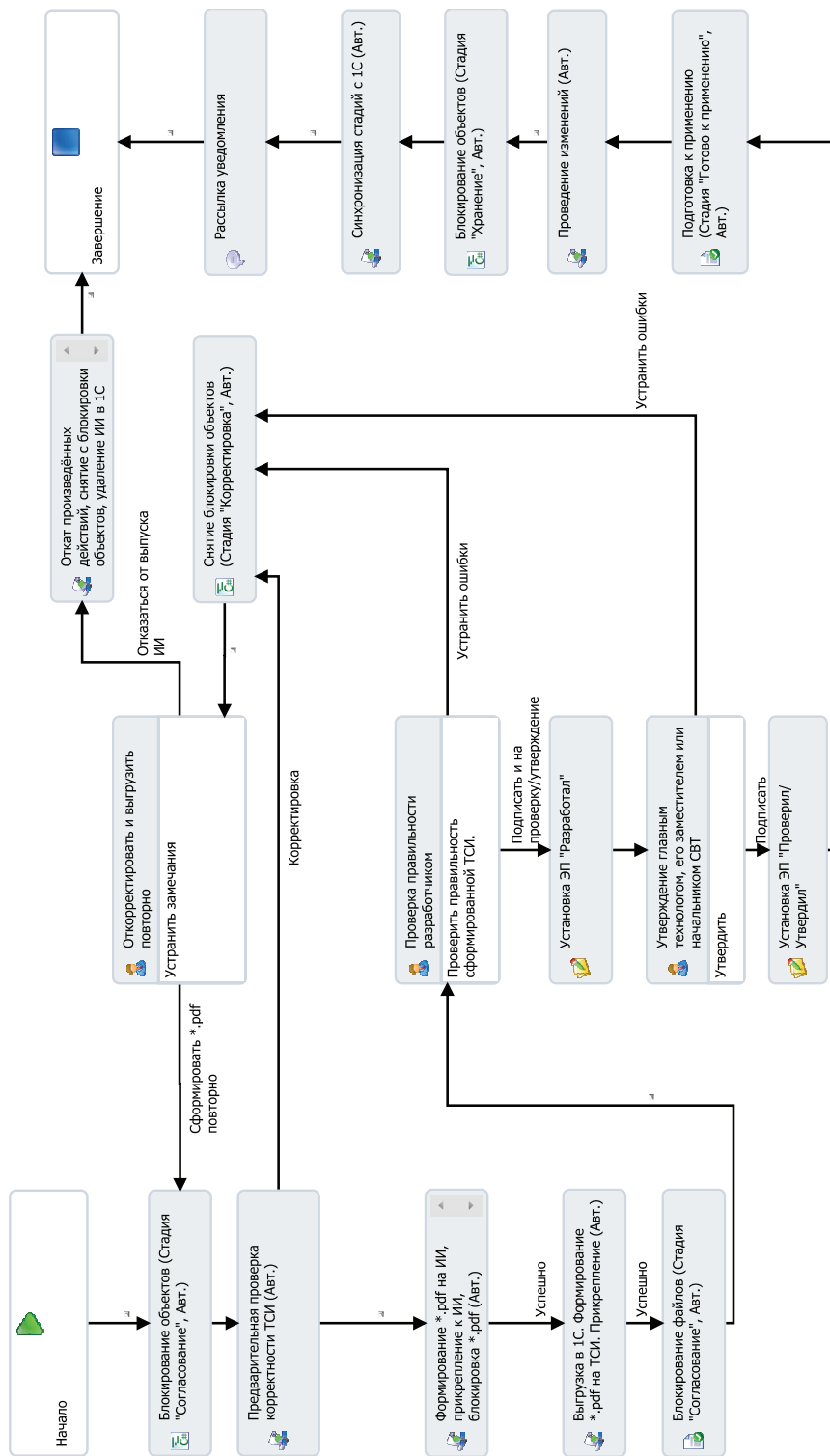


Рис. 2. Процедура согласования технологической структуры изделия

Передаваемые данные имеют иерархическую структуру, представленную на рис. 3.

Для каждого элемента состава изделия в систему АСУП передают:

- атрибутивную информацию по элементу: наименование, обозначение, артикул и др.;
- информацию по основным и заменяющим материалам;
- информацию по технологическим операциям и переходам;
- нормы расхода материалов, единицы нормирования и пр.;
- данные по технологическим отходам;
- версию и извещение об изменениях (для технологических структур).

