

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

О.Л. Ахремчик

**ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ**

Учебное пособие

Тверь 2024

УДК 681.5(075.8)
ББК 39.956я7

Рецензенты: доктор технических наук профессор кафедры автоматизированных систем управления биотехнологическими процессами ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет» Каргин В.А.; кандидат технических наук доцент кафедры информационных систем и цифровых технологий Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского Полевщиков И.С.

Ахремчик О.Л. Интегрированные системы проектирования и управления: учебное пособие. Тверь: Тверской государственный технический университет, 2024. 168 с.

Предназначено для студентов бакалавриата и магистратуры, проходящих подготовку по направлениям «Управление в технических системах», «Информатика и вычислительная техника». Рассматриваются комплексные отечественные решения по применению компьютерных систем автоматизации процессов проектирования и производства преимущественно машиностроительного кластера. Описывается методология интеграции разноплановых автоматизированных систем на основе единых описаний и форматов представления данных о состоянии производственного цикла. Особое внимание уделяется иерархическим моделям задач схмотехнического проектирования и организационно-распорядительного документооборота.

Олег Леонидович Ахремчик

Интегрированные системы проектирования и управления

Учебное пособие

Редактор М.Б. Юдина
Корректор С.В. Зорикова

Подписано в печать 19.03.2024

Формат 60 x 84/16

Физ. печ. л. 10,5

Тираж 50 экз.

Усл. печ. л. 9,77

Заказ № 14

Бумага писчая

Уч.-изд. л. 9,14

С – 14

Редакционно-издательский центр
Тверского государственного технического университета
170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22

ISBN 978-5-7995-1335-1

© Тверской государственный
технический университет, 2024
© Ахремчик О.Л., 2024

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АРМ	–	автоматизированное рабочее место
АС	–	автоматизированная система
АСУ	–	автоматизированная система управления
АСУП	–	автоматизированная система управления производством
АСУТП	–	автоматизированная система управления технологическим процессом
БД	–	база данных
ДСЕ	–	деталь, сборочная единица
ИСПиУ	–	интегрированная система проектирования и управления
КИА	–	контрольно-измерительная аппаратура
КИС	–	корпоративная информационная система
КТЭ	–	конструкторско-технологический элемент
ЛВС	–	локальная вычислительная сеть
НИР	–	научно-исследовательская работа
ОС	–	операционная система
ОУ	–	объект управления
ОКР	–	опытно-конструкторские работы
ПО	–	программное обеспечение
ПЛИС	–	программируемая логическая интегральная схема
ПЛК	–	программируемый логический контроллер
ПИД	–	пропорционально-интегрально-дифференциальный
РТК	–	расчетно-технологическая карта
САПР	–	система автоматизированного проектирования
САР	–	система автоматического регулирования
СПЖЦ	–	система поддержки жизненного цикла
СППР	–	система поддержки принятия решений
СУБД	–	система управления базами данных
СЦК	–	система централизованного контроля

ТЗ	–	техническое задание
ТО	–	технологический объект
ТП	–	технологический процесс
УГО	–	условное графическое обозначение
УП	–	управляющая программа
ФСА	–	функционально-стоимостной анализ
ЧПУ	–	числовое программное управление
ЭСИ	–	электронная структура изделия
ADU	–	Application Data Unit
B2B	–	Business two Business
CAD	–	Computer Aided Design
CAE	–	Computer Aided Engineering
CALS	–	Continuous Acquisition and Life Cycle Support
CAM	–	Computer-Aided Manufacturing
CNC	–	Computer Numeric Control
CRM	–	Computer Resource Management
DCOM	–	Distributed Component Object Model
ERP	–	Enterprise Resource Planning
IETM	–	Interactive Electronic Technical Manual
MES	–	Manufacturing Execution System
MRP	–	Material Resource Planning
OLAP	–	On-Line Analytical Processing
PDM	–	Product Data Management
PDU	–	Protocol Data Unit
PLM	–	Product Lifecycle Management
SCADA	–	Supervisory Control and Data Acquisition
SCM	–	Supply Chain Management

ВВЕДЕНИЕ

Применяемые сегодня технологии производства и реализующие их ТП и аппараты ориентированы на внедрение постоянно совершенствующихся АСУ. При этом в состав систем начинает входить все больше компонентов, в связи с чем возникает проблема их совместного применения на основе автоматической передачи и конвертации файлов, содержащих данные о проектируемых и производимых изделиях.

Вопросы автоматической конвертации и интеграции АС получили практическую реализацию в середине 1970-х годов в областях, связанных с военно-промышленным комплексом США при создании форматов данных для передачи от проектировщиков к производственным подрядчикам. В СССР в то время решались задачи создания типовой для машино- и приборостроительных предприятий системы управления, что привело к созданию методов построения прикладных программ, использующих параметрическую настройку на конкретное предприятие при поставке типовой системы.

В традиционном производстве конца XX – начала XXI веков совокупность процессов проектирования, подготовки производства и производства осуществлялась в различных производственных подразделениях: конструкторских, технологических, планово-производственных отделах, на производственных площадках и др. Эти подразделения взаимодействовали путем организации оборота документов, полуфабрикатов, инструментов, образцов. Задачи автоматизации обменных операций не рассматривались.

В современных условиях интеграция АС является необходимым условием цифровой трансформации промышленности, которая призвана обеспечить повышение эффективности использования основных фондов, сырья и материалов, расширение технологических, производственных и сбытовых возможностей предприятий, повышение доли предприятий, использующих технологии имитационного моделирования и предиктивной аналитики. Наиболее остро вопросы интеграции стоят в сферах машиностроения, судо- и авиастроения, обрабатывающей промышленности. Особенно это касается систем верхнего уровня, решающих задачи управления материальными, финансовыми и трудовыми ресурсами. Единое представление данных об изделии, процессах проектирования, производства и обслуживания позволяет создавать «фабрики будущего», выходить на новый уровень технологического уклада.

Уровень интеграции – показатель, отражающий число производственных автоматизированных функций и процессов с возможностью их реализации в едином информационном пространстве, содержащем сведения о процессах в электронном виде [1].

Стратегия технологий поддержки жизненного цикла изделий CALS предусматривает две стадии формирования единого информационного пространства: автоматизации отдельных процессов жизненного цикла изделия и представления относящихся к ним данных в электронном виде; интеграции автоматизированных процессов и относящихся к ним данных, представленных в электронном виде с помощью программных средств в режиме реального времени, с параллельной работой исполнителей через единую сеть посредством стандартных протоколов и средств связи.

Все решения по построению систем управления производством, рассматриваемые в данном пособии, были предложены в предыдущем технологическом укладе, когда АС проектировались, внедрялись и использовались секторально без учета их комплексной интеграции. Сложности интеграции существующих систем определяются и тем, что значительная часть ПО, применяемого на российских предприятиях, импортирована. Постановка задачи перехода на отечественные разработки предопределила исключение из рассмотрения большого числа примеров как отраслевых, так и глобальных решений в области практического применения АС.

В основу структурирования материала пособия положен смешанный принцип, когда, с одной стороны, рассматривается комплекс разноплановых систем одного производителя (главы 4, 5, 6, 8, 9) и функциональное назначение систем – с другой (главы 3, 7, 10). К сожалению, пример единой, действительно интегрированной системы, в пособии не представлен в силу того, что автору не удалось найти такового в пределах регионального промышленного кластера Тверской области.

Задача выбора одного разработчика-производителя АС затруднена в силу многопрофильности производств и отсутствия четких представлений будущих работодателей о направлениях и инструментах комплексной автоматизации своей деятельности как в отдаленной, так и в ближайшей перспективе. Постоянное обновление архитектуры компьютерных и операционных систем, а также прикладного ПО требует внесения корректив в содержание отдельных дисциплин, характеристики образовательных программ и учебные планы. Поэтому предлагаемое пособие позволит определить направление вектора работы будущих специалистов, связанное с системным подходом к координации и интеграции АС на всех стадиях жизненного цикла технических объектов.

1. СОСТАВ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

1.1. Уровневая организация интегрированной системы проектирования и управления

Системой называется совокупность взаимосвязанных элементов. В ИСПиУ элементами являются отдельные АСУ бизнес-процессами, технологическими и вспомогательными процессами, осуществляемыми при производстве продукции (изделий, услуг, информации). Бизнес-процесс – это связанное множество внутренних видов деятельности компании, заканчивающихся созданием продукции или услуги, необходимой потребителю [2].

Необходимым условием существования системы является подчиненность функций отдельных ее элементов функциям системы в целом, т. е. единство цели функционирования и согласованное взаимодействие элементов. В ходе функционирования системы связи между элементами могут исчезать или модифицироваться, и в этом случае говорят о системе с переменной структурой. Интегрированная система проектирования и управления относится к классу систем с переменной структурой.

В составе ИСПиУ выделяют функциональную и обеспечивающую части. Подсистемы, входящие в функциональную часть, называются функциональными, а подсистемы, входящие в обеспечивающую часть, – обеспечивающими. Обеспечивающие подсистемы включают набор элементов, которые обуславливают решение задач управления. На разных стадиях жизненного цикла состав функциональных и обеспечивающих подсистем меняется, обеспечивающие подсистемы могут становиться функциональными и наоборот. В качестве задач функциональных подсистем рассматриваются задачи, для решения которых и создается ИСПиУ.

Например, для реализации сквозной системы проектирования, поддержки проектов программно-технических комплексов на всех этапах жизненного цикла применяются обеспечивающие подсистемы: управления электронным техническим документооборотом и электронным архивом проектов; разработки интерактивных электронных технических руководств; управления данными в системе менеджмента качества.

Объектом управления (ОУ) в ИСПиУ называется часть мира, смена состояний которой обеспечивает преобразование входного потока предметов труда (сырья, деталей, документов и др.) в выходной поток продуктов труда (готовых изделий, итоговой документации и т. д.).

Применение ИСПиУ обеспечивает:

- прямое уменьшение затрат на проектирование (до 30 %);
- снижение затрат на обслуживание и эксплуатацию;
- сокращение времени разработки изделий (в 1,5–2 раза);
- сокращение времени вывода новых изделий на рынок (до 75 %);
- уменьшение брака и затрат, связанных с его устранением (до 75 %);
- точное соблюдение технологических нормативов и регламентов;
- сокращение времени простоев оборудования;
- устранение ошибок, допускаемых операторами;
- установление взаимосвязей между производством, отделом планирования, складом и поставщиками;
- точный учет количества выпущенной продукции на всех стадиях производства;
- анализ загрузки, остановов на обслуживание оборудования;
- предупреждение аварий и нештатных ситуаций;
- комплексный анализ факторов, влияющих на производительность оборудования и качество выпускаемой продукции.

Общая концепция ИСПиУ состоит в том, что все системы управления видами деятельности предприятия (включая анализ рынка, закупку материалов, сбыт продукции и т. д.); процесса изготовления продукции предприятия; проектирования (продукции, ТП ее изготовления, АСУТП) обращаются к единой БД (знаний) для получения информации, необходимой для принятия решения на конкретном уровне управления. Например, САПР, функционирующая в рамках отдела проектирования, обращается к БД групповых технологий при появлении ТЗ на проектирование новой марки продукции. Целью обращения является поиск аналогичных по свойствам и характеристикам деталей или узлов и устройств, ранее спроектированных в процессе создания другой продукции. При совпадении требований к новой детали и характеристик существующей детали появляется возможность использовать разработанную ранее документацию.

Достоинствами применения ИСПиУ являются:

1. Гибкость протекания информационных процессов, заключающаяся в простоте организации информационных каналов при существовании единой БД предприятия.
2. Повышение скорости обмена информацией.
3. Уменьшение количества ошибок при передаче информации и исключение влияния человеческого фактора при организации информационного обмена.

Основная отличительная особенность ИСПиУ – совмещение функций проектирования АСУ и функций, выполняемых самой АСУ. При этом возрастает роль информационно-вычислительных функций,

результатом выполнения которых является накопление и использование данных о многообразии процессов производственной деятельности.

К информационно-вычислительным функциям относятся:

1. Прямое и косвенное измерения заданных параметров (сбор, первичная обработка и хранение информации о протекающих процессах).
2. Контроль и архивация с прогнозированием трендов изменения параметров процессов и технологического оборудования.
3. Сигнализация состояний параметров и их отклонений.
4. Расчет технико-экономических и эксплуатационных показателей.
5. Регистрация параметров ТП и ТО, архивация результатов расчетов.
6. Анализ рекламаций, срабатывания блокировок и защит.
7. Оперативное отображение информации операторам и лицам, принимающим решения.
8. Выполнения процедур обмена информацией.

Управляющие функции ИСПиУ включают в себя действия по выработке и реализации управляющих воздействий. К управляющим функциям относятся:

1. Одноконтурное регулирование.
2. Логическое управление.
3. Каскадное регулирование.
4. Многосвязное регулирование.
5. Программное управление.
6. Оптимальное управление установившимися режимами работы.
7. Оптимальное управление неуставившимися режимами работы, поиск траектории движения от одного установившегося режима к другому.
8. Оптимальное управление с адаптацией.
9. Управление требованиями.
10. Управление сигналами.

Функции интегрированной системы реализуются как отдельными системами, входящими в ее состав (рис. 1.1), так и ИСПиУ в целом. Расшифровка аббревиатур представлена в таблице.

В начале XXI века взаимодействие выделенных систем осуществлялось в рамках функционирования автоматизированных логистических систем CALS. Структура проектной, технологической и эксплуатационной документации, языки ее представления в технологии CALS должны быть стандартизованными. При выполнении условия стандартизации представлений о продукции становится реальным проектирование изделий и процессов их производства разными коллективами с разделением стадий жизненного цикла во времени и пространстве.

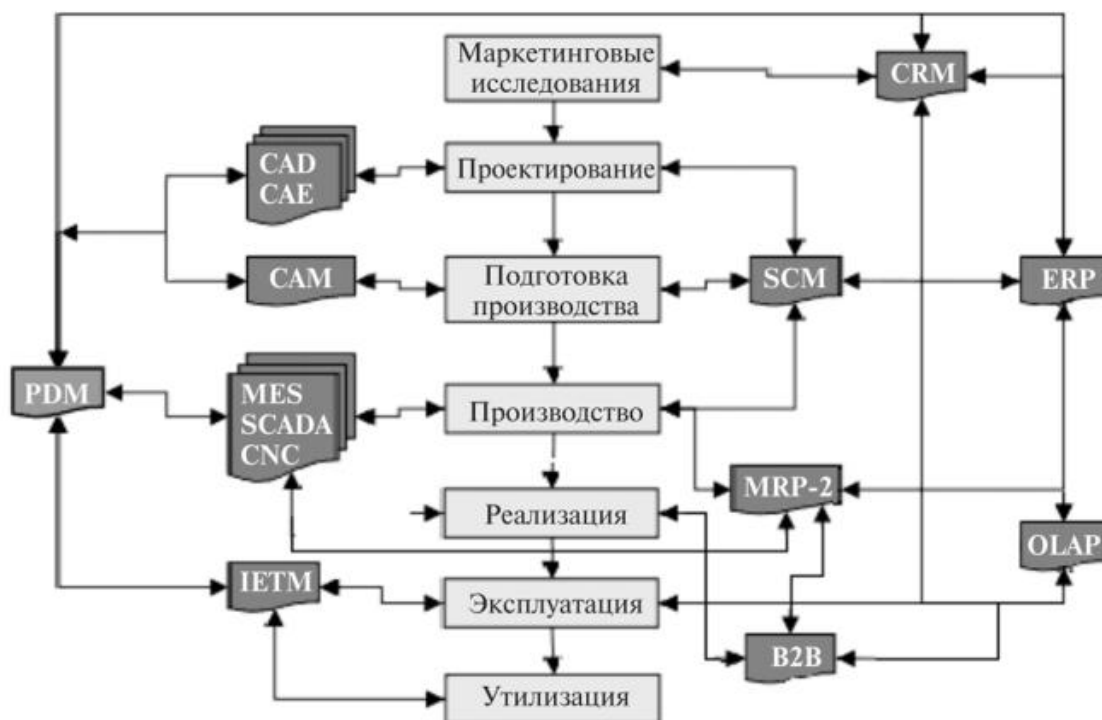


Рис. 1.1. Элементы ИСПиУ

Таблица 1

Обозначение составных частей ИСПиУ

CAD	Система автоматизированного проектирования (САПР)
CAE	Система инженерных расчетов и моделирования
PDM	Система управления данными о производстве
CAM	Система технологической подготовки производства (АСТПП)
MES	Система управления производством (АСУП)
CNC	Система числового программного управления (ЧПУ)
SCADA	Система централизованного диспетчерского контроля (СЦК)
CRM	Система управления ресурсами
ERP	АСУ планированием и контролем хода производства
MRP	АСУ планированием и контролем ресурсов
SCM	АСУ поставками
B2B	АСУ бизнес-процессами
OLAP	Система оперативного анализа данных
IETM	Система поддержки жизненного цикла (СПЖЦ)

Рассмотрим назначение и состав систем, входящих в ИСПиУ. На стратегическом уровне управления применяется ERP-система, в которой определяется, что производить, в какие сроки, в каких объемах и из какого сырья. Уровень тактического управления обеспечивает MES-система, в которой определяется, как произвести, по каким технологиям и в каком порядке. Комплексное использование систем SCADA, CNC и компонентов

MES-системы на уровне оперативного управления позволяют решать задачи контроля и поддержания заданных технологических параметров. Совокупность систем можно рассматривать как АСУТП.

Функции САМ-систем включают:

разработку и планирование ТП,

синтез УП для технологического оборудования с ЧПУ, моделирование процессов обработки, в том числе построение траекторий относительного движения инструмента и заготовки в процессе обработки.

CAD-системы применяются на этапах выполнения эскизного, технического и рабочего проектов в ходе процедуры геометрического проектирования. CAD-системы подразделяют на системы двухмерного (2D) и трехмерного (3D) проектирования. Первое выполняется для представления плоских объектов; второе – для полноценного представления трехмерных пространственных объектов. Двухмерное представление нашло широкое распространение при автоматизации чертежных работ. Представление об объекте дается с помощью его проекций на координатные плоскости декартовой системы координат. К операциям 2D-проектирования относятся: выбор линий, задание видов шрифтов, черчение, оформление конструкторской документации. К операциям 3D-проектирования относятся: получение трехмерных моделей, метрические расчеты, визуализация, взаимное преобразование 2D- и 3D-моделей (рис. 1.2).

В процессе выполнения операции САПР исполняет команды:

формирования базовых геометрических элементов (точек, линий, окружностей и др.);

преобразования изображения (масштабирования, поворотов и др.);

компоновки объекта из отдельных элементов.

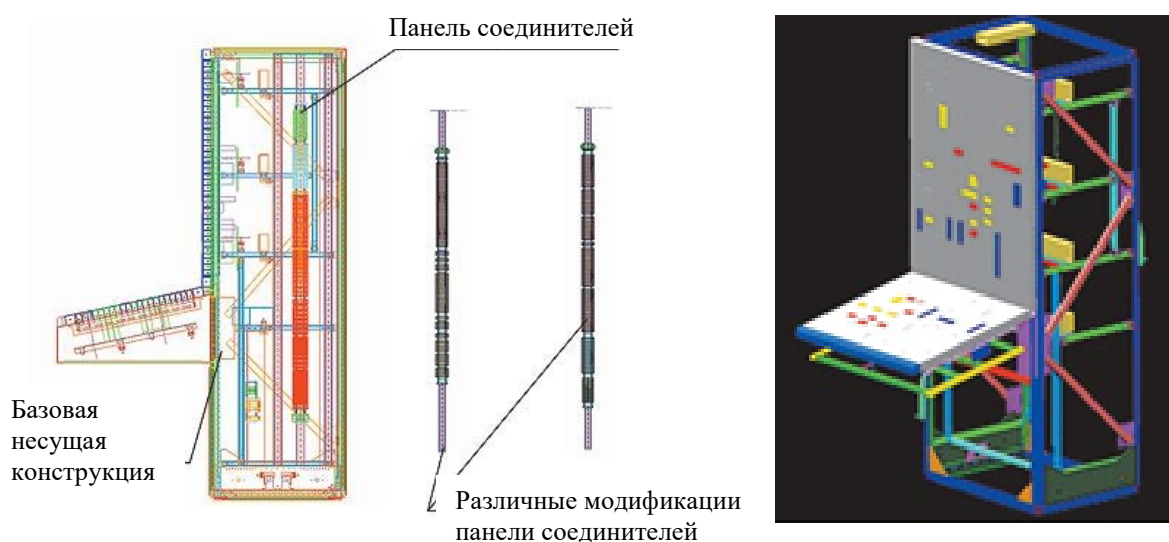


Рис. 1.2. Преобразование 2D- и 3D-моделей при проектировании пульта управления

При объемном моделировании используются различные способы формирования моделей геометрических элементов (рис. 1.3). Наиболее распространенным является способ каркасного представления модели совокупностью точек и соединительных линий. Модель хранится в виде массива координат характерных точек. На изображении могут удаляться невидимые каркасные линии. Полигональная поверхностная модель состоит из поверхностей, образующих тело. В том случае, когда поверхность не описывается аналитически, ее заменяют приближенно многогранником, каждая грань которого представляет собой плоский многоугольник. Наиболее совершенным является метод объемных моделей для представления монолитных тел. Сложный геометрический объект формируется из графических примитивов – элементарных монолитных геометрических объемов (базисных тел) с использованием операций объединения, вычитания и пересечения.

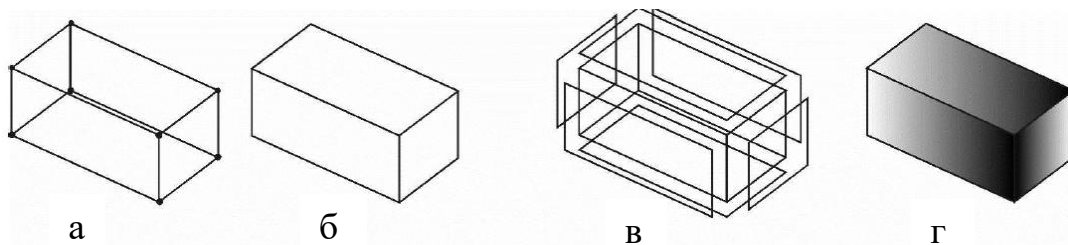


Рис. 1.3. Использование объемных моделей в операциях геометрического моделирования: каркасное представление модели совокупностью точек и соединительных линий (а); удаление невидимых каркасных линий (б); полигональная поверхностная модель (в); визуальное представление детали (г)

При выполнении инженерного анализа осуществляются прочностные, тепловые, динамические и другие расчеты, позволяющие определять и сравнивать ожидаемые технические характеристики различных вариантов технических решений. Процедура анализа осуществляется с применением САЕ-систем.

В САПР машиностроения при расчетах применяются методы: оценки свойств монолитных пространственных объектов на основе вычисления площадей поверхностей, объема, массы, положения центра тяжести, момента инерции и других механических характеристик; конечных элементов, заключающийся в разделении сложного пространственного объекта на простые взаимосвязанные узлы и оценке поведения объекта на основе расчета взаимосвязанного поведения всех его узлов.

Метод конечных элементов позволяет рассчитывать объекты, характеристики которых описываются дифференциальными уравнениями,

в частных производных. Область, в которой ищется решение такого уравнения, разбивается на конечное число подобластей (элементов). В каждом из элементов выбирается вид аппроксимирующей функции с учетом того, что вне своего элемента она равна нулю. Значения функции на границах элементов являются решением задачи и заранее не известны. Коэффициенты аппроксимирующих функций определяются из условия равенства значения соседних функций на границах между элементами с последующим решением системы линейных алгебраических уравнений.

При функциональном проектировании тип САЕ-системы будет определяться уровнем описания создаваемой системы (продукции): уровень системы в целом; уровень устройств; уровень элементов. В состав САЕ-систем объектов автоматизации входят модули статистического анализа и параметрической оптимизации, а также программы расчета:

- частотных характеристик;
- установившихся процессов (анализ статики);
- переходных процессов (анализ динамики);
- шумов, спектров, вариации физико-химических параметров;
- чувствительности;
- наихудшего варианта.

В сфере машиностроения САЕ-системы включают программы для моделирования полей физических величин, в том числе анализа прочности на основе метода конечных элементов.

В составе интегрированной системы проектирования и управления можно выделить в качестве компонента, отвечающего ТП, АСУТП – на рис. 1.1 это блок, связанный с модулем производства и включающий системы MES (частично), SCADA, CNC.

Технологический процесс (ТП) включает операции переработки, транспортировки и хранения (сырья, полуфабрикатов, информации). Автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП) делятся на АСУ процессами непрерывного и дискретного производств. В непрерывном производстве обработка ведется в ходе транспортировки, в дискретном переработка осуществляется в несколько этапов и от одной ее фазы к другой обязательно осуществляется транспортировка.

При рассмотрении иерархической организации в составе АСУТП можно выделить полевой уровень (уровень ввода-вывода), который включает набор датчиков и исполнительных устройств, встраиваемых в конструктивные узлы технологического оборудования и предназначенных для сбора первичной информации и реализации исполнительных воздействий. Современные измерительные преобразователи выполняют измерение, преобразование сигналов в типовые аналоговые и цифровые форматы, самодиагностику, дистанционную настройку диапазона

измерения, фильтрацию измерительной информации, операции расчета и формирования сигналов управления.

Второй уровень АСУТП – это уровень непосредственного управления. На нем реализуются функции автоматического управления ТП с помощью регуляторов и ПЛК. Уровень характеризуется:

- работой устройств управления в режиме реального времени;
- высокими требованиями к значениям показателей надежности;
- функциональной полнотой модулей связи с ОУ;
- возможностью автономной работы устройств при отказах каналов связи и программно-технических комплексов управления верхних уровней автоматизации.

Программируемые логические контроллеры (ПЛК) объединяются в ЛВС с использованием разных стандартов и протоколов. Данные от контроллеров могут собираться и формироваться в специализированных устройствах сбора и передачи данных (концентраторах) (рис. 1.4). Задачи, решаемые концентраторами:

- сбор данных с локальных контроллеров;
- обработка данных;
- поддержание единого времени во всей системе (синхронизация);
- локальная синхронизация работы контроллеров;
- хранение технологических данных;
- организация взаимодействия между локальными контроллерами;
- обмен информацией с верхним уровнем;
- работа в автономном режиме при нарушении связи с верхним уровнем;
- обеспечение резервирования каналов передачи данных.

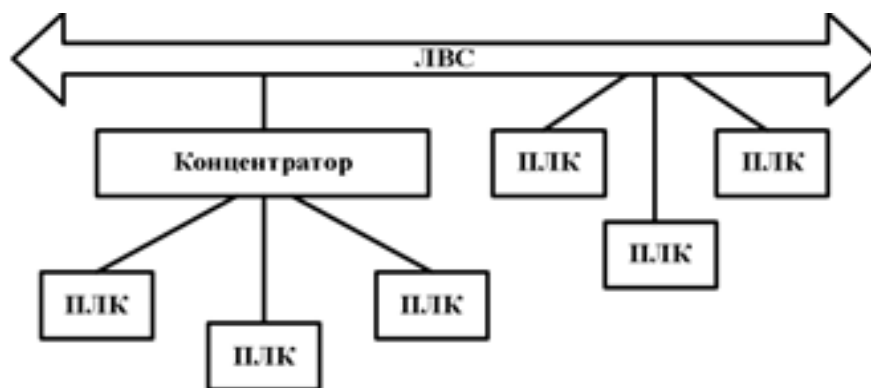


Рис. 1.4. Варианты включения ПЛК в ЛВС

В последнее время в составе ЛВС широко применяются концентраторы данных с беспроводным доступом.

Третий уровень АСУТП ориентирован на расчет и выдачу заданий (уставок) локальным регуляторам. Программно-технические средства данного уровня обеспечивают координацию и управление процессом по

критериям оптимальности, расчет и вывод служебной, диагностической и оперативной информации, т. е. данных о состоянии ТП. На данном уровне осуществляется функция человеко-машинного интерфейса НМІ (Human-Machine Interface), обеспечивающая преобразование, архивацию и отображение (визуализацию) данных о производственном процессе и формирование «советов» по оперативному комплексному управлению процессами, в том числе и с участием диспетчерского персонала.

Третий уровень обеспечивает:

диспетчерское наблюдение за ТП в реальном масштабе времени;
 выбор законов управления, расчет настроек и уставок, соответствующих заданным показателям качества управления и текущим (или прогнозным) параметрам ОУ;

оперативное сопровождение моделей ОУ типа «агрегат», «технологический процесс», корректировку моделей по результатам обработки информации от второго уровня;

синхронизацию и устойчивую работу систем типа «агрегат» для группового управления технологическим оборудованием;

ведение единой БД ТП.

В канале управления на k -м шаге формируется рассогласование $E(k)$ между уставкой и сигналом измерения, рассчитывается управление $U(k)$ с использованием коэффициентов d_0, d_1, d_2, k_p (рис. 1.5, 1.6).

В АСУТП при расчете управления используются специализированные программные модули расчета параметров настройки регуляторов, например «PID-expert». В ходе расчета настроек ПИД-регулятора применяются методы: преобразования переходного процесса и расчета настроек предварительным определением параметров объекта.

Интеграция с другими системами обеспечивается вариативным получением данных о переходных процессах в АСУ:

- от ОРС-серверов;
- из текстового файла (*.txt);
- из файла БД (*.dbf);
- из электронной таблицы (*.xls).

