

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Ю.В. Донецкая, О.В. Кузнецова, А.Ю. Кузнецов

**ПРИМЕНЕНИЕ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ  
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ  
ПРИ СКВОЗНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ  
В ЗАЩИЩЕННОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЕ**

**Учебное пособие**



УНИВЕРСИТЕТ ИТМО

Санкт-Петербург

2019

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Ю.В. Донецкая, О.В. Кузнецова, А.Ю. Кузнецов**

**ПРИМЕНЕНИЕ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ  
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДАННЫМИ  
ПРИ СКВОЗНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ  
В ЗАЩИЩЕННОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЕ**

**РЕКОМЕНДОВАНО К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В УНИВЕРСИТЕТЕ ИТМО**

**по направлениям подготовки**

**11.03.03 и 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств»**

**в качестве учебного пособия для реализации основных профессиональных  
образовательных программ высшего образования**

**бакалавриата и магистратуры**



**Санкт-Петербург**

**2019**

УДК 004.9; 004.932; 004.05

Донецкая Ю.В., Кузнецова О.В., Кузнецов А.Ю. Применение CALS-технологий для управления данными при сквозном проектировании в защищенной интегрированной среде. – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 76 с.

Рецензент – Коробейников А.Г., д.т.н., профессор

Учебное пособие содержит теоретический материал, посвященный организации и применению CALS-технологий для реализации процессов управления данными об изделии на всех этапах его жизненного цикла в интегрированной информационной среде предприятия. Рассмотрены особенности реализации основных процессов управления данными об изделии, к которым относятся: управление проектами; управление разработкой и проектированием; электронный документооборот; управление производством; управление внесением изменений и управление конфигурациями.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям 11.03.03 и 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств».



**Университет ИТМО** – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО является участником программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО заключается в становлении исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2019

© Ю.В. Донецкая, О.В. Кузнецова, А.Ю. Кузнецов

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....  | 4  |
| 1. ГЛАВА 1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....                     | 8  |
| 1.1 Содержание вопроса и основные понятия.....                       | 8  |
| 1.2 Основные аспекты сквозного проектирования.....                   | 9  |
| 1.3 Модель CALS.....   | 10 |
| 1.4 Стандарты в области CALS.....                                    | 15 |
| ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ.....  | 19 |
| 2. ГЛАВА 2 ПОСТРОЕНИЕ ЗАЩИЩЕННОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ.....          | 21 |
| 2.1 Реализация интегрированной среды с применением CALS.....         | 21 |
| 2.2 Представление данных в интегрированной среде.....                | 25 |
| 2.3 Защита данных в интегрированной среде.....                       | 45 |
| 2.4 Моделирование, анализ и реинжиниринг процессов.....              | 47 |
| ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ.....  | 48 |
| 3. ГЛАВА 3 УПРАВЛЕНИЕ СКВОЗНЫМ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ.....                  | 50 |
| 3.1 Управление проектами в интегрированной среде.....                | 50 |
| 3.2 Организация базы данных комплектующих изделий.....               | 51 |
| в интегрированной среде.....   | 51 |
| 3.3 Проектирование изделий в интегрированной среде.....              | 55 |
| 3.4 Организация электронного документооборота и его особенности..... | 59 |
| ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ.....  | 60 |
| 4. ГЛАВА 4 ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЯМИ.....                | 62 |
| 4.1 Особенности процедур управления конфигурациями.....              | 62 |
| 4.2 Управление конфигурациями в интегрированной среде.....           | 62 |
| 4.3 Управление производством в интегрированной среде.....            | 68 |
| 4.4 Управление внесением изменений в интегрированной среде.....      | 70 |
| ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ.....  | 72 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....  | 73 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....   | 74 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Разработка и производство современного изделия приборостроения являются достаточно трудоемкими процессами, требующими согласованной работы всех подразделений предприятия, а также и самих предприятий. При этом подразумевается строгое соблюдение сроков выполнения заказов и ужесточение контроля качества поставляемой продукции. Для обеспечения этого применяется технология информационной поддержки этапов жизненного цикла промышленных изделий, называемая CALS-технологией.

Она позволяет предоставлять необходимую информацию об изделии в нужное время, в нужном виде, в конкретном месте любому из участников его жизненного цикла. Для этого выполняется структурирование и моделирование данных об изделии и процессах; обеспечение эффективного управления и обмена ими между всеми участниками жизненного цикла изделия; создание и сопровождение документации, необходимой для поддержки всех этапов жизненного цикла изделия [1].

Структурирование и моделирование данных предполагает формирование состава изделия в виде его электронной структуры на всех этапах жизненного цикла, включая управление данными о комплектующих изделиях, для чего применяются различные методы и средства.

Эффективное управление подразумевает улучшение качества изделий; сокращение материальных и временных затрат на их проектирование и изготовление; снижение затрат на эксплуатацию. Первое предполагает более полный учет имеющихся данных при проектировании и принятии управленческих решений на основе внедрения новых подходов, обеспечивающих взаимодействие между участниками жизненного цикла. Второе – применение методов модульного проектирования, при котором модулем является отдельная составная часть изделия, характеризующаяся определенным вариантом комплектации, для создания структуры, содержащей все возможные варианты его комплектации. Выбор же конкретной из них выполняется на основе так называемых вариативных опций, задающих связи между различными модулями. Третье предполагает реализацию функций интегрированной логистической поддержки, при которой прорабатываются механизмы взаимодействия между предприятиями [2, 3].

Кроме этого, на предприятиях выполняются разработки различных видов конструкторской и технологической документации; фиксируются

данные о качестве изделий; ведется учет замечаний и фактов отказов на любых этапах их жизненных циклов.

Решение указанных задач обеспечивается внедрением на предприятиях совокупности бизнес-процессов, реализуемых средствами различных систем управления, образующих интегрированную среду, аспектам создания и особенностям реализаций которых и посвящено настоящее пособие.

Учебное пособие предназначено для использования при изучении дисциплин: «Сквозное проектирование программно-аппаратных средств», «Технологии поддержки этапов жизненного цикла изделия», «Основы конструирования средств защиты информации», «Специализированные системы автоматизированного проектирования», «Конструирование средств защиты информации», а также в качестве дополнительного материала при изучении дисциплин: «Надежность и испытания средств защиты информации», «Схемотехническое проектирование средств защиты информации», «Конструкторско-технологические базы данных при проектировании средств защиты информации» в рамках подготовки бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств». Материал пособия рекомендуется использовать при изучении дисциплины «Управление конфигурациями электронных средств при разработке в защищенной интегрированной среде» в рамках подготовки магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств», а также в качестве дополнительного источника знаний при изучении дисциплины «Введение в цифровую культуру» из блока «Цифровая культура», дисциплины «Интернет вещей» из блока «Цифровая культура в профессиональной деятельности» и дисциплины «Дизайн вещей будущего» из блока «Элективный модуль по группе направлений» в рамках подготовки бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств».

Материал пособия направлен на формирование профессиональных компетенций будущих специалистов и изложен в четырех главах. В первой главе представлены основные положения и определения, включая модель CALS-технологий, отражающую особенности их реализации промышленными предприятиями. Приведен обзор нормативных документов.

Вторая глава посвящена построению защищенной интегрированной среды. Приведен анализ способов реализации интегрированной среды на основе CALS-технологий. Перечислены основные объекты, используемые для представления данных, описаны особенности организации доступа к ним. Полученные результаты обобщены в модели «как есть» As-Is, что позволяет определить автоматизируемые процессы управления данными об изделии, а также порядок их взаимодействия между собой. Результатом является создание модели «как должно быть» To-Be.

В третьей главе представлены особенности реализации управления сквозным проектированием. Описана процедура управления проектами на основе вариантов применения различных видов систем управления; указаны особенности реализации ведения базы данных покупных комплектующих изделий, процесса разработки и проектирования, процедуры электронного документооборота.

Четвертая глава посвящена реализации управления конфигурациями. Рассмотрена организация процесса управления конфигурациями, включающего процесс управления производством и процедуру управления внесением изменений.

Кроме описанного теоретического материала в конце каждой главы приведены задания для проверки, которые могут использоваться, по усмотрению преподавателей, в качестве заданий на лабораторные работы или курсовые проекты.

Задания к главам 1 и 2 разработаны для программы бакалавриата. Студенты выполняют лабораторные работы самостоятельно. Полученные при этом результаты оформляются в отчеты, подлежащие защите в течение семестра, но не позднее зачетной недели.

Задания к главам 3 и 4 разработаны для программ бакалавриата и магистратуры, отличающиеся перечнем задач для курсового проекта, подлежащих разработке. Студенты бакалавриата выполняют задания самостоятельно, а студенты магистратуры – в группах по 2-3 человека или самостоятельно. Результаты курсового проекта оформляются в виде отчета, который защищается всеми участниками группы в конце семестра, но не позднее зачетной недели. Студенты программы магистратуры защищают не только отчет, но и макет электронного изделия.

В результате освоения материалов пособия выпускник программы подготовки бакалавриата способен:

- осуществлять концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем среднего и крупного масштаба и сложности;
- управлять жизненным циклом программного обеспечения и систем различного назначения;
- разработать комплект конструкторской и технической документации на средство защиты информации;
- проводить испытания и измерения средств защиты информации.

Материалы пособия могут использоваться выпускником программы подготовки магистратуры для формирования способности:

- осуществлять математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных средств и систем с целью оптимизации (улучшения) их параметров;
- формировать новые направления и определять сферы применения результатов научных исследований и опытно-конструкторских разработок;
- разрабатывать схемы с использованием средств компьютерного проектирования и проведением проектных расчетов, а также разрабатывать конструкторскую и технологическую документацию.

# ГЛАВА 1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

## 1.1 Содержание вопроса и основные понятия

Итак, CALS-технологии обеспечиваются интегрированной средой на основе разработки общих бизнес-процессов, формировании четких правил хранения и передачи данных, а также использовании общей терминологии.

В общем случае она образуется совокупностью систем управления данными (PDM – Product Data Management), систем управления ресурсами предприятия (ERP – Enterprise Resource Planning), систем управления производством (MES – Manufacturing Execution System), а также систем управления качеством (EAM – Enterprise Asset Management). Также в ее состав входят электротехнические САПР и САПР сквозного проектирования, что позволяет организовать управление данными на всех этапах жизненного цикла изделия.

Прежде всего, отметим, что предприятия используют интегрированные среды для контроля информации об изделии. Это позволяет управлять данными и делать их доступными для инженерных, обеспечивающих и производственных подразделений. Кроме этого, способствует повышению производительности труда сотрудников, улучшению качества готового изделия, уменьшению его себестоимости и ускорению вывода на рынок или передачи заказчику.

Известно, что для разработки и производства качественных изделий необходимы, в том числе, достоверные и актуальные данные. Частично здесь требуется получение знаний об актуальной, в текущий момент времени, версии данных, и о том, что именно было передано в производство. Кроме этого, необходима реализация информационной безопасности, поскольку данные об изделии являются интеллектуальной собственностью предприятия, утечка которых влияет на его конкурентные преимущества.

Другое преимущество использования интегрированных сред заключается в возможности быстрого поиска и доступности инженерных данных для всех заинтересованных сотрудников предприятия, поскольку информация о конкретном изделии становится доступной для определенного круга лиц. При этом организуется обмен данными об изделии в процессе его проектирования и изготовления, что позволяет управлять закупками; отслеживать выполнение договорных обязательств; вести контроль состояния и распределения ресурсов; выполнять

оперативное планирование и диспетчеризацию производства; осуществлять сбор и хранение данных о качестве продукции и пр. [4, 5]

Таким образом, обеспечивается накопление и применение информации об изделии на всех этапах его жизненного цикла, что возможно, в том числе, при использовании понятия сквозного проектирования.

## **1.2 Основные аспекты сквозного проектирования**

В самом общем случае термин «сквозное проектирование» предполагает, что разработка и подготовка производства изделия выполняются в единой среде. То есть необходима новая организация взаимодействия сотрудников тематических, конструкторских и технологических подразделений, которая позволила бы одному из них максимально полно использовать результаты работы другого. При этом для облегчения понимания дальнейших пояснений отметим, что тематическое подразделение выполняет работы по разработке и корректировке схем и перечней элементов, а также комплектов программной документации. В свою очередь, конструкторское подразделение – работы по проектированию печатных плат приборов и моделированию конструкции самих приборов. А технологическое подразделение выполняет работы по разработке карт технологических процессов, созданию программ для станков с программным управлением. Тогда в большинстве случаев работа над проектом организована следующим образом [6, 7].

Сотрудники тематических подразделений разрабатывают принципиальные электрические схемы и перечни элементов приборов; оформляют технические задания и передают в конструкторские подразделения. На основе переданных материалов выполняется разводка печатных плат с использованием файлов схем в качестве справки. При этом комплект документов на печатную плату представляет так называемые данные проектирования, спецификацию и сборочный чертеж.

Затем на основе информации о габаритах печатной платы формируются модели деталей и сборочных единиц, а также чертежи и спецификации. Весь комплект документации подлежит согласованию, утверждению и сдаче в архив; после чего по необходимости передается в технологическое подразделение, где ведется подготовка производства.

При этом необходимо решать вопросы своевременного уведомления всех участников процесса проектирования о вносимых в проект изменениях.

Также требуется проверять, какие именно версии документации переданы в технологическое подразделение. А если на предприятии ведется разработка трехмерных моделей деталей и сборочных единиц, то необходимо отслеживать, по какой именно версии модели работают сотрудники.

Для решения, в том числе, указанных задач на предприятиях внедряются CALS-технологии [8, 9].

### 1.3 Модель CALS

Прежде всего, отметим, что реализация CALS-технологий уникальна для каждого предприятия и заключается в создании интегрированной среды управления данными на тех этапах или стадиях жизненного цикла изделия, на которых организована деятельность конкретного предприятия (рисунок 1). В самом общем случае жизненный цикл включает взаимодействие с заказчиком, разработку, подготовку производства, производство, эксплуатацию, ремонт и утилизацию [7, 10].

Стадия взаимодействия с заказчиком реализует процедуры анализа и заключения договоров на разработку или поставку продукции, а также учет поступлений рекламаций от заказчиков. С точки зрения вопросов, обсуждаемых в настоящем пособии, это означает регистрацию в интегрированной среде номеров договоров; заказчиков работ; сроков, этапов и объемов их выполнения. Кроме этого, указываются номера всех дополнений и данные о соисполнителях, такие как наименование; номера договоров; сроки выполнения и объемы работ.

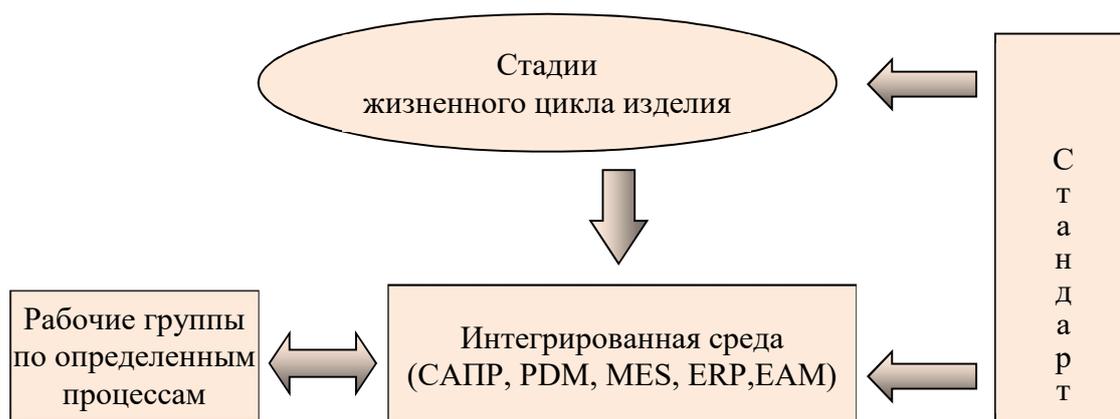


Рисунок 1 – Модель CALS-технологий

Для каждого этапа в рамках договора в ERP системе регистрируется номер заказа, используемый при планировании работ подразделений на

стадии разработки. Их содержание соответствует оперативным графикам работ, формируемым для выполнения того или иного этапа договора, и техническим заданиям, которые выдаются от одного подразделения в другое, что является основанием для проектирования изделия.

При этом сотрудниками тематических и конструкторских подразделений выполняется совместная разработка рабочей конструкторской и программной документации, которая в дальнейшем передается на комплектное согласование, утверждение и сдачу в архив. После этого она становится доступной для применения при подготовке производства и производстве.

Стадия подготовки производства характеризуется формированием заявки на запуск производства, устанавливающей сроки и объемы разработки технологической документации и закупки комплектующих изделий. Также, при необходимости, заключаются договоры на поставку сборочных единиц. На основании совокупности получаемых данных определяются сроки и объемы производства; ведется выполнение запланированных работ, в процессе чего на конструкторскую документацию могут быть записаны замечания.

При этом разрабатываются и сдаются в архив комплекты технологической документации, которые должны соответствовать изменениям конструкторской документации. Они содержат карты технологических (в том числе типовых) процессов, технологические инструкции, комплекты чертежей на оснастку и ведомости. Карты процессов и ведомости подлежат обязательной разработке, остальные же документы разрабатываются при необходимости.

Таким образом, изготовление деталей и сборочных единиц выполняется при наличии соответствующих комплектов конструкторской и технологической документации, включая, при необходимости, электронные трехмерные модели. Здесь нужно отметить, что производство любой сборочной единицы, входящей в состав изделия, будет начато только тогда, когда будут закуплены все необходимые комплектующие и изготовлены требуемые детали и/или сборочные единицы. После завершения производства продукция подвергается ряду испытаний, при положительных результатах которых она передается заказчику в эксплуатацию.

В процессе эксплуатации предприятие может получать от заказчика рекламации, т.е. уведомления о неисправной работе продукции. Все поступающие рекламации рассматриваются; выявляются причины

возникновения неисправностей, принимаются решения для их устранения. Ремонт продукции заключается в замене отказавшей составной части, чему может предшествовать корректировка конструкторской и технологической документации. После выполнения указанной процедуры продукция передается заказчику и эксплуатируется до возникновения следующей неисправности или до ее утилизации.

Здесь очевидно, что на каждом этапе жизненного цикла изделия формируется большой объем данных, представляемый преимущественно в бумажном виде. При этом разработка документации и проектирование изделий выполняется средствами современных САПР и редакторов, однако большое место занимает бумажный документооборот, в то время как электронные носители хранятся лишь на рабочих местах авторов. Это создает естественные сложности для поиска, обработки и анализа информации, что обуславливает необходимость ее хранения и обращения в электронном виде и создает предпосылки для построения на предприятиях интегрированных сред, образуемых совокупностью таких систем, как PDM, MES, ERP и EAM.