Указанную информацию подготавливают в виде информационных массивов для исключения избыточности данных, то есть каждый элемент вне зависимости от его применяемости встречается только один раз.

Выгрузку информации в промежуточную базу выполняют в единой транзакции, которая открывается после получения всех наборов атрибутивной информации. В транзакцию включены передачи массивов номенклатуры, заготовок, технологических карт, извещений об изменениях, а также их взаимное иерархическое отношение. Если во время выполнения

Наименование	Обозначение	Идентификатор подключения	Кол-во	Примечания	Используемая техкарта
ТСМ на изделие	АБВГ.123456.789				
Деталь 2	АБВГ.789456.124	449cea1b-5665-477c-a592-793b2e0eea14	3		
Техкарта детали 2					
Маршруты...					
Материалы...					
Стандартное изделие		fb07d994-80c1-4b42-866b-131cc09119ff	3		
Техкарта стандартного изделия			1		
Маршруты...					
Деталь 4	АБВГ.789456.126	cc083e8f-6d0b-417d-9c78-0196f11cda25	3		
Техкарта детали 4					
Маршруты...					
Материалы...					
СЕ	АБВГ.123456.787	3fb4447-598a-407b-87e8-93535a11cbfc	1		
Техкарта СЕ					
Маршруты...					
Материалы...					
Деталь 3	АБВГ.789456.125	4cf8ffc1-38b1-41bc-9cb7-d6e62025d83e	2		
Техкарта детали 3					
Маршруты...					
Материалы...					
Деталь1	АБВГ.789456.123	ef26a5b2-66f4-4746-b0ed-21d1f55c4f85	5	Маршрут 62-СТД-15	Техкарта 1
Техкарта 1					
Маршрут 1					
62					
СТД					
15					
Материалы техкарты 1					
Заготовка основного материала 1					
Основной материал 1					
Заготовка материала-заменителя 1					
Материал-заменитель 1					
Заготовка материала-свидетеля 1					
Материал-свидетель 1					
Техкарта 2					
Маршрут 2					
62					
СТД					
7					
Материалы техкарты 2					
Заготовка основного материала 2					
Основной материал 2					
Заготовка материала-заменителя 2					
Материал-заменитель 2					
Заготовка материала-свидетеля 2					
Материал-свидетель 2					
Деталь1	АБВГ.789456.123	b1a32f58-3777-4361-8640-6b8f9d132bec	7	Маршрут 62-СТД-7	Техкарта 2
Техкарта 1					
Техкарта 2					

Рис. 3. Структура передаваемых данных

программы произойдет сбой (взаимоблокировка, потеря соединения с сервером и пр.), то произойдет откат транзакции и промежуточная база восстановится в состоянии, в котором она была до начала выгрузки.

Каждое поле элемента атрибутивных массивов представляет собой экземпляр структурного класса, и записывается SQL-запросом в соответствующие столбцы таблицы номенклатуры промежуточной БД. Результатом выполнения запроса является значение идентификационной колонки (Identity) для каждого выгруженного объекта. Такой идентификационный номер элемента номенклатуры используют для объединения данных из нескольких таблиц (состава, технологических карт, извещений об изменениях и др.).

Аналогичным образом производят передачу технологических данных: сначала заполняется таблица технологических карт, а затем с использованием полученных идентификаторов формируются таблицы операций и переходов.

Заключительный этап работы программного модуля выгрузки – перебор структуры изделия. Иерархию узла представляет набор пар «Родитель–Потомок» с набором атрибутов, описывающих параметры использования ДСЕ в изделии. Для определения узлов используют идентификаторы, полученные при выгрузке номенклатурных массивов. Таким образом, передача состава изделия заключается в рекурсивном переборе узлов, определения их идентификаторов в таблице номенклатуры, формирования пары «Родитель–Потомок» и дополнения полученной информации параметрами использования (число, примечание, заимствование и др.). Вместе с тем в массив состава для каждой детали добавляются уровни заготовок и материалов. Отношения «Деталь–Заготовка» дополняют материальными нормами (размеры заготовок, нормы расхода, масса отхода). Сформированный по описанному алгоритму массив составов изделия выгружают в соответствующую таблицу промежуточной базы.