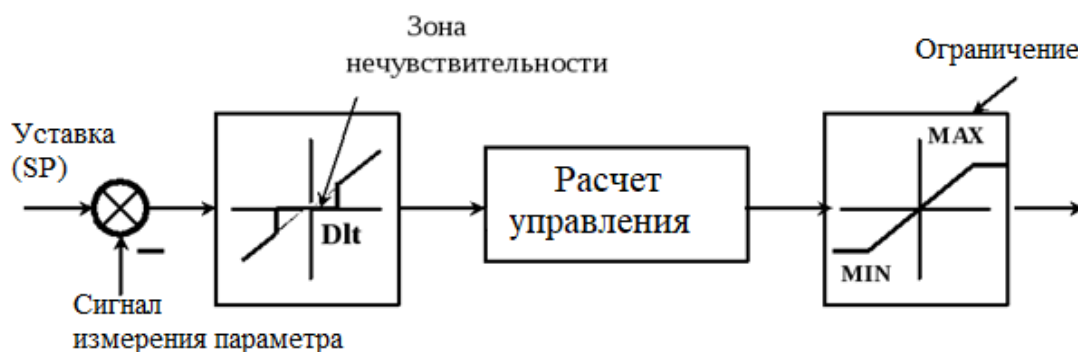


Рис. 1.5. Структура канала управления на нижнем уровне АСУТП

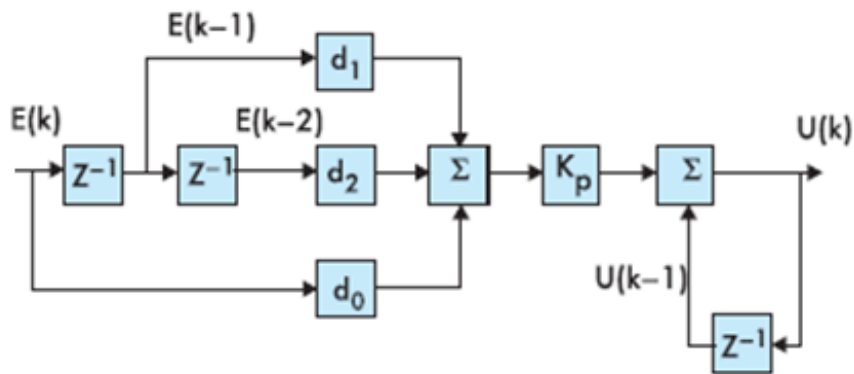


Рис. 1.6. Расчет управления по ПИД закону

На каждый канал регулирования в системе «PID-expert» создается паспорт САР (рис. 1.7). Все паспорта архивируются. При расчете параметров настроек используются данные изменения:

- регулируемого параметра (PV);
- промежуточного параметра (PPV) для каскадной системы и управления с промежуточным импульсом;
- положения регулирующего органа (CO);
- уставки (SP);
- вспомогательных переменных (VS).

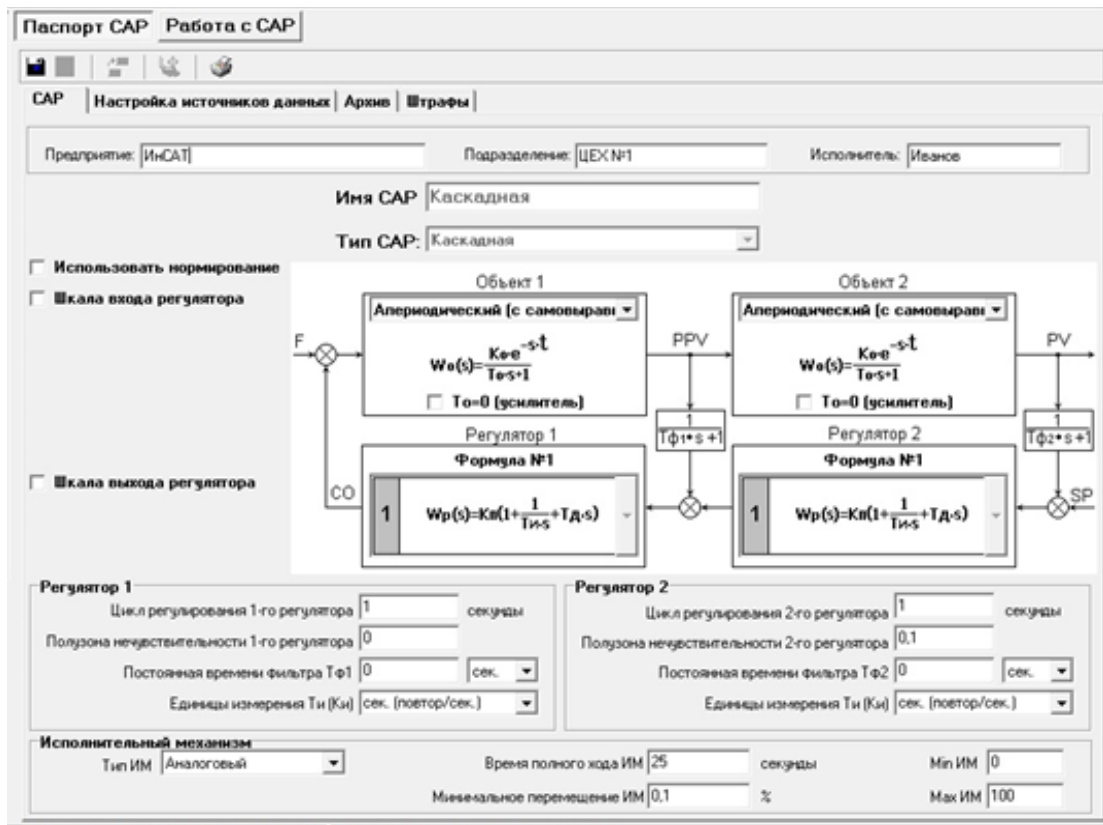


Рис. 1.7. Пример паспорта САР

Оценка эффективности управления производится на заданном при настройке временном интервале (смена, сутки и т. п.) (рис. 1.8). Решение о необходимости перенастройки канала управления принимает наладчик. Полученная оценка позволяет сравнивать выборочные средние и дисперсию для разных настроек. Программа рассчитывает настройки регуляторов по критерию минимального времени регулирования. В ходе определения параметров настройки могут варьироваться:

- параметры модели ОУ;
- параметры фильтра;
- зона нечувствительности;
- уровень шума;
- закон управления и его параметры.

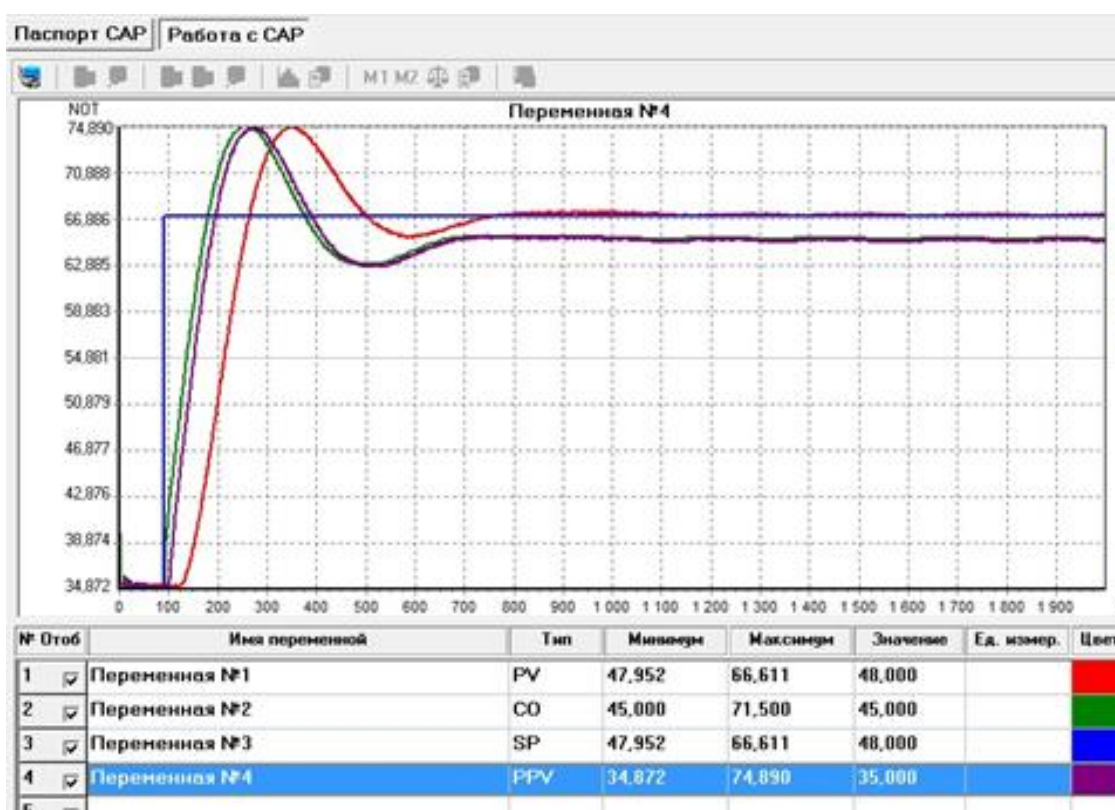


Рис. 1.8. Визуализация изменения регулируемого параметра

Четвертый уровень АСУТП связан с АСУП (на рис. 1.1 обозначена как MES). На данном уровне осуществляется решение задач оперативной упорядоченной обработки первичной информации, полученной с комплекса основного и вспомогательного оборудования, и передачи этой информации на верхний уровень планирования ресурсов предприятия. Решение задач управления происходит при составлении балансов ресурсов производства как единого организационно-технологического объекта по заданиям, поступающим с верхнего уровня, и при оперативном учете текущих параметров, определяющих состояние ОУ.

Планирование ресурсов предусматривает использование систем MRP – планирования производства и ERP – планирования ресурсов предприятия. Задачи, решаемые системами:

- ведение единой интегрированной БД предприятия;
 - планирование и диспетчеризация на уровне предприятия;
 - автоматизация обработки информации от основных и вспомогательных административно-хозяйственных подразделений (при осуществлении бухгалтерского учета, материально-технического снабжения и т. п.)
- (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Операции и результаты функционирования MRP-системы

OLAP-системы анализа больших данных содержат приложения, предназначенные для комплексного многомерного анализа данных, их динамики, тенденций и т. п. Процедуры анализа призваны содействовать принятию управленческих решений, в связи с чем системы данного уровня часто называют системами поддержки принятия решений (СППР).

Рассматриваемые системы обладают средствами формирования и предоставления пользователю агрегатных данных для различных выборок из исходного набора в удобном для восприятия и анализа виде. Как правило, такие агрегатные функции образуют многомерный (нереляционный) набор данных – гиперкуб, оси которого содержат параметры, а ячейки – зависящие от них агрегатные данные. Вдоль каждой оси данные

могут быть организованы в виде иерархии, представляющей различные уровни детализации. Благодаря такой модели представления данных пользователи могут формулировать сложные запросы, формировать отчеты и прогнозы, выделять подмножества данных.

Система поддержки принятия решений (СППР) обеспечивает:
предоставление пользователю результатов анализа за приемлемое время (до 10 с);

возможность осуществления логического и статистического анализа;
многопользовательский доступ к данным с поддержкой механизмов блокировок и средств авторизованного доступа;

многомерное представление данных, включая полную поддержку для иерархий и множественных иерархий;

возможность обращаться к любой нужной информации независимо от ее объема и места хранения.

Автоматизированная система технологической подготовки производства (САМ-система) решает задачи технологической подготовки производства продукции и, в первую очередь, разработку ПО для станков с ЧПУ.

При технологической подготовке производства решаются задачи:
разработки спецификаций сборки и обработки;
технологических маршрутов, технологической оснастки и специальных технологических средств;

определения последовательности переходов и затрат времени;

обеспечения качества продукции;

планирования выпуска продукции.

Наибольшей трудоемкостью характеризуется разработка технологических маршрутов (рис. 1.10). Качество решения этой задачи определяет эффективность планируемого производства.



Рис. 1.10. Состав операций процедуры разработки технологического маршрута

При выборе заготовки и определении ее параметров используются каталоги, а также выполняются расчеты припусков на обработку. Каталоги и расчетные методики в ИСПиУ сохраняются в электронной форме, что упрощает доступ к ним и оперативность работы.

При разработке последовательности технологических переходов большую помощь может оказать архив стандартных технологических маршрутов и ТП похожих изделий (комплексных деталей или деталей-представителей при групповой технологии). При выборе станка из архива (БД) производится дополнительная проверка технических и экономических условий его использования. Например, оцениваются параметры рабочей зоны или параметры точности обработки, обеспечиваемые станком.

В ходе разработки ТП решается задача расчета длительности операций. Каждая операция делится на элементарные переходы. Переход характеризуется обрабатываемым элементом изделия (обрабатываемой поверхностью детали), используемым для обработки инструментом и оснасткой, а также параметрами обработки.

1.2. Термины и определения элементов интегрированной системы проектирования и управления

Представим ряд определений для терминов в области ИСПиУ [3].

Автоматизированная система (АС) – система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций.

Интегрированная автоматизированная система (ИАС) – совокупность двух или более взаимоувязанных АС, в которой функционирование одной из них зависит от результатов функционирования другой (других) так, что эту совокупность можно рассматривать как единую АС.

Функция АС – совокупность действий АС, направленная на достижение определенной цели.

Задача АС – функция или часть функции АС, представляющая собой формализованную совокупность автоматических действий, выполнение которых приводит к результату заданного вида.

Алгоритм функционирования АС – алгоритм, задающий условия и последовательность действий компонентов АС при выполнении ею своих функций.

Научно-технический уровень АС – совокупность показателей, характеризующих степень соответствия технических и экономических характеристик АС современным достижениям науки и техники.

Компонент АС – выделенная по определенным признакам совокупность, рассматриваемая как единое целое.

К компонентам АС относятся:

пользователь АС – лицо, участвующее в функционировании АС или использующее результаты ее функционирования;

организационное обеспечение АС – совокупность документов, устанавливающих организационную структуру, права и обязанности пользователей и эксплуатационного персонала АС в условиях функционирования, проверки и обеспечения работоспособности АС;

методическое обеспечение АС – совокупность документов, описывающих технологию функционирования АС, методы выбора и применения пользователями технологических приемов для получения конкретных результатов при функционировании АС;

техническое обеспечение АС – совокупность технических средств, используемых при функционировании АС;

математическое обеспечение АС – совокупность математических методов, моделей и алгоритмов, примененных в АС;

ПО АС – совокупность программ на носителях данных и программных документов, предназначенная для отладки, функционирования и проверки работоспособности АС;

информационное обеспечение АС – совокупность форм документов, классификаторов, нормативной базы и реализованных решений по объемам, размещению и формам существования информации, применяемой в АС при ее функционировании;

лингвистическое обеспечение АС – совокупность средств и правил для формализации естественного языка, используемых при общении пользователей и эксплуатационного персонала АС с комплексом средств автоматизации при функционировании АС;

правовое обеспечение АС (реализуется в составе организационного обеспечения) – совокупность правовых норм, регламентирующих правовые отношения при функционировании АС и юридический статус результатов ее функционирования;

эргономическое обеспечение АС – совокупность реализованных решений в АС по согласованию психологических, психофизиологических, антропометрических, физиологических характеристик и возможностей пользователей АС с техническими характеристиками комплекса средств автоматизации АС и параметрами рабочей среды на рабочих местах персонала АС;

комплектующее изделие в АС – составная часть АС в соответствии с техническими условиями или ТЗ;

программное изделие АС – программное средство, изготовленное, прошедшее испытания установленного вида и поставляемое как продукция производственно-технического назначения для применения в АС;

информационное изделие АС – информационное средство, изготовленное, прошедшее испытания установленного вида и поставляемое как продукция производственно-технического назначения для применения в АС;

информационное средство – комплекс упорядоченной относительно постоянной информации на носителе данных, описывающей параметры и характеристики заданной области применения и соответствующей документации, предназначенный для поставки пользователю;

программно-технический комплекс – совокупность средств вычислительной техники, ПО и средств создания и заполнения машинной информационной базы при вводе системы в действие, достаточных для выполнения одной или более задач АС;

информационная база – совокупность упорядоченной информации, используемой при функционировании АС;

автоматизированное рабочее место (АРМ) – программно-технический комплекс АС, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида (например, АРМ оператора-технолога, АРМ инженера, АРМ проектировщика, АРМ бухгалтера и др.).

Свойства ИСПиУ:

эффективность – свойство, отражающее степень достижения целей, поставленных при создании;

адаптивность – способность ИСПиУ изменяться для сохранения своих эксплуатационных показателей в заданных пределах при изменениях внешней среды;

надежность – комплексное свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, от которых зависит способность АС выполнять свои функции в заданных режимах и условиях эксплуатации;

живучесть – способность ИСПиУ выполнять установленный объем функций в условиях воздействий внешней среды и отказов компонентов системы в заданных пределах;

помехоустойчивость – способность выполнять свои функции в условиях воздействия помех, в частности от электромагнитных полей;

Совместимость подсистем и компонентов ИСПиУ – комплексное свойство, характеризующее способность взаимодействовать при функционировании. Совместимость является базовым свойством и включает техническую, программную, информационную, организационную, лингвистическую, метрологическую совместимости.

Техническая совместимость характеризует возможность взаимодействия технических средств в ИСПиУ.

Программная совместимость характеризует возможность работы программ одной системы в другой и обмена программами.

Информационная совместимость характеризует возможность использования одних и тех же данных.

Организационная совместимость характеризует согласованность правил действия персонала.

Лингвистическая совместимость характеризует возможность использования одних и тех же языковых средств общения персонала с компонентами ИСПиУ.

Метрологическая совместимость проявляется в том, что точность результатов измерений, полученных в одной АС, позволяет использовать их в другой;

жизненный цикл ИСПиУ – совокупность взаимосвязанных процессов создания и последовательного изменения состояния ИСПиУ, от формирования исходных требований к ней до окончания эксплуатации и утилизации комплекса средств автоматизации ИСПиУ;

процесс создания ИСПиУ – комплекс работ от формирования исходных требований к системе до ввода в действие;

стадия создания ИСПиУ – одна из частей процесса создания ИСПиУ, установленная нормативными документами и заканчивающаяся выпуском документации на ИСПиУ, содержащей описание полной, в рамках заданных требований, модели АС на заданном для данной стадии уровне, или изготовлением несерийных компонентов ИСПиУ, или приемкой ИСПиУ в промышленную эксплуатацию;

этап создания АС – часть стадии создания АС, выделенная по соображениям единства характера работ и (или) завершающего результата или специализации исполнителей [3];

развитие ИСПиУ – целенаправленное улучшение характеристик или расширение функций;

сопровождение ИСПиУ – деятельность по оказанию услуг, необходимых для обеспечения устойчивого функционирования и развития;

унифицированная процедура в ИСПиУ – общая часть различных автоматизированных функций или задач, представляющая собой формализованную совокупность одинаковых действий.

В ходе работы с ПО ИСПиУ выделяются работающие на одной платформе среда проектирования (разработки) и среда исполнения. Платформа требует инвестиционных вложений со стороны предприятий для функционирования ОС, системных расширений, драйверов и т. д. Бесплатное тиражирование программных продуктов данной группы запрещено. При работе с ними необходимо приобретение лицензий. Действие лицензии может распространяться, например, на центральный процессор, инсталляцию, канал, ось позиционирования, контур регулирования, переменную и т. д. Типы лицензий: плавающая; для установки на одно рабочее место; на аренду; плавающая лицензия на аренду; пробная; демонстрационная; плавающая демонстрационная; открытая.

2. ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

2.1. Электронная структура изделия

Электронные документы в ИСПиУ содержат описание изделия (сборочной единицы, комплекта или комплекса), иерархических отношений между его частями и другие данные в зависимости от его назначения. Электронная структура изделия (ЭСИ) предназначена для использования в программных средах проектирования и исполнения при организации информационного взаимодействия между АС.

Визуальное представление информации содержательной части ЭСИ выполняют в виде графа, вершины которого соответствуют составным частям изделия, а ребра определяют связи между составными частями; многоуровневого списка (рис. 2.1). Различают функциональную, конструктивную, производственно-технологическую, физическую, эксплуатационную и совмещенную ЭСИ.

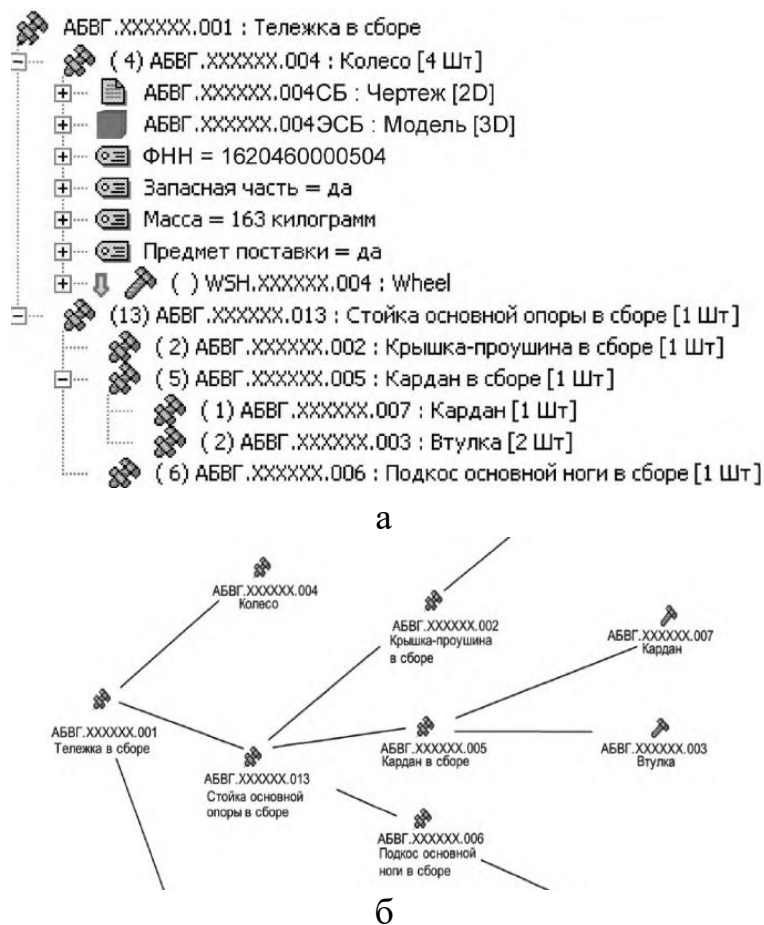


Рис. 2.1. Способ визуализации структуры изделия
в виде списка (а) и графа (б)

Функциональная ЭСИ предназначена для определения назначения изделия, его частей и предъявляемых к ним функциональных требований. Как правило, разрабатывается на стадии формирования технического предложения на изделие и уточняется в ходе технического проектирования.

Конструктивная ЭСИ предназначена для отображения технических решений, определяющих конструкцию комплексов и сборочных единиц. Проектируется на стадиях разработки эскизного проекта, технического проекта и рабочей конструкторской документации.

Производственно-технологическая ЭСИ предназначена для отображения особенностей технологии изготовления и сборки изделия. Рассматривается в ходе технологической подготовки производства.

Физическая ЭСИ предназначена для отображения информации о конкретном экземпляре изделия. Формируется на стадии производства изделия и корректируется в ходе эксплуатации (например, отражая изменения в комплектности данного экземпляра).

Эксплуатационная ЭСИ предназначена для группирования и отображения информации о составных частях, которые подлежат обслуживанию и/или замене в ходе эксплуатации. Проектируется на стадиях разработки эскизного проекта, технического проекта и рабочей конструкторской документации.

Совмещенная ЭСИ предназначена для группирования и отображения комплексной информации об изделии.

2.2. Интерактивные электронные руководства

Информационная поддержка процессов создания и эксплуатации изделий в ИСПиУ обеспечивается путем разработки интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР). Руководства включают описания:

- изделия и его узлов;
- технологий эксплуатации, обслуживания и ремонта;
- неисправностей и способов их устранения [4].

Интерактивное электронное техническое руководство является компонентом интегрированной модели продукта и представляет собой либо средство просмотра эксплуатационной модели изделия через браузер, либо копию фрагмента модели на мобильном носителе. Формат представления информации в ИЭТР регламентирован международными стандартами, а формат представления структуры документа определяется российским ГОСТом на эксплуатационную документацию.

Стандарт разметки документов SGML определяет:
таблицы стилей;
правила разметки данных;
правила, регламентирующие структуру документа DTD (Document Type Definition).

Правила DTD определяются отраслевым или корпоративным стандартами на эксплуатационную документацию в электронном виде. Описываемые правилами элементы используются в ходе разбиения документа на смысловые модули и указания программе-обработчику частей данных для обработки.

Рассмотрим пример SGML-документа в ИЭТР (рис. 2.2). Руководство включает техническое описание, заголовок, номер версии, систему, информацию о неисправностях и способы их диагностики. Интерактивное электронное техническое руководство содержит текст, аудио, видео, изображения, таблицы. Документ SGML представляет собой текстовый файл, размеченный в соответствии с правилами DTD, и начинается с объявления типа документа.

Технология подготовки ИЭТР включает в себя:
создание структуры документа на основе правил, содержащихся в DTD, и структуры изделия;
автоматическое наполнение созданной структуры документа данными из БД с использованием PDM-системы.

Сопряжение с хранилищем данных может быть реализовано с помощью текстового обменного файла.

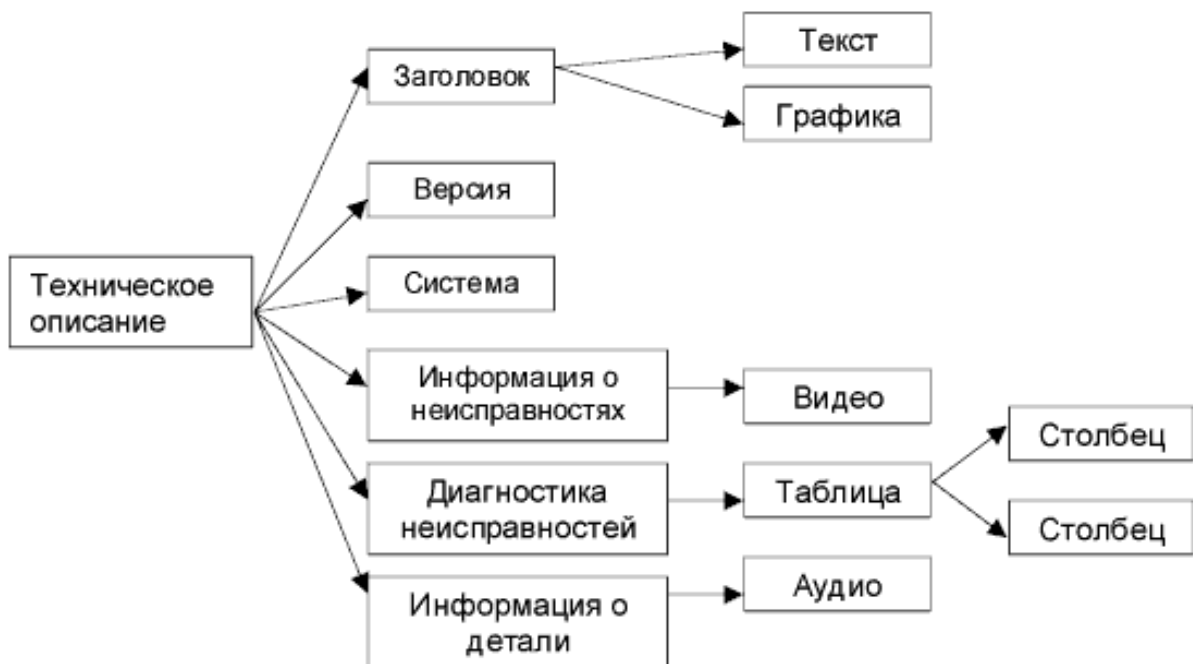


Рис. 2.2. Структура электронного документа

Рассмотренные способы разметки обобщены в унифицированном языке структурирования UML (рис. 2.3).