Впервые PDM-системы были разработаны в 80х – 90х годах [11] для обеспечения эффективной работы сотрудников тематических и конструкторских подразделений над одним заказом. Для этого требовалось дополнительное программное средство, отслеживающее состав файлов, генерируемых средствами САПР; каталогов стандартных, прочих изделий и материалов. Также требовалось обеспечить непротиворечивость и актуальность информации. В результате было реализовано прямое взаимодействие PDM с конструкторской САПР, включающее встроенную систему управления базами данных и генератор спецификаций.

К середине 90х годов потребовалось расширение управляемых процессов и дополнение их функционалом управления технологической документацией. Это позволило обеспечивать управление каждым этапом жизненного цикла изделия, включающим разработку, подготовку производства и непосредственно производство.

Дальнейшее развитие PDM-систем было связано с необходимостью формирования и управления полным электронным описанием изделий, подразумевающее управление всеми его информационными потоками; контроль структур изделий и жизненных циклов; контроль версий и итераций объектов системы; управление потоками работ каждого

пользователя. При этом изменились подходы к определению источников и приемников информации об изделии.

К концу 90х годов появились новые задачи, связанные с электронной коммерцией. Стало очевидно, что успех предприятия зависит не просто от способности передать заказчику новое изделие или его модификацию, а от способности быстро перестроить свой производственный процесс. Большую популярность приобрели технологии «бережливого производства», подразумевающие изменения на всех этапах жизненного цикла от взаимодействия с заказчиком до производства. Однако эти изменения невозможно провести без дополнения информации об изделии, содержащейся в PDM-системе, данными об организации взаимодействия с заказчиками и контрагентами, результатами контроля качества; организации планирования работ; управлением производством, закупками комплектующих изделий и складским учетом, которые реализуются средствами ERP и MES-систем [12].

Отметим, что средствами MES реализуется контроль состояния и распределение ресурсов; диспетчеризация производства; сбор и хранение данных; оперативное и детальное планирование. В свою очередь, ERP являются развитием систем планирования производственных ресурсов (Manufacturing Requirement Planning II – MRP II), а они, в свою очередь, – развитием систем планирования потребностей в материалах (MRP).

Системы получили распространение в 70х годах в связи с увеличением производительности персональных компьютеров, что позволило организовать управление данными об изделии, содержащем сведения о количестве материалов, необходимых для планирования производственного процесса. Их дальнейшее развитие в 80х годах обусловлено развитием локальных сетей передачи данных, увеличением возможностей обработки данных [3, 13–15]. Это позволяет принимать решения с использованием всей информации от подразделений предприятия и интегрировать их таким образом, чтобы результаты, полученные одними сотрудниками, учитывались другими.

В настоящее время они позволяют рассчитывать объемы материалов и времени в тот момент, когда они требуются сотрудникам, участвующим в работах. Как правило, предприятия занимаются реализацией своих изделий постоянным заказчикам, а также и тем из них, которые приобретают продукцию лишь время от времени [3]. При этом возникает задача фиксации значений параметров изделий, характеризующих их качество, учета отказов

и их причин, для чего в состав интегрированной среды включаются системы ЕАМ.

Таким образом, интегрированная среда позволяет сотрудникам предприятия своевременно получать актуальные данные, необходимые для выполнения работы. Для этого, в общем случае, внедряются такие бизнес-процессы как: управление проектами, управление данными об изделии, управление качеством, управление внесением изменений и управление конфигурациями, которые позволяют организовать обмен данными об изделии с поставщиками, контрагентами и сотрудниками подразделений предприятия.

В зависимости от того, на каких этапах жизненного цикла изделия реализуется деятельность предприятия, указанные бизнес-процессы имеют различную реализацию.

Так, управление проектами подразумевает управление данными о договорах, заключаемых с заказчиками и контрагентами продукции; оформление, согласование и утверждение графиков работ; оформление, согласование и утверждение заявок на запуск производства; оформление, согласование и утверждение актов о выполненных работах. Управление данными об изделии включает такие процедуры, как оформление, согласование и утверждение конструкторских, программных и, при необходимости, технологических документов; формирование электронной структуры изделия на стадиях разработки, и, при необходимости, подготовки производства; формирование и изменение структуры экземпляра изделия на стадиях производства, эксплуатации и ремонта. Управление внесением изменений предполагает реализацию процедур записи замечаний на документацию и формулировок решений; процедуры отработки замечаний. Управление качеством включает ввод и контроль параметров изделия и его составных частей, влияющих на качество; ввод и принятие решений по отказам изделий на этапе эксплуатации. Поскольку решения, принятые по отказам изделий, могут являться основанием для корректировки документации, то процесс управления качеством должен быть связан с процессом управления внесением изменений в части процедуры отработки замечаний.

В свою очередь, управление конфигурациями изделий включает процессы управления данными об изделии (данные о конфигурации) на всех стадиях разработки; управления внесением изменений с регистрацией замечаний производства, снабжения, подготовки производства, а также

управлением замены составных частей экземпляра изделия по факту его отказа на объекте; формирования структуры экземпляра изделия.

Каждый из них характеризуется процессами управления, определяемыми деятельностью предприятия, и содержат перечень общих положений. Они реализуются в соответствии с действующими стандартами, такими как ГОСТ и ОСТ, а также нормативными документами того предприятия, на котором создается интегрированная система.

Прежде всего, ГОСТ определяют общие принципы организации тех или иных процессов управления, которые и являются основой для создания САПР и систем управления. Следовательно, основу каждой системы составляют общие нормативные положения, а отличия заключаются лишь в специфике их интерпретации, что позволяет предприятиям выбирать определенные системы в соответствии с поставленными целями и задачами.

В свою очередь, нормативные документы предприятия отражают ту реализацию ГОСТ, которая принята на конкретном предприятии, что и обеспечивает управление стадиями жизненного цикла разрабатываемых им изделий. Таким образом, построение интегрированной среды заключается в настройке бизнес-процессов и разработке механизмов интеграции выбранных PDM, MES и/или ERP, EAM по требованиям конкретного предприятия [16]. Очевидно, что при этом будут изменяться и разрабатываться новые нормативные документы, регламентирующие новую организацию бизнес-процессов.

При этом построение того или иного из них в интегрированной среде должно выполняться при непосредственном участии рабочей группы, образованной из представителей подразделений-участников заданного бизнес-процесса, представителей службы информационных технологий предприятия и, при необходимости, компании-интегратора. Рекомендуется создавать рабочие группы, состоящие из сотрудников, непосредственно выполняющих те или иные операции этапах жизненного цикла изделия.

#### **1.4 Стандарты в области CALS**

Основные результаты в области CALS достигнуты в США, где было разработано несколько стандартов. Первым из них является стандарт ISO 10303 STEP. В нем определен «нейтральный» формат представления данных об изделии для описания конкретного его экземпляра в виде

информационной модели на основе типовых блоков с использованием специализированного языка EXPRESS.

Стандарт ISO 10303 STEP состоит из восьми разделов:

- основные положения;
- методы описания;
- обзор интегрированных ресурсов;
- прикладные протоколы;
- методы реализации;
- структура и методология проверки на совместимость;
- набор стандартных тестов;
- элементы для конкретных приложений.

Он имеет отечественные аналоги в виде нескольких частей ГОСТ Р ИСО 10303.

ГОСТ Р ИСО 10303-1-99 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 1. Общие представления и основополагающие принципы.

ГОСТ Р ИСО 10303-11-2009 и ГОСТ Р ИСО 10303-12-2000 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 11. Методы описания. Справочное руководство по языку EXPRESS и языку EXPRESS-I соответственно.

ГОСТ Р ИСО 10303-21-2002 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 21. Методы реализации. Кодирование открытым текстом структуры обмена.

ГОСТ Р ИСО 10303-22-2002 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 22. Методы реализации. Стандартный интерфейс доступа к данным.

ГОСТ Р ИСО 10303-41-99 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 41. Интегрированные обобщенные ресурсы. Основы описания и поддержки изделий.

ГОСТ Р ИСО 10303-43-2002 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 43. Интегрированные обобщенные ресурсы. Структуры представлений.

ГОСТ Р ИСО 10303-44-2002 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.

Часть 44. Интегрированные обобщенные ресурсы. Конфигурация структуры изделия.

ГОСТ Р ИСО 10303-46-2002 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.

Часть 46. Интегрированные обобщенные ресурсы. Визуальное представление.

ГОСТ Р ИСО 10303-49-2003 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными.

Часть 49. Интегрированные обобщенные ресурсы. Структура и свойства процесса.

Следующим стандартом является ISO 13584 Parts Library (PLIB), регламентирующий представление и обмен доступными для компьютерной интерпретации данными о поставляемых компонентах и комплектующих изделиях. Он предназначен для описания классов продукции: материалов, стандартных и прочих изделий, библиотек данных о комплектующих изделиях от конкретных поставщиков.

Стандарт ISO 13584 PLIB состоит из семи разделов:

- обзор и основополагающие принципы;
- концептуальная модель библиотеки продукции;
- интегрированные ресурсы;
- логическая модель библиотеки поставщика;
- данные о поставщике;
- программный интерфейс;
- методология структуризации классов продукции.

Другим стандартом является ISO 15531 MANDATE, который регламентирует вопросы представления производственных данных. Здесь определены формы представления и методы использования информации о производстве; используемых ресурсах и их характеристиках.

Стандарт ISO 15531 MANDATE состоит из трех разделов:

- представление производственных данных для внешнего обмена;
- данные для управления использованием производственных ресурсов;
- данные для управления производственными потоками.

Спецификация AECMA SPEC 1000D или S1000D разработана достаточно недавно в Европейском Союзе ассоциацией аэрокосмической промышленности. Документ регламентирует технологию подготовки текстовой технической документации на основе модулей данных –

логически завершенных частей документов. Первоначально он применялся только в авиационной отрасли, но постепенно был распространен и на другие отрасли.

Следует отметить, что спецификация определяет создание единой базы данных предприятия для хранения модулей данных, являющихся исходной информацией для формирования технической документации, в том числе и для интерактивных технических руководств. Его основные идеи состоят в том, что разработка одного документа распределяется между несколькими исполнителями, каждый из которых вводит только основной текст модуля, не заботясь о его оформлении. Правила же оформления представлены шаблонами, которые «накладываются» на конкретные виды документов и являются едиными как для всех подразделений предприятия, так и для нескольких предприятий, работающих над одним заказом.

Стандарт FIPS 183 регламентирует порядок и правила функционального моделирования бизнес-процессов на основе методологии IDEF0. Определяет требования к графическому языку отображения функциональных моделей, его синтаксис и семантику, что позволяет описывать реализацию процессов в интегрированной среде так, чтобы предлагаемые решения однозначно понимались всеми участниками соответствующих рабочих групп.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

Задания для студентов программы бакалавриата

1. Перечислите этапы жизненного цикла электронного изделия, если на предприятии осуществляются следующие виды деятельности:
  - ✓ разработка, производство и сервисное обслуживание продукции;
  - ✓ разработка и производство продукции;
  - ✓ сервисное обслуживание продукции.

Для каждого этапа жизненного цикла изделия требуется пояснить его суть.

2. Выполнить задание №1 для случая, когда предприятие состоит из нескольких самостоятельных заводов, каждый из которых осуществляет только один вид деятельности: разработку, производство или сервисное обслуживание продукции.
3. Перечислите виды документации, которые должны быть разработаны сотрудниками заводов, входящих в состав предприятия и осуществляющих следующие виды деятельности:
  - ✓ разработка, производство и сервисное обслуживание продукции;
  - ✓ разработка и производство продукции;
  - ✓ сервисное обслуживание продукции.

Вид продукции определяется преподавателем, проводящим лабораторные работы.

4. Выполнить задание №3 для случая, когда одно предприятие осуществляет разработку, производство и сервисное обслуживание продукции.  
Вид продукции определяется преподавателем, проводящим лабораторные работы.
5. Перечислите этапы жизненного цикла изделия, на которых могут быть определены параметры, значения которых фиксируются при испытаниях. Обоснуйте свою точку зрения.

6. Перечислите этапы жизненного цикла изделия, на которых могут быть определены параметры, фиксация и анализ значений которых позволяет сделать вывод о надежности продукции. Обоснуйте свою точку зрения.

#### Задания для студентов программы магистратуры

1. Перечислите этапы жизненного цикла изделия, на которых могут быть определены параметры, фиксирование и анализ значений которых позволяет управлять качеством электронных изделий. Обоснуйте свою точку зрения.
2. Перечислите виды документации, содержащей параметры, анализ значений которых позволяет управлять качеством продукции. Обоснуйте свою точку зрения.
3. Опишите, каким образом информации из интегрированной среде, может быть использована для определения сфер применения результатов опытно-конструкторских работ. Обоснуйте свою точку зрения.
4. Опишите, каким образом информации из интегрированной среде, может быть использована для определения новых направлений применения результатов опытно-конструкторских работ. Обоснуйте свою точку зрения.

## ГЛАВА 2 ПОСТРОЕНИЕ ЗАЩИЩЕННОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ

### 2.1 Реализация интегрированной среды с применением CALS

Выполненный анализ модели CALS и аспектов сквозного проектирования позволил определить перечень ключевых процессов, реализуемых на стадиях жизненного цикла изделия, как представлено на рисунке 2. Здесь наибольший интерес представляют те из них, что обеспечивают управление данными об изделии, совокупность которых является его электронным описанием. Следовательно, каждый такой процесс будем называть процессом формирования компонентов электронного описания изделия (КЭОИ).

В общем случае полный их перечень включает в себя следующие процессы:

- регистрация договоров с заказчиками и дополнений к ним;
- регистрация заявок на выполнение работ;
- регистрация данных о заказчиках;
- регистрация договоров с контрагентами;
- регистрация данных о контрагентах;
- разработка и изменение оперативных графиков работ;
- ведение базы данных стандартных, прочих изделий и материалов;
- управление проектированием и модификацией изделий;
- корректировка данных об изделии в соответствии с решениями по замечаниям;
- организация комплектного согласования, утверждения и сдачи в архив документации;
- ведение склада продукции контрагентов;
- регистрация замечаний на конструкторскую документацию в процессе закупок;
- разработка и изменение заявок на запуск производства;
- проведение технологической подготовки производства;
- регистрация замечаний на конструкторскую документацию в процессе технологической подготовке производства;
- контроль и результаты движения деталей и сборочных единиц по цехам производства;
- регистрация замечаний на конструкторскую и технологическую документацию в процессе производства;

- регистрация результатов предъявления продукции на контроль;
- ведение склада деталей и сборочных единиц;
- ведение склада готовой продукции;
- регистрация контроля качества продукции контрагентов;
- регистрация контроля качества выпускаемой продукции;
- регистрация замечаний на конструкторскую и программную документацию в процессе испытаний продукции;
- регистрация рекламаций от заказчика;
- регистрация рекламаций на продукцию контрагентов;
- регистрация отказов продукции;
- регистрация исследований отказов продукции;
- регистрация замен отказавшей продукции и ее составных частей;
- ведение склада бракованной продукции.

Перечисленные процессы характеризуются схожими функциями, что позволяет объединять их в общие блоки, которые будем называть функциональными модулями интегрированной среды, которые распределены по этапам жизненного цикла изделия [17, 18].

В таблице 2 приведено распределение процессов формирования КЭОИ по функциональным модулям интегрированной среды.

Таблица 2 – Распределение процессов по функциональным модулям

| № | Функциональный модуль       | Процессы формирования КЭОИ   |
|---|-----------------------------|--|
| 1 | Взаимодействие с заказчиком | Регистрация договоров с заказчиками с дополнений к ним.                          |
|   |                             | Регистрация заявок на выполнение работ.  |
|   |                             | Регистрация данных о заказчиках.   |
| 2 | Разработка и проектирование | Разработка и изменение оперативных графиков работ.                               |
|   |                             | Ведение базы данных стандартных, прочих изделий и материалов.                    |
|   |                             | Управление проектированием и модификацией изделий.                               |
|   |                             | Корректировка данных об изделии в соответствии с решениями по замечаниям.        |
|   |                             | Организация комплектного согласования, утверждения и сдачи в архив документации. |

| № | Функциональный модуль                   | Процессы формирования КЭОИ  |
|---|---|---|
| 3 | Закупки                                 | Регистрация договоров с контрагентами.  |
|   |   | Регистрация данных о контрагентах.  |
|   |   | Ведение склада продукции контрагентов.  |
|   |   | Регистрация замечаний на конструкторскую документацию в процессе закупок.                                 |
| 4 | Подготовка производства                 | Разработка и изменение заявок на запуск производства.   |
|   |   | Проведение технологической подготовки производства.   |
|   |   | Регистрация замечаний на конструкторскую документацию в процессе технологической подготовке производства. |
| 5 | Производство                            | Контроль и результаты движения деталей и сборочных единиц по цехам производства.                          |
|   |   | Регистрация замечаний на конструкторскую и технологическую документацию в процессе производства.          |
|   |   | Регистрация результатов предъявления продукции на контроль.   |
|   |   | Ведение склада деталей и сборочных единиц.  |
|   |   | Ведение склада готовой продукции.   |
| 6 | Контроль качества продукции             | Регистрация контроля качества продукции контрагентов.   |
|   |   | Регистрация контроля качества выпускаемой продукции.  |
|   |   | Регистрация замечаний на конструкторскую и программную документацию в процессе испытаний продукции.       |
| 7 | Управление несоответствующей продукцией | Регистрация рекламаций от заказчика.  |
|   |   | Регистрация рекламаций на продукцию контрагентов.   |
|   |   | Регистрация отказов продукции.  |
|   |   | Регистрация исследований отказов продукции.   |
|   |   | Регистрация замен отказавшей продукции и ее составных частей.   |
|   |   | Ведение склада бракованной продукции.   |