Результаты выполнения функции выгрузки – заполненные таблицы, а также уникальный идентификатор, который однозначно определяет набор строк в таблице номенклатуры для каждой выгрузки.

Алгоритм загрузки данных в АСУП

После положительно проведенной выгрузки, PDM-система вызывает automation-сервер АСУП посредством объектной модели компонентов СОМ (Component Object Model) интерфейса, осуществляя загрузку данных через внутреннюю экспортную функцию, основным параметром которой, является уникальный идентификатор выгрузки, однозначно определяющий информацию текущего процесса среди нескольких параллельно-возможных.

Данные промежуточной БД перед загрузкой проверяют системой АСУП на логичность, целостность и непротиворечивость. Например, система АСУП проверяет данные выгрузки на наличие состава изделия, осуществляет проверки на дубли в таблицах состава и технологических операций, проверяет состав на зацикливание и т.д. В случае срабатывания одной из проверок происходит откат транзакции по загрузке текущего изделия ТСИ, а описание об ошибке записывается в таблицу лога в промежуточной базе.

Основной сложностью интеграции было принципиальное отличие в организации НСИ в двух системах:

– 1С: УПП на каждую ДСЕ предполагают свою «Спецификацию номенклатуры», где в таблице выходной номенклатуры указывается ДСЕ, а в таблице исходной номенклатуры – ее материальный состав. «Технологические карты», представляющие собой пооперационный маршрут, прикрепляют к «Спецификациям номенклатуры»;

– PDM, наоборот, последний уровень «Заготовка–материал» зависит от технологии, которая определяет из какого материала и с какими характеристиками и заменителями состоит заготовка. К тому же, ДСЕ в PDM-системе могут иметь несколько технологических карт и включаться в состав на одном уровне несколько раз с разным числом и своим набором технологических карт.

Кроме того, в «принимающей» системе должны храниться все «версии» спецификаций, технологических карт на изделие, чтобы проследить в какой момент времени по какому составу изделия произошел запуск ДСЕ в производство. Любое незначительное изменение в составе, характеристике материала, технологии приводит к созданию новой спецификации и технологической карты, усложняя алгоритм приведения семантической модели данных к реляционной модели.

Типовая модель данных системы АСУП предполагает хранить весь состав изделия в спецификациях, независимо от уровня. Сама же спецификация, представленная на рис. 4, содержит две таблицы с выходной и входной номенклатурой. По расчетным данным можно построить исходную таблицу отношений по номенклатуре вход–выход.

Технологическая карта в системе АСУП, приведенная на рис. 5, представляет собой пооперационный маршрут из списка рабочих центров с технологическими операциями. Вышеперечисленные проблемы различия организации НСИ двух систем, а также версионирование изменений составов изделий и технологических операций, решены с использованием дополнительных регистров сведений и алгоритмов взаимодействия систем. В упрощенном виде, с учетом специфики предприятия, модель данных имеет вид, представленный на рис. 6.