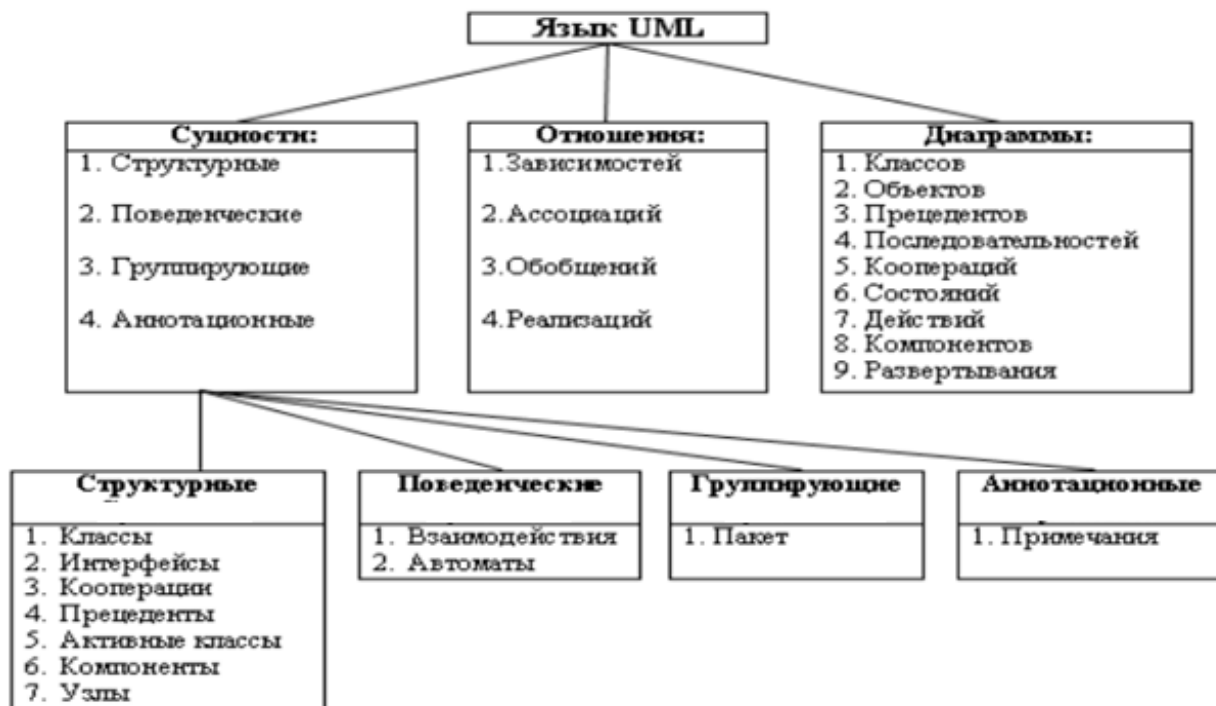


Рис. 2.3. Состав языка UML

Интерактивное электронное техническое руководство может использоваться в целях:

- обучения персонала;
- поддержки процессов эксплуатации и выполнения регламентных работ;
- подготовки к проведению регламентных и ремонтных работ;
- диагностики оборудования и поиска неисправностей;
- автоматизированного заказа материалов и запасных частей;
- планирования и учета проведения регламентных и ремонтных работ;
- обмена данными между производителем и потребителем изделий.

2.3. Стандарт обмена данными модели продукта STEP

Универсальным стандартом обмена данными об информационной модели изделия является стандарт STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data), регламентируемый документом ISO 10303 [5]. Цель стандарта – описание данных о продукте на всех стадиях жизненного цикла. Конструкторские данные, переданные системе подготовки ИЭТР в стандарте STEP, позволяют создать структуру сопроводительной документации в соответствии со структурой изделия, включить в нее

характеристики изделия и документы, ассоциированные с узлами (рис. 2.4). Данный стандарт был создан как формат, который можно было расширять по мере появления новых технологий. В нем реализована поддержка наследования (например, спица может наследовать свойства стального колеса, в котором она находится). Для обеспечения возможности единообразного описания изделий предполагается, что информационные модели (в терминах стандарта – прикладные протоколы) создаются на базе типовых блоков – интегрированных ресурсов.

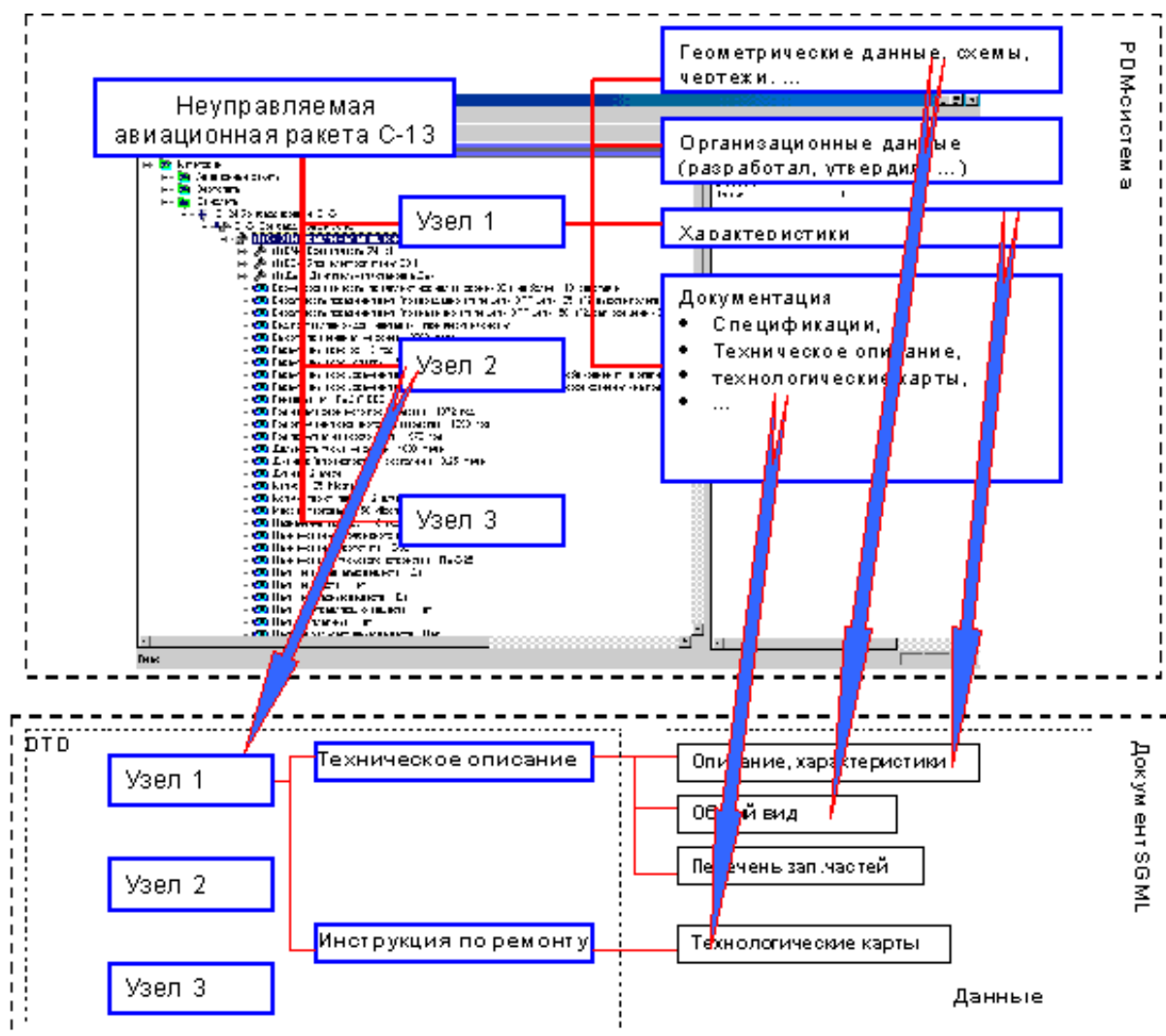


Рис. 2.4. Формирование структуры данных об изделии

Определения задаются объектно-ориентированным языком программирования данных EXPRESS, который регламентирует черчение (прямое и ассоциативное), проектирование конструкций, инженерный анализ, технологическую подготовку, производство, тестирование данных и обмен ими в текстовом формате. Основные элементы языка EXPRESS формулируются в контексте иерархической системы (ациклической сети) понятий и

функциональных связей между ними. Структура представления знаний моделируется при объектно-ориентированном подходе в виде иерархии классов с механизмом наследования общих свойств. Первый выпуск стандарта ISO STEP вышел в 1995 году. Сегодня описание STEP состоит из нескольких сотен стандартов, четыре из которых предназначены для конечных пользователей, а остальные представляют собой библиотеку многоразовых определений: AP203 – для твердотельных моделей; AP214 – для сборок; AP242 – для аннотаций; AP242e2 – для допусков.

Первоначальная цель разработки стандартов заключалась в том, чтобы производителям (например, General Electric) было проще работать с 3D-моделями, поступающими от поставщиков, использующих несовместимые форматы файлов САД-систем.

Процесс разработки выглядит таким образом: оператор САПР разрабатывает чертежи изделия без учета производственного процесса; оператор САМ разрабатывает производственный процесс; постпроцессор в ПО САМ генерирует G-код, содержащий инструкции для станка, на котором изготавливается изделие; оператор станка с ЧПУ выпускает изделия.

Получение моделей для обработки деталей (STEP-NC) позволяет модифицировать процесс проектирования и подготовки производства: оператор САПР разрабатывает 3D-модель с учетом станочного парка; постпроцессор САПР создает файл STEP-NC; станок с ЧПУ использует STEP-NC при автоматизированной обработке (рис. 2.5).

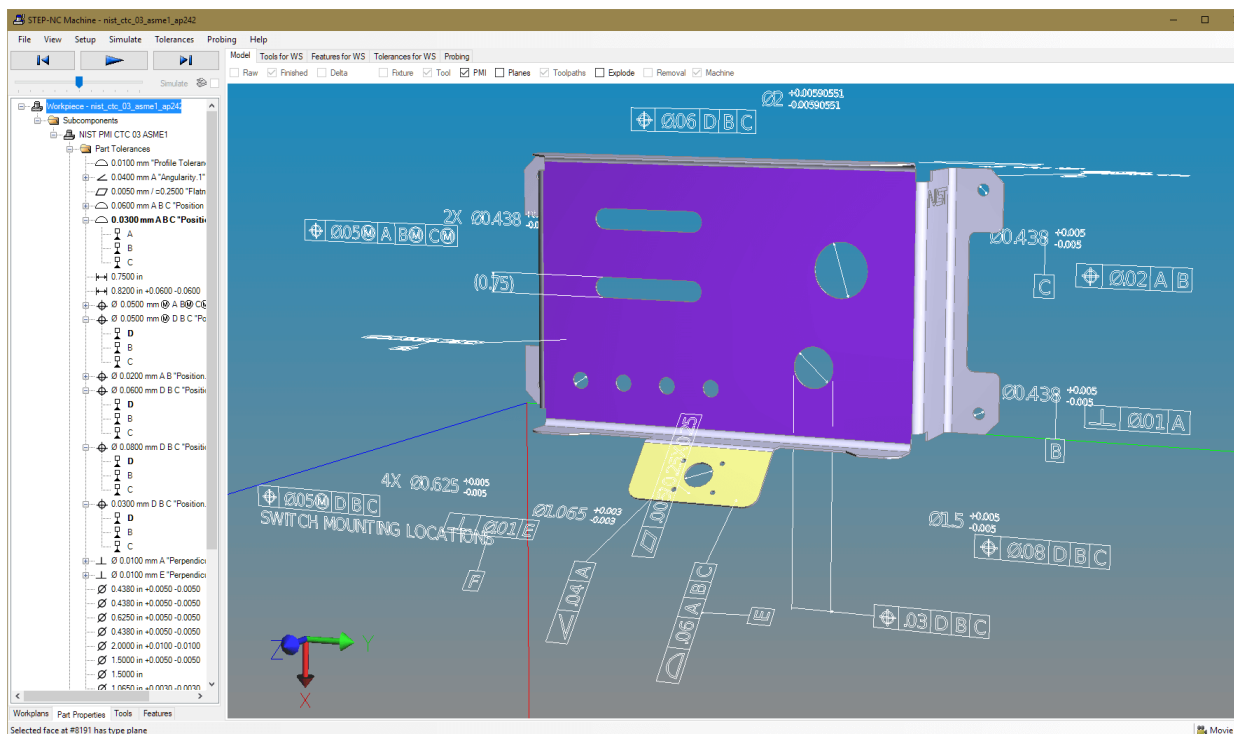


Рис. 2.5. Применение файла STEP-NC для обработки деталей: текстовый файл (слева); допуски для обработки (справа)

Набор знаний при проектировании может сразу доводиться до уровня машинной программы. В этом случае необходим язык программирования, поддерживающий функционально полное описание класса, которое должно включать как данные (перечень атрибутов класса), так и методы, реализующие полный набор операций над объектами данного класса.

В случае отдельного моделирования иерархии понятий и функциональных связей из описания класса исключаются методы. Описание становится декларативным и не связано с использующей его программой. Независимость описания классов от программной реализации делает излишней конкретизацию формата внутреннего представления данных в ЭВМ. Язык EXPRESS предназначен именно для описания иерархических систем понятий. Интеграция понятий в единую международную (стандартную) систему понятий становится вполне достижимой целью, приближающей решение проблемы представления знаний в ЭВМ при интеграции процессов проектирования и управления. Проектирование программного продукта при отдельном моделировании включает в себя информационное моделирование, функциональное моделирование и программную реализацию. Стандарт STEP обеспечивает интеграцию понятий в предметной области «промышленное производство продукции» и представляет единую информационную модель этих понятий в формализованном виде на уровне спецификаций EXPRESS .

База данных, логическая структура которой соответствует стандарту STEP, составляет основу информационной интеграции автоматизированных систем. Единое представление и расположение данных позволяет обеспечить полноту и целостность информации, а также минимизирует ее искажения. Такой подход создает новый базис для информационной интеграции различных АС.

Конструкторское электронное описание в соответствии со стандартом STEP содержит структуру и варианты конфигурации изделия, геометрические модели и чертежи, свойства и характеристики составных частей и др. (рис. 2.6).

Стандарт STEP регламентирует: логическую структуру БД, номенклатуру информационных объектов, хранимых в БД, их связи и атрибуты. Типовые информационные объекты, такие как данные, не зависящие от характера описания изделия (о составе изделия, материалах, геометрических изделиях), называются в стандарте «интегрированными ресурсами», на основе которых строятся схемы БД об изделии для разных предметных областей автомобилестроения, судостроения, аэрокосмической промышленности и т.д. Готовые схемы БД называются в стандарте «протоколами применения» (прикладными протоколами) и представляют типовые проектные решения.

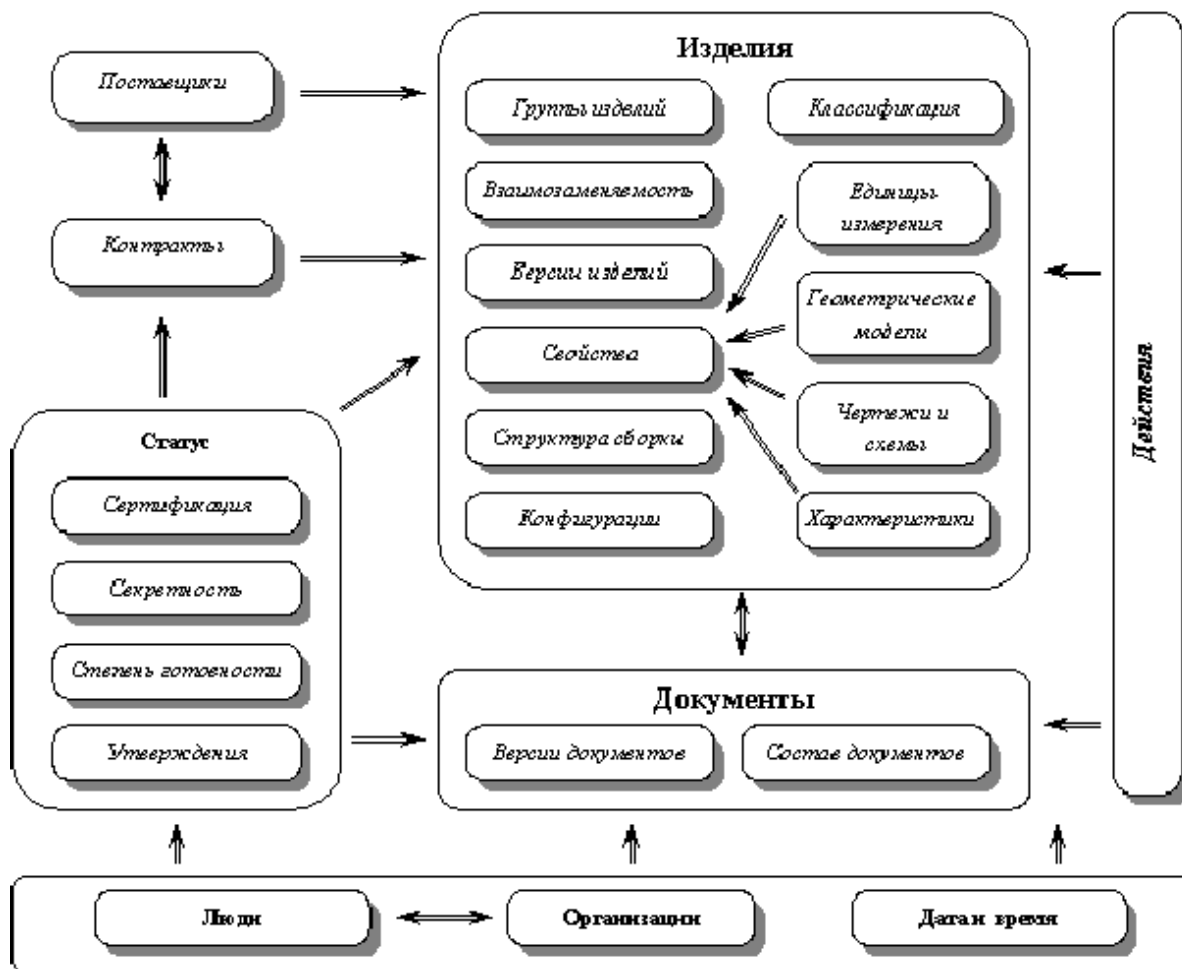


Рис. 2.6. Описание изделия в соответствии со стандартом STEP

Структура функциональной модели приложения и представление в языке EXPRESS предназначены для описания информационных моделей. Информационная модель описывается одной или несколькими взаимосвязанными схемами. Схема состоит из набора элементов, который может включать в себя объекты (*Entity*), типы (*Type*), константы (*Constant*), правила (*Rule*), процедуры (*Procedure*).

Прикладные протоколы (AP) описывают предметные области. Прикладной протокол включается в стандарт как один из томов. Имена объектов, констант, функций, процедур, правил и типов уникальны в пределах AP. База данных (БД), формируемая в соответствии с описанием EXPRESS-схем, предназначена для хранения произвольного количества экземпляров каждой из сущностей, представленных в схемах. Под сущностью понимается информационный объект, характеризующийся идентификатором и списком атрибутов, определяющих свойства каждого из экземпляров сущности. Остальные элементы описания схемы играют вспомогательную роль: *type*-объявления определяют структуру представления атрибутов сущности, алгоритмы и правила служат для проверки

соответствия содержимого БД информационной модели, а интерфейс предназначен для унификации описания объектов (типов, алгоритмов, правил), используемых более чем в одной схеме.

В языке EXPRESS имеется набор стандартных данных, состоящий из группы простых типов (`{number, integer, real, logical, boolean, binary, string}`), и из группы агрегативных типов (`{array, bag, list, set}`) [6]. Агрегативные типы объединяют множества однотипных компонент. При использовании в схеме простых типов можно специфицировать их формат, а при использовании агрегативных типов – определить их размеры.

С помощью *entity*-объявлений и *type*-объявлений разработчик схемы вводит собственный набор именованных типов, дополняя набор стандартных до набора «базовых». Базовый тип может использоваться в качестве компоненты агрегативного, а также в *entity*-объявлении для описания атрибута.

В *type*-объявлениях определяемый тип описывается ссылкой на «определяющий» тип, который может быть простым, агрегативным, определяемым, перечисления или селекторным. Тип перечисления – это упорядоченный список конкретных строк-наименований. Селекторный тип – это любой из именованных типов, перечисленных в объявлении селекторного типа.

Каждому типу данных соответствует определенная область допустимых значений, называемая доменом. Областью допустимых значений атрибута является домен соответствующего базового типа, который определяется деревом определений типов, связывающих базовый тип с терминальными типами (простыми типами и/или *entity*-типами), которые и определяют структуру атрибута. В этой структуре каждому простому типу в атрибуте экземпляра сущности должно соответствовать конкретное значение из домена этого типа и каждому *entity*-типу должна соответствовать ссылка (указатель) на конкретный экземпляр соответствующей сущности.

Домен стандартных типов может иметь переменные размеры. Поэтому структура атрибута может варьироваться по размерам в разных экземплярах сущности. Более того, при наличии в *entity*-объявлении необязательных атрибутов их структуры в некоторых экземплярах сущности могут отсутствовать вообще.

По аналогии с использованием термина «популяция» в документации по языку EXPRESS для обозначения содержимого БД популяцией сущности называют совокупность всех имеющихся в БД ее экземпляров. Если трактовать популяцию сущности как файл записей, то придется уточнить, что запись может варьироваться в файле по размерам и составу атрибутов.

Ограниченность значений атрибута рамками домена соответствующего базового типа является необходимым, но недостаточным условием соответствия БД информационной модели. Для описания подобных ограничений в языке предусмотрены логические функции типа глобальных правил (*rules*). Для спецификации локальных и глобальных правил язык EXPRESS дополнен набором операций с данными, тремя формами описания алгоритмов (функцией, процедурой, правилом), набором стандартных функций и процедур оперирования данными.

Описание языка EXPRESS начинается с утверждения, что значение атрибута не может служить ключом поиска нужного экземпляра [5]. Это утверждение следует понимать как намерение разделить проблему установления связей между экземплярами (это сфера программирования) и проблему описания информационной структуры, позволяющей зафиксировать установленную связь в виде соответствующей ссылки (это сфера применения языка EXPRESS). Полного разделения этих проблем в ИСПиУ достичь не удастся. В связи с этим в EXPRESS вводится понятие уникальности значений группы атрибутов в популяции сущности, связанное с понятием ключевых атрибутов для процедуры поиска.

Рассмотренный тип связи между экземплярами сущностей по атрибутам (с помощью ссылок на необходимые экземпляры) является одним из двух имеющихся в языке EXPRESS типов связей. Второй тип связи представляет механизм множественного наследования («генетический»). С помощью *subtype*-предложения в *entity*-объявлении можно указать список сущностей, являющихся непосредственными «предками» данной сущности, от которых она наследует все свойства (атрибуты, правила, алгоритмы). Отношение наследования транзитивно, т. е. наряду с наследованием свойств непосредственных предков наследуются свойства предков вышестоящего уровня.

Наследование атрибутов означает их непосредственное включение в структуру собственных атрибутов сущности, в результате чего образуется «сложный» экземпляр. При формировании сложного экземпляра необходимо задать значения как собственным атрибутам сущности, так и атрибутам всех предков. Структура сложного экземпляра, относящаяся ко всей совокупности предков и рассматриваемая с уровня одного из предков сущности, однозначно определена информационной моделью лишь в сторону его предков, но не потомков, состав которых может зависеть от экземпляра. Поэтому при работе со сложным экземпляром на уровне сущности-предка доступу к атрибутам потомков предшествует обращение к стандартной функции «*type of*», возвращающей список сущностей, представленных в экземпляре.

При наличии в одной схеме нескольких подтипов некоторой сущности по умолчанию считается, что в популяции этой сущности возможны экземпляры со свойствами, характерными для любого сочетания указанных подтипов, в связи с чем система обеспечивает автоматическую генерацию *entity*-объявлений всех возможных подтипов.

2.4. Методы построения диаграмм IDEF

Формализация представления данных в ИСПиУ на верхних уровнях управления определяется диаграммами IDEF (Integrated DEFINITION), разработанной полвека назад в США в рамках программы интегрированной компьютеризации производства ICAM (Integrated Computer Aided Manufacturing). Разные виды диаграмм используются для описания разных процессов: IDEF0 – для бизнес-процессов; DFD – для документооборота; IDEF3 – для ТП и потоков работ. Они направлены на различные методы описания и анализа процессов, потоков, структур промышленных систем с целью улучшения их характеристик.

Информационное моделирование (на базе методологии IDEF1X) может быть использовано при создании спецификаций EXPRESS, представляющих информацию о сущностях, их связях и атрибутах [5].

Функциональное моделирование отвечает за функциональные связи между понятиями. Метод функционального моделирования IDEF0 был разработан для описания функций различных систем путем создания графической модели в 1981 году. Цель моделирования и степень детализации модели определяются разработчиком. Элементы модели каждого уровня представляют собой действия по переработке информационных или материальных ресурсов при определенных условиях (ограничениях, управляющих воздействиях) с использованием определенных механизмов. Как правило, моделирование средствами IDEF0 является начальным этапом изучения любой системы. Модели применяются для детального функционального анализа с целью улучшения структуры функций объекта (реинжиниринга). Совместно с методом IDEF0 используется ФСА (в английской транскрипции ABC – Activity Based Costing).

В стандарте STEP средства IDEF0 используются для иллюстративного представления программной реализации стандартного протокола приложения, содержащего специализированную информационную модель. Формой представления моделей в IDEF0 являются диаграммы, которые содержат блоки и дуги. Блоки символизируют функции моделируемой системы и представляются в виде прямоугольников. Дуги в виде

соединительных линий со стрелками связывают блоки и отображают взаимосвязи между ними. Блоки соответствуют функциям системы, поэтому в названиях блоков используются глаголы или глагольные формы (например, «Разработать ТП»). В названиях дуг используются существительные или существительные с определениями, так как дуги соответствуют объектам.

Функциональный блок (Activity Box) изображается в виде прямоугольника (рис. 2.7) и соответствует конкретной функции в рамках рассматриваемой системы, поэтому используется глагольная форма (например, «Обработать заготовку»). Каждый блок имеет уникальный идентификационный номер [1]. Функциональный блок оперирует с четырьмя понятиями: вход (Input); управление (Control); механизм (Mechanism); выход (Output) (рис. 2.7).

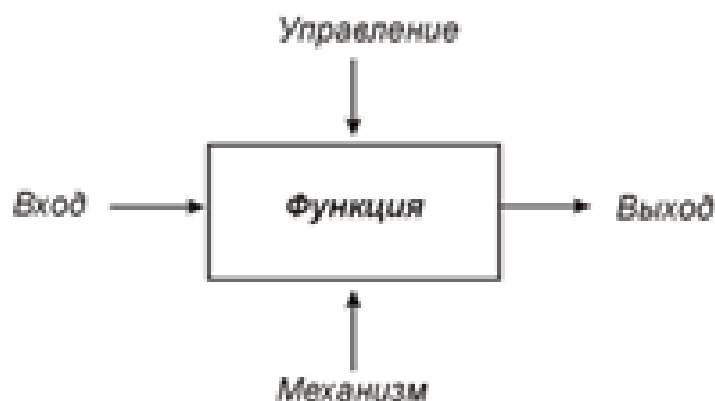


Рис. 2.7. Отношения между функциями и объектами

Входные дуги (Arrow) изображают объекты, используемые функциями. Дуги управления предоставляют информацию, необходимую для выполнения функций. Дуги механизмов описывают, как функции реализуются. Выходные дуги изображают объекты, в которые преобразуются входы. Графическим отображением интерфейсной дуги является однонаправленная стрелка (поэтому дуги часто называют стрелками, потоками). Каждая интерфейсная дуга должна иметь свое уникальное наименование (Arrow Label). С помощью интерфейсных дуг отображают различные объекты, в той или иной степени определяющие процессы, протекающие в системе. Это могут быть элементы реального мира (люди, изделия, детали и др.), потоки данных и информации (документы, инструкции и т. д.). «Источником» (началом) и «приемником» (концом) каждой функциональной дуги могут быть только блоки, причем «источником» может быть только выходная сторона блока, а «приемником» – любая из трех оставшихся. Функциональный блок

обязательно имеет управляющую и исходящую дуги, поскольку каждый процесс должен происходить по правилам и давать некоторый результат.

При построении IDEF-диаграмм важно отделять входящие дуги от управляющих. Например, в реальном процессе рабочий получает заготовку и технологические указания по ее обработке. Ошибочно может показаться, что и заготовка и указания являются входящими объектами. Технологические указания (нормативы, правила техники безопасности) должны изображаться управляющей дугой, поскольку они регламентируют процесс. В случае если технологические указания редактируются технологом, они изображаются входящей дугой, а управляющей дугой могут быть новые стандарты. В случае рассмотрения деятельности предприятий используются пять основных видов объектов:

- материальные потоки (детали, товары);
- финансовые потоки (наличные, безналичные);
- потоки документов (коммерческие, организационные);
- потоки информации (данные о намерениях, распоряжения);
- ресурсы (сотрудники, станки, машины).

При этом входящими и исходящими дугами могут отображаться все виды объектов, управляющими – только потоки документов и информации, а дугами-механизмами – исключительно ресурсы.

Третьим основным понятием метода IDEF-диаграмм является «декомпозиция» (Decomposition), т. е. разбиение сложной функции на ее составляющие. Декомпозиция позволяет представить модель в виде иерархической системы диаграмм, что делает ее менее перегруженной и легко усваиваемой. На одной диаграмме IDEF0 должно быть не более шести блоков, что облегчает понимание и использование диаграмм. Выполнение этого требования достигается выбором соответствующего уровня детализации функций в диаграмме. Желательно, чтобы количество интерфейсных дуг, подходящих к стороне блока или исходящих от нее, не превышало четырех.

Описание системы (процесса, изделия, продукта) начинается с рассмотрения единого целого – одного функционального блока с интерфейсными дугами. Эта диаграмма называется *контекстной* и обозначается идентификатором «A0». В пояснении к контекстной диаграмме в краткой форме должна быть указана цель (Purpose) и зафиксирована точка зрения (Viewpoint). Цель определяет области анализируемой системы, на которых следует фокусироваться в первую очередь. Точка зрения определяет основное направление развития модели и уровень необходимой детализации. Она позволяет отказаться от несущественных свойств в данном аспекте рассмотрения. Например,

функциональные модели предприятия с точки зрения технолога и экономиста будут различаться.

В процессе декомпозиции функциональный блок в контекстной диаграмме подвергается детализации на другой (дочерней) диаграмме (рис. 2.8). На ней фиксируются все функциональные дуги родительской диаграммы, за счет чего достигается структурная целостность модели. Связана также и нумерация блоков и диаграмм: каждый блок имеет свой уникальный номер (цифра в правом нижнем углу), а обозначение под правым углом указывает на номер дочерней для этого блока диаграммы.