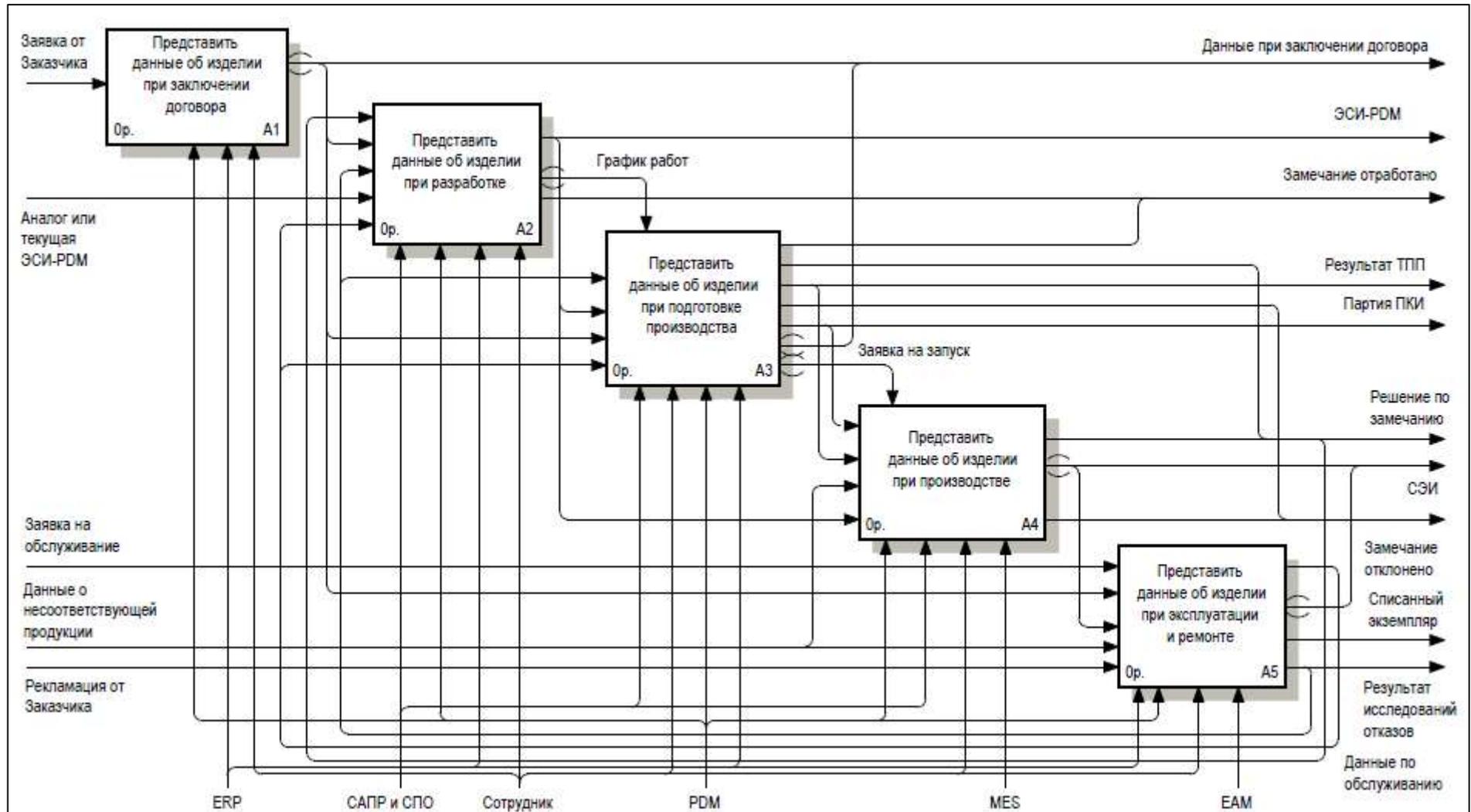


Рисунок 2 – Диаграмма представления данных об изделии на различных этапах жизненного цикла

Представленные процессы функционируют на этапах жизненного цикла изделия, что позволяет рассматривать задачу распределения процессов формирования КЭОИ по функциональным блокам в контексте связи с тем или иным этапом жизненного цикла изделия.

## **2.2 Представление данных в интегрированной среде**

Поскольку электронное описание изделия является совокупностью компонентов, то представим полный их перечень [6].

Документ – объект интегрированной среды, предназначенный для хранения текстовых (конструкторских, программных и технологических) документов на изделие и его составные части.

CAD-Документ – объект интегрированной среды, предназначенный для хранения чертежей и трехмерных моделей, выполненных средствами механических САПР.

ЕСAD-Документ – объект интегрированной среды, предназначенный для хранения схем, выполненных средствами электронных САПР.

Элемент ЭСИ-PDM – объект интегрированной среды, который представляет физический элемент, являющийся изделием по ГОСТ 2.101.

Совокупность объектов «элемент ЭСИ-PDM» образует ЭСИ-PDM (электронную структуру изделия в PDM-системе).

Замечание – объект интегрированной среды, используемый для фиксации любой проблемы, возникающей в процессе подготовки производства, производства и испытаний изделия.

Задание – объект интегрированной среды, содержащий задание на корректировку документации в подразделение (а также непосредственному исполнителю) предприятия в соответствие с замечаниями.

Производственный состав – производный от ЭСИ-PDM объект интегрированной среды, содержащий совокупность составных частей изделия, подлежащих изготовлению в соответствии с заявкой на запуск производства.

Экземпляр изделия – производный от объектов «Производственный состав» или «элемент ЭСИ-PDM» объект интегрированной среды, который содержит всю информацию о передаваемом заказчику экземпляре изделия. Здесь определена информация о том, что именно и в каком составе передано заказчику, содержатся данные обо всех заменах, проведенных в экземпляре изделия по замечаниям заказчика.

Любой из перечисленных объектов характеризуется набором атрибутов (таблица 3) и состояний (таблица 4), позволяющих идентифицировать его в любой момент времени.

Таблица 3 – Атрибуты объектов интегрированной среды

| №                                       | Наименование атрибута   | Обязательность атрибута | Комментарии   |
|---|-------------------------|-------------------------|---------------|
| <i>Общие атрибуты</i>                   |                         |                         |               |
| 1.                                      | Обозначение             | +                       | Уникальный    |
| 2.                                      | Наименование            | +                       | Не уникальный |
| 3.                                      | Вид документа           | +                       | Не уникальный |
| 4.                                      | Версия                  | +                       | Уникальный    |
| 5.                                      | Первичная применяемость | +                       | Уникальный    |
| <i>Сведения о листах и форматах</i>     |                         |                         |               |
| 6.                                      | Формат                  | –                       | Не уникальный |
| 7.                                      | Количество листов       | –                       | Не уникальный |
| 8.                                      | Общее количество листов | –                       | Не уникальный |
| <i>Сведения о подписании документов</i> |                         |                         |               |
| 9.                                      | Проверяющие службы      | +                       | Не уникальный |
| 10.                                     | Согласующие службы      | +                       | Не уникальный |
| 11.                                     | Утверждающие службы     | +                       | Не уникальный |

Таблица 4 – Состояния объектов интегрированной среды

| №  | Состояние    | Объект  | Комментарии  |
|----|--------------|---|--|
| 1. | В разработке | «Документ»,<br>«CAD-Документ»,<br>«ЕСAD-Документ» | В этом состоянии объекты системы могут создаваться, изменяться или удаляться.      |
| 2. | На проверке  | «Документ»,<br>«CAD-Документ»,<br>«ЕСAD-Документ» | Оно подразумевает возможность просмотра любого из перечисленных объектов;          |
| 3. | На доработке | «Документ»,<br>«CAD-Документ»,<br>«ЕСAD-Документ» | При этом автор версии объекта должен иметь возможность его изменения или удаления. |

| №  | Состояние     | Объект  | Комментарии   |
|----|---------------|---|---|
| 4. | Сдано в архив | «Документ»,<br>«САД-Документ»,<br>«ЕСАД-Документ» | Объекты системы могут быть изменены только путем создания новых версий.                               |
| 5. | Аннулирован   | «Документ»,<br>«САД-Документ»,<br>«ЕСАД-Документ» | Нельзя изменять и применять для производства новых и модификации существующих изделий приборостроения |

Так, для объектов «Документ», «САД-Документ» и «ЕСАД-Документ» должны быть определены следующие атрибуты.

*Общие атрибуты – группа атрибутов, содержащая основные атрибуты, однозначно идентифицирующие рассматриваемые объекты:*

– Обозначение (обязательный уникальный атрибут) – является основным идентифицирующим атрибутом в системе. По логике работы системы невозможно загрузить несколько однотипных объектов (например, документов) с одним и тем же обозначением. Однако допускается наличие нескольких видов объектов с одним и тем же значением рассматриваемого атрибута;

– Наименование (обязательный не уникальный атрибут) – состоит из двух частей – наименование изделия и наименование вида документа. Значение соответствует содержанию основной надписи в тексте. Как показывает практика, разделителем двух частей наименования является пробел, а не знак «.»;

– Вид документа (обязательный не уникальный атрибут) – определяет вид документации, загружаемой в интегрированную среду. Обязательность указанного атрибута объясняется тем, что от его значения зависит перечень дополнительных свойств документации (сведения о листах и форматах) и перечень подписей, удостоверяющих подлинность документации в интегрированной системе;

– Версия (обязательный атрибут, уникальность которого определяется конкретным объектом в системе, т.е. один и тот же объект всегда имеет уникальную версию) – определяет номер замены при разработке новой документации и корректировке уже существующей документации. Фактически рассматриваемый атрибут указывает, сколько замен было проведено. Практика показывает, что атрибут версия является составным атрибутом, состоящим из двух частей, которые разделены знаком «.» . В левой части значения указывается номер текущей замены документации, в правой

его части – номер изменения текущей версии. Например, значение «4.20» означает, что конкретная документация имеет 4 замену, которая изменялась 20 раз;

– Первичная применяемость (обязательный атрибут, уникальность которого определяется в пределах одной сборочной единицы). Содержит информацию о том, для какой сборочной единицы впервые была разработана заданная документация.

*Сведения о листах и форматах – группа атрибутов, содержащая дополнительные идентификационные данные. В эту группу включаются следующие атрибуты:*

– Формат (необязательный атрибут) – содержит сведения о том, на каких листах разработан конкретный документ. При этом формат листа документа определяется его видом. Необходимо отметить, что один документ может быть разработан на листах различных форматов, поэтому таких атрибутов может быть несколько.

– Количество листов (необязательный атрибут) – содержит сведения о том, из скольких листов конкретного формата состоит заданный документ. Поскольку один документ может быть разработан на листах различных форматов, то количество значений этого атрибута должно соответствовать количеству значений атрибута «Формат».

– Общее количество листов (необязательный атрибут) – содержит суммарное значение всех атрибутов «Количество листов», указываемых для заданного формата листа.

*Сведения о подписании документов – группа атрибутов, содержащих информацию о том, какими службами предприятия должен быть подписан (согласован и утвержден) конкретный документ (эта группа определяется перечнем ролей в системе управления). В соответствии с 1.2, выделяют следующие службы:*

– Проверяющие службы – в самом общем случае, проверяющим является сотрудник того подразделения, в котором велась разработка или корректировка документации.

– Согласующие службы – для каждого вида документации на предприятии определяется перечень согласующих подписей, которые должны быть получены для удостоверения ее подлинности, правильности содержания и возможности использования. Определение ведется в соответствии с требованиями нормативных документов и политикой каждого отдельного предприятия. В общем случае под согласующими службами можно понимать: представителя технологического отдела, разработчика или конструктора, представителя службы надежности, представителя службы метрологии и пр.

- Утверждающие службы – определяет должность утверждающего лица. Аналогично списку согласующих лиц, утверждающие лица определяются внутренними нормативными документами предприятия. Как правило, утверждающим лицом является одно должностное лицо, определяемое в соответствии с видом разрабатываемой документации. В общем случае под утверждающими службами можно понимать начальников секторов и групп, начальников отделов и пр. Кроме указанных служб, каждый документ должен быть предъявлен на проверку в службу нормоконтроля и передан сотрудникам архива. Как правило, они заранее известны, но могут быть внесены в группу атрибутов «Сведения о подписании документов».

Помимо перечисленных групп атрибутов, каждый объект «Документ», «САД-Документ» и «ЕСАД-Документ» идентифицируется набором состояний. Каждое состояние позволяет понять, где в тот или иной момент времени находится конкретный документ.

Для указанных типов объектов выделим следующие состояния [8]:

- В разработке – начальное состояние объектов «Документ», «САД-Документ» или «ЕСАД-Документ». Это состояние характеризует то, что в интегрированной системе создан один из ранее перечисленных объектов, для каждого из которых заданы значения атрибутов и загружен файл содержательной части электронного документа. Отметим, что под содержательной частью понимается файл или группа файлов, которые рассматриваются как единое целое и содержат всю необходимую информацию об изделии или его составных частях. Отметим, что в этом состоянии объекты системы могут создаваться, изменяться или удаляться.

- На проверке – состояние объекта является обобщенным, так как под ним на каждом предприятии может пониматься любое количество состояний, характеризующих объект при прохождении им маршрута согласования. Вместо этого состояния указывается любой перечень других состояний, однозначно определяющих стадию подписания объекта. Оно подразумевает возможность просмотра любого из перечисленных объектов.

- На доработке – состояние определяет, что один из типов объектов направлен на доработку по маршруту согласования. При этом автор версии объекта должен иметь возможность его изменения или удаления.

- Сдано в архив – конечное состояние любого объекта в системе, отражающее тот факт, что объект сдан в архив предприятия и может быть использован для подготовки производства или непосредственно производства изделия или его составных частей. Объекты системы, сданные в архив, могут

быть изменены только путем создания новых версий, то есть изменением объектов через извещения об изменении.

– Аннулирован – состояние документа в системе, отражающее тот факт, что документ не используется для производства и эксплуатации изделия. В этом состоянии для документа не может быть создана новая версия, его нельзя изменять и применять для производства новых и модификации существующих изделий приборостроения.

Набор атрибутов и состояний объекта «элемент ЭСИ-PDM», позволяющих идентифицировать его в любой момент времени представлены в таблицах 5 и 6 соответственно:

– Обозначение (обязательный уникальный атрибут) – значением атрибута является номер изделия, присвоенный в соответствии с единой системой классификации, дополненный, при необходимости, кодом документации на это изделие.

– Наименование (обязательный не уникальный атрибут) – значением атрибута для объекта «элемент ЭСИ-PDM (изделие)» или «элемент ЭСИ-PDM (общие данные)» является наименование изделия или его составной части.

– Версия (обязательный не уникальный атрибут) – значение атрибута необходимо для отслеживания всех изменений, производимых с объектом в системе. Для объекта «элемент ЭСИ-PDM (изделие)» или «элемент ЭСИ-PDM (общие данные)» это значение соответствует количеству изменений, производимых с основной документацией (спецификация или чертеж детали) на составную часть изделия.

– Вид изделия (необязательный атрибут) – значение этому атрибуту присваивается в интегрированной системе для идентификации изделия и всех его составных частей.

– Количество – является так называемым атрибутом связи двух объектов «Деталь» и указывает на то, в каком количестве заданная составная часть изделия включается в состав проектируемого изделия. Следовательно, одно и то же изделие может являться составной частью множества других изделий с указанием различного количества.

– Единицы измерения – принимает значение в соответствии с измеряемыми единицами измерений. Как правило, указывают штуки, метры и т.д. в соответствии с системой измерений.

– Тип (представление) – принимает одно из двух значений: конструктивное, выполняемое на этапе разработки, или технологическое, выполняемое на этапе подготовки производства.

- Дата выдачи ТЗ (необязательный атрибут) – значение этого атрибута заполняется только для объекта «элемент ЭСИ-PDM (изделие)» или «элемент ЭСИ-PDM (общие данные)» и используется при анализе возможности применения конкретного покупного комплектующего изделия (ПКИ) в разработке того или иного изделия и его составных частей. Для объекта «элемент ЭСИ-PDM (ПКИ)» этот атрибут не существует.

- Ограничение по дате выдачи ТЗ или ограничение по ТЗ (необязательный атрибут) – атрибут заполняется для объектов «элемент ЭСИ-PDM (ПКИ)» в том случае, если на ПКИ накладываются ограничения по их использованию в разработках. Иными словами, заполнение атрибута производится в том случае, когда необходимо разрешить использование некоторого элемента для изделий, заключение контракта на проектирование и разработку или выдача ТЗ на разработку которых производилось не позднее указанного в атрибуте срока.

- Ограничение по применению (необязательный атрибут) – значение заполняется при создании или корректировке записи о ПКИ в виде объектов «элемент ЭСИ-PDM». Необходимость этого атрибута обуславливается тем, что в сфере выпуска элементов происходят постоянные изменения – то, что можно было применять при проектировании год назад, сегодня считается устаревшим. Нередки случаи, когда выпуск существующего элемента какой-либо фирмой-производителем вообще прекращается и т.п. В этом случае, применение элемента ограничивается для новых разработок посредством установки ограничителей. В качестве ограничителей могут выступать формулировки вида: устарел, не выпускается и т.п. Эти ограничения и являются значениями рассматриваемого атрибута.

Таблица 5 – Атрибуты объекта «элемент ЭСИ-PDM»

| <b>№</b> | <b>Наименование атрибута</b> | <b>Обязательность атрибута</b> | <b>Комментарии</b>  |
|----------|------------------------------|--------------------------------|---|
| 1.       | Обозначение                  | +                              | Уникальный  |
| 2.       | Наименование                 | +                              | Не уникальный   |
| 3.       | Версия                       | +                              | Уникальный  |
| 4.       | Вид изделия                  | –                              | Не уникальный   |
| 5.       | Количество                   | +                              | Не уникальный.<br>Является атрибутом связи объектов «элемент ЭСИ-PDM» |

| №   | Наименование атрибута         | Обязательность атрибута | Комментарии   |
|-----|-------------------------------|-------------------------|---------------|
| 6.  | Единицы измерения             | +                       | Не уникальный |
| 7.  | Тип (представление)           | +                       | Не уникальный |
| 8.  | Дата выдачи ТЗ                | –                       | Не уникальный |
| 9.  | Ограничение по дате выдачи ТЗ | –                       | Не уникальный |
| 10. | Ограничение по применению     | –                       | Не уникальный |

Таблица 6 – Состояния объекта «элемент ЭСИ-PDM»

| №  | Состояние            | Вид объекта                                      | Комментарии  |
|----|----------------------|--|--|
| 1. | В разработке         | Объект определяет изделие или общие данные.      | Конструкторская, программная или технологическая документация на изделие или его составную часть находится в разработке.   |
| 2. | Спроектирован        | Объект определяет изделие; общие данные или ПКИ. | На изделие или его составную часть разработана вся конструкторская, программная или технологическая документация.          |
| 3. | Аннулирован          | Объект определяет изделие или общие данные.      | Конструкторская, программная или технологическая документация, определяющая изделие или его составную часть, аннулирована. |
| 4. | Литера               | Объект определяет изделие или общие данные.      | На изделие или любую его составную часть, присвоен любой вид литеры.   |
| 5. | Выпуск приостановлен | Объект определяет ПКИ.                           | Выпуск ПКИ прекращен.  |

Для указанных типов объектов выделим следующие состояния [8]:

– В разработке – для объекта «элемент ЭСИ-PDM (изделие)» или «элемент ЭСИ-PDM (общие данные)» означает, что конструкторская, программная или технологическая документация на изделие или его составную часть находится в разработке.

– Спроектирован – для объекта «элемент ЭСИ-PDM (изделие)» или «элемент ЭСИ-PDM (общие данные)» означает, что на изделие или его

составную часть разработана вся конструкторская, программная или технологическая документация. Фактически, оно соответствует присвоению документации состояния «Сдано в архив». Для объекта «элемент ЭСИ-PDM (ПКИ)» значение рассматриваемого атрибута означает возможность использования конкретного ПКИ в разработках предприятия.