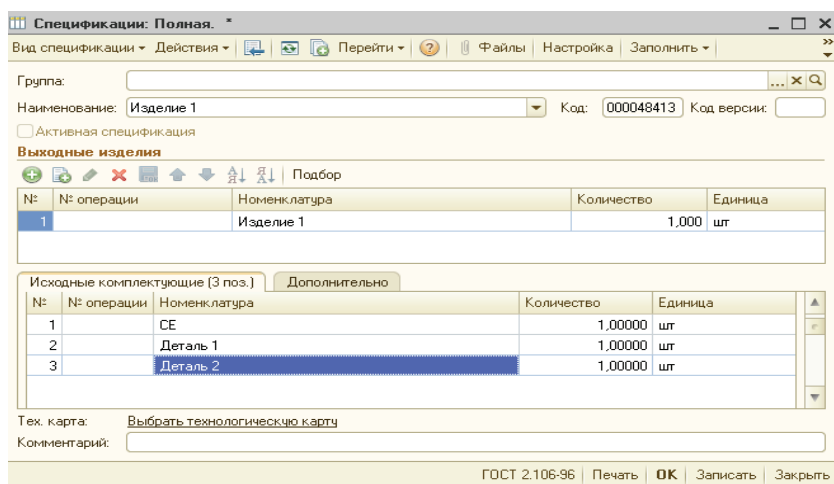


Рис. 4. Пример спецификации в системе АСУП

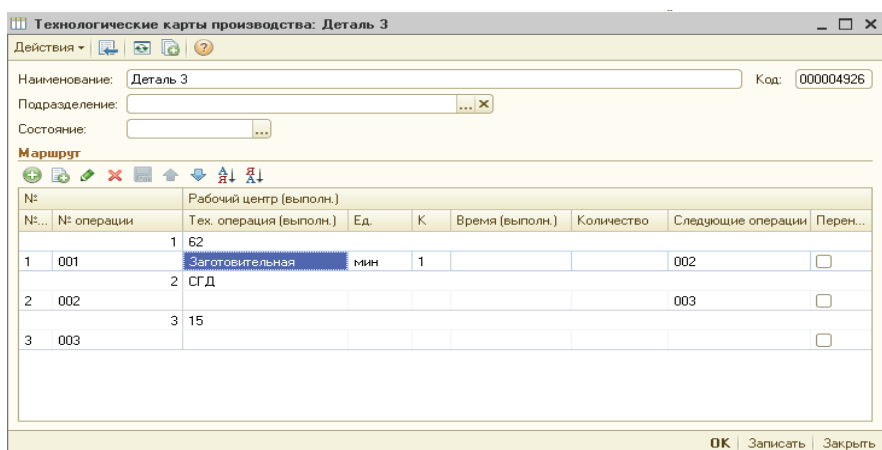


Рис. 5. Пример технологической карты в системе АСУП

Наименование	Спецификация	Технологическая карта
Изделие 1	Изделия 1	
СЕ	Изделия 1	Тех. карта СЕ (7-8-СГД-15)
Деталь 3	СЕ	Тех. карта детали 3 (62-СГД-7)
Заготовка 3 основного материала	Детали 3	
Материал 3	Заготовки 3	
Деталь 4	СЕ	Тех. карта детали 4 (62-СГД-7)
Заготовка 4 основного материала	Детали 4	
Материал 4	Заготовки 4	
Деталь 1	Изделия 1	Тех. карта детали 1 (62-СГД-15)
Заготовка 1 основного материала	Детали 1	
Материал 1	Заготовки 1	
Заготовка 1.1 материала-заменителя	Детали 1	
Материал-заменитель 1.1	Заготовки 1.1	
Деталь 2	Изделия 1	Тех. карта детали 1 (62-СГД-15)
Заготовка 2 основного материала	Детали 2	
Материал 2	Заготовки 2	
Заготовка 2.1 материала-свидетеля	Детали 2	
Материал-свидетеля 2.1	Заготовки 2.1	

Рис. 6. Упрощенная модель данных

Алгоритм загрузки анализирует и сопоставляет загружаемые спецификации и технологические карты с имеющимися в системе. Если элемент справочника, удовлетворяющий выгрузке, отсутствует, то создается новый элемент. Созданные или найденные элементы справочников «Спецификации номенклатуры», «Технологические карты производства» заполняют регистры сведений, описанные выше.

Для обеспечения быстрой «разузловки» составов изделий на этапе выгрузки в таблицу поступают данные всех отношений, представляющие входную–выходную номенклатуру от начала и до конца. Таблица считывается из промежуточной базы посредством рекурсивного SQL в таблицу значений с использованием индекса по выходной номенклатуре, что позволяет практически мгновенно обработать ее независимо от объема значений. Далее происходит инициализация объектов справочника «Спецификация номенклатуры», то есть создание или нахождение элементов справочника. Данные регистра используются системой в дальнейшем для последующего использования составов изделий в различных производственных задачах.

По окончании загрузки данных система АСУП формирует печатную форму ЭМРВ на изделие. Одну копию, привязанную к объекту «Изделие», система сохраняет в хранилище элемента справочника «Хранилище дополнительной информации», а вторую копию в формате «PDF» – записывает на диск в общий каталог локальной сети. Имя файла регламентируется протоколом обмена, каталог для сохранения указан в таблице извещения промежуточной базы, там хранится и PDF-файл конструкторского или технологического извещения, сформированный PDM-системой и описывающий проведенные изменения существующей ТСИ или ввод новой ТСИ. В свою очередь, PDM забирает сформированный файл ЭМРВ и сохраняет в своей базе для открытия в интерактивном режиме пользователями на просмотр.

Бумажные экземпляры формируемых электронных документов необходимы на момент переходного периода от бумажного документооборота к электронному в процессе автоматизации жизненного цикла изготовления изделий.