Часто отдельные дуги не имеет смысла продолжать рассматривать на дочерних диаграммах, или наоборот, отдельные дуги не имеют практического смысла при представлении выше установленного уровня. Если скобки стоят у конца дуги, то это означает, что дуга не будет наследоваться.

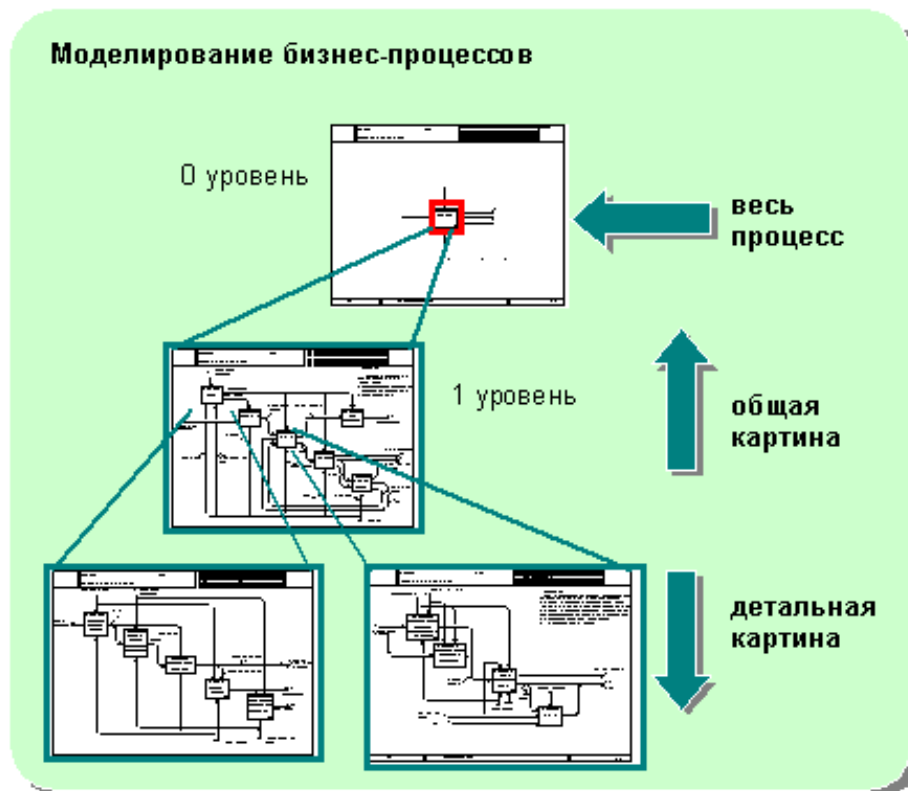


Рис. 2.8. Декомпозиция диаграмм при функциональном моделировании

Для каждого из элементов IDEF0 (диаграмм, функциональных блоков, интерфейсных дуг) создаются и поддерживаются определения, ключевые слова, повествовательные изложения, которые характеризуют объект. Эти определения помещаются в глоссарий (Glossary).

Метод IDEF0 предполагает групповую работу над проектом. Эксперты опрашивают компетентных лиц и создают эскизную модель. Эта модель обсуждается специалистами, критикуется и передается группе разработчиков. Цикл продолжается до тех пор, пока разработчики и рецензенты не придут к единому мнению. Затем происходит официальное утверждение модели и ее использование (например, для реструктуризации функций системы).

Одно из достоинств метода IDEF0 заключается в том, что он абстрагируется от организационной структуры объекта и анализирует его функции. Это позволяет после построения модели оценить организационную структуру, реализующую эти функции, выявить похожие функции или их дублирование и дать предложения по реорганизации системы. Если использовать термин «бизнес-процесс», то можно сказать, что IDEF0 позволяет идентифицировать бизнес-процессы (рассмотреть функционирование предприятия «как есть») и на основе их анализа дать рекомендации, «как должно быть». Анализ дает возможность уточнить обязанности работников, оценить эффективность использования ресурсов, выявить недостатки.

Для анализа распределения затрат применяется метод ФСА, базирующийся на диаграммах IDEF0. ФСА предполагает, что выполнение каждой функции характеризуется определенной стоимостью, т. е. вносит свой вклад в появление издержек. Каждой функции h в IDEF0 можно назначить в соответствие значение затрат на ее выполнение $Ex(h)$. На основе диаграмм рассчитываются затраты на выполнение всего процесса или отдельной функции, стоимость продукции на выходе процесса, выявляются источники основных затрат. Затраты на выполнение декомпозируемой функции определяются как сумма затрат на выполнение всех составных элементов этой функции. Применение метода ФСА позволяет получить количественные оценки функций процесса.

Метод IDEF0 не обеспечивает прямой интеграции функциональных моделей с моделями продукции, используемых при разработке интеллектуальных систем, основанных на правилах.

Пример применения функционального моделирования IDEF0 для этапа схемотехнического проектирования измерителя-регулятора представлен на рис. 2.9. При проектировании учитываются требования стандарта предприятия (СТП). Данные о компонентах выбираются из базы электро- и радиоизделий (ЭРИ).

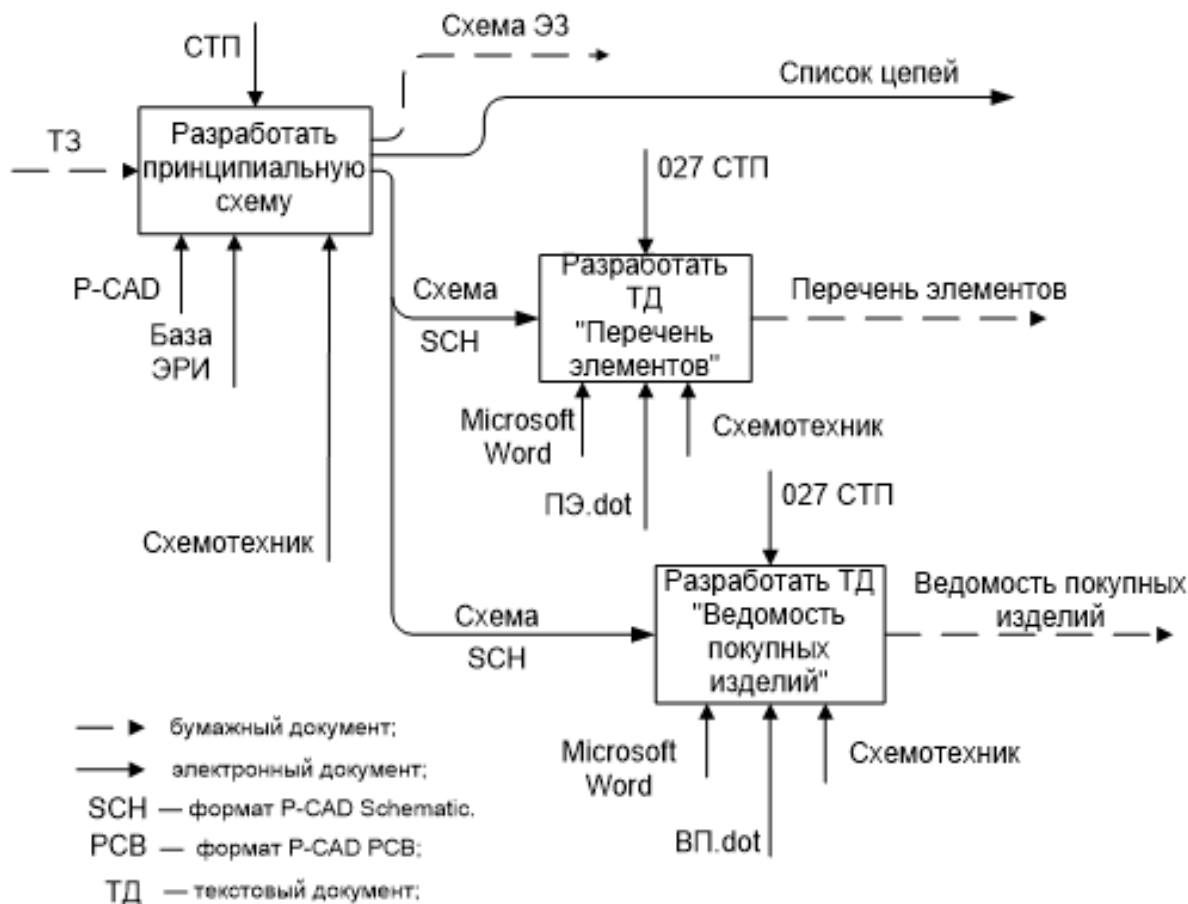


Рис. 2.9. Представление процесса проектирования регулятора

Метод моделирования информационных потоков внутри системы IDEF1 реализует методологию «сущность – взаимосвязь» (Entity – Relationship (ER)) [1]. Диаграмма IDEF1 обеспечивает возможность отображения структуры и элементов (сущностей) системы, их свойств (атрибутов) и взаимосвязей (отношений) между ними. Полученная в процессе моделирования детальная информация позволяет выявить «узкие места» в анализируемом объекте и служит основой для принятия решений об улучшении структуры системы и информационных потоков.

Метод моделирования данных IDEF1X разработан в 1993 году и отличается от IDEF1 тем, что сущности понимаются не как реальные объекты, а как их типы, обладающие общими свойствами. Связи между сущностями более сложны, благодаря чему можно хранить информацию в форме абстрактной схемы (семантической модели), которая связывает хранящиеся в компьютере символы с реальным миром и является его отражением.

Метод IDEF1X предназначен для разработки реляционных БД. Он использует условный синтаксис для описания семантических конструкций, необходимых для построения концептуальной схемы. Концептуальная

схема представляет собой единое интегрированное определение данных предметной области, не ориентированное на какое-либо конкретное приложение и независимое от способов доступа и физического хранения данных. Метод IDEF1X наиболее полезен как средство логического проектирования БД, после того как информационные требования уже выяснены и решение о разработке реляционной БД принято.

Если будет использоваться не реляционная, а, например, объектно-ориентированная система, то вместо IDEF1X необходимо выбрать другой метод описания данных. Это определяется тем, что метод IDEF1X предполагает, что разработчик задает ключи классов для отличия одной сущности от другой, в то время как объектно-ориентированные системы не требуют ключей для индивидуализации объектов. В тех ситуациях, когда существует более одного атрибута или набор атрибутов будет использоваться для идентификации сущностей IDEF1X, разработчик обязан задать один ключ как первичный и список всех остальных ключей как вторичный. Требуется также явное именование внешнего ключа.

Концепция IDEF1X несколько отличается от IDEF1, хотя их терминология схожа. Сущность в IDEF1X ссылается на коллекцию или набор аналогичных экземпляров данных, которые могут отличаться друг от друга. Отдельные члены набора называются экземплярами сущности. Таким образом, блок в IDEF1X представляет набор экземпляров реального мира. Атрибут – это значение, ассоциированное с каждым конкретным экземпляром набора. Отношению, существующему между отдельными экземплярами этих наборов, назначается имя, выраженное глагольной формой. Особенность IDEF1X составляет поддержка моделирования логических типов данных через использование структуры классификации. Отношения категоризации в IDEF1X представляют взаимно исключающие подмножества родовой сущности или множества. Подмножества общего надмножества не могут иметь общих экземпляров.

Сущности в IDEF1X являются либо независимыми, либо зависимыми. Экземпляры независимых сущностей могут существовать независимо от другого экземпляра сущности, а экземпляры зависимых сущностей бессмысленны (по определению) без другого ассоциированного экземпляра сущности. Отношения связности (сплошные или пунктирные линии) показывают, как сущности (множества экземпляров данных) соотносятся друг с другом. Отношения связности существуют всегда только между двумя сущностями (родовой и порождаемой). Отношение связности имеет мощность, которая определяет число экземпляров зависимой сущности, связанных с экземпляром независимой сущности.

Отношения категоризации позволяют проектировщику определить категорию общей сущности. Сущность может принадлежать только одной категории. Например, может существовать общая сущность «автомобиль», родовая для категории, представляющей различные марки машин («ВАЗ», «МАЗ», «ТатАЗ», «УАЗ»). Каждая сущность-категория должна иметь одинаковый первичный ключ с общей сущностью. Между сущностями-категориями имеются различия.

Свойства, используемые для описания сущностей, называют атрибутами. Имена атрибутов уникальны для всей модели IDEF1X, значения имен должны быть согласованы. Например, атрибут «цвет» можно использовать для обозначения цвета волос, ткани, автомобиля. Каждый атрибут принадлежит только одной сущности. Атрибут должен иметь значение. При использовании атрибута задается допустимый диапазон значений.

Ключом называется группа атрибутов, однозначно идентифицирующих экземпляр сущности. Существуют первичные и вторичные ключи. Каждая сущность имеет только один первичный ключ, отображаемый над горизонтальной линией в блоке. Сущности могут иметь переменные ключи, которые однозначно идентифицируют сущность, но не используются при описании отношений между сущностями. В отношении связности первичный ключ родителя передается потомку. Если отношение – это связь категоризации, то первичный ключ потомка – это ключ родителя. Если отношение – это идентифицирующее отношение, то первичный ключ потомка будет содержать наследуемые от родителя атрибуты.

Все атрибуты ключа должны удовлетворять условию однозначной идентификации (правило наименьшего ключа). Таким образом, при определении того, должен ли наследуемый атрибут быть частью ключа, следует определить, необходим ли этот атрибут для однозначной идентификации.

Внешние ключи являются атрибутами, наследуемыми от первичных ключей других сущностей, и помечаются меткой FK (Foreign Key), чтобы выделить, что они не принадлежат сущности. Внешние ключи применяются для изображения отношений между сущностями.

Пользователь работает с БД, представляя ее в виде дерева изделия (или пересекающегося семейства деревьев изделий), ветви которого декомпозируются на сборочные узлы, агрегаты и отдельные детали. С элементами дерева связаны документы, данные о выполненных действиях.

Ввод данных осуществляется путем загрузки обменного файла из системы САД/САМ либо в диалоговом режиме путем ввода обозначений компонент или установлением ссылки на уже имеющиеся в БД объекты.

Многokrратно используемые объекты, например типовые детали, узлы, агрегаты, описываются только один раз. Такие компоненты целесообразно поместить в категорию «типовые решения» и ссылаться на них при создании структуры изделия.

Верхний уровень модели данных отображает классификацию данных с дальнейшей декомпозицией (рис. 2.10).

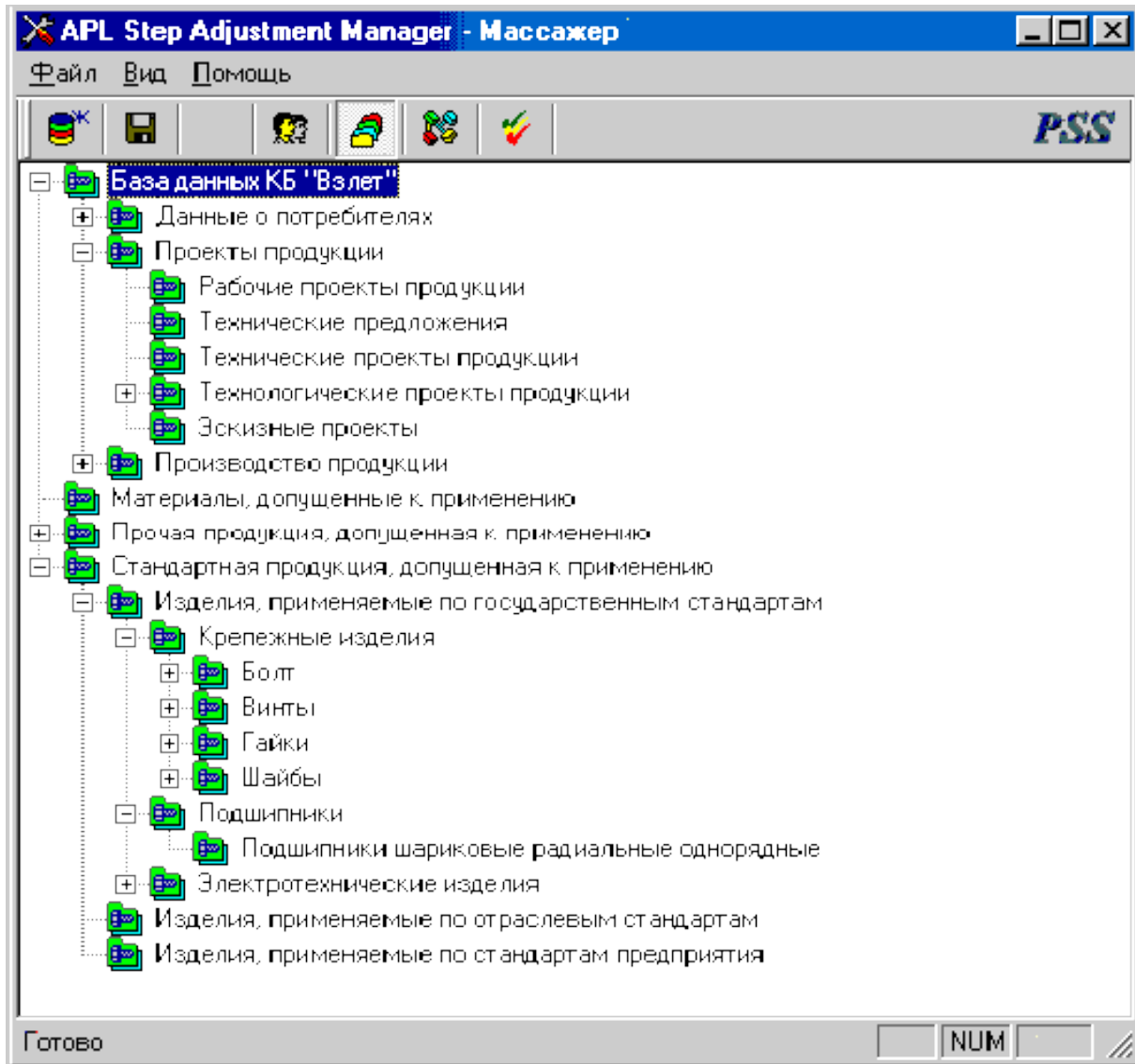


Рис. 2.10. Уровневая декомпозиция свойств изделий в БД

Метод IDEF2 применяется для динамического моделирования систем на базе «раскрашенных сетей Петри» (CPN – Color Petri Nets). Применение диаграмм IDEF2 позволяет отслеживать изменение состояний систем.

Метод описания функционирования системы IDEF3 используется для моделирования причинно-следственных связей как внутри одного бизнес-процесса, так и между различными процессами. Он предоставляет пользователю два типа диаграмм: описания процесса PFD (Process Flow Description) для «внутреннего описания» и описания переходов из одного состояния в другое OSTD (Object State Transition Description) с рассмотрением входа и выхода объекта.

IDEF4 – метод объектно-ориентированного проектирования, в отличие от других методов, рассматривает принцип физического взаимодействия объектов.

Метод получения онтологического описания и исследования сложных систем IDEF5 обеспечивает разделение объектов реального мира на классы. При использовании метода определяются совокупности свойств объектов и осуществляется прогнозирование поведения объектов определенного класса. Онтология системы может быть описана при помощи словаря терминов и правил, на основании которых могут быть сформированы достоверные суждения о состоянии рассматриваемой системы в некоторый момент времени. На базе утверждений формируются выводы о дальнейшем развитии системы, проводится возможная ее реорганизация. Проектировщик описывает схемы и диаграммы с помощью языка схем (SL – Schematic Language). В комментариях к схемам применяется язык уточнений (EL – Elaboration Language).

Управление потоком работ выполняется на основе IDEF-моделей процессов и UML-диаграммы. На начальных этапах модели составляют в терминах проектных заданий, а затем система осуществляет их покрытие имеющимися проектирующими программами и программными модулями. Управление крупными проектами, включая распределение большого числа работ во времени и между исполнителями, выполняется программами, относящимися к специальной группе систем управления проектами. Например, система Project Manager Workbench служит для одновременного управления различными проектами с распределением ресурсов и помогает построить иерархическую структуру плана, сформировать несколько видов отчетов, описывающих расписания, расходы, контроль качества. В качестве ресурсов могут рассматриваться люди, финансовые средства, оборудование.

3. ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

3.1. Алгоритмы и стадии проектирования автоматизированных систем

Результатом проектирования технического объекта (системы) является комплект документации, содержащий данные для изготовления объекта в условиях конкретного производства. При интеграции процессов производства и проектирования возникают сложности с изменением границ объекта проектирования и внешней среды. Формулировка граничных условий должна происходить постоянно с фиксацией в установленном порядке внутри АСУ на конкретной стадии проектирования.

Описание задачи проектирования на естественном языке формулируется в виде ТЗ и содержит:

- перечень функций АС;
- характеристики входных и выходных сигналов при выполнении функций системы;
- ограничения на реализацию функций [7].

Возможны случаи, когда решается известная задача (проектирование по типовому проекту) и когда решение неизвестно (создается новая система) [6]. Выбор методологии проектирования осуществляется на основании результатов анализа поставленной задачи (рис. 3.1).

Каскадная модель процесса проектирования предусматривает последовательную организацию работ, которые разбиты на этапы. Следующий этап начинается только после завершения предыдущего. Каждый этап завершается выпуском полного комплекта документации.

Спиралевидная модель предполагает наличие этапов: разработка требований, проектирование, реализация, тестирование, ввод в действие. В отличие от каскадной модели, предусматривает итерационный процесс разработки АС. Каждая итерация представляет собой законченный цикл, приводящий к выпуску внутренней или внешней версии АС. На каждой итерации продукция совершенствуется. Рассматривается множество проектных решений «снизу вверх», когда проектные решения по отдельным задачам объединяются в общие системные решения.

Последовательность действий в итерациях предусматривает переходы от выявления потребностей в изделиях к формулировке требований к изменениям до оформления отчетной документации и представления результатов проектирования [8].

Как следует из анализа схемы выбора метода поиска проектных решений (рис. 3.1), ТЗ бывают двух типов: на проектирование системы по известным прототипам с указанием существенных отличий и на проектирование новой системы с перечислением всех существенных свойств и характеристик. При составлении ТЗ должны рассматриваться научно-технический уровень создаваемых систем и конкретные примеры использования типовых решений в определенной отрасли промышленности. В ходе разработки ТЗ принимается допущение о сходимости спирали проектирования с получением проектного решения при заданных условиях и ограничениях.

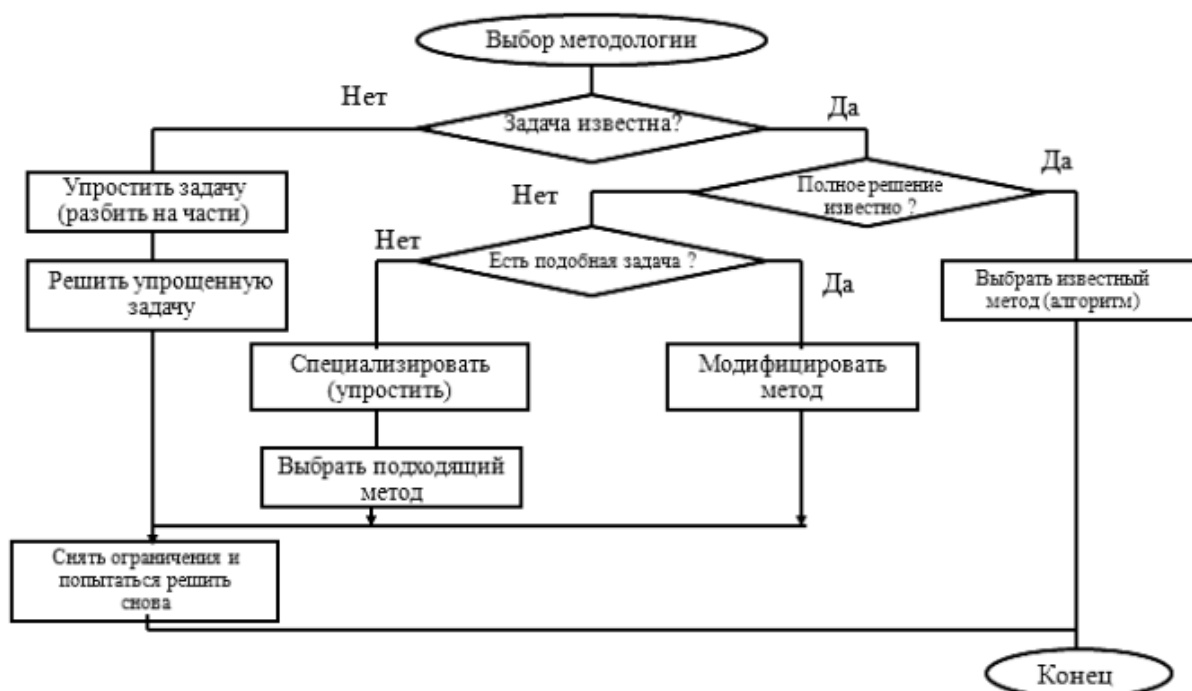


Рис. 3.1. Схема алгоритма решения задачи проектирования

Техническое задание (ТЗ) в целом порождает множество частных ТЗ на отдельные подсистемы и средства. Иногда разработку ТЗ на проектирование называют внешним проектированием, а реализацию ТЗ – внутренним. Необходимость интеграции определила непрерывное формирование наборов ТЗ на разных стадиях проектирования и в процессе всего жизненного цикла (вплоть до утилизации) технических объектов и систем.

После формирования ТЗ создается модель (набор моделей) проектируемой системы (рис. 3.2). В случае если из анализа модели видно, что требования ТЗ не удовлетворяются, производится изменение структуры и параметров системы. Итерационное повторение этапов приводит к тому, что в ИСПиУ процедуры анализа и синтеза сливаются в

одну: анализ через синтез. Формирование частных ТЗ на элементы проектируемой системы является началом следующей схемы алгоритма проектирования на другом уровне детализации.

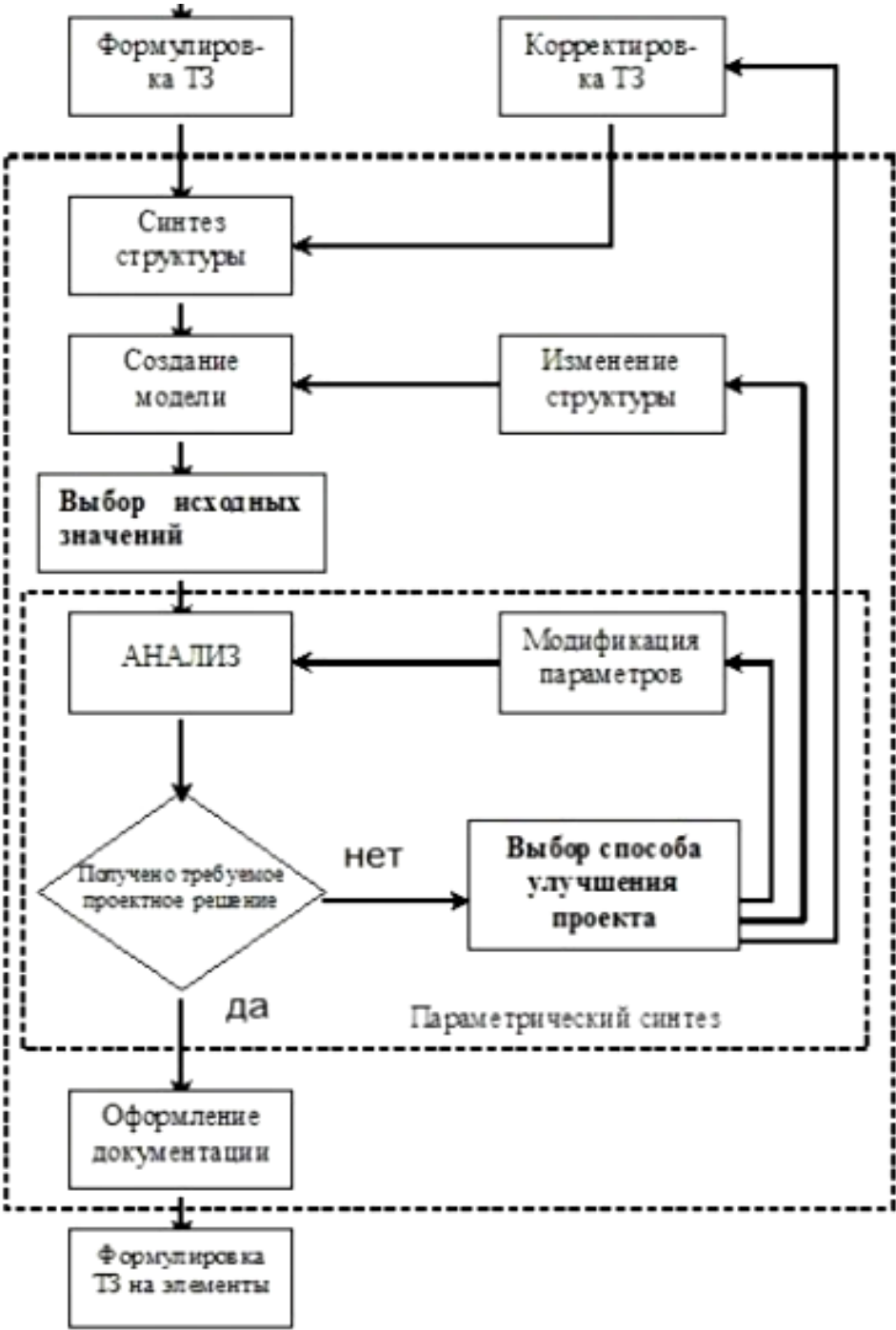


Рис. 3.2. Схема алгоритма проектирования технических систем

Процесс проектирования технических систем начинается с формирования требований и заканчивается утилизацией (рис. 3.3). Рассмотрим как

частный случай проектирования технических систем проектирование АС. В процессе проектирования выделяют стадии:

- НИР;
- эскизного проекта или ОКР;
- технического проектирования;
- рабочего проектирования;
- испытаний опытных образцов.