– Аннулирован – для объекта «элемент ЭСИ-PDM (изделие)» или «элемент ЭСИ-PDM (общие данные)» означает, что конструкторская, программная или технологическая документация, определяющая изделие или его составную часть, аннулирована. Для объекта «элемент ЭСИ-PDM (ПКИ)» значение рассматриваемого атрибута означает прекращение выпуска конкретного элемента.

– Литера – для объекта «элемент ЭСИ-PDM (изделие)» или «элемент ЭСИ-PDM (общие данные)» означает, что на изделие или любую его составную часть, присвоен любой вид литеры. Перечень литер, которые могут быть присвоены частям, определяется действующей нормативной документацией предприятия.

– Выпуск приостановлен – для объекта «элемент ЭСИ-PDM (ПКИ)» означает, что выпуск конкретного ПКИ прекращен.

Для учета замечаний [19, 20] в интегрированной системе может быть использован объект «Замечание», который также идентифицируется определенным перечнем атрибутов (таблица 7) и состояний (таблица 8).

Таблица 7 – Атрибуты объекта «Замечание»

| №  | Наименование атрибута | Обязательность атрибута | Комментарии   |
|----|-----------------------|-------------------------|---------------|
| 1. | Обозначение           | +                       | Уникальный    |
| 2. | Замечание             | +                       | Не уникальный |
| 3. | Решение               | +                       | Не уникальный |
| 4. | Категория срочности   | –                       | Не уникальный |

Объект «Замечание» идентифицируется следующими атрибутами:

– Обозначение (обязательный уникальный атрибут) – для указанного вида объекта рассматриваемый атрибут является не очевидным и подлежит автоматическому заполнению. Его значение представляется счетчиком, задаваемым шаблоном. Шаблон может быть задан на предприятии в соответствии с его требованиями. В общем случае он соответствует виду: XXXXX-XXX, где

- XXXXX – порядковый номер объекта «Запись о замечании» (счетчик);

- XXX – номер тематического или конструкторского подразделения (отдела).

- Замечание (обязательный не уникальный атрибут) – непосредственное содержание проблемы, соответствующее значению аналогичного атрибута объекта «Замечание». Если объект «Запись о замечании» не связан с объектом «Замечание», то его значением является содержание проблемы, возникшей в производственном цехе при изготовлении конкретной детали или выполнении сборки определенного узла изделия, требующее корректировки КД, ПД или ТД. В этом заключается основное отличие объекта «Запись о замечании» от объекта «Замечание»;

- Решение (обязательный не уникальный атрибут) – значением атрибута является запись решения – ответа на замечание – для описания действий по корректировке КД, ПД и ТД;

- Категория срочности (не обязательный не уникальный атрибут) – значением атрибута является одно из значений, выбираемое из списка:

- Обычное – определяет стандартный срок корректировки, устанавливаемый конкретным предприятием (например, 30 календарных дней);

- Срочное – определяет, что срок корректировки и принятия измененной документации в архив должен быть осуществлен в течение небольшого периода времени (например, 3 дня);

- Аварийное – определяет, что срок корректировки и принятия измененной документации в архив должен быть осуществлен в течение еще более небольшого периода времени (например, 1 день).

Для более детальной идентификации рассматриваемого объекта в интегрированной системе выделим перечень состояний, которые объект «Замечание» может принимать в любой момент времени:

- Определен – начальное состояние объекта «Запись о замечании», необходимое для записи замечания, требующего отработки, в тематическом или конструкторском подразделении. Отметим еще раз, что объект «Запись о замечании» может быть создан на основе одного или нескольких объектов «Замечание» или он может быть создан самостоятельно;

- На проверке – состояние объекта «Запись о замечании», обозначающее, что он передан на рассмотрение с целью принятия решения о необходимости корректировки КД, ПД или ТД;

- В отработке – состояние означает, что КД, ПД и ТД по связанному замечанию из объекта «Замечание» передано в отработку, т.е. КД, ПД или ТД передана на корректировку;
- Отработан – состояние означает, что КД, ПД и ТД по заданному замечанию откорректирована. Переход в рассматриваемое состояние осуществляется только тогда, когда все связанные объекты «Комплектное задание» будут переведены в аналогичное состояние;
- Аннулирован – означает, что необходимость корректировки КД, ПД или ТД отклонена при анализе любого из связанных объектов «Комплектное задание» или «Задание».

Таблица 8 – Состояния объекта «Замечание»

| №  | Состояние   | Комментарии   |
|----|-------------|---|
| 1. | Определен   | Начальное состояние необходимое для записи замечания, требующего отработки, в тематическом или конструкторском подразделении. |
| 2. | На проверке | Обозначающее, что он передан на рассмотрение с целью принятия решения о необходимости корректировки КД, ПД или ТД.            |
| 3. | В отработке | Означает, что КД, ПД и ТД по связанному замечанию из объекта «Замечание» передано в отработку.                                |
| 4. | Отработан   | Означает, что КД, ПД и ТД по заданному замечанию откорректирована.  |
| 5. | Аннулирован | Означает, что необходимость корректировки КД, ПД или ТД отклонена.  |

С объектом «Задание» может быть связан объект «Комплектное задание», также он может быть самостоятельным объектом. Взаимосвязь объектов означает, что объект «Комплектное задание» создается для корректировки документации по замечаниям или одному замечанию, а ее отсутствие – то, что объект «Комплектное задание» создается для обеспечения комплектности разработки новой документации на изделие или любую его составную часть. В любом из перечисленных случаев рассматриваемый объект обладает определенным перечнем атрибутов (таблица 9) и состояний (таблица 10).

Таблица 9 – Атрибуты объекта «Комплексное задание»

| №  | Наименование атрибута | Обязательность атрибута | Комментарии   |
|----|-----------------------|-------------------------|---------------|
| 1. | Обозначение           | +                       | Уникальный    |
| 2. | Задание для сектора   | +                       | Не уникальный |
| 3. | Категория срочности   | –                       | Не уникальный |
| 4. | Срок исполнения       | +                       | Не уникальный |
| 5. | Причина изменения     | +                       | Не уникальный |

Таблица 10 – Состояния объекта «Комплектное задание»

| №  | Состояние    | Комментарии   |
|----|--------------|---|
| 1  | Определен    | Необходимо для формирования задания в тематическом или конструкторском подразделении (секторе или группе).                |
| 2. | На проверке  | Обозначающее, что объект передан на рассмотрение с целью комплектной проверки разработки или корректировки КД, ПД или ТД; |
| 3. | В отработке  | Состояние варьируется в зависимости от назначения объекта «Комплектное задание».  |
| 4. | На доработке | Означает, что объект «Комплектное задание» и вся связанная с ним документация направлена на доработку.                    |
| 5. | Отработан    | Смысл этого состояния варьируется в зависимости от назначения объекта «Комплектное задание».                              |
| 6. | Аннулирован  | Данное значение присваивается только в том случае, если объект был создан для корректировки документации.                 |

Объект «Комплектное задание» идентифицируется следующим перечнем атрибутов:

– Обозначение (обязательный уникальный атрибут) – для указанного вида объекта рассматриваемый атрибут является не очевидным и подлежит автоматическому заполнению. Его значение представляется счетчиком, задаваемым шаблоном. Шаблон может быть задан на предприятии в соответствии с его требованиями. В общем случае он соответствует виду: XXXXX-XXX, где

- XXXXX – порядковый номер объекта «Комплектное задание» (счетчик);

- XXX – номер тематического или конструкторского подразделения (сектора или группы);

- Задание для сектора (обязательный не уникальный атрибут) – содержание атрибута варьируется в зависимости от назначения объекта.

- Если объект «Комплектное задание» создается на основе объекта «Запись о замечании», то содержание рассматриваемого атрибута соответствует содержанию атрибута «Решение» объекта «Запись о замечании». Если одному объекту «Комплектное задание» соответствует несколько объектов «Запись о замечании», то содержание рассматриваемого атрибута объекта «Комплектное задание» содержит значения атрибута «Решение» всех связанных объектов «Запись о замечании».

- В случае если объект «Комплектное задание» является самостоятельным, то значением рассматриваемого атрибута является задание на разработку новой документации в соответствии с ТЗ;

- Категория срочности (не уникальный не обязательный атрибут) – содержание атрибута варьируется в зависимости от назначения объекта.

- Если объект «Комплектное задание» создается на основе объекта «Запись о замечании», то значение рассматриваемого атрибута соответствует значению одноименного атрибута объекта «Запись о замечании». Если объект «Комплектное задание» создается на основе нескольких объектов «Запись о замечании», то значение рассматриваемого атрибута соответствует наивысшему значению одноименного атрибута всех связанных объектов «Запись о замечании» (например, при значениях «Обычно» и «Срочно», значением является «Срочно»).

- Если объект «Комплектное задание» является самостоятельным объектом, то значением рассматриваемого атрибута является значение «Обычно». Значение может быть установлено автором или установлено по умолчанию;

- Срок исполнения (не уникальный обязательный атрибут) – значение этого атрибута зависит от значения атрибута «Категория срочности». Необходимо предусмотреть возможность его автоматического заполнения, но не следует исключать возможность корректировки введенного значения.

- Если значением атрибута «Категория срочности» является «Обычно», то значением атрибута «Срок исполнения» должно являться значение вида – «текущая дата» + «количество дней». При этом количество дней определяется для каждого конкретного предприятия (например, 30 календарных дней).

- Если значением атрибута «Категория срочности» является «Срочно», то значением атрибута «Срок исполнения» должно являться

значение вида – «текущая дата» + 3 календарных дня (согласно описанию категорий срочности корректировки документации).

- Если значением атрибута «Категория срочности» является «Аварийно», то значением атрибута «Срок исполнения» должно являться значение вида – «текущая дата» + 1 день (согласно описанию категорий срочности корректировки документации);

Причина изменения (не уникальный обязательный атрибут) – значение рассматриваемого атрибута выбирается из списка доступных причин, устанавливаемый в соответствии с требованиями ГОСТ 2.503 [ГОСТ 2.503] и нормативных документов предприятия. Необходимо отметить, что рассматриваемый атрибут отображается и подлежит заполнению только в том случае, если объект «Комплектное задание» создается на основе одного или нескольких объектов «Запись о замечании».

Дополнительная идентификация объекта «Комплектное задание» в интегрированной системе осуществляется на основе следующего перечня состояний:

- Определен – начальное состояние объекта «Комплектное задание», необходимое для формирования задания в тематическом или конструкторском подразделении (секторе или группе). Отметим, еще раз, что объект «Комплектное задание» может быть создан на основе объекта «Запись о замечании» или он может быть создан самостоятельно;

- На проверке – состояние объекта «Комплектное задание», обозначающее, что он передан на рассмотрение с целью комплектной проверки разработки или корректировки КД, ПД или ТД;

- В отработке – состояние означает, что документация передана на разработку или корректировку конкретному исполнителю в соответствии с требованиями и заданием, изложенным в ТЗ, или в соответствии с принятым решением по записанному замечанию;

- На доработке – состояние означает, что объект «Комплектное задание» и вся связанная с ним документация направлена на доработку одной из согласующих служб, таких как служба нормоконтроля или сотрудниками архива;

- Отработан – смысл этого состояния варьируется в зависимости от назначения объекта «Комплектное задание».

- В случае если объект «Комплектное задание» создан на основе одного или нескольких объектов «Запись о замечании», то рассматриваемое состояние означает, что КД, ПД и ТД по заданному замечанию откорректирована.

- В случае если объект «Комплектное задание» является самостоятельным объектом, то рассматриваемое состояние означает, что КД, ПД или ТД разработана в соответствии с требованиями и заданием, изложенным в ТЗ.

- Переход в рассматриваемое состояние осуществляется только тогда, когда все связанные объекты «Задание» будут переведены в состояние «ОНК» и далее весь комплект документации подписан сотрудниками служб нормоконтроля и архива;

- Аннулирован – значение рассматриваемого состояния присваивается только в том случае, если объект «Комплектное задание» был создан для корректировки документации. Оно означает, что необходимость корректировки КД, ПД или ТД отклонена при анализе любого из связанных объектов «Задание».

Заключительный объект «Задание», используемый для реализации управления изменениями, всегда создается на основе информации, содержащейся в объекте «Комплектное задание». Для идентификации объекта «Задание» используются определенные перечни атрибутов (таблица 11) и состояний (таблица 12).

Таблица 11 – Атрибуты объекта «Задание»

| №  | Наименование атрибута   | Обязательность атрибута | Комментарии   |
|----|-------------------------|-------------------------|---------------|
| 1. | Обозначение             | +                       | Уникальный    |
| 2. | Задание для исполнителя | +                       | Не уникальный |
| 3. | Срок исполнения         | +                       | Не уникальный |

Для идентификации объекта «Задание» используются следующие атрибуты:

- Обозначение (обязательный уникальный атрибут) – для указанного вида объекта рассматриваемый атрибут является не очевидным и подлежит автоматическому заполнению. Его значение представляется счетчиком, задаваемым шаблоном. Шаблон может быть задан на предприятии в соответствии с его требованиями. В общем случае он соответствует виду: XXXXX-XXXXX, где:

- XXXXX – порядковый номер объекта «Задание» (счетчик);
- XXXXX – значение, соответствующее первой части номера объекта «Комплектное задание»;

– Задание для исполнителя (не уникальный обязательный атрибут) – значение этого атрибута может соответствовать значению атрибута «Задание для сектора» объекта «Комплектное задание». В то же время оно должно быть редактируемым;

– Срок исполнения (не уникальный обязательный атрибут) – значение этого атрибута соответствует значению одноименного атрибута объекта «Комплектное задание», но оно должно быть редактируемым.

Таблица 12 – Состояния объекта «Задание»

| №  | Состояние    | Комментарии   |
|----|--------------|---|
| 1. | Определен    | Начальное состояние необходимое для формирования задания для исполнения в тематическом или конструкторском подразделении. |
| 2. | На проверке  | Обозначающее, что объект и вся связанная с ним документация переданы на рассмотрение.                                     |
| 3. | На доработке | Означает, что объект и вся связанная с ним документация направлена на доработку.  |
| 4. | В отработке  | Состояние варьируется в зависимости от назначения объекта «Задание».  |
| 5. | ОНК          | Означает, что исполнитель завершил корректировку КД, ПД или ТД.   |
| 6. | Аннулирован  | Означает, что необходимость корректировки КД, ПД или ТД отклонена при анализе содержания объекта.                         |

Кроме перечисленных атрибутов, для рассматриваемого объекта «Задание» указывается исполнитель – фамилия сотрудника тематического или конструкторского отдела, ответственного за выполнение указываемого задания.

Также объект идентифицируется перечнем следующих состояний:

– Определен – начальное состояние объекта «Задание», необходимое для формирования задания для исполнения в тематическом или конструкторском подразделении (секторе или группе). Отметим еще раз, что объект «Задание» должен быть создан на основе объекта «Комплектное задание»;

– На проверке – состояние объекта «Задание», обозначающее, что он и вся связанная с объектом документация переданы на рассмотрение проверяющим, согласующим и утверждающим службам в соответствии с требованиями и указаниями, которые изложены в нормативной документации предприятия;

– На доработке – состояние означает, что объект «Задание» и вся связанная с ним документация направлены на доработку проверяющей, согласующей или утверждающей службой;

– В отработке – смысл этого состояния варьируется в зависимости от назначения объекта «Задание». Если объект «Задание» создан для корректировки документации, то рассматриваемое состояние означает, что КД, ПД и ТД передано на корректировку по принятому решению в соответствии с записанным замечанием. Если объект «Задание» создан для разработки новой документации, то рассматриваемое состояние означает, что исполнитель получил задание на разработку КД, ПД или ТД;

– ОНК – если объект «Задание» создан для корректировки документации, то рассматриваемое состояние означает, что исполнитель завершил корректировку КД, ПД или ТД.

▪ Если объект «Задание» создан для разработки новой документации, то рассматриваемое состояние означает, что исполнитель завершил разработку КД, ПД или ТД.

▪ Документация подписана проверяющей, согласующей и утверждающей службой до состояния, обозначающего передачу документации на проверку в службу нормоконтроля;

– Аннулирован – значение рассматриваемого состояния присваивается только в том случае, если объект «Задание» был создан для корректировки документации. Оно означает, что необходимость корректировки КД, ПД или ТД отклонена при анализе содержания объекта «Задание».

Последующие объекты «Производственный состав» и «Экземпляр изделия» используются для реализации управлением сопровождения и эксплуатации изделия у заказчика [21-23]. Следует отметить, что объект «Производственный состав» создается на сборочные единицы изделия, а объект «Экземпляр изделия» представляет собой объект, содержащий полный поштучный состав каждой его составной части.

При этом объект «Производственный состав» идентифицируется следующими атрибутами (таблица 13):

– Наименование (обязательный уникальный атрибут) – содержит [<Номер заявки на запуск производства> <Обозначение изделия или его сборочного узла> <Наименование изделия или его сборочного узла>]. Каждая из составляющих наименования разделена пробелами. Значение этого атрибута соответствует значениям, вводимым в MES при подготовке

производства – вводе данных о заявке на запуск производства – и данным, вводимым в САПР ТП при разработке технологической документации;

– Количество в запуске (не уникальный обязательный атрибут) – значение соответствует аналогичным значениям по данным из MES или САПР ТП, которые заполняются на сборочную единицу. На основе значения рассматриваемого атрибута осуществляется создание объекта «Экземпляр изделия» в заданном количестве. При этом каждого конкретного экземпляра осуществляется заполнение собственных значений всех атрибутов, необходимых для описания экземпляра;

– Количество незавершенных замечаний (не уникальный обязательный атрибут) обозначает число замечаний, записанных на техническую документацию, на момент запуска производства. Необходимо отметить, что даже если в процессе производства на эту же документацию будут записаны новые замечания, их количество для текущего объекта «Производственный состав» останется не измененным.

Таблица 13 – Атрибуты объекта «Производственный состав»

| <b>№</b> | <b>Наименование атрибута</b>       | <b>Обязательность атрибута</b> | <b>Комментарии</b> |
|----------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| 1.       | Наименование                       | +                              | Уникальный         |
| 2.       | Количество в запуске               | +                              | Не уникальный      |
| 3.       | Количество незавершенных замечаний | +                              | Не уникальный      |

Таблица 14 – Состояния объекта «Производственный состав»

| <b>№</b> | <b>Состояние</b> | <b>Комментарии</b>   |
|----------|------------------|--|
| 1.       | Определен        | Означает, что имеется заявка на производство конкретного экземпляра изделия, экземпляр готовится к производству. |
| 2.       | В производстве   | Означает, что объект направлен в производство.   |
| 3.       | Аннулирован      | Означает, что структура объекта более не является актуальной.  |

Дополнительная идентификация объекта «Производственный состав» осуществляется по следующему перечню состояний:

– Определен – состояние означает, что имеется заявка на производство конкретного экземпляра изделия, экземпляр готовится к производству. Фактически это означает, что в интегрированной системе создан объект «Производственный состав» на каждый сборочный узел изделия;

– В производстве – состояние означает, что объект «Производственный состав» направлен в производство;

– Аннулирован – состояние означает, что структура объекта «Производственный состав» более не является актуальной и не может использоваться для производства экземпляра изделия.