Заключение

Предложена модель обеспечения информационного взаимодействия разработчиков, конструкторов и технологов со специалистами подразделений приборостроительного научно-производственного предприятия с единичным и мелкосерийным выпуском изделий.

Поставлена и успешно решена задача по технологии интеграции контуров конструкторско-технологической подготовки производства и управления производством в рамках единого информационного пространства предприятия на уровне унифицированной модели данных и единой системы НСИ.

Экспериментально апробирована на предприятии ПАО АНПП «Темп-Авиа» предложенная технология интеграции информационных контуров на двух импортнезависимых программных продуктах линейки PDM – T-Flex Docs 2014 и линейки АСУП: 1С: Управление производственным предприятием 8. Интеграция систем привела к существенному упрощению и ускорению процесса отражения конструкторско-технологических изменений в производстве: многочисленные изменения, проводимые в КД и ТП на приборостроительном предприятии с единичным и мелкосерийным типом производства в пространстве конструкторско-технологической подготовки динамически отображаются в производственной системе. Кроме того, с применением технологии интеграции систем появилась возможность более точно планировать производственные и материальные ресурсы, оптимизировать их использование.

По алгоритмам предложенной интеграции информационных систем разработана программа и получено Свидетельство о государственной регистрации № 2016614834 [3]. Возможно широкое практическое использование предложенной технологии интеграции на других программных продуктах.

Список литературы

1. Решетников, И. С. Стандарты и технологии интеграции производственных информационных систем / И. С. Решетников, А. П. Козлецов // Информац. технологии в проектировании и производстве. – 2010. – № 2. – С. 24 – 30.

2. Интеграция CAPP, PDM, ERP систем в единое информационное пространство производственного предприятия / Ю.В. Полянсков [и др.] // Изв. Самар. науч. центра Росс. акад. наук. – 2013. – Т. 15, № 4 (3). – С. 628 – 633.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016614834. Программа динамической перегрузки конструкторско-технологической информации из программы «T-Flex DOCs» в программу «1С:Управление производственным предприятием» /С. Б. Жилина, Н. В. Капитанов, И. А. Кочедыкова, А. А. Тимохин; правообладатель ОАО «Арзамасское научно-производственное предприятие «ТЕМП-АВИА». – № 2016611905; заявл. 09.03.2016 ; зарег. 05.05.2016.

References

1. Reshetnikov I.S., Kozletsov A.P. [Standards and technologies of the integration of production information systems], *Informatsionnye tekhnologii v proektirovanii i proizvodstve* [Information technology of CAD/CAM/CAE], 2010, no. 2, pp. 24-30. (In Russ., abstract in Eng.)

2. Polyanskov Yu.V., Kondrat'eva A.S., Chernikov M.S., Blyumenshtein A.A. [Integration of CAPP, PDM, ERP-systems in the common information space of manufacturing enterprise], *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2013, vol. 15, no. 4 (3), pp. 628-633. (In Russ., abstract in Eng.)

3. Zhilina S.B., Kapitanov N.V., Kochedykova I.A., Timokhin A.A. JSC “Arzamas research and production enterprise “TEMP-AVIA”, *Programma dinamicheskoi peregruzki konstruktorsko-tekhnologicheskoi informatsii iz programmy “T-Flex DOCs” v programmu “1S:Upravlenie proizvodstvennym predpriyatiem”* [The program is a dynamic overload of design and technological information from the program “T-Flex DOCs” in the program “1С: Manufacturing Enterprise Management”], Russian Federation, 2016, Certificate of state registration of the computer 2016614834. (In Russ.)

Model and Technology of Information Systems Integration

**S. B. Zhilina, N. V. Kapitanov, I. A. Kochedykova,
A. A. Timokhin, N. P. Yampurin**

*Arzamas Research and Production Enterprise
“Temp-Avia”, Arzamas, Russia;
Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University,
Arzamas, Russia*

Keywords: information systems; regulatory and reference information; system integration.

Abstract: The paper describes a model of providing information interaction of developers, designers and engineers with specialists of production units of instrument-making research and production enterprise with a low production volume. We propose algorithms for uploading and downloading of data under PDM-system control in a through business process of production design of parts, making changes in the design and technological documentation and bringing these changes to the production units.

© С. Б. Жилина, Н. В. Капитанов, И. А. Кочедыкова,
А. А. Тимохин, Н. П. Ямпурин, 2017