По мере перехода от стадии к стадии степень подробности и тщательность проработки проекта возрастают. Документация рабочего проекта должна быть достаточной для изготовления опытных образцов.



Рис. 3.3. Взаимосвязь стадий проектирования с этапами жизненного цикла

Ниже выделены этапы стадий классического проектирования АС [7]. В ходе подготовки ТЗ первой стадией является «Формирование требований к АС». На этапе 1.1. «Обследование объекта и обоснование необходимости создания АС» проводят:

- сбор данных об объекте автоматизации и осуществляемых видах деятельности;

оценку качества функционирования объекта и осуществляемых видов деятельности;

выявление проблем, решение которых возможно с помощью информационных технологий и средств автоматизации;

оценку целесообразности (технико-экономической, социальной и т. д.) создания АС.

На этапе 1.2. «Формирование требований пользователя к АС» проводят:

подготовку исходных данных для формирования требований к АС (характеристика объекта автоматизации, описание требований к системе, ограничения допустимых затрат на разработку, ввод в действие и эксплуатацию, ожидаемый эффект от системы, условия создания и функционирования системы);

формулировку и оформление требований пользователя к АС.

На этапе 1.3. «Оформление отчета о выполненной работе и заявки на разработку АС» проводят оформление отчета о выполненных на данной стадии работах и оформление заявки на разработку АС или другого заменяющего ее документа с аналогичным содержанием.

Вторая стадия – «Разработка концепции АС» – сопряжена с проведением комплекса НИР. На этапах 2.1. «Изучение объекта» и 2.2. «Проведение научно-исследовательских работ» организация-разработчик проводит детальное изучение объекта автоматизации и НИР, связанные с поиском путей и оценкой возможности реализации требований пользователя. Этап НИР иногда называют предпроектными исследованиями или стадией технического предложения. Он заканчивается представлением и утверждением отчета по НИР.

На этапе 2.3. «Разработка вариантов концепции АС и выбор варианта концепции АС, удовлетворяющего требованиям пользователя» выполняют:

разработку альтернативных вариантов концепции создаваемой АС и планов их реализации;

оценку необходимых ресурсов на их реализацию и обеспечение функционирования;

оценку преимуществ и недостатков каждого варианта;

определение порядка оценки качества и условий приемки системы;

оценку эффектов, получаемых от внедрения каждого из вариантов системы.

На этапе 2.4 «Оформление отчета о выполненной работе» подготавливают и оформляют отчет, содержащий описание работ, выполненных на стадии описания, и обоснование предлагаемого варианта концепции системы.

На третьей стадии проектирования разрабатывается ТЗ [8]. На этапе 3.1 «Разработка и утверждение ТЗ на создание АС» проводят разработку, оформление, согласование и утверждение ТЗ на АС и, при необходимости, ТЗ на части АС.

Четвертая стадия классического проектирования является стадией эскизного проектирования [9]. На этапе 4.1 «Разработка предварительных проектных решений по системе и ее частям» определяют:

- функции АС, функции подсистем, их цели и эффекты;
- состав комплексов задач и отдельных задач;
- концепция информационной базы, ее укрупненная структура;
- функции системы управления БД;
- состав вычислительной системы, функции и параметры основных программных средств.

На этапе эскизного проектирования осуществляется декомпозиция (разбиение) АСУ на устройства, а устройств – на элементы. Ведется сложная, кропотливая разработка и взаимная увязка этих устройств и элементов. На данном витке «большой спирали» проектирования вновь рассматриваются все критерии, условия и ограничения проектирования в ходе конструирования отдельных устройств АСУ. Критерии, условия и ограничения носят более детальный и конкретный характер, сроки проектирования и стоимость работ меньше. Документация, выпускаемая на этом этапе (за исключением принципиальных схем), называется эскизной. Она носит временный характер и служит для изготовления отдельных экспериментальных макетов и образцов устройств АСУ и КИА. Такая документация содержит эскизы технологических карт, монтажных схем, условий технической эксплуатации, предварительное ПО АСУ, программы проведения испытаний. По этой эскизной документации на опытном производстве изготавливают макеты устройств АСУ и КИА. Макеты устройств объединяются в комплексные стенды, на которых начинается реализация наиболее трудоемких и сложных проектных процедур: стыковки отдельных устройств и элементов в ходе стендовых испытаний и физического моделирования. Параллельно проводят расчеты функционирования АСУ. Проектировщики разрабатывают математические модели ОУ, устройств АСУ, алгоритмы управления и сигнализации; решают задачи анализа и синтеза регуляторов, оптимизации параметров. В дальнейшем начинают производить конструкторские расчеты, осуществляют и рассчитывают надежность, стабильность, отлаживают программное обеспечение; предоставляют технико-экономическое обоснование проекта. Эскизный проект выпускается в виде нескольких томов конструкторской документации. По результатам эскизного проекта вносят изменения и уточнения в ТЗ.

Пятая стадия – «Техническое проектирование» – предусматривает разработку общих решений по построению системы и ее частей [9]. На

этапе 5.1 «Разработка проектных решений по системе и ее частям» обеспечивают поиск и анализ решений по функционально-алгоритмической структуре системы, по функциям персонала и организационной структуре, по структуре технических средств, по алгоритмам решения задач и применяемым языкам проектирования и программирования, по организации и ведению информационной базы, системе классификации и кодирования информации, по ПО.

На этапе 5.2 «Разработка документации на АС и ее части» проводят разработку, оформление, согласование и утверждение документации в объеме, необходимом для описания полной совокупности принятых проектных решений и достаточном для дальнейшего выполнения работ по созданию АС. Оформление документов производят по ГОСТ 34.201.

На этапе 5.3 «Разработка и оформление документации на поставку изделий для комплектования АС и (или) технических требований (ТЗ) на их разработку» проводят подготовку и оформление документации на поставку изделий для комплектования АС, определение технических требований и составление ТЗ на разработку изделий, не изготовляемых серийно.

На этапе 5.4 «Разработка заданий на проектирование в смежных частях проекта объекта автоматизации» осуществляют разработку, оформление, согласование и утверждение заданий на проектирование в смежных частях проекта для проведения строительных, электро-технических, санитарно-технических и других подготовительных работ, связанных с созданием АС.

Шестая стадия проектирования – «Разработка рабочей документации» – направлена на изготовление комплекта документации. На этапе 6.1 «Разработка рабочей документации на систему и ее части» осуществляют разработку, оформление, согласование и утверждение рабочей документации, содержащей все необходимые и достаточные сведения для обеспечения выполнения работ по вводу АС в действие и ее эксплуатации, а также для поддержания уровня эксплуатационных характеристик (качества) системы в соответствии с принятыми проектными решениями.

На этапе 6.2 «Разработка или адаптация программ» проводят разработку ПО системы, выбор, адаптацию и (или) привязку приобретаемых программных средств, разработку программной документации в соответствии с ГОСТ 19.101. В состав проекта по ЕСКД входят обязательные документы:

1. Чертежи деталей.
2. Сборочный чертеж.
3. Теоретический чертеж.
4. Габаритный чертеж.
5. Монтажный чертеж.
6. Схема.

7. Спецификации.
8. Ведомость спецификаций.
9. Ведомость согласования документов.
10. Ведомость паспортов изделий.
11. Ведомость согласования применения покупных изделий.
12. Ведомость держателей подлинников.
13. Технические условия.
14. Программа и методика испытаний.
15. Таблицы результатов испытаний.
16. Конструкторские расчеты.
17. Документы на прочие расчеты.
18. Патентный формуляр.
19. Условия эксплуатации.
20. Документы на ремонтные работы.
21. Карта технического уровня и качества продукции.

Седьмая стадия проектных работ называется «Ввод в действие». На этапе 7.1 «Подготовка объекта автоматизации к вводу АС в действие» проводят работы по организационной подготовке объекта к вводу АС в действие, в том числе реализацию проектных решений по организационной структуре АС, обеспечение подразделений инструктивно-методическими материалами, внедрение классификаторов информации.

На этапе 7.2 «Подготовка персонала» проводят обучение персонала и проверку его способности обеспечить функционирование АС.

На этапе 7.3 «Комплектация АС поставляемыми изделиями (программными и техническими средствами, программно-техническими комплексами, информационными изделиями)» обеспечивают получение комплектующих изделий серийного и единичного производства, материалов и монтажных изделий. Проводят входной контроль их качества.

На этапе 7.4 «Строительно-монтажные работы» осуществляют: работы по строительству специализированных зданий (помещений) для размещения технических средств и персонала АС;

сооружение кабельных каналов;

работы по монтажу технических средств и линий связи;

испытание смонтированных технических средств;

сдачу технических средств для проведения пусконаладочных работ.

На этапе 7.5 «Пусконаладочные работы» проводят:

автономную наладку технических и программных средств, загрузку информации в БД и проверку системы ее ведения;

комплексную наладку всех средств системы.

На этапе 7.6 «Проведение предварительных испытаний» проводят испытания АС на работоспособность и соответствие ТЗ согласно программе и методике предварительных испытаний; устраняют неисправности и

вносят изменения в документацию на АС, в том числе эксплуатационную, в соответствии с протоколом испытаний; оформляют акт о приемке АС в опытную эксплуатацию.

На этапе 7.7 «Проведение опытной эксплуатации» выполняют:

опытную эксплуатацию АС;

анализ результатов опытной эксплуатации АС;

доработку (при необходимости) ПО АС;

дополнительную наладку (при необходимости) технических средств АС;

оформление акта о завершении опытной эксплуатации.

На этапе 7.8 «Проведение приемочных испытаний» проводят испытания на соответствие ТЗ согласно программе и методике приемочных испытаний; анализируют результаты испытания АС; устраняют недостатки, выявленные при испытаниях; оформляют акт о приемке АС в постоянную эксплуатацию.

Восьмая стадия – «Сопровождение АС» – в производственной практике в РФ зачастую опускается. На этапе 8.1 «Выполнение работ в соответствии с гарантийными обязательствами» осуществляются работы по устранению недостатков, выявленных при эксплуатации АС в течение установленных гарантийных сроков, внесению необходимых изменений в документацию на АС.

На этапе 8.2 «Послегарантийное обслуживание» осуществляют работы по анализу функционирования системы, выявлению отклонений фактических эксплуатационных характеристик АС от проектных значений и установлению причин этих отклонений, устранению выявленных недостатков и обеспечению стабильности эксплуатационных характеристик АС.

В процессе проектирования при разработке документации реализуются проектные процедуры. Выполнение каждой процедуры заканчивается **принятием проектного решения**. Проектные процедуры можно расчлнить на проектные операции. Например, при анализе прочности детали сеточными методами операциями могут быть построение сетки, выбор или расчет внешних воздействий, моделирование полей напряжений и деформаций, оформление и представление результатов моделирования.

Формализованные в ТЗ требования в процессе проектирования и конструирования представляются в рабочем проекте как комплект проектной документации, используемый для подготовки производства и далее в производстве [10]. На протяжении жизненного цикла процесс производства продукции находится под влиянием изменяющихся требований потребителей и рынков сбыта, поэтому в ИСПиУ процедуры проектирования дополняются процедурой изменения изделия.

3.2. Функции и задачи PDM-систем

На предприятии существуют два центра интеграции данных: АСУП и PDM-система. Автоматизированная система управления производством интегрирует данные о ресурсах предприятия, необходимых для его функционирования. В отличие от АСУП, контролирующей информацию о ресурсах предприятия, PDM-системы направлены **на управление информационными потоками о продукте**. PDM-система интегрирует данные о деятельности всех систем предприятия и является рабочей средой пользователей и средством интеграции данных об изделии (рис. 3.4). Задачи PDM-системы как рабочей среды пользователя – накопление и обработка данных.



Рис. 3.4. Связь PDM-системы с АС предприятия

Пользователи PDM подразделяются на классы (администрация системы, руководство проектом и частями проекта, группы исполнителей и проектировщиков, технологи и др.), имеющие разные права доступа. На низшем уровне пользователь может только просматривать данные. На высшем уровне доступа допускаются любые модификации данных любого проекта и архивов.

Сокращение времени разработки изделия достигается за счет ряда мероприятий:

снижения затрат времени, связанных с поиском, копированием и архивированием данных;

улучшения взаимодействия между конструкторами, технологами и другими специалистами;

поддержки методики параллельного проектирования;

сокращения срока изменения конструкции изделия или технологии его производства;

увеличения доли заимствованных компонентов в изделии (до 80 %) в ходе поиска детали с необходимыми характеристиками.

В ходе работы PDM-система осуществляет:

управление документами, документооборотом, электронным архивом (выполняются атрибутирование, поиск по атрибутам, контроль исполнения, аннотирование чертежей и других документов, вызов нескольких приложений для обработки документа и др.);

поддержку классификаторов и справочников;

автоматизированное составление спецификаций;

управление процессами работы с данными.

PDM-система отслеживает все операции пользователей с данными, в том числе обновление версий, управляет потоком работ и обеспечивает протоколирование действий пользователей и изменений данных. Система осуществляет также управление конфигурацией изделия, ведение состава изделия, контроль изменений, сохранение истории проекта, классификацию и формирование обозначений изделий (кодификацию); визуализацию структуры изделия в виде дерева, в том числе представление трехмерных изображений; генерацию отчетов (спецификаций, ведомостей и т. п.). Важной функцией управления является возможность учета влияния и автоматического распространения вносимых изменений на другие части проектной документации. Дополнительно могут быть включены криптографические средства (например, средства электронной подписи).

Данным могут присваиваться различные значения статуса: «правильно», «необходимо повторить вычисления», «утверждено в качестве окончательного решения» и т. п.

PDM-система применяется при управлении потоком работ процесса проектирования. Поток работ состоит из отдельных шагов различных типов. Шаги заданного или динамически определяемого маршрута работ могут представлять собой выполнение проектных операций и процедур, пересылку документов и файлов другим пользователям, изменение статуса объекта проектирования, просмотр, контроль и утверждение разделов проекта и внесение в них изменений и пр. На шагах маршрута проектирования документы проекта обрабатываются, видоизменяются, пакет документов пополняется.

Данные проекта находятся в нескольких БД распределенного банка данных. Находят применение трехзвенные распределенные системы (например, «PDM STEP Suite») с уровнями «сервер баз данных – сервер

приложений – клиенты». Проблема взаимодействия разнородных систем решается с помощью поддержки типовых форматов (например, путем конвертирования данных из общепринятых форматов во внутренние представления конкретных АС).

В системах PDM разнообразие типов проектных данных поддерживается классификацией и соответствующим выделением групп с характерными множествами атрибутов [10]. Такими группами данных являются описания изделий с различных точек зрения. В сфере машиностроения характерными аспектами можно считать свойства компонентов и сборок, модели и их документальное выражение (основными примерами служат чертежи, 3D-визуализации, сеточные представления для конечно-элементного анализа, текстовые описания), структуру изделий, отражающую взаимосвязи между компонентами и сборками и их описаниями в разных группах.

К числу основных функций систем PDM относятся моделирование и структурирование данных. Структурирование данных означает выявление сущностей рассматриваемого приложения, их атрибутов и связей [10]. Структура изделий обычно может быть представлена в виде дерева. Иерархическая форма удобна при внесении и отслеживании изменений в модели (например, при добавлении и удалении сущностей, изменении их атрибутов, введении новых связей).

Основными типами данных являются документы и изделия. Экземпляры сущностей идентифицируются и описываются с помощью набора атрибутов, среди которых имеются уникальный идентификатор (ключ) объекта и ряд дополнительных атрибутов, например тип документа, автор, количество входящих в документ страниц. Стандартные функции поддержки объекта включают возможность добавлять и удалять объекты, модифицировать атрибуты объекта. При необходимости внесения изменений в проект первоначальную копию проекта обычно не модифицируют. Вместо этого создают новую версию проекта, основанную на первоначальном проекте, и изменения вносят в эту новую версию. Одна версия каждого объекта является текущей, или активной, версией. Если имеется несколько версий объекта, то текущей является та, которая последней подвергалась изменениям.

Предусматривается возможность адаптации АС к конкретным условиям с помощью языков расширения. Язык расширения позволяет адаптировать и настраивать системную среду на выполнение новых проектов и должен обеспечивать доступ к различным компонентам системной среды, объединять возможности базового языка программирования и командного языка, включать средства процедурного программирования. Для большинства языков расширения базовыми являются Lisp или C [11].

Под PDM-системой часто понимается система управления жизненным циклом изделий PLM. PLM-системы призваны обеспечивать информационную согласованность действий всех участников процесса. Технология применения PLM предусматривает взаимодействие производителей, поставщиков и покупателей на различных этапах жизненного цикла изделий, направленная на удовлетворение потребностей заказчиков в продукции и услугах. Рассмотрим в качестве примера систему «Teamcenter Mechatronics Process Management») (Siemens PLM Software, США). Система разработана в середине 1980-х годов по заказу военно-промышленного комплекса США для проектирования и эксплуатации мехатронных устройств. В начале XXI века система была внедрена на предприятия объединенной авиастроительной корпорации РФ. Благодаря использованию формата JT (стандарт ISO 14306:2012) «Teamcenter» позволяет обеспечить разработку узлов изделия в разных CAD-системах [11]. Такая необходимость может возникнуть, когда несколько предприятий (или подразделений одного предприятия) совместно проектируют и производят одно изделие, но применяют различные CAD-системы.

Начиная с десятой версии система разделена на платформу и приложения [12]. Платформа включает набор основных базовых компонент и функционала, выполняющего роль шины для развертывания приложений. В состав «Teamcenter» входят модули управления: встраиваемым ПО; данными об электрических проводках; данными об электронных компонентах (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Представление структуры изделия в системе «Teamcenter» (в нижнем слое отображены расширения файлов)

Управление встроенным ПО предусматривает функции для хранения и управления данными об электронных компонентах (интегральных схемах, микроконтроллерах и пр.), сигналах, ПО, файлах конфигурации.

Модуль управления ПО осуществляет связь между ПО и аппаратной частью, на которое оно установлено. PLM-система управляет:

- передачей информации о связях между различными элементами ПО, между элементами ПО и электронными блоками, между электронными блоками;

- расширением стандартной модели данных для обеспечения управления объектами, описывающими ПО и аппаратные средства, на которое оно установлено;

- конфигурацией и этапами разработки ПО в контексте этапов проектирования изделия в целом;

- вариантами ПО в соответствии с номенклатурой изделия.

Модуль электронных компонентов «Teamcenter» выступает как единый источник и хранилище данных. Приложение предназначено для организации разработки электронных компонентов от концептуального проектирования до производства. Модуль обеспечивает управление:

- разработкой принципиальных схем модулей через интеграцию со сторонними приложениями;

- размещением печатных плат в изделии;

- библиотекой электронных компонентов;

- поставкой компонентов.

Модели печатных плат импортируются из САД-приложений, имеющих интеграцию с «Teamcenter»: NX, CATIA, Creo (Pro E) и др. «Teamcenter» позволяет отображать не только данные об электронных компонентах и печатных платах, но и информацию о внутренней логике устройства. Возможно управление производством печатных плат с использованием приложения «Tespomatix MES for PCB».

Разработка проводок происходит при интеграции работы со специализированными САД-системами с дальнейшей передачей информации в САД-систему с использованием стандартов STEP для создания 3D-модели жгутов в едином электронном макете изделия (рис. 3.6). Интеграция обеспечивает не только хранение данных и управление ими, но и резервирование пространства под размещение электрооборудования, прокладку электрожгута в 3D-модели.

Приложение обеспечивает управление:

- требованиями;

- составом проводок и электрооборудования с использованием механизмов конфигурирования структуры;

- библиотекой электрических компонентов.

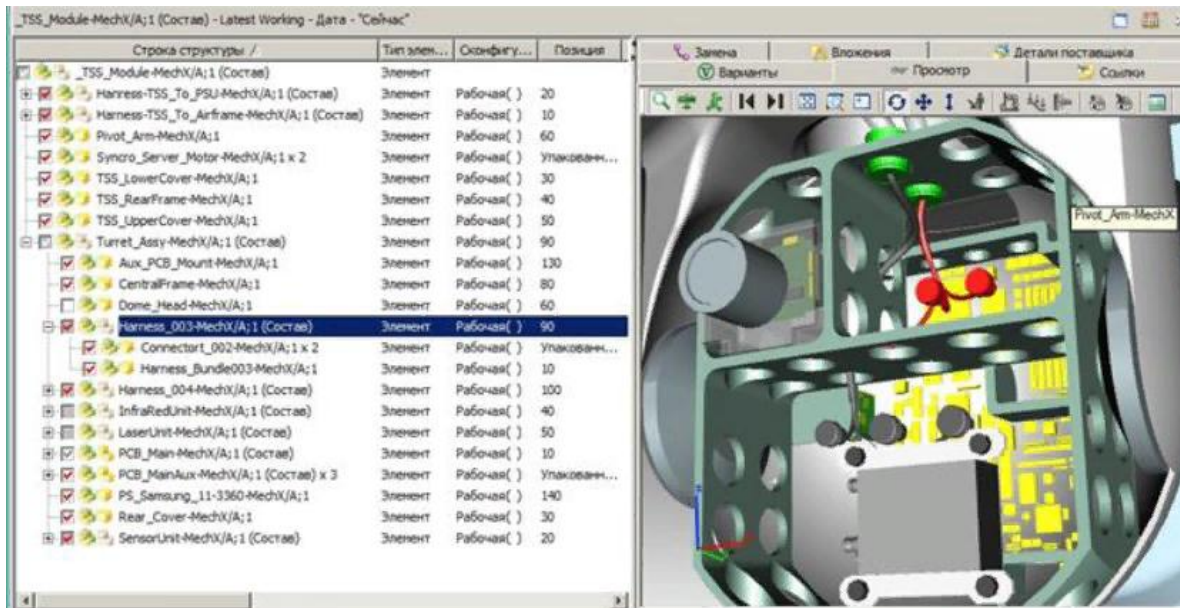


Рис. 3.6. Визуализация проводок и кабельных трасс при проектировании [12]

«Teamcenter» обеспечивает хранение различных наборов данных, описывающих один и тот же объект (рис. 3.7). Каждый библиотечный элемент может иметь как 3D-, так и 2D-представление в схеме с сопроводительным комментарием: «CAE Geometry» предназначен для хранения идеализированной модели, полученной ассоциативным копированием исходной конструкторской модели; «CAE Model» содержит модель конечно-элементной сетки, построенную на базе идеализированной модели с сохранением ассоциативной связи; «CAE Analysis» управляет информацией о конкретном расчетном случае; «CAE Solution» содержит результаты выполненного расчета.

Модуль «CAE Менеджер» обеспечивает работу специалистов в единой среде разработки изделия и управление взаимосвязями между конструкторскими и расчетными данными [12]. Применяя настраиваемые фильтры, расчетчик может на основе конструкторского состава изделия получить расчетную структуру, содержащую только те компоненты, которые необходимы для заданного типа расчета. Как правило, фильтры задаются централизованно и привязаны к типам расчетов. Фильтр представляет собой набор логических условий, анализирующих атрибуты объектов состава изделия по заданным критериям. В расчетный состав могут быть включены заранее подготовленные элементы, не соответствующие ни одной из позиций в конструкторском составе. Для одного изделия можно получить несколько вариантов CAE-структур для разных типов расчета (рис. 3.7).

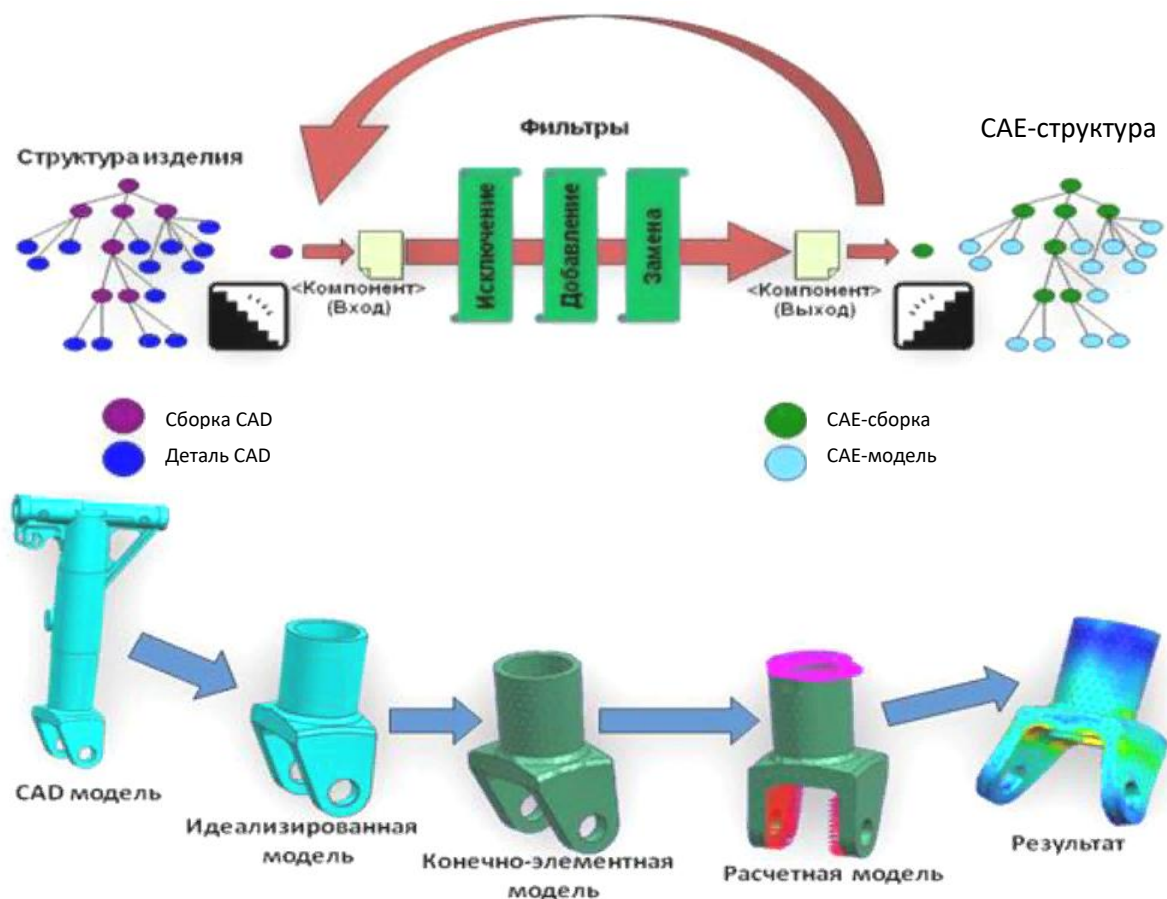


Рис. 3.7. Модели данных и формирование расчетных CAE-элементов

При организации хранения многократно используемой информации, например данных об объектах конструкторско-технологической подготовки производства, с целью экономии времени на поиск данных и исключения дублирования применяется «Классификатор». Приложение является единой средой хранения, доступа и обработки информации. В процессе поиска и выбора данных можно использовать пояснительную графическую информацию (изображения), фильтры и операции сортировки данных по нескольким критериям.

«Классификатор» позволяет:

- организовать иерархическое представление нормативно-справочной информации;

- определить произвольный набор атрибутов, значения которых будут описывать объекты классификации, с возможностью задания механизмов наследования, режимов редактирования и других правил;

- определить представления отображения атрибутов «Классификатора» для различных пользователей, групп пользователей или ролей;

разграничить права доступа к структурам иерархии, атрибутам и объектам классификации;

регулировать актуальность информации по применяемости;

организовать автоматизированный подбор взаимосвязанных объектов по определенным значениям атрибутов и параметрам;

связать с объектом классификации дополнительную информацию (тексты, 2D- и 3D-геометрию в различных форматах);

обеспечить работу с семействами деталей.

«Teamcenter» предоставляет механизмы, позволяющие связывать атрибуты «Классификатора» с параметрами геометрии таким образом, что при выборе объекта классификации исходная модель перестраивается в соответствии с его параметрами.

Управление контентом в модуле «Content Management» происходит при подготовке и выпуске:

описаний и руководств;

интерактивных каталогов продукции и запасных частей;

интерактивных руководств (например, по монтажу, обслуживанию, ремонту);

инструкций по эксплуатации.

Выпуск описаний возможен в разных форматах и на разных языках. «Content Management» позволяет разрешить проблему разрозненности технической документации, полученной из различных систем, созданием связки «состав изделия – состав документации». В основе управления контентом и документами лежит использование стандартов передачи данных SGML/XML. Базовой чертой управления является отделение содержания документации от ее формата, что позволяет упростить процедуры разработки и публикации технической документации, а также обеспечить возможность повторного использования ранее созданных документов.

Документация состоит из информационных элементов в формате XML и хранит ссылки на исходные данные об изделии (атрибуты, графические данные). Интеграция с офисными приложениями Microsoft Office обеспечивает доступ к данным «Teamcenter» специалистам служб предприятия, напрямую не связанных с процессами проектирования. Интеграция осуществляется с проводником ОС Windows (Explorer), с приложениями Word, Excel, PowerPoint и Outlook.