Для объекта «Экземпляр изделия» должны быть определены следующие атрибуты (таблица 15):

– Наименование (обязательный уникальный атрибут) – содержит [<Обозначение изделия или его составной части> <Наименование изделия или его составной части>]. Каждая из составляющих наименования разделена пробелами. Значение этого атрибута соответствует части наименования объекта «Производственный состав» сборочного узла или аналогичных атрибутов объекта «элемент ЭСИ-PDM» всех видов, созданных для деталей, и объектов «элемент ЭСИ-PDM», созданных на ПКИ и покупных изделий (по договору);

– Заводской номер (обязательный уникальный атрибут) – значение рассматриваемого атрибута позволяет однозначно определить каждую сборочную единицу, комплект или комплекс, которые включены в состав конкретного экземпляра изделия. Следует отметить, что если составной частью изделия является деталь, то необходимо заполнить другой атрибут «Номер партии» или «Номер требования»;

– Номер партии (обязательный уникальный атрибут) – значение рассматриваемого атрибута позволяет однозначно определить каждую деталь, которая включена в состав конкретного экземпляра изделия;

– Номер требования (обязательный уникальный атрибут) – значение рассматриваемого атрибута позволяет однозначно определить каждое покупное изделие, которое включено в состав конкретного экземпляра изделия;

– Объект поставки (не обязательный не уникальный атрибут) – значение атрибута позволит обеспечить информацию о том, куда именно был передан – поставлен – конкретный экземпляр изделия. Изначально такая информация может показаться излишней. Однако при возникновении сложных ситуаций важно знать, на каких объектах (кораблях, предприятиях) могут находиться неисправные приборы и оборудование;

– Номер договора (обязательный не уникальный атрибут) – значение атрибута позволит выяснить, какой именно договор необходимо просматривать. Его значение может быть получено из ERP-систем.

Таблица 15 – Атрибуты объекта «Экземпляр изделия»

| №  | Наименование атрибута | Обязательность атрибута | Комментарии   |
|----|-----------------------|-------------------------|---------------|
| 1. | Наименование          | +                       | Уникальный    |
| 2. | Заводской номер       | +                       | Уникальный    |
| 3. | Номер партии          | +                       | Уникальный    |
| 4. | Номер требования      | +                       | Уникальный    |
| 5. | Объект поставки       | –                       | Не уникальный |
| 6. | Номер договора        | +                       | Не уникальный |

Дополнительная идентификация объекта «Экземпляр изделия» осуществляется по следующему перечню состояний (таблица 16):

– В производстве – означает, что экземпляр изделия находится в производстве и для него определен заводской номер. На этом этапе может осуществляться изменение и дополнение информации о конкретном экземпляре изделия, а также происходить сопоставление экземпляру изделия информации о поступающих замечаниях и предъявлениях в ОТК;

– Изготовлен – состояние означает, что экземпляр изделия должен быть дополнен электронными копиями паспорта, формуляра и этикетки;

– На проверке – соответствует тому, что экземпляр изделия передан на исследование какой-либо поломки. При этом осуществляется дополнение информации об экземпляре изделия документами, свидетельствующими о зафиксированной неисправности. Необходимо отметить, что это состояние является универсальным, т.е. вместо этого наименования на конкретном предприятии его наименование может быть уточнено;

– В эксплуатации – состояние означает, что конкретный экземпляр изделия отгружен заказчику и эксплуатируется на объекте;

– В ремонте – означает, что осуществляется ремонт экземпляра изделия в производстве. На данном этапе информация об экземпляре изделия должна быть дополнена необходимыми сведениями о замене комплектующих, внесении изменений в конструкцию или схему работы изделия и другой информацией, необходимой для сохранения сведений о произведенных

манипуляциях. По окончании ремонта и отгрузке изделия для дальнейшей эксплуатации заказчику часть переводится в состояние «В эксплуатации»;

– Утилизирован – состояние означает, что конкретный экземпляр изделия снят с эксплуатации и утилизирован.

Указанные перечни состояний видов объектов позволяют организовать защиту данных об изделии, управляемых средствами интегрированной среды.

Таблица 16– Состояния объекта «Экземпляр изделия»

| №  | Состояние      | Комментарии  |
|----|----------------|--|
| 1. | В производстве | Означает, что экземпляр изделия находится в производстве и для него определен заводской номер.           |
| 2. | Изготовлен     | Означает, что экземпляр изделия должен быть дополнен электронными копиями паспорта, формуляра и этикетки |
| 3. | На проверке    | Означает, что экземпляр изделия передан на исследование какой-либо поломки.                              |
| 4. | В эксплуатации | Означает, что конкретный экземпляр изделия отгружен заказчику и эксплуатируется на объекте.              |
| 5. | В ремонте      | Означает, что осуществляется ремонт экземпляра изделия в производстве.                                   |
| 6. | Утилизирован   | Означает, что конкретный экземпляр изделия снят с эксплуатации и утилизирован.                           |

### 2.3 Защита данных в интегрированной среде

Проведенный анализ представлений данных об изделии в интегрированной системе управления позволяет выделить несколько видов областей их хранения – «Изделие», «Общие данные» и «Справочники».

Область «Изделие» предназначена для хранения данных по каждому конкретному изделию самостоятельной поставки. Область «Общие данные» предназначена для хранения данных об изделиях общего назначения. Область «Справочники» предназначена для хранения данных о ПКИ; изделий, приобретаемых по договору и пр.

Каждая из перечисленных видов область имеет свою структуру и правила формирования. Правила формирования можно задать в виде специализированного шаблона под конкретный вид области хранения, а структуру – в зависимости от предпочтений и логики организации хранения

информации на каждом конкретном предприятии. Однако здесь уместно дать общие рекомендации по их формированию.

Необходимо заметить, что в пределах интегрированной среды любая область хранения характеризуется своим уникальным наименованием и списком ролей – должностных лиц, которые, в общем случае, могут создавать и использовать хранимые в этой области объекты.

Итак, для областей «Изделие» и «Общие данные» уместно определить следующий список ролей: «Разработчик», «Конструктор», «Нормоконтролер» и группы ролей: проверяющие, согласующие и утверждающие службы. При этом для каждой роли в контексте конкретного изделия или общих данных определяются списки сотрудников предприятия, являющиеся исполнителями соответствующих ролей.

В свою очередь, для областей «Справочники» уместно определить роли – «Ответственный за ведение», «Конструктор», «Разработчик», «Сотрудник службы качества» и «Сотрудник службы снабжения». Для каждой из них, также указываются фамилии исполнителей – сотрудников или представителей соответствующих служб. Необходимо отметить, что на роль «Ответственный за ведение» указываются фамилии сотрудников тех подразделений, которые занимаются проверкой правильности вносимых записей о ПКИ и иных комплектующих, а также отслеживают актуальность поступающих в область хранения данных.

Следовательно, в шаблонах для любых видов областей хранения данных необходимо указывать список ролей, определенных для соответствующей области, а фамилии непосредственных исполнителей будут указываться при ее создании. При этом перечисленные роли являются рекомендательными и могут быть изменены в соответствии с требованиями конкретного предприятия.

Структура любых областей определяется в виде иерархии папок (в случае ее необходимости) в рамках конкретной области. Каждая из папок имеет уникальное наименование и отличается по содержанию – составу хранимых данных.

Так, наименование каждой из папок области «Изделие» соответствует обозначению и наименованию оригинального сборочного узла изделия. Т.е. наименование папки имеет вид: [<Обозначение оригинального сборочного узла> <Наименование оригинального сборочного узла>]. Части наименования разделены между собой пробелом. Аналогичен принцип наименования папок области «Общие данные»; оно содержит обозначение и наименование изделия общего назначения и имеет вид: [<Обозначение составной части> <Наименование составной части>].

Следует отметить, что документация на основное и все последующие исполнения одной и той же составной части изделия должны храниться в одной папке. Это правило действительно как для составных частей, информация о которых хранится в области «Изделия», так и для составных частей, информация о которых хранится в области «Общие данные».

В свою очередь, каждая из папок области «Справочники» соответствует наименованию группы ПКИ.

## **2.4 Моделирование, анализ и реинжиниринг процессов**

Построение интегрированной среды на предприятии является итерационным процессом, на каждой из итераций осуществляется внедрение одного определенного процесса управления, сопровождаемое реорганизацией. В общем случае для этого необходимо определить возможности и ресурсы для повышения эффективности функционирования предприятия, а также выполнить обследование его текущей деятельности.

На основе полученных при этом результатов строят модель As-Is («как есть»), которая отражает деятельность предприятия на текущий момент времени. Это предоставляет возможность определить взаимосвязь между различными процессами управления и данными об изделии, которые представлены в виде информационных потоков. Кроме этого, представление текущей деятельности предприятия позволяет выявить те действия, определяющие процессы, которые следует автоматизировать.

Далее для каждого конкретного процесса управления разрабатывается концепция интегрированной среды, реализующая модель To-Be («как должно быть»). Она включает в себя предложения по изменению взаимодействия подразделений и информационных потоков.

Полученная модель является основным документом, на основе которого осуществляется реализация проекта внедрения среды. При этом рассматриваются вопросы, связанные с управлением проектами; управлением данными об изделии; управлением качеством; управлением внесением изменений и управлением конфигурациями.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

### Задания для студентов программы бакалавриата

1. Перечислите объекты интегрированной среды, которые должны формироваться на этапах жизненного цикла электронного изделия, если на предприятии осуществляются следующие виды деятельности:
  - ✓ разработка, производство и сервисное обслуживание продукции;
  - ✓ разработка и производство продукции;
  - ✓ сервисное обслуживание продукции.

Для каждого объекта укажите, что определяет его содержательную и реквизитную части.

2. Перечислите объекты, образующие ЭСИ-PDM, на этапе разработки. Представьте ЭСИ-PDM верхнего уровня в графическом виде.
3. Перечислите объекты, образующие ЭСИ-PDM, на этапе подготовки производства. Имеется ли взаимосвязь между ЭСИ-PDM на этапе разработки и ЭСИ-PDM на этапе подготовки производства? Чем это обусловлено? Обоснуйте свою точку зрения. Представьте ЭСИ-PDM при подготовке производства в графическом виде.
4. Перечислите объекты, образующие СЭИ, на этапе технического обслуживания и ремонта. Представьте СЭИ в графическом виде, взяв за основу ЭСИ-PDM из задания №1.

### Задания для студентов программы магистратуры

1. Перечислите объекты интегрированной среды и соответствующие им реквизитные части, анализ значений которых позволит улучшить параметры электронного изделия. Обоснуйте свою точку зрения.
2. Сформулируйте и опишите возможности использования информации об изделии, содержащейся в интегрированной среде, для проведения проектных расчетов. Обоснуйте свою точку зрения.

3. Перечислите объекты интегрированной среды, используемые для управления конструкторской и технологической документацией.
4. Сформулируйте и опишите возможности использования содержания интегрированной среды для формирования новых направлений и определения сфер применения опытно-конструкторских разработок. Обоснуйте свою точку зрения.

## ГЛАВА 3 УПРАВЛЕНИЕ СКВОЗНЫМ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ

### 3.1 Управление проектами в интегрированной среде

Проектом является любой замысел, направленный на достижение некоторой цели. Применительно к процессам, связанным с проектированием и поставкой электронных средств, проектом является выполнение технического задания (ТЗ) на разработку; работ по заявке (в случае, если предприятие – соисполнитель по большому проекту) или поставке продукции. При этом осуществляется анализ ТЗ; составление и подписание договора; разработка оперативных графиков на изделие и все его составные части.

При поступлении на предприятие ТЗ на разработку, заявки на выполнение работ или заявки на поставку продукции этот документ должен быть загружен в PDM-систему, где реализуется процедура анализа контракта. Эта процедура подразумевает анализ ТЗ. На основе результатов анализа составляется и подписывается договор.

При составлении договора в ERP вводится номер договора и сопутствующая ему информация. Объем вводимых данных зависит от предприятия и тех сведений, которые подлежат хранению в системе для конкретного предприятия.

После подписания договора в ERP или PDM вводится оперативный график, который может являться основанием для автоматического создания проекта в PDM. При этом выстраивается иерархия проектов – оперативный график работ на изделие содержит в виде дополнительных проектов оперативные графики на его составные части.

Проект в PDM характеризуется наименованием, планом и командой проекта, которые соответствуют информации из ERP. Планом в PDM является составленный в ERP оперативный график. В свою очередь, команду проекта образует перечень руководителей подразделений предприятия, являющихся исполнителями работ по пунктам плана. Каждый из них ассоциируется с результатом его выполнения; в данном случае – это комплект технической документации. Каждый разработанный документ загружается в папки проекта, а потом передается в основную область хранения данных о конкретном изделии. Это позволяет устанавливать связь между пунктом плана и всеми разработанными для его выполнения документами [24].

Кроме этого с пунктами плана связываются и акты о завершении работ. Определены акты о частичном завершении работ и акты о полном завершении работ. Можно автоматизировать процедуру формирования актов, при котором текст акта будет автоматически заполняться по информации из пункта плана.

### 3.2 Организация базы данных комплектующих изделий в интегрированной среде

Процесс разработки начинается с того, что сотруднику тематического и конструкторского подразделения необходимо определить перечень ПКИ, которые должны быть записаны в разрабатываемую им документацию.

Как правило, на любом предприятии уже создана собственная база ПКИ, содержащая наименование, модели, УГО и ПМ тех ПКИ, которые когда-либо записывались в спецификации, перечни элементов и ведомости. Следовательно, логично предположить, что сотрудник будет рассматривать возможность применения одного из ПКИ, использованных ранее.

Однако при этом может возникнуть несколько проблем [6, 25], поэтому опишем правила выбора ПКИ, представленные на рисунке 2. Итак, прежде всего, проверяется возможность формирования ЭСИ-PDM сотрудником тематического или конструкторского подразделения, далее предусмотрено формирование списка ПКИ на основе анализа значений таких атрибутов объектов справочника, как «Ограничение применения», «Ограничение по ТЗ» и «Разрешено для».

Опишем блоки диаграммы, представленные на рисунке 2, более подробно.

*Получение данных об изделии.* В этом блоке содержатся процедуры анализа наличия прав на чтение и запись информации у сотрудника тематического или конструкторского подразделения. Здесь же хранятся значения атрибутов «Обозначение изделия» и «Дата выдачи ТЗ», так как они могут быть использованы в дальнейшем.

Следующим блоком диаграммы является *Получение значения атрибута «Ограничение применения»*. Здесь в цикле выполняется выборка очередного ПКИ из справочника и анализ значения атрибута «Ограничение применения», отражающего возможность применения этого ПКИ. Если указанный атрибут не содержит никакого значения, то данные о ПКИ применяются при разработке документации на изделие или его составную часть. Если атрибут «Ограничение применения» содержит какое-либо значение (согласно правилам, установленным на предприятии или в промышленной организации, например, «Запрещен», «Применение ограничено» и т.п.), то осуществляется переход к очередному блоку диаграммы – *Проанализировать значение атрибута «Ограничение по ТЗ»*. В этом блоке осуществляется сопоставление значений атрибутов «Ограничение по ТЗ» и «Дата выдачи ТЗ». Т.е. проверяется условие «Ограничение по ТЗ» >= «Дата выдачи ТЗ»? В случае

если условие выполнено, то данные об ПКИ применяются при разработке документации.

Если же условие не выполнено, то осуществляется *анализ атрибута «Разрешено для»*. В этом случае проверяется «Обозначение» изделия == «Разрешено для»? Когда атрибут «Разрешено для» содержит несколько значений, проверяется, содержится ли значение атрибута «Обозначение» в атрибуте «Разрешено для»? Если соответствие найдено, то данные о ПКИ применяются при разработке документации, в ином случае обработчик считывает информацию об очередном ПКИ справочника.

Таким образом, процедуру формирования перечней ПКИ, применяемых при разработке документации, представим в виде схемы на рисунке 3, а описание указанных на ней потоков данных – в таблице 16.