Использование интеграции с проводником дает пользователю возможность работать с данными в стандартном проводнике ОС. Пользователь видит хранящуюся в БД информацию «Teamcenter» такой, как если бы она находилась на локальном или сетевом диске его компьютера.

Модуль управления проектами (Project Management) предназначен для решения задач, связанных с планированием, организацией и управлением действиями, направленными на достижение поставленных целей при заданных ограничениях на использование ресурсов (рис. 3.8).

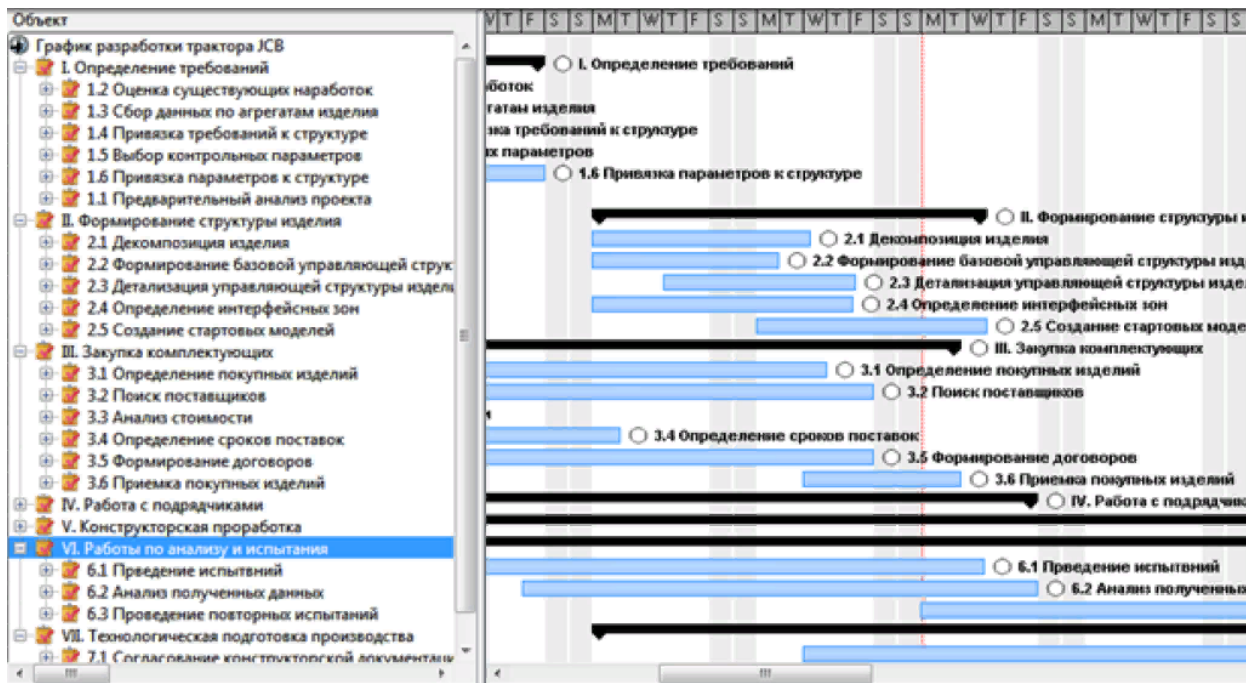


Рис. 3.8. Организация операций и действий на разных стадиях проектирования

С помощью модуля осуществляются:

- разработка планов проектирования, в том числе структурной декомпозиции работ проекта и сетевых графиков;
- оценка потребностей в ресурсах;
- ведение нескольких календарей с учетом продолжительности рабочего времени;
- отслеживание хода выполнения работ;
- расчет планов с учетом ограничений на ресурсы;
- фиксирование состояния план-графика на определенный момент времени (дату) для выявления отклонения;
- связывание сведений о ставках и тарифах с ресурсами для контроля расходов;
- формирование полного представления о видах и интенсивности нагрузок на рабочие группы.

«Teamcenter» позволяет сформировать план работ по проекту и связать пункты плана проекта с документами, элементами изделия или функциональными блоками.

4. ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ ОАО «АСКОН»

4.1. Система «ЛОЦМАН:PLM»

Базовой системой управления данными о продукте на основе PDM-платформы, аналогичной по функционалу системе «Teamcenter», является «ЛОЦМАН:PLM» (ОАО «Аскон», РФ). Программная система полностью интегрирована с системами «КОМПАС-3D», «ВЕРТИКАЛЬ», «ПОЛИНОМ:MDM» (рис. 4.1).

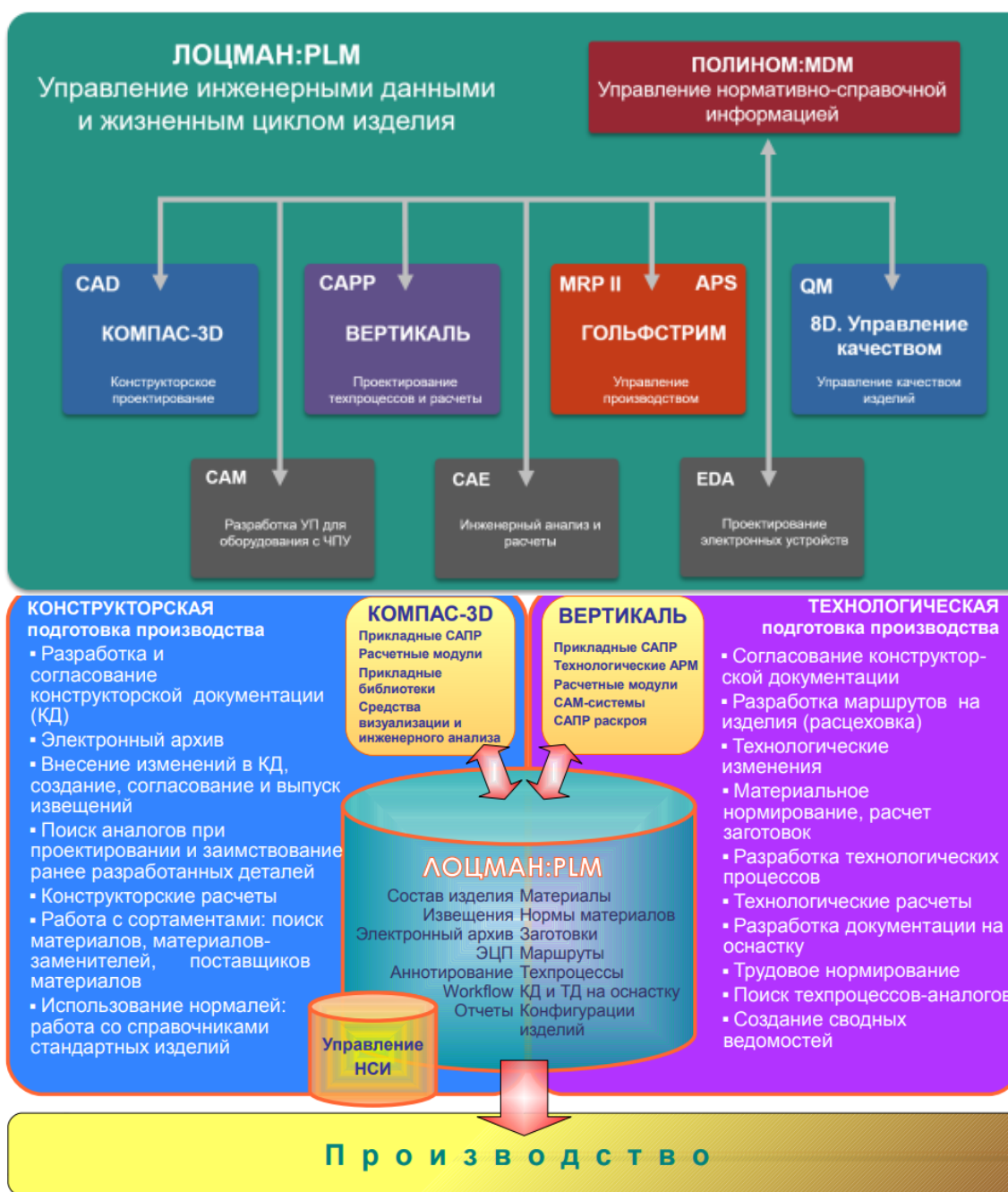


Рис. 4.1. Встраивание «ЛОЦМАН:PLM» в жизненный цикл изделия

При работе с программными приложениями пользователи избавлены от необходимости повторного ввода данных: конструкторской спецификации, сборочного чертежа, электронной модели сборочной единицы. «ВЕРТИКАЛЬ» получает конструкторскую информацию об изделиях (трехмерные модели, чертежи) из системы трехмерного твердотельного моделирования «КОМПАС-3D» [13]. Модуль «ЛОЦМАН-Технолог» обеспечивает связь САПР ТП «ВЕРТИКАЛЬ» с системой управления данными об изделии «ЛОЦМАН:PLM» [14]. Программный продукт «ЛОЦМАН:PLM» является интегрированной частью линейки приложений ОАО «Аскон» (РФ), реализующих функции на основе PDM-платформы.

Кроме базовых инструментов, в состав системы «ЛОЦМАН:PLM» входит набор прикладных модулей для решения задач в специализированных областях, а также веб-клиент для удаленного доступа к данным (рис. 4.2).

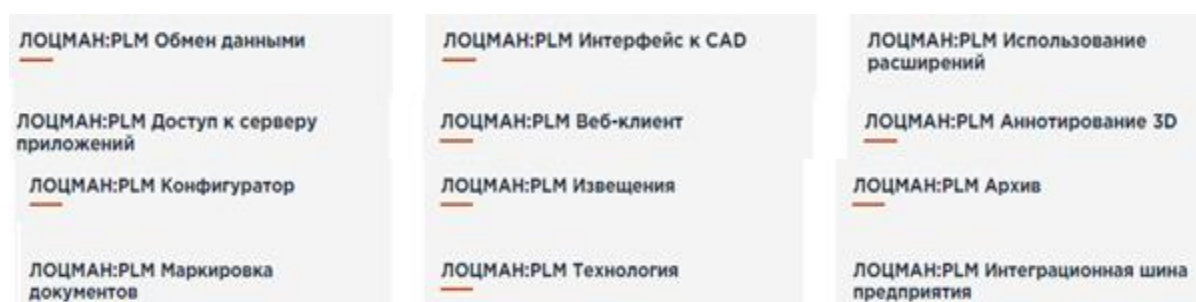


Рис. 4.2. Дополнительные модули системы «ЛОЦМАН:PLM»

В процессе жизненного цикла в PLM-системе изделие описывается набором состояний «Проектирование», «Согласование», «Серия» (рис. 4.3). В каждом состоянии доступ к данным имеют разные группы пользователей, дополняющих и изменяющих наборы данных. Постоянно осуществляется архивация данных об изделиях с сохранением изменений при переходах от предыдущим к последующим состояниям [11].

По аналогии с системой «Teamcenter» электронное описание изделия включает набор данных о конструкции изделия и его составных узлов, характеристиках, технологии проектирования и изготовления. Электронное описание можно рассматривать как цифровой прототип изделия, функционирующий с использованием систем управления БД MsSQL, InterBase, Oracle [11]. Описание предоставляет быстрый доступ к чертежам деталей, операционным эскизам, технологическим картам и обеспечивает возможность реализации принципа преемственности технологических решений (рис. 4.4).



Состояние	Собственный
Опытный	<input checked="" type="checkbox"/>
Положено	<input type="checkbox"/>
Проектирование	<input checked="" type="checkbox"/>
Серия	<input checked="" type="checkbox"/>
Согласование	<input type="checkbox"/>

Предыдущие состояния	Последующие состояния
Опытный	Аннулирован
Согласование	Опытный
	Серия

13.10.2021

Рис. 4.3. Последовательность состояний изделия в «ЛОЦМАН:PLM»

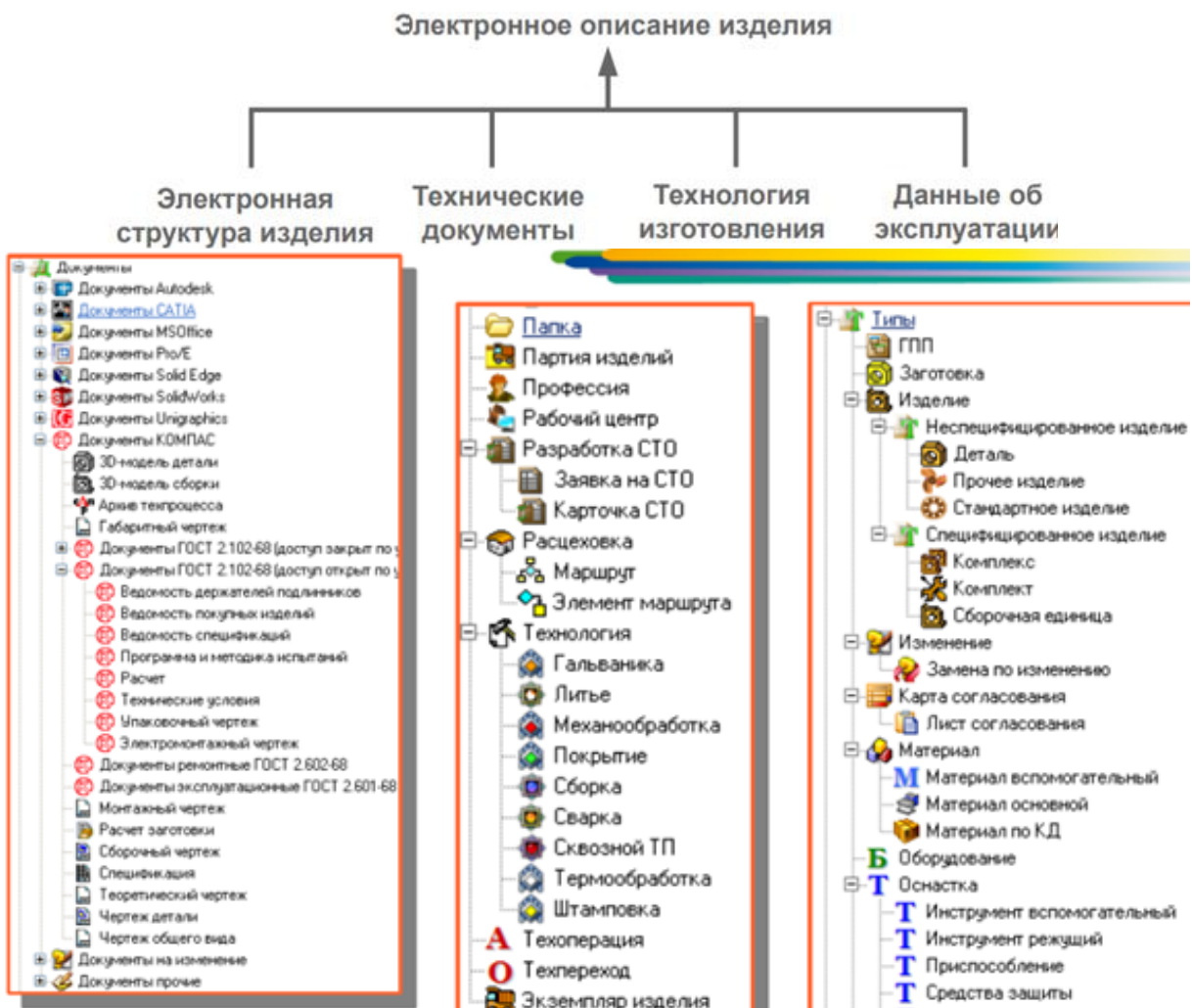


Рис. 4.4. Описание изделия в «ЛОЦМАН:PLM»

Каждый объект электронного описания имеет больше сотни атрибутов. Создание объектов и атрибутов осуществляется как вручную, так и копированием из БД и других АС (рис. 4.5). Каждый объект сопровождается учетной карточкой, в которой отражается изменение его состояния [13].

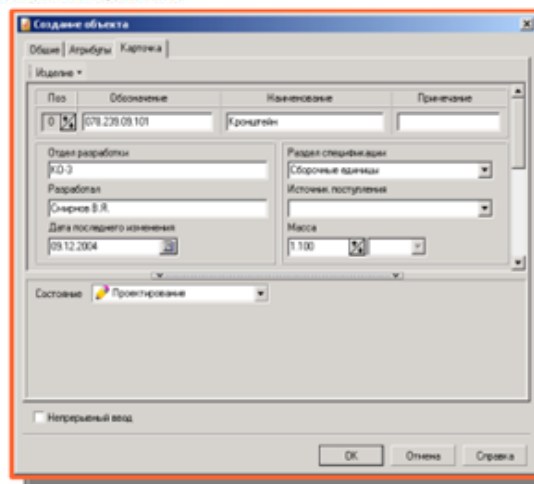
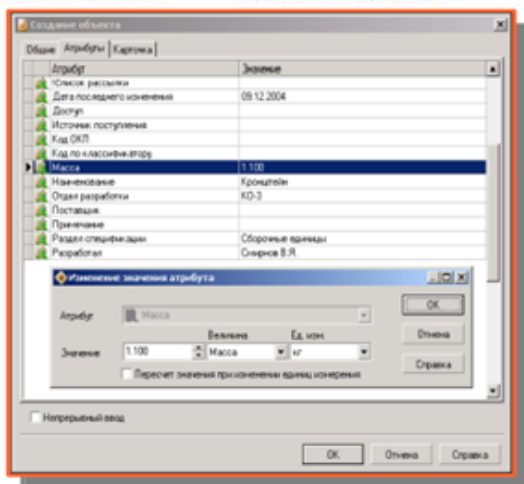
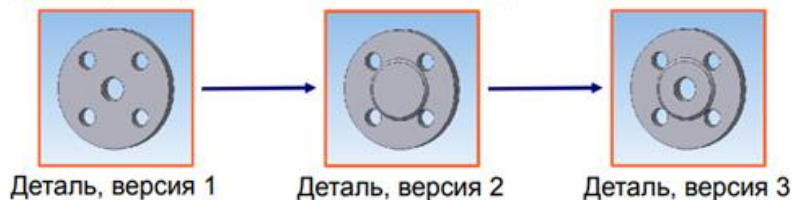
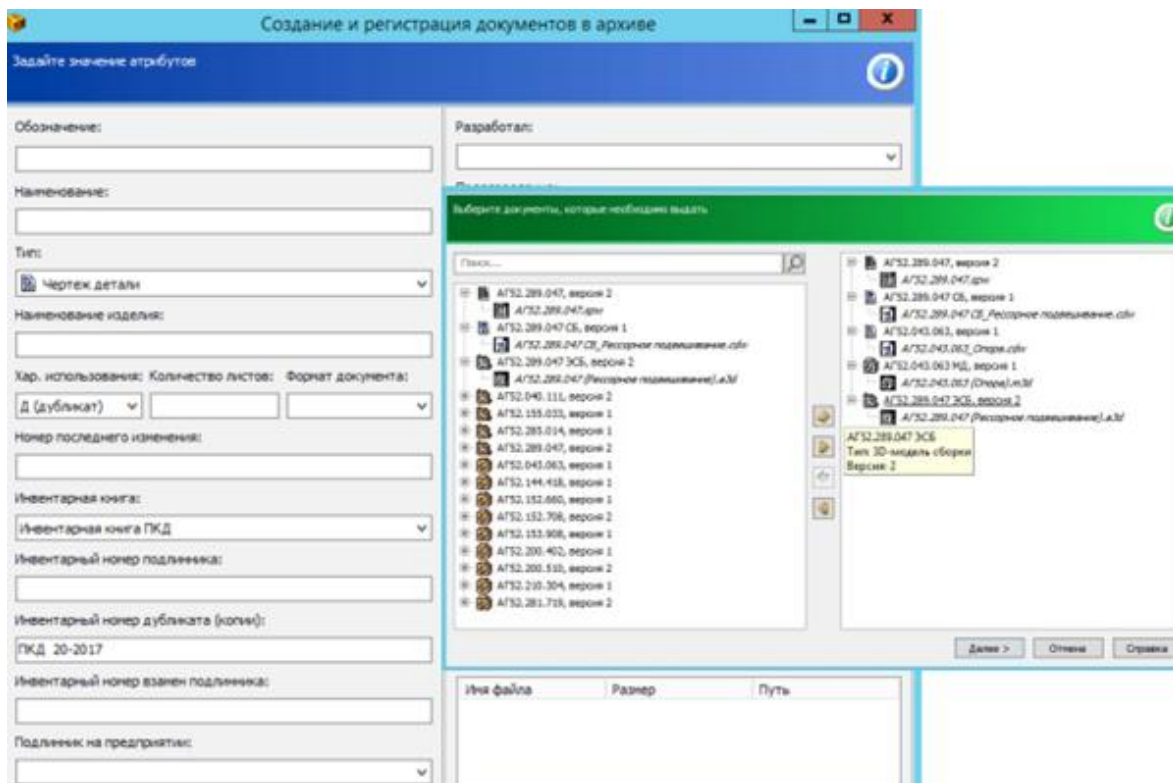


Рис. 4.5. Работа с объектами и атрибутами при разработке электронного описания

Проект в «ЛЮЦМАН:PLM» представляется в виде дерева с раскрытием составных частей, входящих в изделие (рис. 4.6). Для каждой папки дерева проектов создается учетная карточка проекта, отражающая изменение атрибутов при смене состояний.

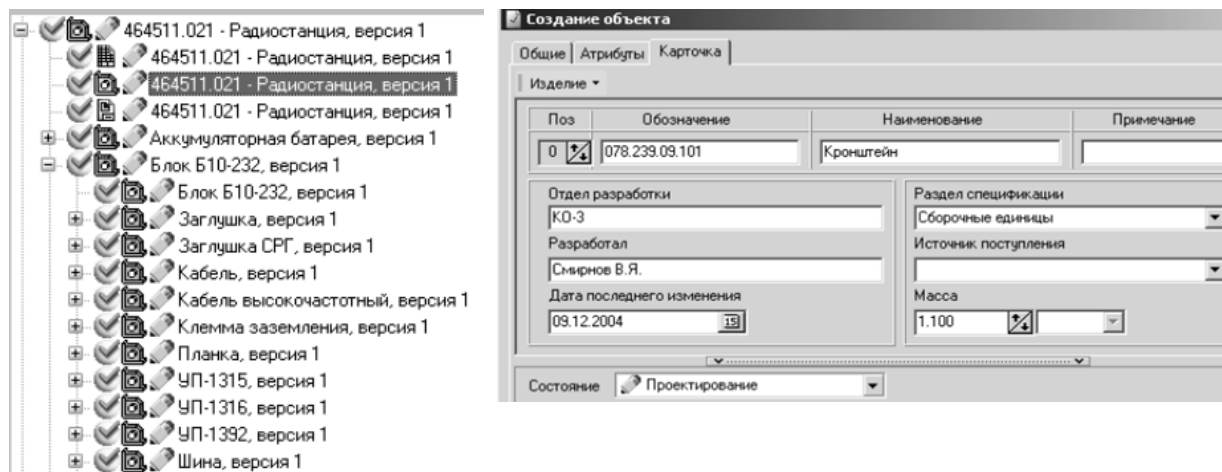


Рис. 4.6. Дерево проекта и учетная карточка объекта

В ходе работы изделие имеет несколько вложенных электронных структур (рис. 4.7). Например, конструктивная ЭСИ представлена сборочными единицами, комплексами, деталями, стандартными и прочими изделиями. Технологическая электронная структура может дополнительно включать в себя технологические сборки, с помощью которых составные части структурируются с учетом особенностей изготовления изделия (например, последовательности сборки). Формирование структуры возможно путем автоматического создания на основе информации из файлов САД-систем.

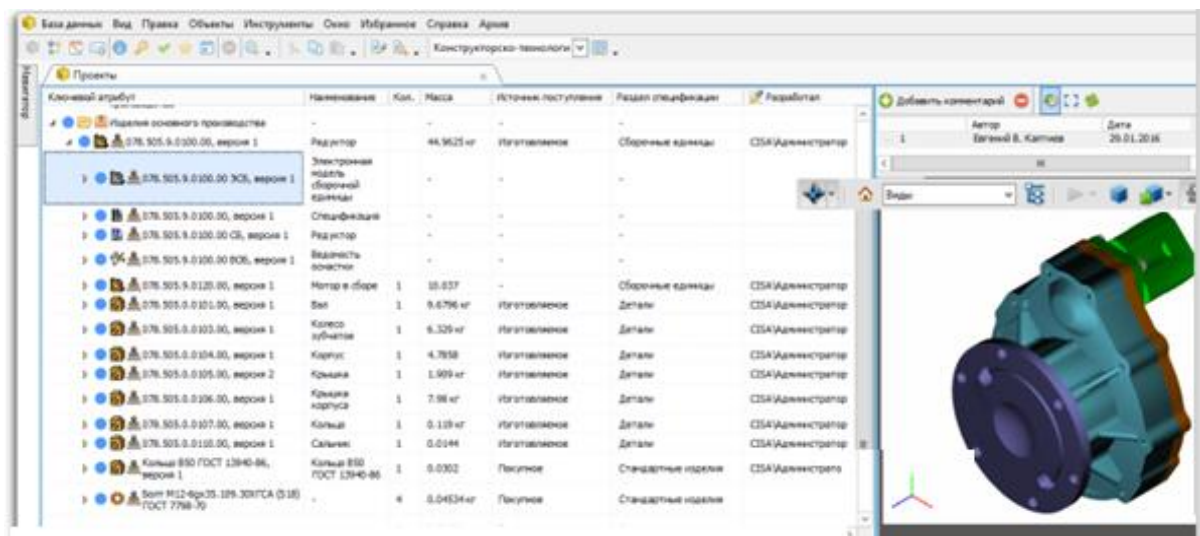


Рис. 4.7. Формирование конструктивной структуры изделия

Механизм управления конфигурациями в «Лощман:PLM» позволяет создавать множество вариантов структуры изделия, исключая при этом необходимость описания каждого варианта в полном объеме и описывая только отличия (опции, замены, варианты). Автоматизация действий проектировщика обеспечивает поддержку исполнений и производственно-технологических вариантов («допустимых замен») с учетом всех требований к их записи в документах (конструкторской спецификации, ведомостях и др.). Замена элементов, входящих в состав изделия, осуществляется при изменении требований к нему (рис. 4.8).

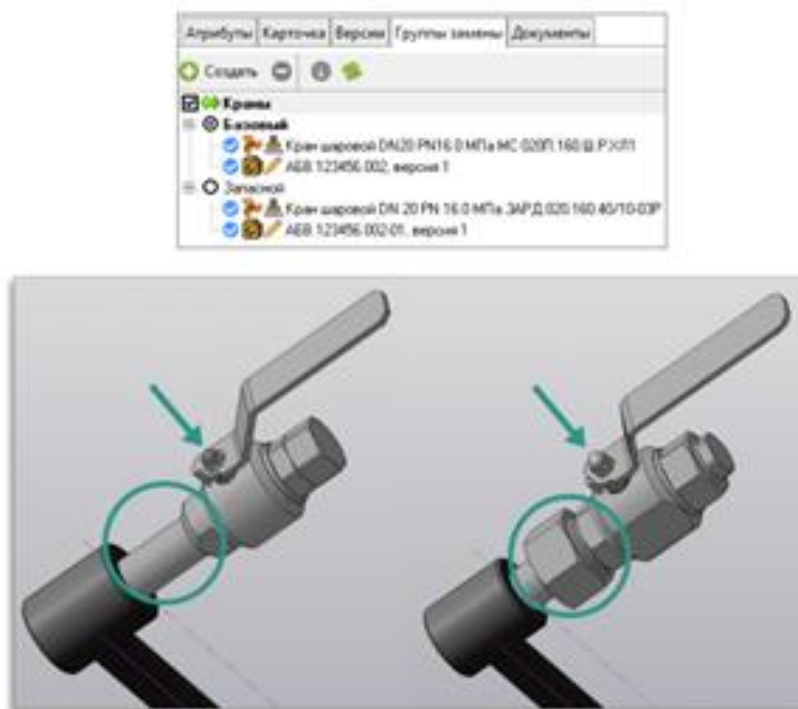


Рис. 4.8. Замена элементов изделия

Требования подразделяются на требования к изделию (его составным частям) и требования к процессам проектирования, изготовления и использования. Например, это могут быть требования к эксплуатации в различных ситуациях, конструкции изделия, климатическим условиям применения, стоимости, срокам проектирования.

PLM-система позволяет создавать и описывать как отдельные требования к изделию, так и связанные структуры с группами и подгруппами. «ЛОЦМАН:PLM» обеспечивает связь требований со структурой изделия и нормативными документами при поддержке согласования и утверждения требований в рамках бизнес-процессов (рис. 4.9). Система способна также управлять данными при проведении испытаний изделия.

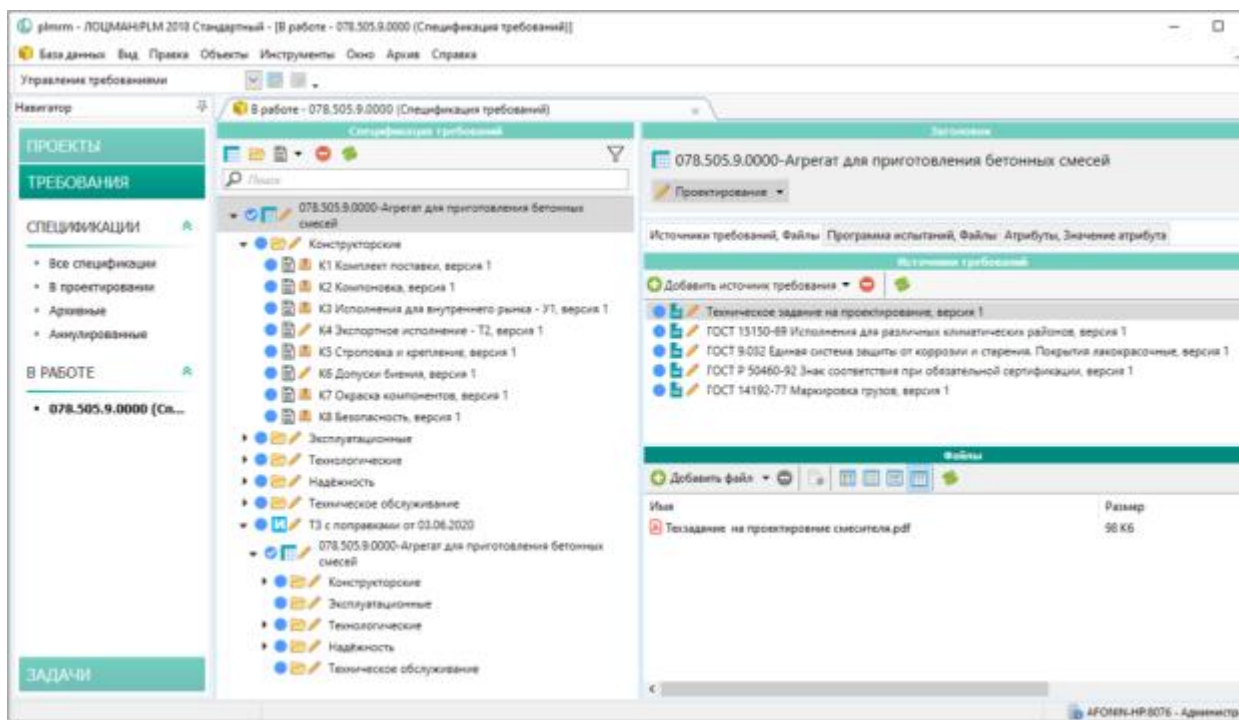


Рис. 4.9. Пример представления требований

Функции АСУП проявляются в формировании планов работ на уровне специалистов, подразделений и всей организации, управление проектом – в установке связей между задачами, задании и контроле сроков выполнения, назначении исполнителей, определении приоритетов. Отображение плана работ возможно в виде иерархической структуры и в виде диаграмм Ганта (рис. 4.10).

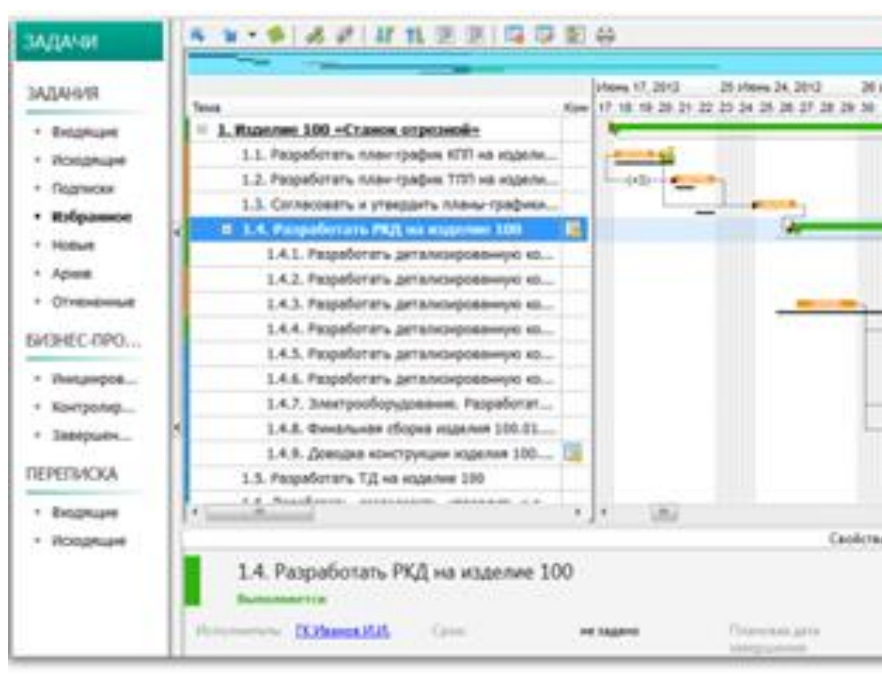
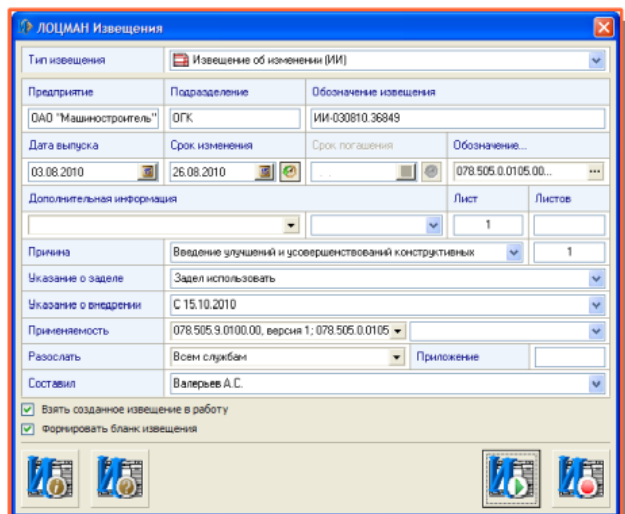
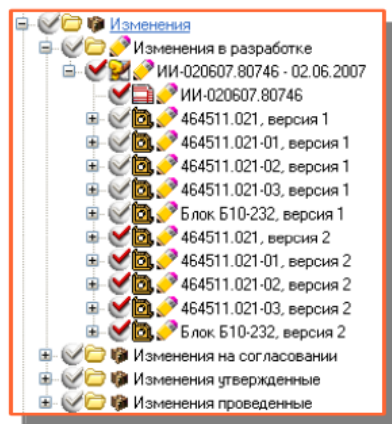


Рис. 4.10. Отображение плана работ

Планирование предусматривает определение и связывание ресурсов для выполнения работ. В случае выявления конфликтов сроков или нестыковок ресурсов в документацию вносятся изменения с переходом к новой итерации проектирования, подготовки производства и изготовлению изделий (рис. 4.11). Изменения сопровождаются подготовкой карт согласования [10].

Внесение изменений в конструкторские и технологические документы с учетом ГОСТ 2.503-90, на основе:

- механизма версий объектов и документов
- механизма смены состояний



Управление процессами изменений

- Использование шаблонов бизнес-процессов и карт согласования для наблюдения за ходом внесения изменений

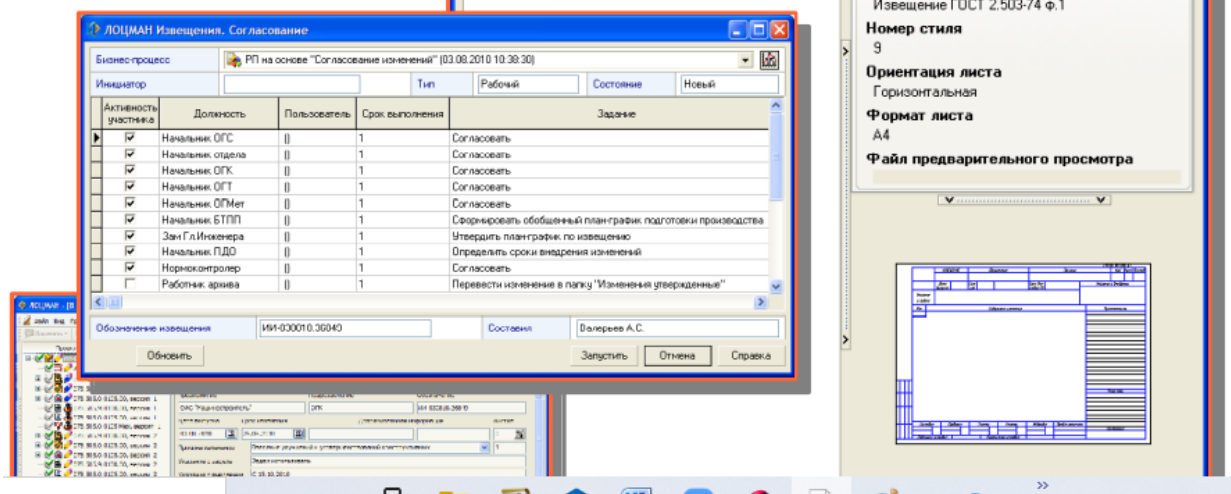


Рис. 4.11. Внесение изменений в проектные документы

Все участники процессов проектирования, подготовки производства, производства и эксплуатации могут получать данные для работы, фиксировать результаты и передавать задания другим участникам процесса с использованием электронных подписей, систем обмена сообщениями, учетом версий документации (рис. 4.12, 4.13).

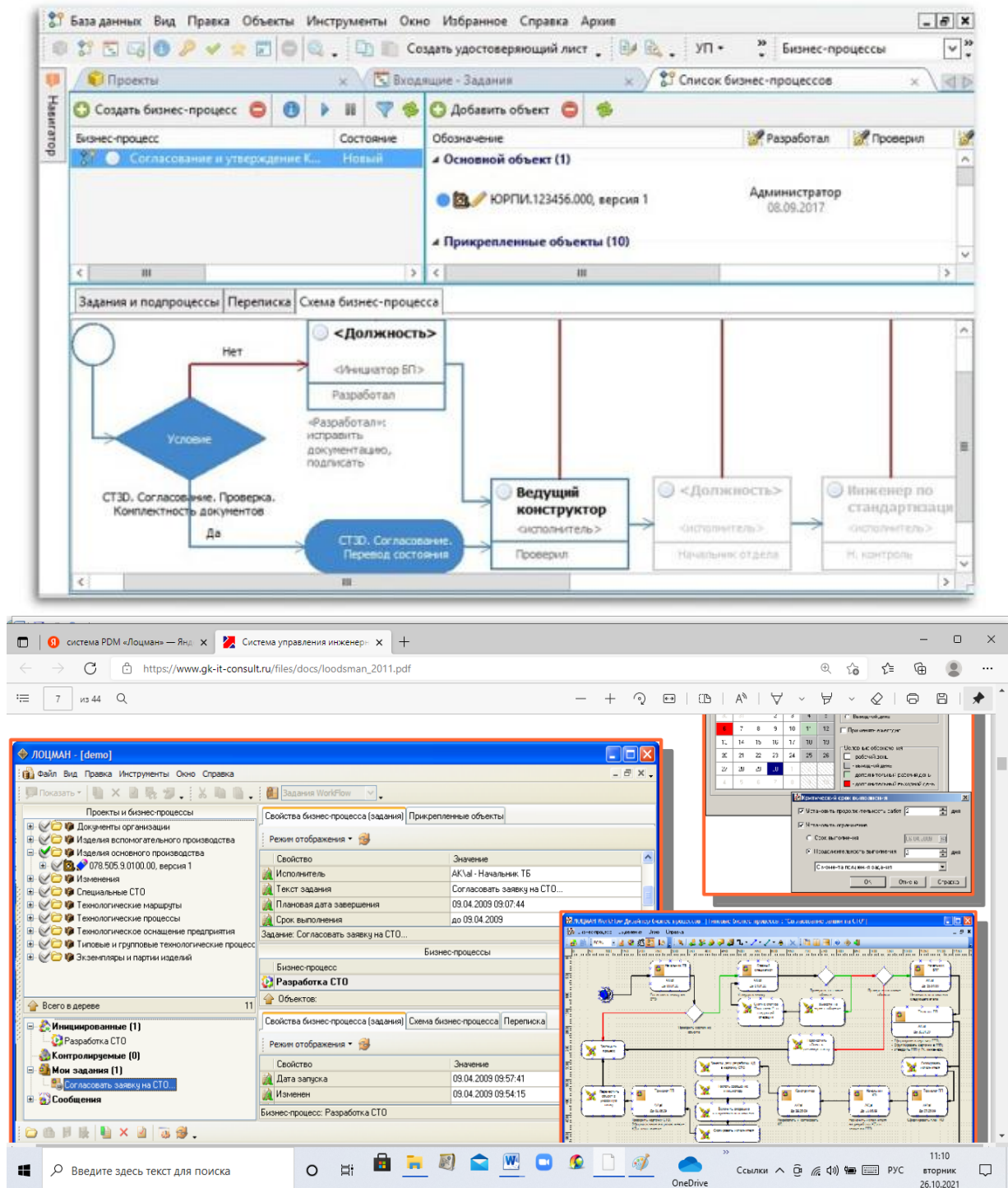


Рис. 4.12. Доступ к проектным документам разным категориям пользователей

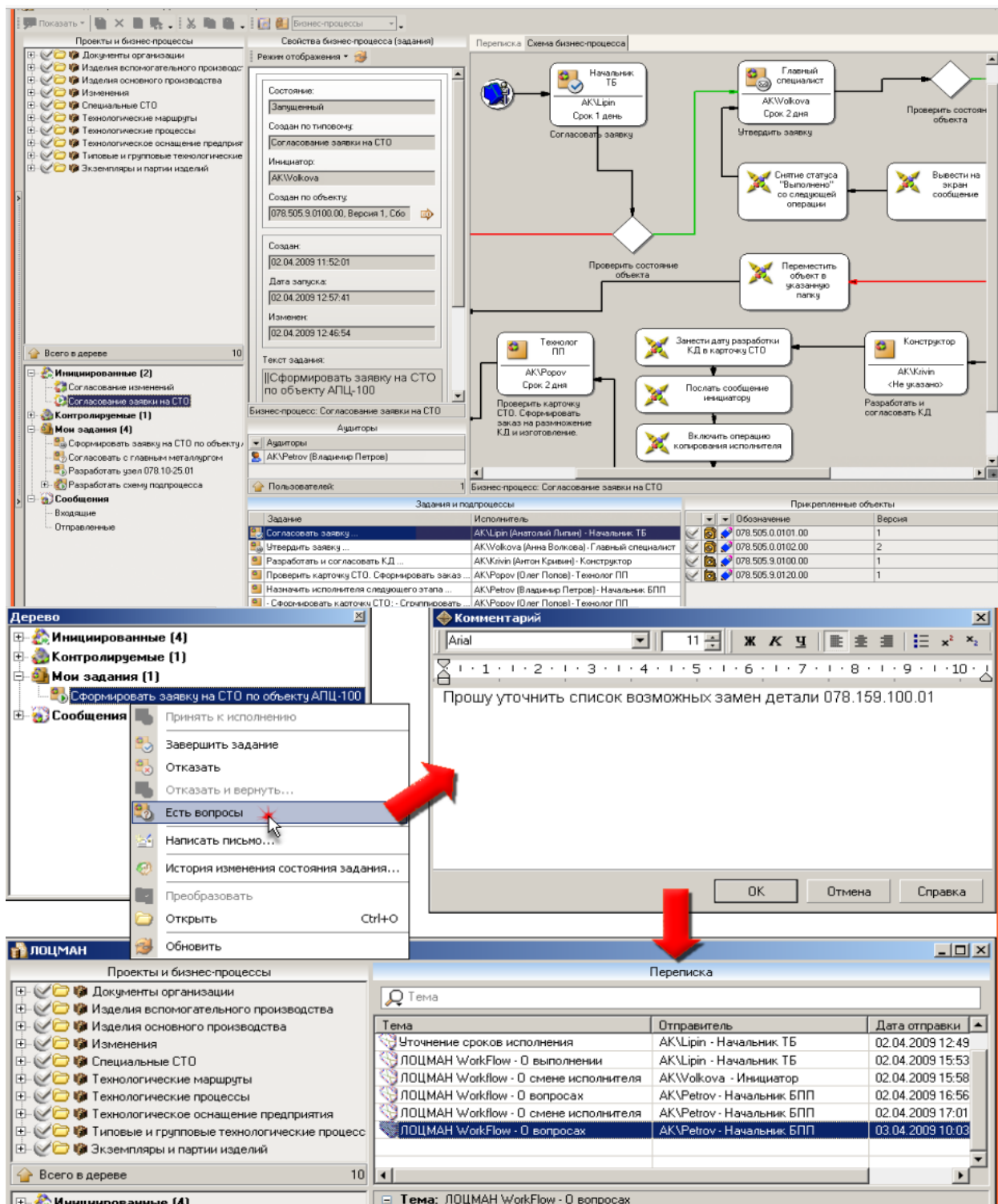


Рис. 4.13. Проектные операции при действиях разных категорий пользователей

В ходе планирования и выдачи заданий система позволяет настраивать атрибуты заданий для оценки трудозатрат и последующего их

учета. Отчеты могут формироваться в форматах офисных приложений «Microsoft Office» и «Open Office». Конструкторская документация отвечает требованиям стандартов единых серий конструкторской и технологической документации (ЕСКД и ЕСТД).

С точки зрения совместимости с ПО других изготовителей необходимо отметить возможность интеграции с PCAD. Это позволяет включить в процесс проектирования приборов и радиоэлектронной аппаратуры стадию разработки печатных плат с подготовкой перечней элементов и спецификаций по отечественным стандартам.

Интеграция с САПР «ВЕРТИКАЛЬ» позволяет связать процессы проектирования изделий, схем и ПО для станков с ЧПУ (рис. 4.14).



Рис. 4.14. Формирование заявки на разработку УП

Преимущества и возможности работы PLM-системы наглядно проявляются в формировании потоков извещений и уведомлений (рис. 4.15). Типы извещений в системе: об изменении, предложения об изменении, предварительное, дополнительное.

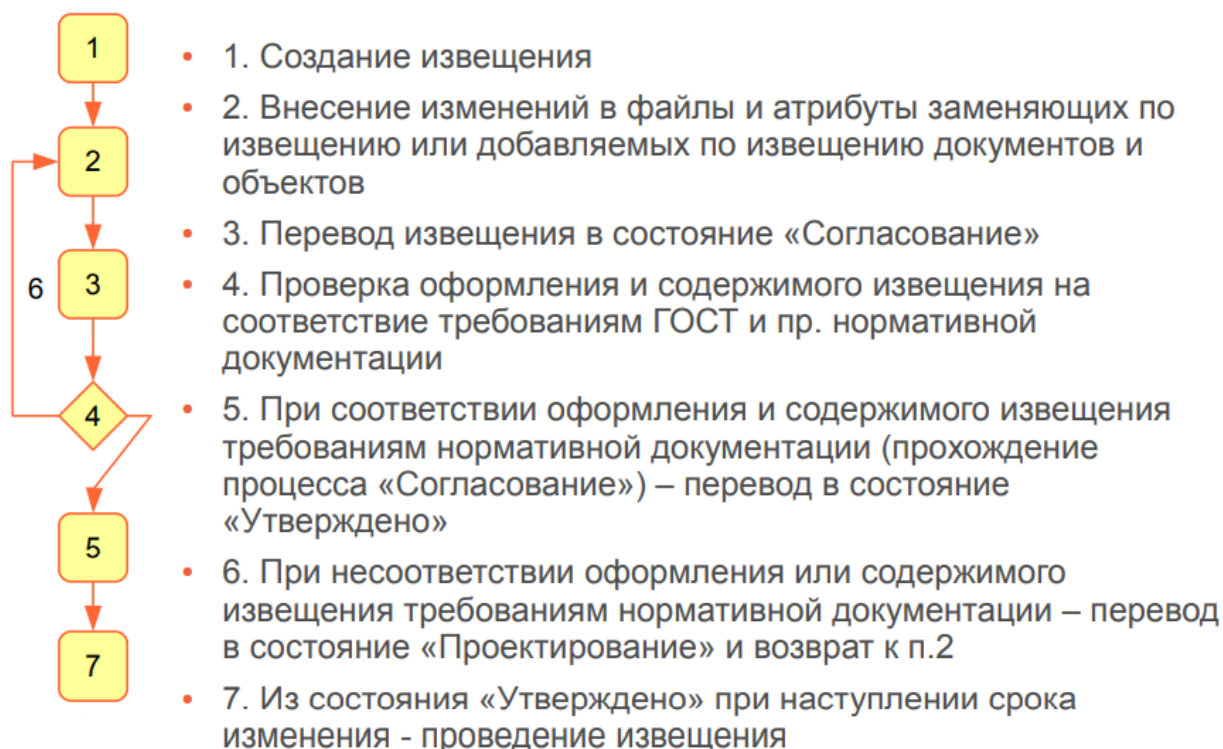


Рис. 4.15. Формирование извещений в процессе проектирования

4.2. САМ-система «ВЕРТИКАЛЬ»

Система автоматизированного проектирования технологического процесса (САПР ТП) «ВЕРТИКАЛЬ» работает совместно с приложением «КОМПАС-3D» под управлением ОС Windows [13]. При разработке ТП требуется справочная информация: данные о материалах, оборудовании, инструменте, оснастке и т. п. Хранение данных обеспечивают

«Универсальный технологический справочник» и корпоративный справочник «Материалы и сортаменты» (МиС)» [14]. «Универсальный технологический справочник» предоставляет справочную информацию для всех служб предприятия. Рекомендуется установка справочников «Единицы измерения» и «Материалы и Сортаменты» (рис. 4.16).



Рис. 4.16. Взаимосвязь системы «ВЕРТИКАЛЬ» с продуктами ОАО «Аскон»

В системе проектируются процессы для различных производств: механообработка, штамповка, сварка, резка, гальваника, нанесение покрытия, термообработка, литье металлов, сборка [13]. Реализована возможность добавления других процессов.

Методы проектирования технологических процессов ТП в ИСПиУ:
проектирование на основе процесса-аналога;

проектирование с использованием библиотеки часто повторяемых технологических решений;

проектирование с применением библиотеки КТЭ с автоматическим формированием фрагментов ТП на основе типовых планов обработки КТЭ;

заимствование технологических решений из ранее разработанных технологий.

В САПР «ВЕРТИКАЛЬ» формирование текстов переходов осуществляется:

в ручном режиме с использованием динамического словаря и переменных модели ТП (с применением спецсимволов);

автоматически по алгоритмам выбранного плана обработки;
автоматически по нормируемой операции ТП;
копированием готовых переходов из библиотеки пользователя или из других ТП.

Создание описания ТП начинается с запуска модуля «ЛОЦМАН-Технолог». В БД «ЛОЦМАН:PLM» выбирается деталь, процесс изготовления которой разрабатывается. Создается объект «Технологический процесс» в дереве объектов «ЛОЦМАН:PLM», и ТП загружается в систему «ВЕРТИКАЛЬ» (рис. 4.17).

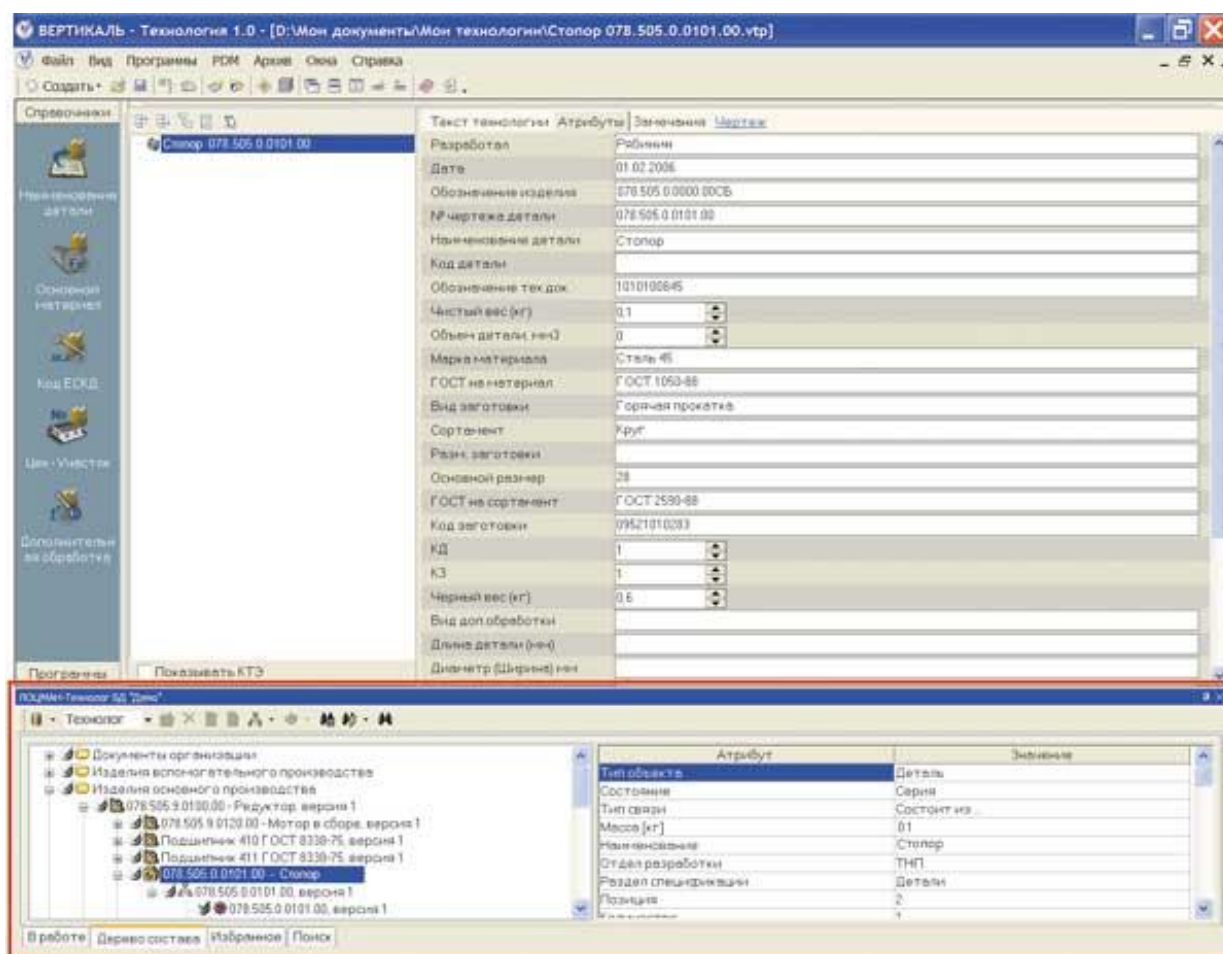


Рис. 4.17. Создание модели нового ТП

В новый ТП автоматически будут переданы все необходимые данные, зарегистрированные в PDM-системе: наименование, обозначение, чистовой вес детали, данные о материале заготовки, норме расхода материала.

Автоматически устанавливаются связи с файлами чертежа и 3D-модели детали. Если используются приложения «КОМПАС-3D» и «ВЕРТИКАЛЬ», то данные о детали можно перенести в параметры ТП в

автоматическом режиме, подключив файл чертежа. Перенести данные из модели одного ТП в другой можно выделением фрагмента разработанной технологии (рис. 4.18). В случае разработки нового ТП на основе типовых планов обработки КТЭ объединяются конструкторские и технологические данные об элементах, из которых состоит деталь. Для отображения конструкторско-технологической информации служат дерево КТЭ и панель для отображения планов обработки.

Формирование дерева КТЭ осуществляется с помощью специальной библиотеки, в которой конструктивные элементы связаны с типовыми технологическими планами их обработки. Библиотека содержит инструменты визуализации и быстрого поиска необходимых элементов (рис. 4.18).

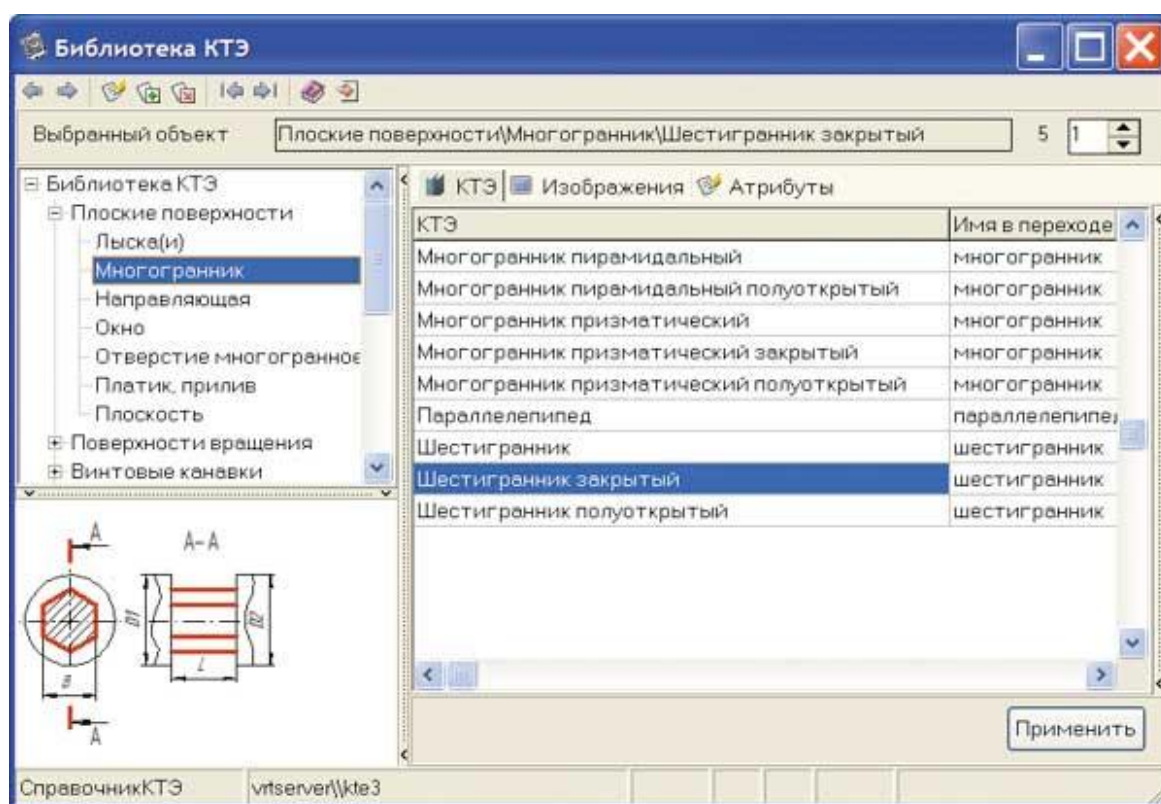


Рис. 4.18. Применение библиотеки КТЭ

Выделение элемента в дереве КТЭ позволяет увидеть план его обработки и соответствующий переход в тексте технологии при проверке ТП (рис. 4.19). Например, выбираем в дереве КТЭ элемент «Отверстие». На закладке «План обработки» отобразятся все переходы, описывающие его обработку: «Сверлить...», «Расверлить...», «Расточить...», «Шлифовать...».