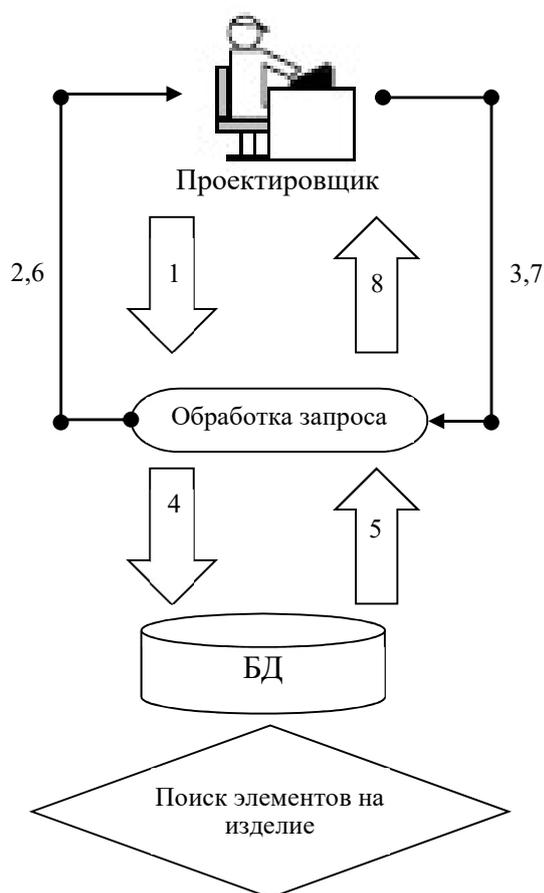


Рисунок 2 – Схема формирования перечней ПКИ

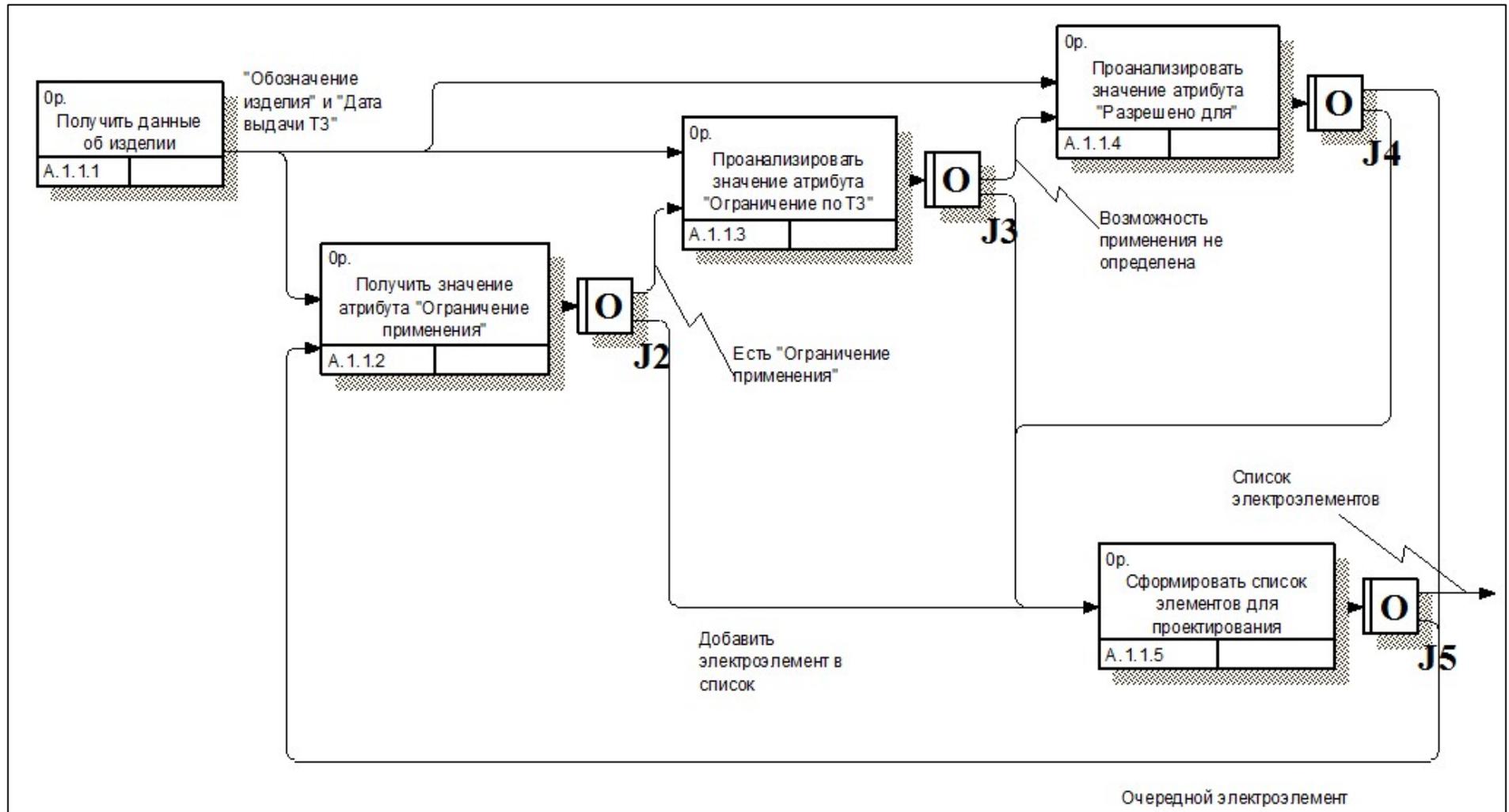


Рисунок 3 – Методика выбора ПКИ при проектировании изделий

Таблица 16 – Потоки данных при формировании списков элементов

| №№ блока | Наименование потока данных                                | Описание потока данных  |
|----------|---|---|
| 1        | Запрос на получение элементов                             | Информационный поток представляет действие проектировщика по получению элемента для установки на проектируемую схему. Получение элемента (в данном случае, это попытка получить элемент) производится с помощью специализированного интерфейса, встраиваемого в электронную САПР, используемую разработчиком. |
| 2        | Запрос о получении наименования, разрабатываемого изделия | Информационный поток, представляет собой отклик системы на запрос проектировщика.   |
| 3        | Получение наименования изделия                            | Отклик проектировщика на запрос системы. Содержит наименование и обозначение проектируемого изделия и/или его составной части.  |
| 4        | Запрос элементов по наименованию изделия                  | Обработчик запросов производит обращение (в виде запроса) к базе данных о получении всех возможных элементов для проектирования заданного изделия.  |
| 5        | Набор элементов   | После обработки поступившего запроса из базы данных, в обработчике запросов формируется информационный поток, содержащий набор всех элементов, которые можно использовать при проектировании изделия.   |
| 6        | Сформированный список элементов                           | Элементы, полученные из базы данных, передаются в интерфейс проектировщика.   |
| 7        | Запрос элемента   | Проектировщик, используя информацию об элементах, разрешенных к применению в разрабатываемом изделии, «запрашивает» элемент, который необходимо поместить на схему.   |
| 8        | Элемент   | Обработчик запросов, обработав поступивший запрос об элементе, передает информацию о нем в интерфейс схмотехнической САПР. Данные представляю собой условно-графическое обозначение этого элемента.   |

### 3.3 Проектирование изделий в интегрированной среде

Проектирование изделия предполагает разработку схемотехнической, конструктивной и программной составляющих [20, 26, 27] согласно рисунку 4. При этом в интегрированной среде создается одно общее задание на разработку всего комплекта; оно характеризуется:

- 1) датой начала – по дате начала разработки или корректировки схемотехнической составляющей изделия;
- 2) датой окончания – по дате завершения разработки или корректировки конструкции прибора или программной составляющей изделия;
- 3) ответственными лицами – начальниками подразделений, где выполняется разработка каждой из составляющих изделия.

Далее для разработки каждой из составляющих в рамках комплектного задания создается ассоциированное с ним задание, выполняемое одним исполнителем. Каждое из них характеризуется:

- 1) датой начала (для схемотехнической составляющей совпадает с датой начала комплектного задания; для конструкции прибора или программной составляющей задание должно начинаться не раньше даты начала комплектного задания);
- 2) датой окончания (разработка или корректировка схемотехнической составляющей прибора завершается не позднее завершения всего комплектного задания; дата завершения разработки или корректировки конструкции прибора или программной составляющей соответствует дате завершения всего комплектного задания);
- 3) исполнителем – сотрудником тематического или конструкторского подразделения, ответственного за выполнение задания;
- 4) проверяющим – начальником подразделения, выдавшим задание своему исполнителю.

Схемотехническая составляющая подразумевает разработку схем и перечней элементов. При этом реализуется механизм интеграции PDM и ECAD системы, а также процедура обращения к базе ПКИ, подразумевающая выполнение нескольких операций: поиск, запрос и добавление новой информации, что описано в предыдущем параграфе.

Поиск информации связан с необходимостью использования сотрудниками предприятия только тех элементов, которые разрешены к применению на конкретном предприятии, т.е. внесены в базу данных. Внесения информации выполняется в строгом соответствии с требованиями к

ней конкретного предприятия. В базу данных вносятся: запись об элементе, 3D-модель, УГО и посадочное место. Каждая из составляющих указанной информации проверяется компетентными сотрудниками и должностными лицами, после чего размещается в базе данных.

Разработанные схемы и перечни элементов позволяют начать проектирование изделия. На этом этапе также реализуется обращение к базе ПКИ; проектируется конструкция прибора и программное обеспечение для него.

Проектирование конструкции прибора и программного обеспечения выполняется с помощью средств разработки данных (СРД на рисунке 5), которыми являются САПР сквозного проектирования или любые средства разработки программного обеспечения. Причем проектирование средствами САПР следует выполнять непосредственно под управлением PDM-системы, что позволит сохранять полученные результаты не на локальном компьютере сотрудника подразделения, а таким образом, чтобы они были доступны всем участникам жизненного цикла выпускаемого изделия. Для реализации этого, согласно рисунку 6, необходимо выполнить [6, 7, 26, 27]:

- 1) разработку или корректировку данных прибора, включая входящие в его состав детали сборочные единицы;
- 2) управление подключением, для чего открыть файл чертежа и ассоциированного с ним файла 3D-модели или загрузить файл с программным обеспечением; указать перечень параметров, значения которых требуется передавать в PDM-систему. Здесь необходим специализированный метод, который позволил бы автоматизировать процедуру фиксации значений параметров, требуемых к передаче в PDM-систему;
- 3) загрузку чертежей и ассоциированных с ними 3D-моделей деталей и сборочных единиц на прибор в целом. В процессе загрузки новых чертежей и 3D-моделей создаются объекты «элемент ЭСИ-PDM»; с ассоциированными объектами «CAD-Документ»;
- 4) загрузку файлов программного обеспечения, в процессе которой в PDM-системе создаются объекты «элемент ЭСИ-PDM» с ассоциированными объектами «Документ»;

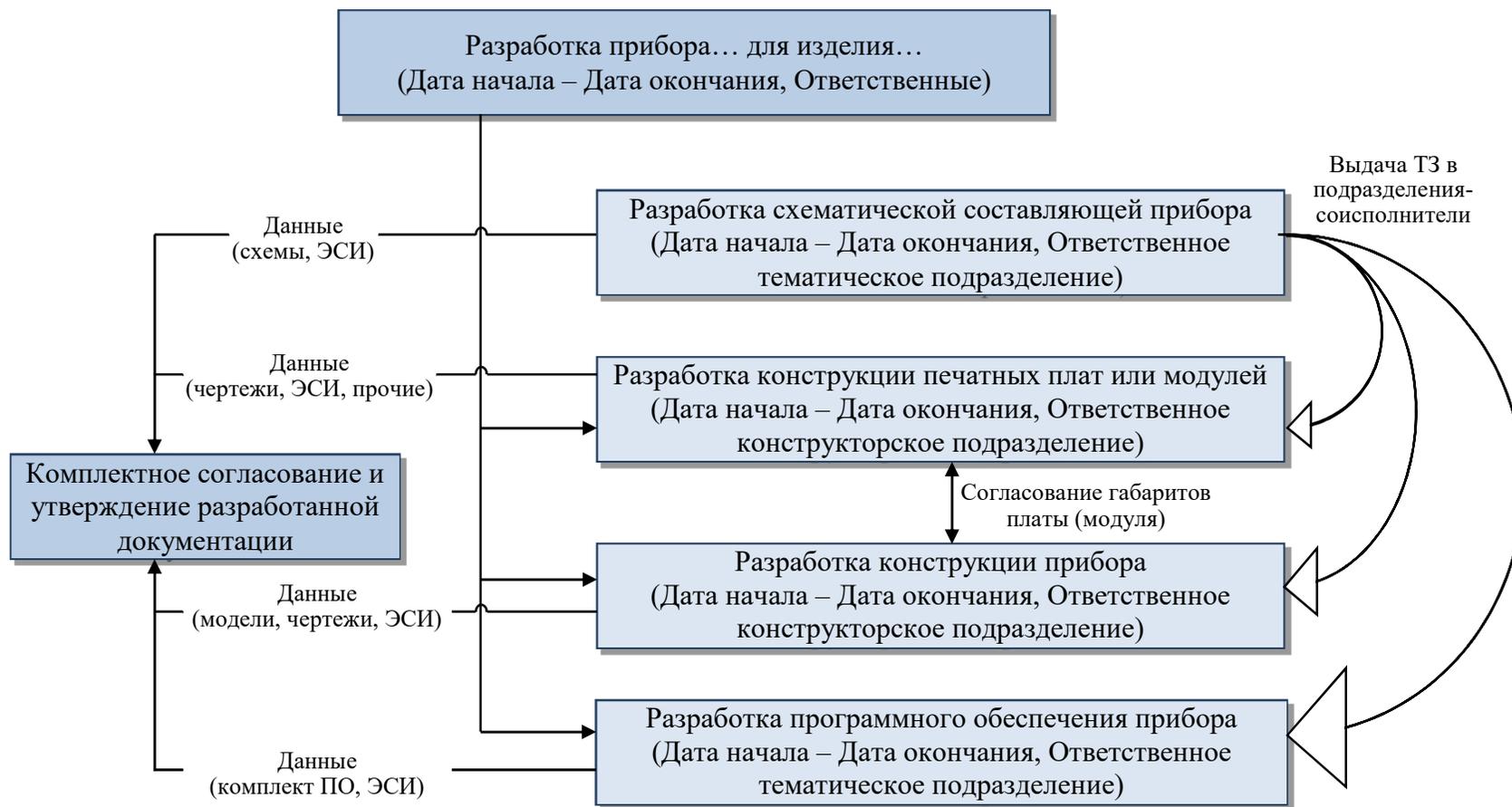


Рисунок 4 – Комплект технической документации (общий случай)

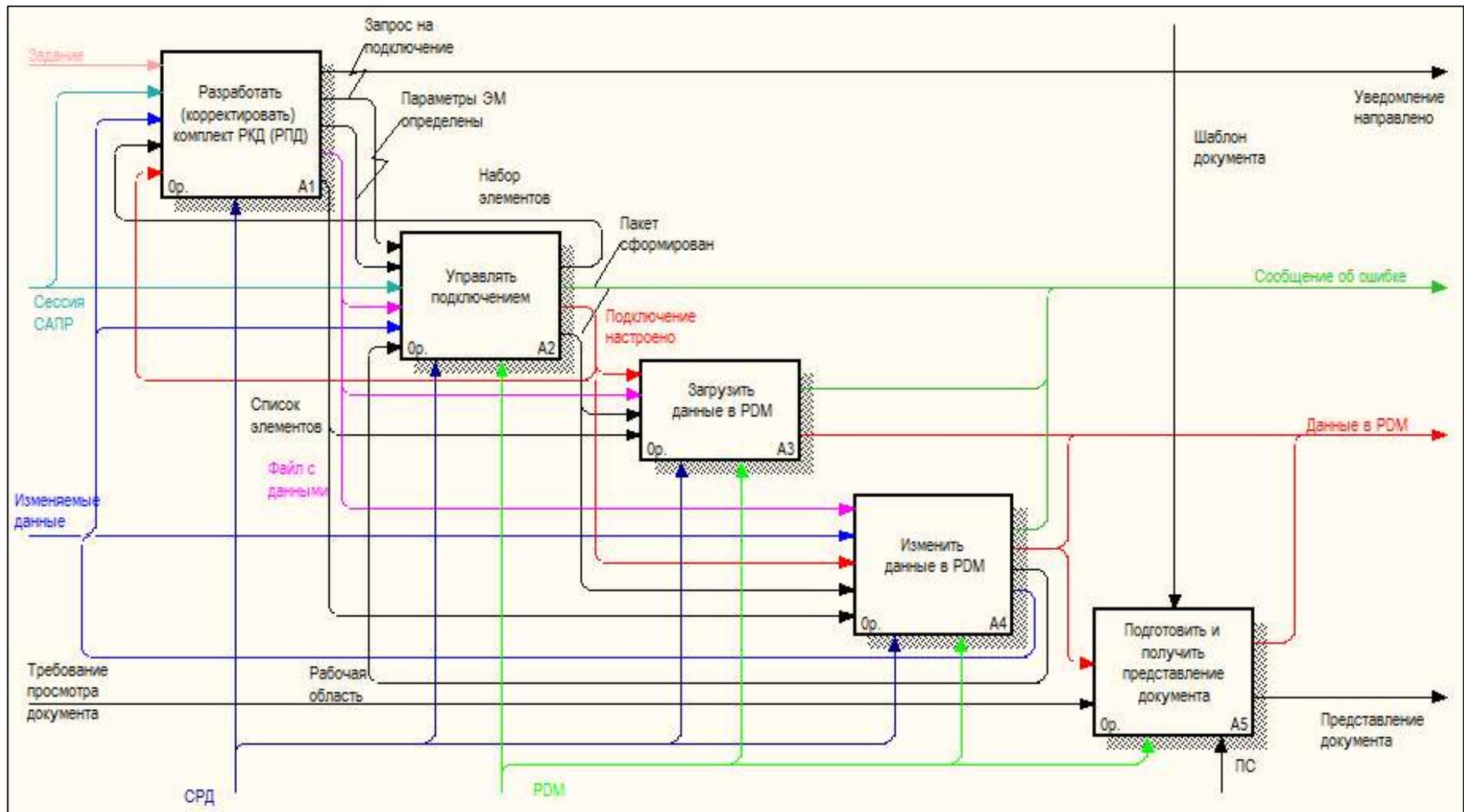


Рисунок 5 – Диаграмма управления разработкой и корректировкой данных об изделии

- 5) изменение ранее загруженных 3D-моделей и чертежей в PDM-системе. При этом для чертежей и ассоциированных с ними 3D-моделей создаются новые версии объектов «САД-Документ» и «элемент ЭСИ-PDM» в PDM-системе. После этого файлы чертежей и 3D-моделей корректируются средствами САПР и передаются на хранение в PDM-систему; при этом не требуется указывать перечни передаваемых параметров;
- 6) изменение ранее загруженного программного обеспечения выполняется аналогично изменению 3D-моделей и чертежей.

Все разработанные данные, представленные объектами «Документ» и «САД-Документ», подлежат комплектному согласованию, утверждению и сдаче в архив.

### **3.4 Организация электронного документооборота и его особенности**

Объекты «Документ» и «Документ САПР» имеют экземпляры, представляющие разные виды документов. Согласно представленным описаниям атрибутов для каждого вида документов определяется собственный маршрут согласования и утверждения в соответствии с перечнем подписей, который требуется проставить под конкретным видом документа. Перечень подписей определяется для конкретного предприятия на уровне стандарта.

Поскольку разработка и корректировка документации производится комплектно, то и подписываться она должна также комплектно. Это реализуется с помощью объектов «Извещение» и «Задание» [20, 27].

Объект «Задание» объединяет документы различных видов, которые разработаны или откорректированы определенным исполнителем. В составе этого объекта они направляются на проверку должностному лицу, например, начальнику сектора исполнителя. Дальнейшее согласование каждого документа из комплекта исполнителя осуществляется независимо, но в составе этого комплекта. Как только хотя бы один документ принимает состояние «В НК», он остается в нем, до тех, пока все документы из полного комплекта не будут переведены в это состояние.

Полный комплект образует совокупность объектов «Задание», включенная в состав «Извещение». Именно в составе объекта «Извещение» документы передаются в службы нормоконтроля и архива. Сданные в архив документы передаются для подготовки производства и непосредственно в производство.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

Задания для студентов программы бакалавриата в виде курсового проекта по разработке средства защиты информации

1. Выполнение анализа технического задания:
  - ✓ обоснование актуальности проекта;
  - ✓ анализ аналогов проекта;
  - ✓ оформление текста задания на бланке задания на выпускную квалификационную работу.
2. Определение состава изделия – средства защиты информации. Результат должен быть представлен в виде схемы деления изделия на укрупненные составные части.
3. Планирование выполнения курсового проекта. Результат должен быть представлен в виде плана работ, содержащего перечень этапов курсового проекта, сроков исполнения каждого из них, включая указание фамилии и инициалов ответственного исполнителя. При выполнении задания следует обратить внимание на то, что перечень этапов работ должен соответствовать укрупненным составным частям изделия и содержать указания на разработку конструкторской и технической документации.
4. Выбор элементной базы. Результат должен содержать описание анализа элементной базы, используемой для выполнения курсового проекта, и результаты сравнения характеристик.

Задания для студентов программы магистратуры в виде курсового проекта по разработке средства защиты информации

1. Выполнение анализа технического задания:
  - ✓ обоснование актуальности проекта;
  - ✓ формулирование возможных направлений и сфер применения результатов выполнения курсового проекта;
  - ✓ анализ аналогов проекта;

- ✓ оформление текста задания на бланке задания на выпускную квалификационную работу.
- 2. Определение состава изделия – средства защиты информации. Результат должен быть представлен в виде схемы деления изделия на укрупненные составные части.
- 3. Планирование выполнения курсового проекта. Результат должен быть представлен в виде плана работ, содержащего перечень этапов курсового проекта, сроков исполнения каждого из них, включая указание фамилии и инициалов ответственного исполнителя. При выполнении задания следует обратить внимание на то, что перечень этапов работ должен соответствовать укрупненным составным частям изделия, а также содержать указания на разработку конструкторской и технологической документации, проведение проектных расчетов.
- 4. Выбор элементной базы. Результат должен содержать описание анализа элементной базы, используемой для выполнения курсового проекта, и результаты сравнения характеристик.

## ГЛАВА 4 ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЯМИ

### 4.1 Особенности процедур управления конфигурациями

В настоящее время известно два варианта реализации процедуры управления конфигурациями [28, 29]. Первый вариант можно считать классическим. Он заключается в следующих положениях:

- 1) проектируемое изделие разбивается на множество самостоятельных частей – модулей изделия. Разбиение выполняется таким образом, чтобы каждый модуль содержал завершённую составную часть изделия (например, двигатель, кузов и пр.);
- 2) модулям изделия ставятся в соответствие перечни параметров и их значения;
- 3) для изделия или его сборочной единицы указывают параметры и все возможные варианты их значений; в зависимости от введенных значений параметров генерируется комплектация изделия.

Указанные положения позволяют прорабатывать, создавать и хранить все возможные варианты конструкции проектируемого изделия. Выбор одного из них генерируется непосредственно по требованиям заказчика. Следовательно, необходимо проектировать и технологические документы, такие как типовые технологические процессы и инструкции, чертежи технологической оснастки и пр.

В свою очередь, второй вариант организации процесса управления конфигурациями, регламентированный требованиями ГОСТ Р ИСО 10007, заключается в обеспечении формирования и хранения комплексной информации об изделии на всех этапах его жизненного цикла. Это позволит любому его участнику получать необходимую информацию об изделии в любое время.

### 4.2 Управление конфигурациями в интегрированной среде

Таким образом, процесс управления конфигурациями включает, согласно рисунку 6, организацию таких процедур, как [28, 29]:

- формирование и изменение данных о конфигурациях;
- управление информацией об экземпляре изделия;
- управление внесением изменений.

Формирование и изменение данных о конфигурациях предполагает хранение и управление данными об изделии, формируемыми на этапах разработки и подготовки производства. При этом важной особенностью (согласно рисунку 7) является то, что рассматриваемая процедура

выполняется на всех стадиях этапа разработки, а именно – на стадиях эскизного и технического проектов, а также на стадии разработки рабочей конструкторской документации. Результатом является размещение в PDM-системе электронной структуры изделия в конструктивном представлении, содержащей объекты «элемент ЭСИ-PDM», «Документ» и «CAD-Документ», сданные в архив.

На основе конструктивного представления формируется технологическое представление, отличающееся тем, что ЭСИ-PDM в технологическом представлении содержит изделия, изготавливаемые в производственных цехах предприятия. В то же время ЭСИ-PDM в конструктивном представлении содержит все изделия, как изготавливаемые на предприятии, так и приобретаемые у поставщиков.

Следует отметить, что в процессе технологической подготовки производства выполняется разработка карт технологических процессов или маршрутных карт на каждую изготавливаемую деталь и сборочную единицу. Такие документы, в общем случае, содержат перечни последовательных операций с описанием производимых действий, а также указания на используемые технологические инструкции, типовые технологические процессы и конструкцию применяемой технологической оснастки.

Тогда ЭСИ-PDM в технологическом представлении будет содержать объекты «элемент ЭСИ-PDM», определяющие детали и сборочные единицы, со связанными объектами «Документ» и «CAD-Документ». При этом объекты «Документ» содержат файлы карт технологических процессов или маршрутных карт, технологических инструкций и типовых технологических процессов. В свою очередь, объекты «CAD-Документ» содержат модели конструкций применяемой технологической оснастки.

Сданная в архив технологическая и конструкторская документация передается на этап производства, где выполняется формирование и управление структурой экземпляра изделия. Структура экземпляра изделия формируется на основе ЭСИ-PDM в конструктивном представлении. При этом каждому объекту «элемент ЭСИ-PDM», описывающему деталь, ставится в соответствие один или несколько объектов «Экземпляр», который характеризуется уникальным идентификационным номером. В свою очередь, каждому объекту «элемент ЭСИ-PDM», описывающему сборочную единицу, на этапе подготовки производства ставится в соответствие объект «Конфигурация», а на этапе производства объекту «Конфигурация» – один или несколько объектов «Экземпляр», характеризующийся уникальным идентификационным кодом.

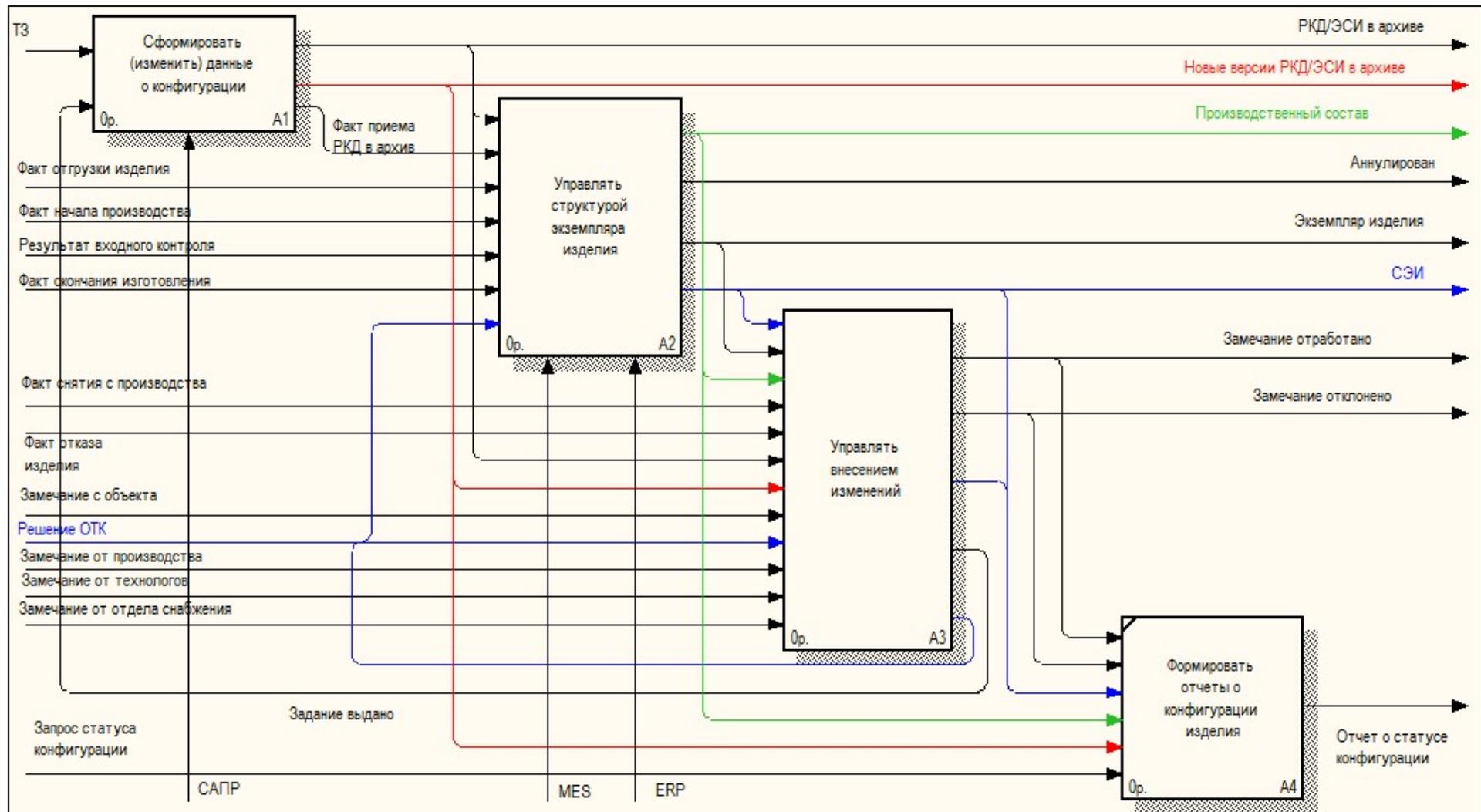


Рисунок 6 – Диаграмма процесса управления конфигурациями

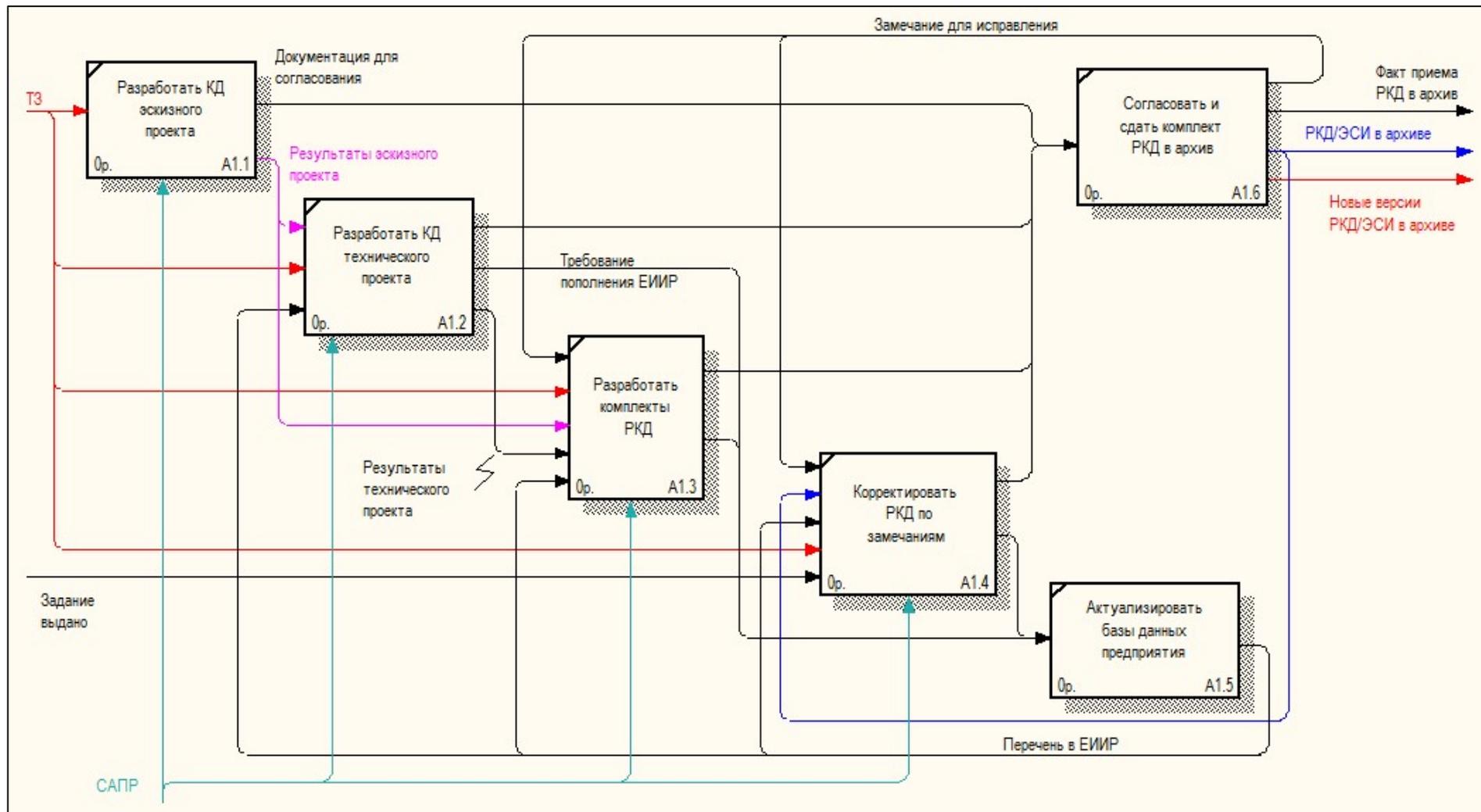


Рисунок 7 – Детализация процесса управления данными об изделии на этапе разработки

В процессе подготовки производства, непосредственно производства и при эксплуатации на конструкторскую и технологическую документацию, а также экземпляр изделия могут фиксироваться замечания. Процедуры фиксации и последующего обращения замечаний регламентированы процессом управления внесением изменений.

Регламент процесса управления конфигурациями формулирует обязательность записи замечаний из нескольких источников, таких как:

- 1) замечания сотрудников технологического подразделения;
- 2) замечания сотрудников службы снабжения;
- 3) замечания сотрудников производства;
- 4) рекламационный акт заказчика.

Для управления замечаниями от перечисленных источников в интегрированной среде необходимо реализовать процедуры, представленные на рисунке 8.

Итак, управление внесением изменений предполагает выполнение процедуры записи и согласования замечаний, выполняемой в соответствии с требованиями конкретного предприятия. Ее результатом является принятое решение о необходимости корректировки данных об изделии или же отклоненное замечание. Причем замечание должно быть записано сотрудником технологического подразделения, службы снабжения или производства.

Далее, в случае принятия решения о необходимости корректировки данных выполняется процедура выдачи и исполнения задания на изменение документации, характеризующаяся управлением изменяемыми и результирующими данными об изделии. Данные об изделии представлены объектами «элемент ЭСИ-PDM», «Документ», «CAD-Документ» и/или «ЕСAD-Документ».

В случае же, если зарегистрирован рекламационный акт заказчика, то, прежде всего, в интегрированной среде фиксируется факт отказа соответствующего экземпляра составной части изделия. После этого фиксируется акт исследования отказа, где указывается причина отказа и формулируется решение специалистов службы качества. После этого в интегрированной среде вносятся изменения в состав структуры экземпляра изделия, первоначальное формирование которой выполняется при изготовлении деталей и сборочных единиц изделия, т.е. в процессе производства.

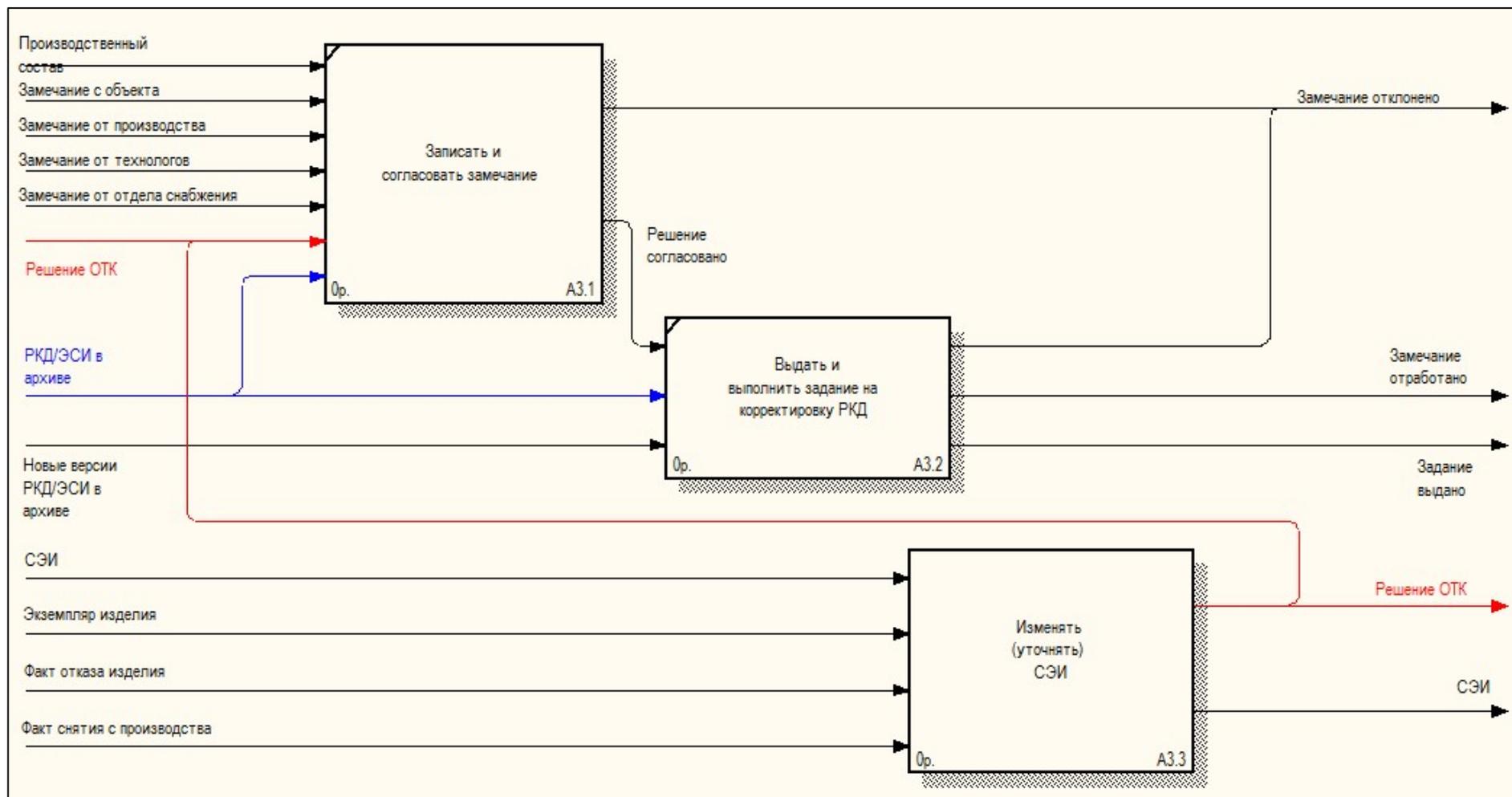


Рисунок 8 – Детализация процесса управления внесением изменений

### 4.3 Управление производством в интегрированной среде

Как и любой другой процесс, реализуемый на этапах жизненного цикла изделия, процесс производства предполагает формирование перечня информации, сбор и последующий анализ которой может оказать существенное влияние на реализацию мероприятий по повышению качества выпускаемой предприятием продукции [22, 23, 26, 28].

Итак, на этапе производства, среди прочего, формируются:

- 1) заводские номера на изделия и их составные части;
- 2) значения качественных характеристик изделий и их составных частей. Перечни этих характеристик определены конструкторской и технологической документацией;
- 3) результаты контроля качества выполнения производственных операций, предусмотренных технологическими процессами.

Для хранения, представления и обработки перечисленных данных об изделии в интегрированной среде предлагается использовать структуры экземпляров изделий. Они формируются на основе конструкторского представления ЭСИ-PDM, согласно рисунку 9. При этом очевидно, что на основе одного конструкторского представления может быть сформировано сколько угодно структур экземпляров изделий.

Основной системой в составе интегрированной среды для формирования структур экземпляров изделий является MES-система. При этом выделяется несколько этапов:

- 1) в MES-систему из PDM передается конструкторское представление ЭСИ-PDM; из САПР ТП – перечни технологических операций и производственных цехов, где выполняются эти операции;
- 2) в MES-системе для каждой детали и сборочной единицы выполняется настройка фиксируемых качественных характеристик;
- 3) в MES-системе выполняется запуск процесса производства, в процессе которого на каждой технологической операции отмечается факт ее выполнения, вводятся значения качественных характеристик (если они есть) и результат контроля качества выполнения операции. Здесь же вводится значение заводского номера.

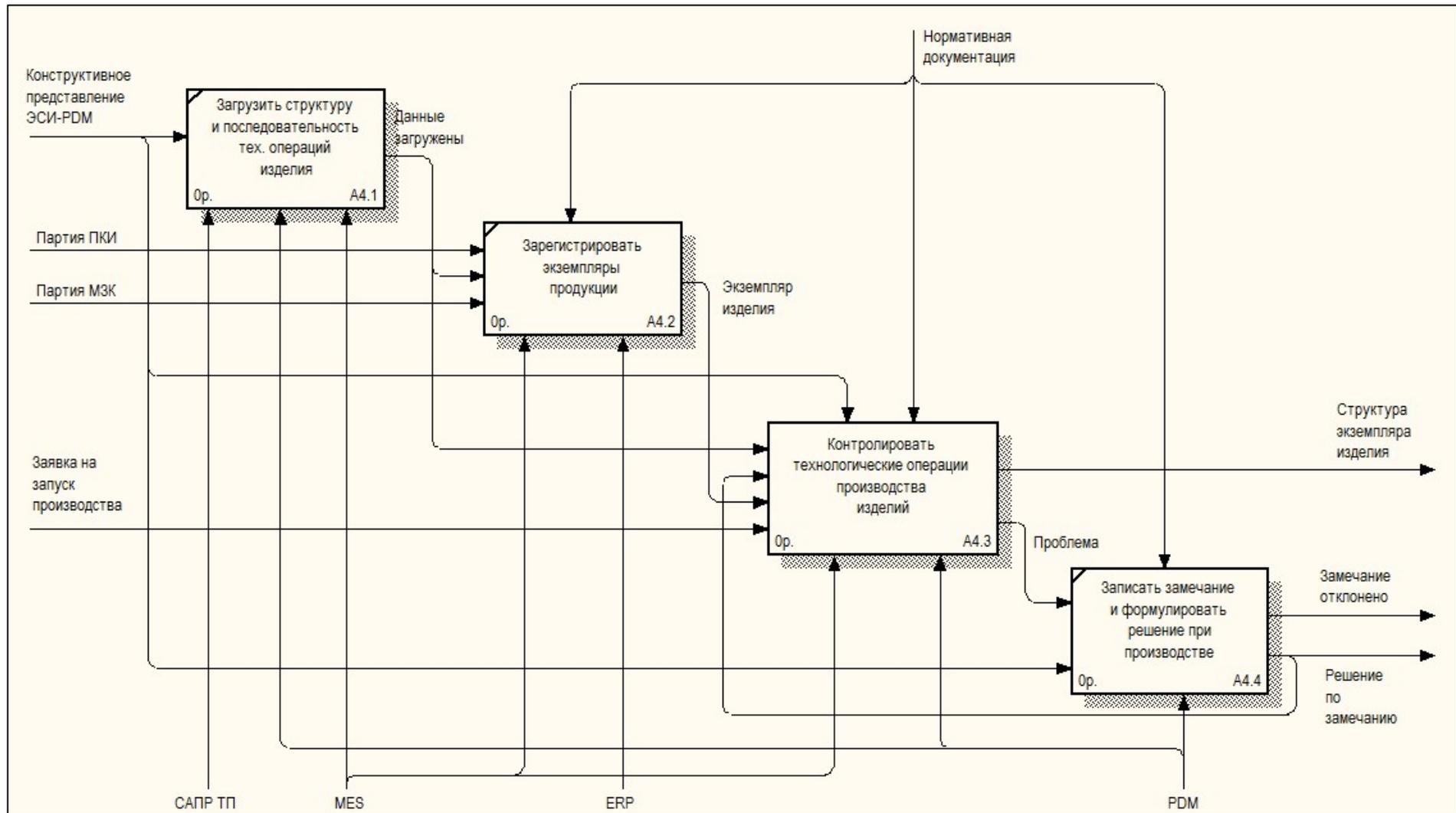


Рисунок 9 – Диаграмма процесса управления производством

После завершения цикла изготовления детали или сборочной единицы из MES в PDM-систему будет передан перечень информации, необходимой для формирования объектов «Экземпляр». Причем первоначально будут созданы объекты «Экземпляр», обозначающие детали; впоследствии на их основе будут сформированы структуры экземпляров сборочных единиц и самого изделия.

Кроме описанного в процессе производства, как показано на рисунке 9, при выполнении той или иной технологической операции могут быть зафиксированы замечания на конструкторскую или технологическую документацию. При этом в MES-системе должна появиться отметка о записи замечания, с указанием его номера из PDM, а в PDM – само замечание, управление которым выполняется в процессе управления внесением изменений.

#### **4.4 Управление внесением изменений в интегрированной среде**

Итак, процесс управления внесением изменений включает в себя, в соответствии с рисунком 10 и вышеописанным, несколько этапов: запись замечаний; запись решений на замечания; согласование решений и формулировки замечаний и отработка замечаний [19].

Следует отметить, что процедура записи замечания в интегрированной среде предполагает создание объекта «Замечание», ассоциативно связанного со сданной в архив версией соответствующего объекта «Документ», «CAD-Документ» или «ECAD-Документ». Далее представляется вариант формулировки решения по этому замечанию, подлежащий согласованию согласно установленным на предприятии правилам в объекте «Запись о замечании».

В случае, если решение подписывается всеми необходимыми должностными лицами, то в интегрированной среде, вручную или автоматизированным способом, создается ассоциированный объект «Комплектное задание», с которым ассоциированы все объекты «Задание» для каждого тематического и/или конструкторского подразделения, в котором выполняется корректировка данных об изделии.

Объект «Задание» содержит ссылки на изменяемые и результирующие объекты. Это необходимо, поскольку при отработке замечания могут быть откорректированы любые документы и 3D-модели, согласно принятому решению.

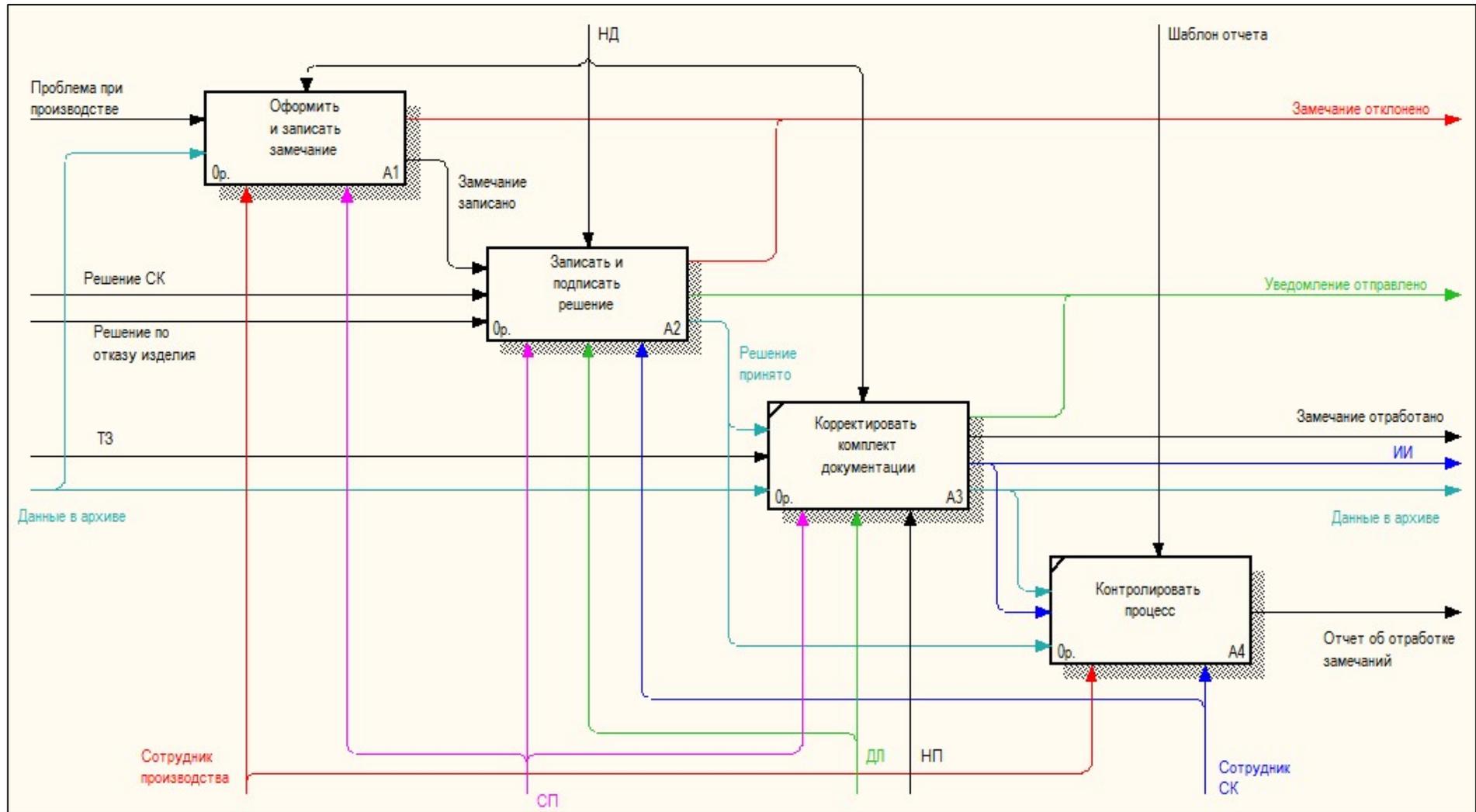


Рисунок 10 – Диаграмма процесса управления внесением изменений

## **ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ**

Задания для студентов программы бакалавриата в виде курсового проекта по разработке средства защиты информации

1. Разработка схемотехнической составляющей изделия.
2. Разработка конструкторской составляющей изделия.
3. Оформление документации на изделие в соответствии с требованиями ГОСТ.

Задания для студентов программы магистратуры в виде курсового проекта по разработке средства защиты информации

1. Разработка схемотехнической составляющей изделия.
2. Разработка конструкторской составляющей изделия.
3. Выполнение проектных расчетов.
4. Разработка управляющих программ для станков с программным управлением.
5. Оформление документации на изделие в соответствии с требованиями ГОСТ.
6. Изготовление опытного образца на станке.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, применение CALS-технологий для управления данными при сквозном проектировании в защищенной интегрированной среде позволяет автоматизировать процедуры обработки данных об изделии на этапах его жизненного цикла; а также повысить эффективность функционирования предприятия в части совершенствования управления.

Изложенный материал позволяет студентам получить:

- 1) представления и знания об основных терминах, употребляемых в контексте управления данными об изделии и интегрированных средах;
- 2) представление о составе и структуре интегрированной среды;
- 3) знания о модели реализации CALS-технологий;
- 4) представления и знания о возможных реализациях основных процессов управления данными об изделии в интегрированной среде.

Полученные знания и представления могут быть использованы студентами при подготовке выпускных квалификационных работ; в процессе дальнейшего обучения в Университете ИТМО по выбранному направлению подготовки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И.П. Норенков, П.К. Кузьмик. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.: ил.
2. И.В. Политковская. Экономика. Специальные главы: Учебное пособие. //МАДИ (ГТУ). – М., 2008. – 115с.
3. Н. Слак, Ст. Чемберс, Р. Джонстон. Организация, планирование и проектирование производства. Операционный менеджмент. /Пер. с 5-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2011. – XXVI, 790 с.
4. Дж. Браун. Исследование компании Tech-Clarity: бизнес-выгода от использования PDM-систем. //CAD/CAM/CAE Observer 6 (66) 2011.
5. Дж. Браун. Исследование компании Tech-Clarity: интеграция PLM и MES. //CAD/CAM/CAE Observer 3 (63) 2011.
6. Ю.В. Донецкая, Ю.А. Гатчин. Управление данными о промышленном изделии на этапе проектирования – LAP, 2011. – 154 с.
7. Ю.В. Донецкая. Метод формирования электронных структур изделия. //Научно-технический вестник СПб ГУ ИТМО. Выпуск 46. Информационные и телекоммуникационные системы. СПб.: СПб ГУ ИТМО, 2008. – С.40-43.
8. Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, В.В. Павлов, А.В. Рыбаков. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологии. – М.: Наука, 2003. – 292 с.
9. Е.В. Судов, А.И. Левин. Концепция развития CALS-технологий в промышленности в России. – М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2002. – 28 с.
10. А.Г. Баженов, И.Е. Гутнер, Ю.В. Донецкая, Е.Н. Карташев, В.Д. Ступаков. Реальность и перспективы формирования электронного определения изделия. //Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции МОРИНТЕХ-ПРАКТИК «Информационные технологии в судостроении – 2008». СПб.: ОАО Судостроительный завод «Северная верфь», 2008. – С.48-49.
11. А. Тимошин. PDM-системы: вчера, сегодня, завтра... //электронный журнал: Управление предприятием №7 (7), август 2011. [Электронный ресурс].
12. Дж. Браун. Исследование компании Tech-Clarity: интеграция PLM и MES. //CAD/CAM/CAE Observer 3 (63) 2011.
13. Richard Tamworth, Jonas Westlund. Интеграция MES и ERP – будущее производства? //REM №1, 2006.

14. Ed Miller, John McKrell. Интеграция PLM- и ERP-систем. //CAD/CAM/CAE Observer 1 (25), 2 (26) 2006.
15. А. Мохно. Интеграция ERP и PLM для решения задачи планирования. //REM №1, 2008.
16. I.V. Donetckaia, O.V. Kuznetsova, E.V. Tushkanov, A.Y. Kuznetsov. Formation and analysis of engineering alternatives for an integrated electronic product description system. //Control in Technical Systems (CTS), 2017 IEEE II International Conference on - 2017, pp. 397-400.
17. Ю.В. Донецкая, Ю.А. Гатчин. Проектирование интегрированных систем управления данными. //Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'15». Научное издание в 2-х томах, 2015. – Т. 2. – С. 122-128.
18. Ю.В. Донецкая, Ю.А. Гатчин. Задачи анализа процессов при построении интегрированных систем управления данными. //Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'16». Научное издание в 3-х томах, 2016. – Т. 1. – С. 102-107.
19. Ю.В. Донецкая. Автоматизация процесса управления внесением изменений. //Навигация и управление движением. Материалы докладов XIV конференции молодых ученых. «Навигация и управление движением»/ Науч. редактор д.т.н. О.А. Степанов. Под общ. ред. академика РАН В.Г. Пешехонова. – СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2012. – С. 377-382.
20. Ю.В. Донецкая. Управление жизненным циклом технической документации. //Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции МОРИНТЕХ-ПРАКТИК «Информационные технологии в судостроении – 2012», 2012. – С. 48-52.
21. Донецкая Ю.В. Интеграция систем для формирования полного электронного описания изделия. //Материалы докладов XV конференции молодых ученых «Навигация и управление движением»/ Науч. редактор д.т.н. О.А. Степанов. Под общ. ред. академика РАН В.Г. Пешехонова. СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2013. – С.176-181.
22. Д.Г. Бочанинов, Р.В. Ермаков. Комплексный подход к организации хранения данных в программном обеспечении контрольно-измерительной аппаратуры. //Гироскопия и навигация, 2014. – №2(85).
23. Е.В. Шаховцев, А.И. Баландин. Система информационной поддержки разработки, производства и испытаний гироскопических приборов. //Гироскопия и навигация, 2014. – №2(85).

24. С.А. Мухин, Д.Ю. Поляков. Планирование работ подразделений организации при осуществлении научно-технической и опытно-конструкторской деятельности. //Навигация и управление движением: Материалы докладов XVII конференции молодых ученых «Навигация и управление движением»/ Науч. редактор д.т.н. О.А. Степанов. Под общ. ред. академика РАН В.Г. Пешехонова. – СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2015. – С.147-150.
25. С.А. Мухин, Г.В. Свечинская. Использование единого интегрированного информационного ресурса организации в качестве системы информационного обеспечения процессов проектирования. //Материалы докладов XVI конференции молодых ученых «Навигация и управление движением»/ Науч. редактор д.т.н. О.А. Степанов. Под общ. ред. академика РАН В.Г. Пешехонова. СПб.: ГНЦ РФ «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2014. – С.164-169.
26. А.К. Осепян. Состояние и перспективы развития систем управления инженерными данными в филиале ФГУП «ЦЭНКИ» – «НИИ ПМ имени академика В.И. Кузнецова». //Материалы докладов XVII конференции молодых ученых «Навигация и управление движением»/ Науч. редактор д.т.н. О.А. Степанов. Под общ. ред. академика РАН В.Г. Пешехонова. СПб.: ГНЦ РФ «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2015. – С.168-174.
27. А.Г. Баженов, В.С. Безмен, И.Е. Гутнер, Б.Л. Шарыгин. Развитие САПР в ЦНИИ «Электроприбор» в российский период. //Материалы 9-й конференции «Информационные технологии в управлении (ИТУ-2016)». – СПб.: АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2016. – С. 507-514.
28. Ю.В. Донецкая. Интеграция систем. Возможности и перспективы. //XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014.: Труды. [Электронный ресурс]. М.: ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, 2014.
29. В. Стародубов. Управление конфигурацией: задачи, стандарты и реализация. //CAD/CAM/CAE Observer 4 (28) 2006.

Юлия Валерьевна Донецкая  
Ольга Валерьевна Кузнецова  
Александр Юрьевич Кузнецов

ПРИМЕНЕНИЕ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ  
ДААННЫМИ ПРИ СКВОЗНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ В ЗАЩИЩЕННОЙ  
ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЕ

Учебное пособие

В авторской редакции

Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО

Зав. РИО

Н.Ф. Гусарова

Подписано к печати

Заказ №

Отпечатано на ризографе

**Редакционно-издательский отдел**  
**Университета ИТМО**  
197101, Санкт-Петербург, Кронверский пр., 49