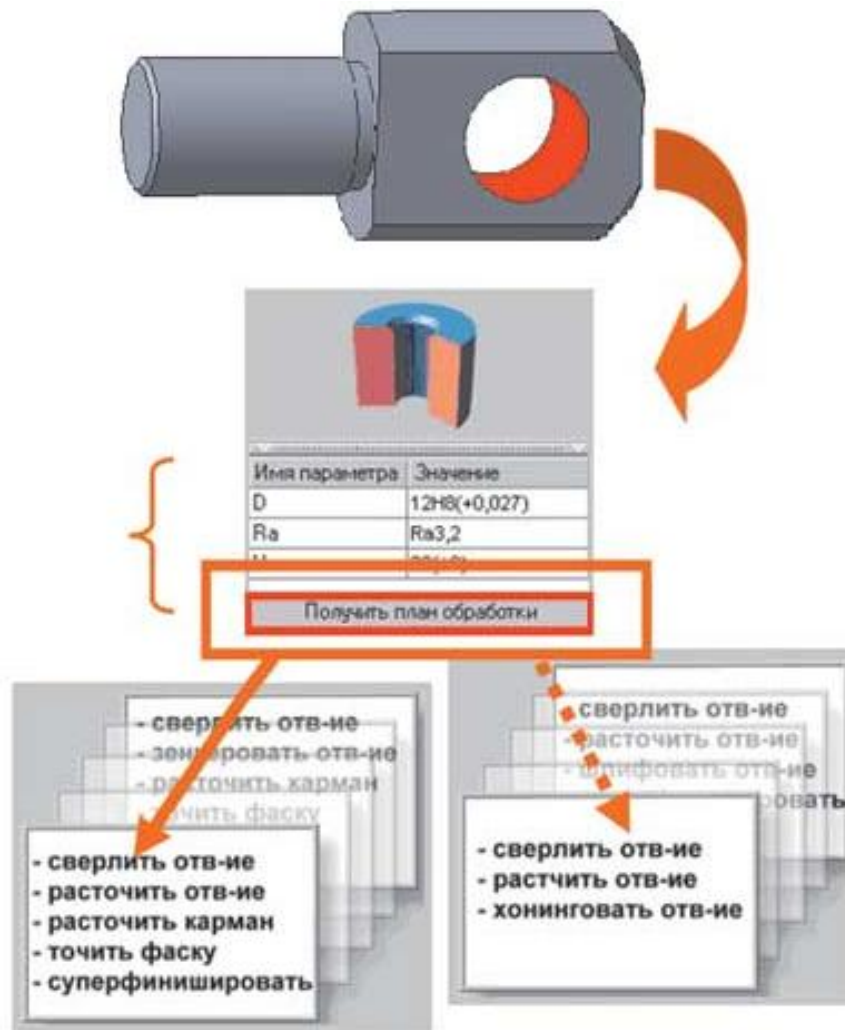


Рис. 4.19. Отображение плана обработки детали

При проектировании ТП на основе ТП-аналога удаление элемента из дерева КТЭ приводит к автоматическому удалению подчиненных переходов из технологии. Например, при удалении элемента поверхности, отсутствующего в новой детали, автоматически удалятся связанные переходы.

При проектировании ТП можно применять библиотеку пользователя, а также БД «Универсального технологического справочника». Данные в библиотеке пользователя можно расположить в произвольном виде и оперативно использовать при разработке ТП (рис. 4.20). Это могут быть операции (например, контрольная или слесарная), инструмент (резец или фреза), часто используемая последовательность переходов.

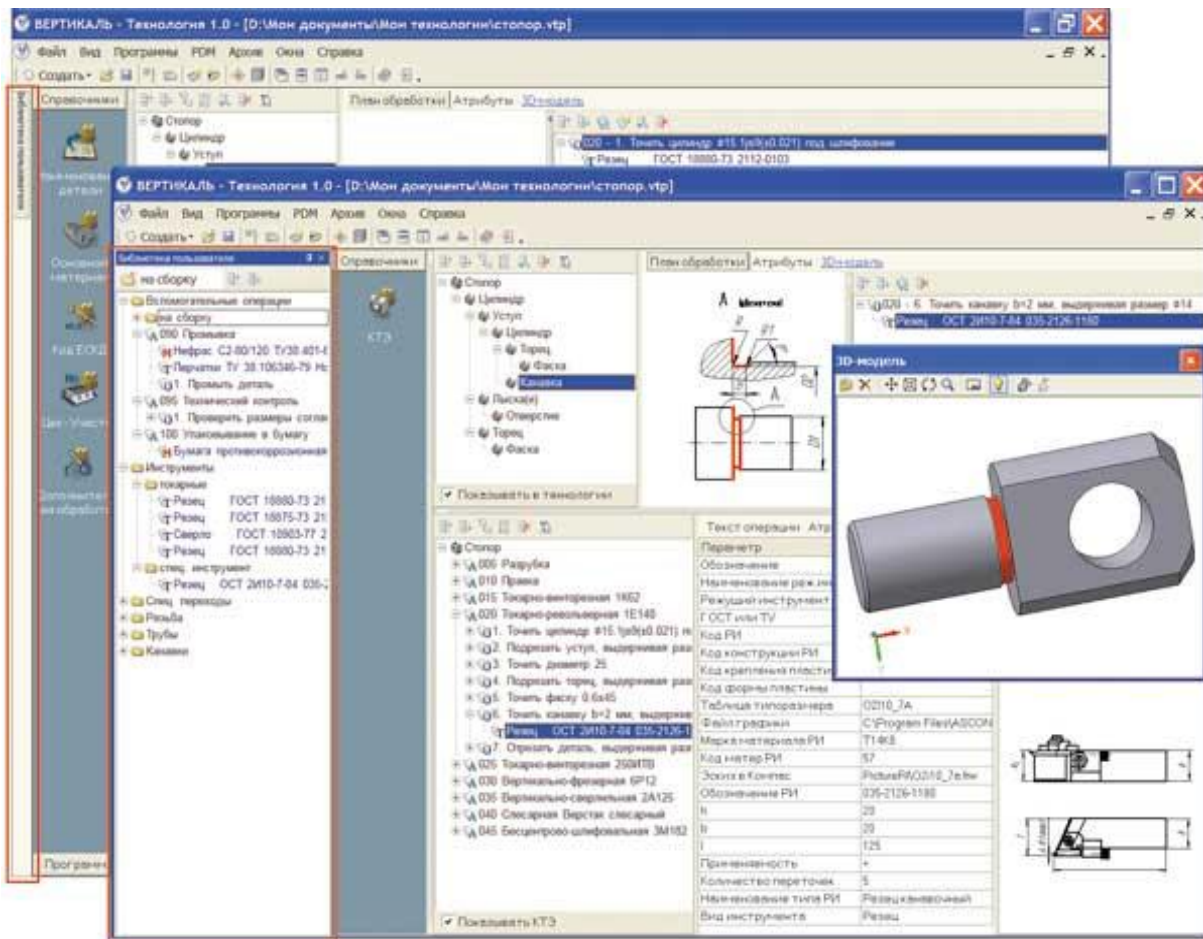


Рис. 4.20. Работа с библиотекой пользователя

В САМ-системе поддерживаются режимы работы:
с 3D-моделью на основе технологии ActiveX;
переноса данных из чертежа (и 3D-модели) в текст ТП;
подключения графических моделей к элементам ТП.

В ходе проектирования обеспечивается визуализация настраиваемой связи графических данных со структурными элементами ТП с просмотром и редактированием планов обработки поверхностей КТЭ в привязке к элементам 3D-модели.

Автоматизация выбора средств технологического оснащения заключается в автоматическом выборе инструмента и оснастки по параметрам, заданным для выбранного типового плана обработки КТЭ, из справочников с учетом возможных связей инструмента с оборудованием и заданных ограничений.

В качестве графического редактора в системе «ВЕРТИКАЛЬ» используется «КОМПАС-3D», который является развитием «Компас-график». Модуль «Мастер создания технологических эскизов» позволяет сформировать эскиз на основе шаблона, подключенного чертежа

детали, созданных ранее эскизов к операциям данной технологии, 3D-модели. Например, можно быстро сделать эскиз для контрольной операции, выбрав режим создания эскиза на основе чертежа (рис. 4.21). Эскиз формируется автоматически и подключается к указанной операции.

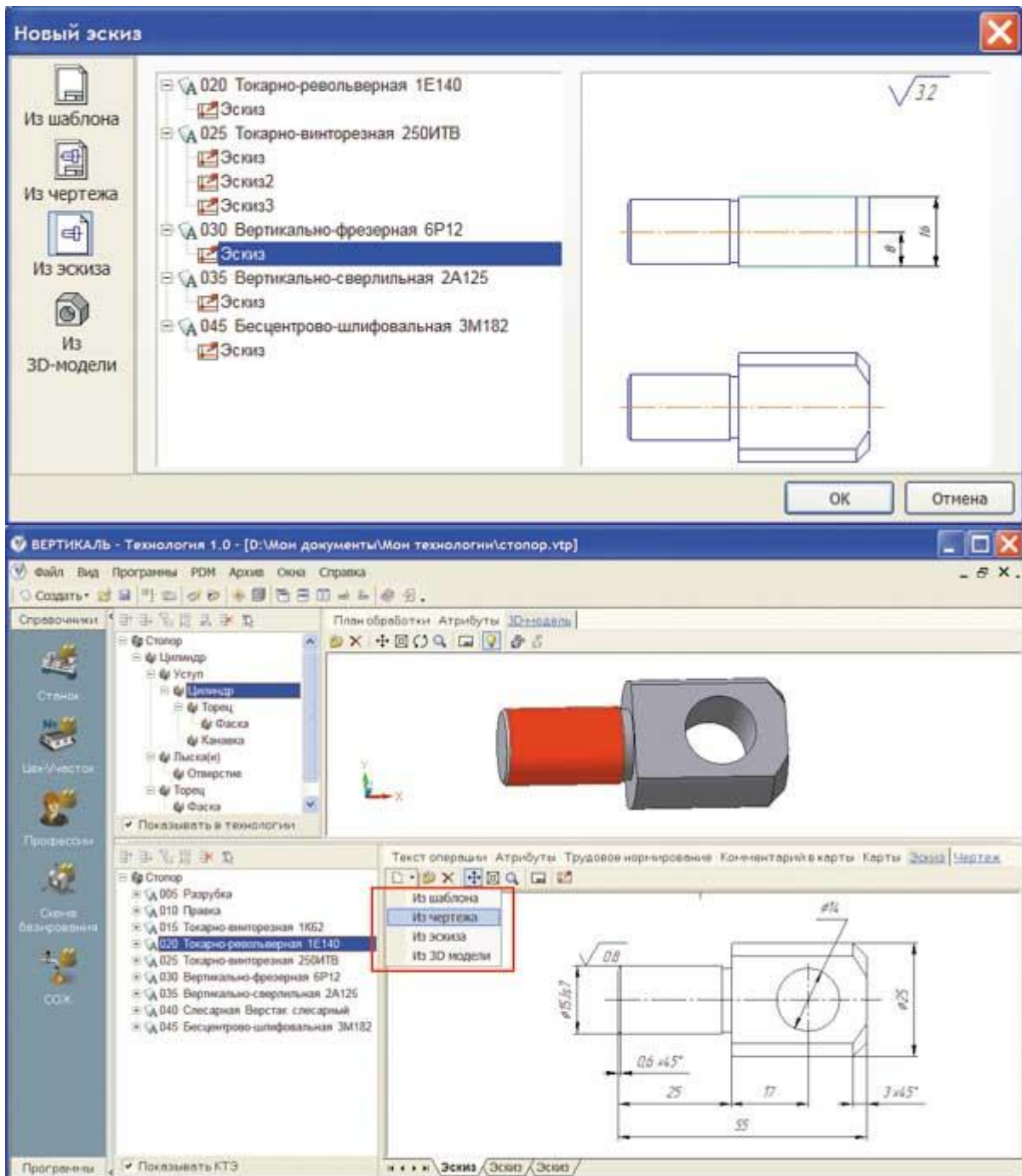


Рис. 4.21. Создание эскизов к операции ТП

К операции ТП можно подключить любое количество эскизов, в том числе сканированные изображения чертежа.

Подбор инструмента и оснастки – одна из самых сложных задач при проектировании ТП. В системе «ВЕРТИКАЛЬ» эта задача реализована с помощью фильтров. Фильтрация данных производится по применимости и по ассоциативным связям между различными справочниками: «Материал – Типоразмер сортамента», «КТЭ – Режущий инструмент», «Станок – Приспособление», «Станок – Режущий инструмент».

Например, при выборе из справочника оборудования токарно-винторезного станка в окне системы отображается инструмент, который может работать именно с этим типом станков. Из всех возможных вариантов операций предлагаются только те, которые удовлетворяют условиям фильтра, заданного пользователем или заложенного в системе. Для перехода «Точить...» система выберет резцы и специализированный инструмент предприятия. При наличии в БД результатов расчета режимов резания и известном времени операции автоматически будет выполнен расчет износа инструмента в процентах.

В системе выполняется расчет трудовых затрат на операции механообработки, штамповки, гальваники, покраски, сварки, на слесарные и слесарно-сборочные работы по общемашиностроительным укрупненным нормативам времени (УНВ). После выполнения расчета времени данные хранятся на закладке «Трудовое нормирование» (рис. 4.22). Можно посмотреть не только полученную норму времени, но и используемые при нормировании параметры и коэффициенты.

После утверждения ТП и сохранения его в едином электронном архиве создается комплект документации. Модуль «Мастер формирования технологической документации» позволяет сформировать технологические карты согласно ГОСТам, ОСТам и стандартам предприятия в формате Microsoft Excel. Создание новых и редактирование имеющихся форм бланков технологической документации обеспечивается средствами администрирования. Эскизы могут размещаться на картах различного формата с автоматическим масштабированием по размеру поля, выделенного в карте для эскиза. При формировании комплекта карт производится сквозная нумерация страниц с выводом их общего количества на титульном листе.

«ВЕРТИКАЛЬ» поддерживает работу со следующими СУБД: FireBird, MS SQL Server и Oracle. Администрирование БД обеспечивается как средствами СУБД, так и специальной подсистемой (поставляется в дистрибутиве «ВЕРТИКАЛЬ»).

В ходе работы автоматически ведется подробный журнал работы и действий пользователей, регистрация времени работы в системе, а также типов выполняемых действий.

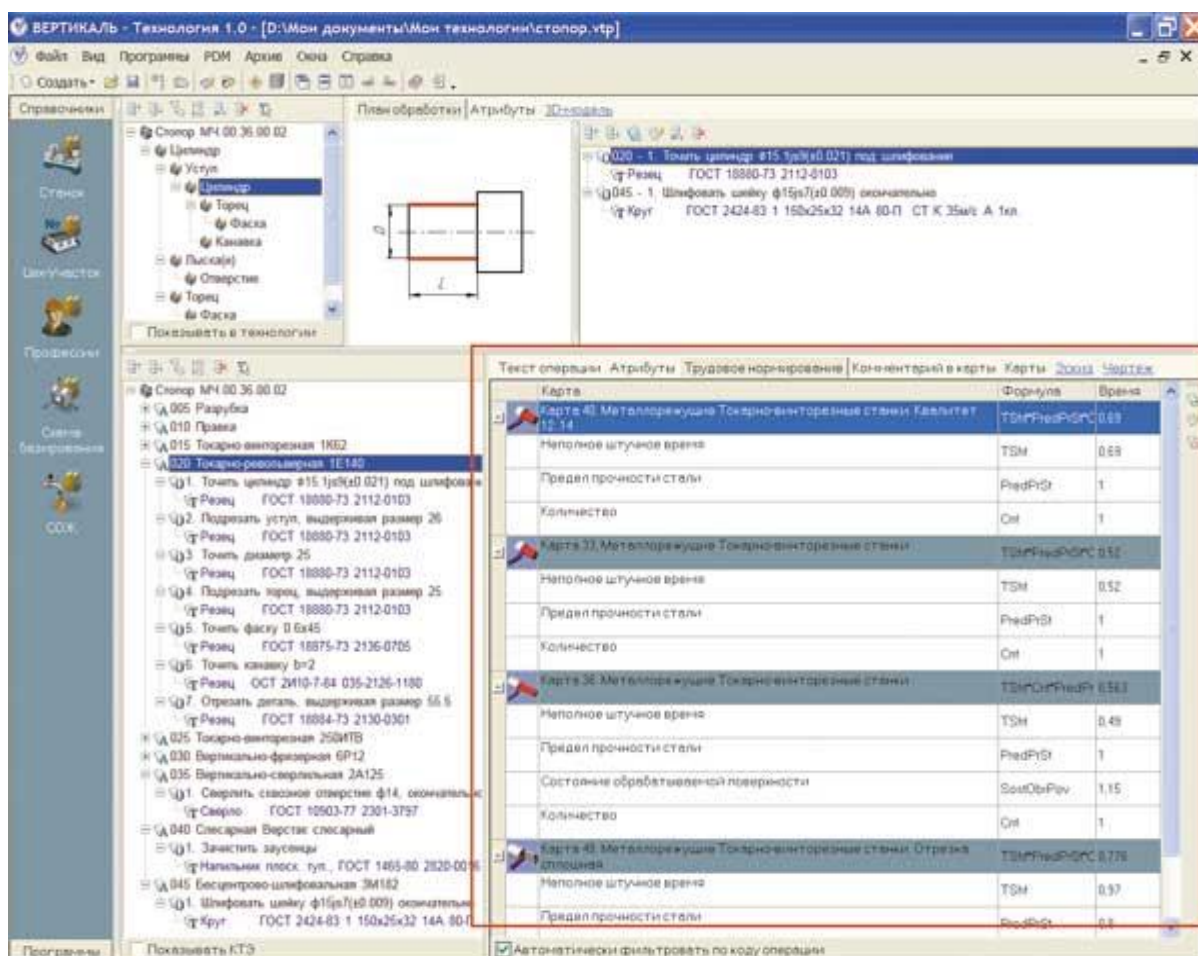


Рис. 4.22. Расчет трудовых затрат

4.3. Система «КОМПАС-Электрик»

Система «КОМПАС-Электрик» предназначена для разработки электротехнических изделий и схемной документации при управлении данными о процессах проектирования и производства системой «ЛОЦМАН:PLM» [15]. Чтобы обеспечить импорт данных из проектов документации «КОМПАС-Электрик» в БД системы «ЛОЦМАН:PLM» после установки систем на компьютер, необходимо импортировать метаданные из файла Export_KE.cpd_cfg.

На основе системы «КОМПАС-3D» разработано ориентированное на проектирование схем и документации изделий радиоэлектронной аппаратуры и автоматики приложение «КОМПАС-Электрик». Приложение

имеет две модификации: «КОМПАС-Электрик Express» для разработки схем электрических принципиальных и перечней элементов к ним; «КОМПАС-Электрик» для выпуска полного комплекта документов на электрооборудование и комплекта эксплуатационной документации на ПЛК.

По умолчанию при установке на компьютере создаются как рабочее место конструктора, так и хранилище файлов БД. Перед установкой следует убедиться в наличии серверной и клиентской частей требуемой СУБД. Если предполагается использование СУБД Microsoft Access, то устанавливать дополнительные компоненты не требуется [15]. Если будет использоваться другая СУБД, то ее нужно установить на компьютер проектировщика.

Рабочее место конструктора, на котором устанавливаются все компоненты системы, кроме хранилища БД и серверной части СУБД, называется клиентским рабочим местом. При такой установке в локальной сети должно быть предварительно организовано хранилище БД. Интеграция с «ЛОЦМАН:PLM» обеспечивает возможность хранения и обработки документации, спроектированной в «КОМПАС-Электрик», в единой БД системы «ЛОЦМАН:PLM». Занесение документов проекта из «КОМПАС-Электрик» в базу «ЛОЦМАН:PLM» выполняется стандартными средствами системы «ЛОЦМАН:PLM».

Система «КОМПАС-Электрик» состоит из БД и редактора схем и отчетов [15]. База данных (БД) содержит библиотеку УГО, используемых при создании схем различного типа. Данные об УГО объектов схем используются редактором схем и отчетов при создании проектов электрооборудования. База данных (БД) открыта для пользователей, добавление в библиотеку новых УГО выполняется в среде «КОМПАС-График».

Редактор схем и отчетов включает в себя менеджер проектов, мастер сохранения УГО, набор команд для разработки схем. С помощью менеджера проектов выполняется создание и открытие проектов, документов и листов. Мастер сохранения УГО предназначен для пополнения библиотеки новыми УГО. Результатом работы конструктора в «КОМПАС-Электрик» является файл проекта.

Условные графические обозначения (УГО) представляют собой описания элементов (аппаратов), используемых при создании схем. Каждое УГО состоит из графической части и текстовых полей. Графическая часть УГО состоит из функциональной области, которая поясняет функцию элемента в аппарате, и выводов, к которым подключаются линии связи на схемах. Текстовые поля *AC1*, *AC2*....; *31*,

32....; БЦО, НДП и т.д. отображают текстовый комментарий к УГО (рис. 4.23).



ACI – адресная ссылка, показывающая, с каким элементом соединяется вывод элемента $I = 1, 2, \dots, N$;
3J – обозначение номера зажима для подключения внешнего проводника, $J = 1, 2, \dots, K$;
БЦО – буквенно-цифровое (позиционное) обозначение элемента;
НДП – текст, наносимый на поверхность рядом с элементом (аппаратом);
ПС – ссылка на составляющие устройства при изображении разнесенным способом

Рис. 4.23. УГО элемента

В ходе работы пользователем создаются текстовые описания:
свойств проекта;
документов проекта;
принципиальной электрической схемы;
схемы электрической соединений;
схемы электрической подключения;
схемы электрической расположения;
разметки поверхности под крепления аппаратов;
программы работы ПЛК;
схемы подключения модулей ПЛК;
прочих листов;
тактовой циклограммы;
покупных и комплектующих изделий (в виде ведомостей);
пользовательских документов.
Кроме того, создаются:
спецификация;
перечень элементов;
таблицы соединений и подключений;
таблица надписей;
таблица распределения памяти ПЛК;
список ошибок в программе работы ПЛК;
журнал учета изменений;
ведомость драгоценных металлов.

Работа с проектами, его документами и листами документов ведется в модуле «Менеджер проектов», который реализует функции управления проектами и документами проектов (рис. 4.24). Дерево проекта формируется из таких объектов, как проект, документ, лист документа, изделия. Информация о проекте упаковывается в один файл с расширением *.krj и сохраняется в сети или на жестком диске.

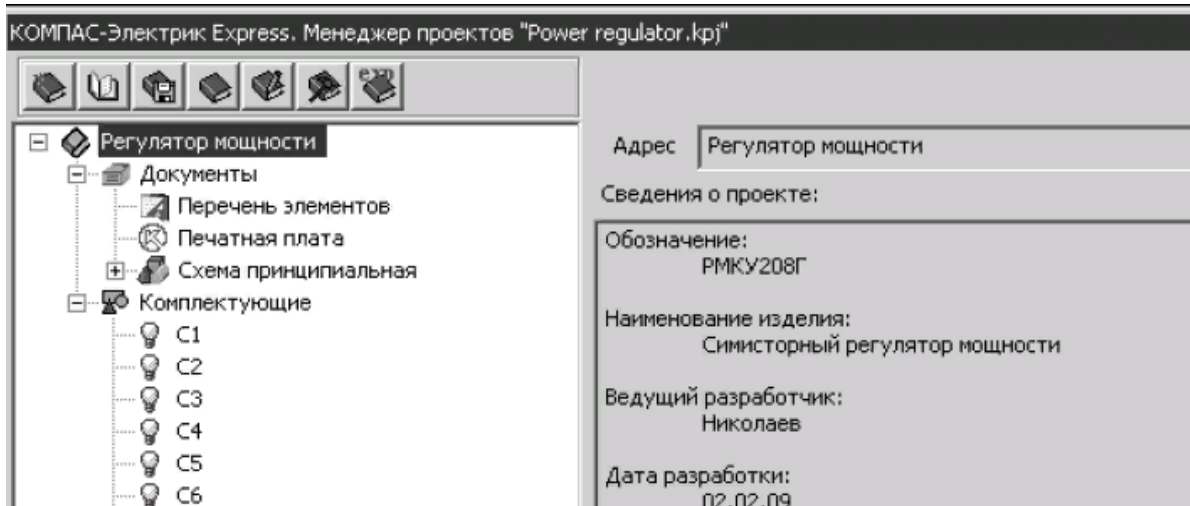


Рис. 4.24. Менеджер проектов

При работе создаются файлы резервного копирования проекта: <имя проекта>.kr и <имя проекта>.bak. При экспорте из проекта многостраничных схем каждый лист схемы копируется в файл с расширением *.cdw.

В «КОМПАС-Электрик» поддерживаются три типа документов: схема, перечень элементов, чертежи, сформированные средствами «КОМПАС-График» [15]. При разработке новому листу присваивается название, состоящее из кода документа (например, Э3) и номера листа. Если создать несколько листов документа, их имена будут отличаться номерами. При создании нового листа используются настройки, установленные в системе «КОМПАС-График» для новых документов. В графы основной надписи чертежа автоматически заносится информация, которая была введена при редактировании свойств документа. К свойствам листа документа относятся его имя и тексты основной надписи на листе.

К основным объектам схем относятся УГО, соединители, специальные символы. Вставка УГО в схему выполняется из диалога выбора УГО. После вставки УГО на экране появится диалог свойств аппарата (рис. 4.25).

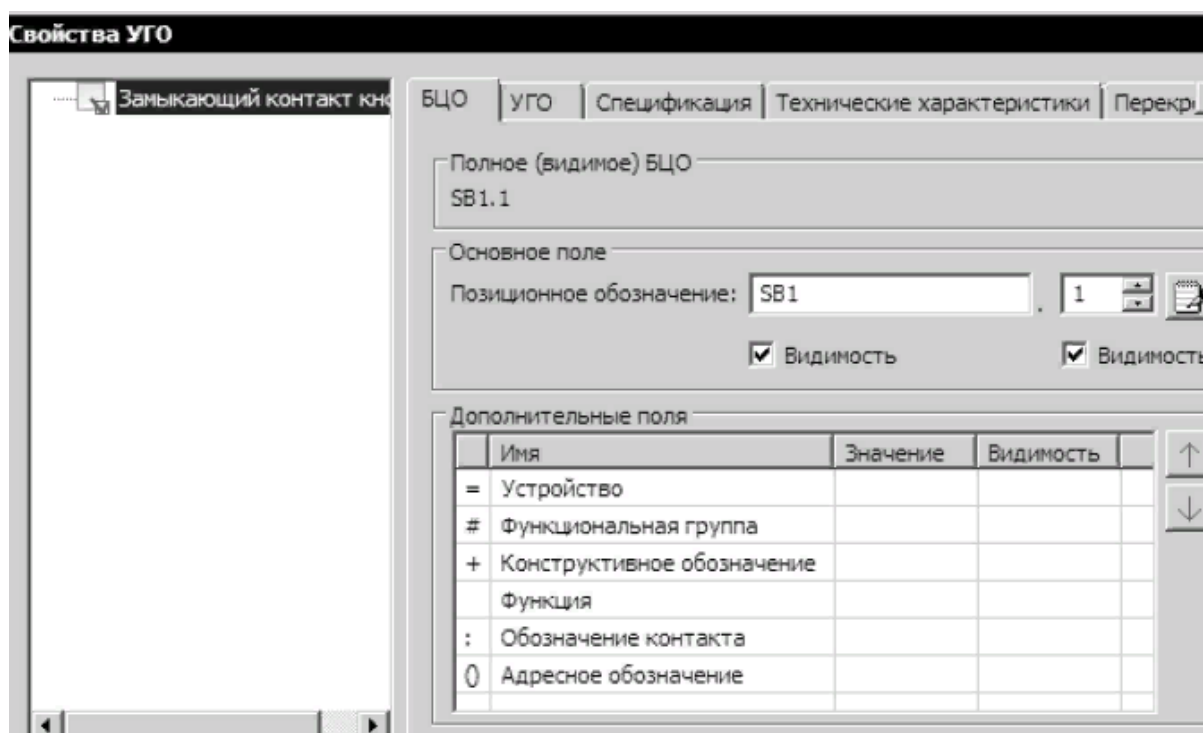
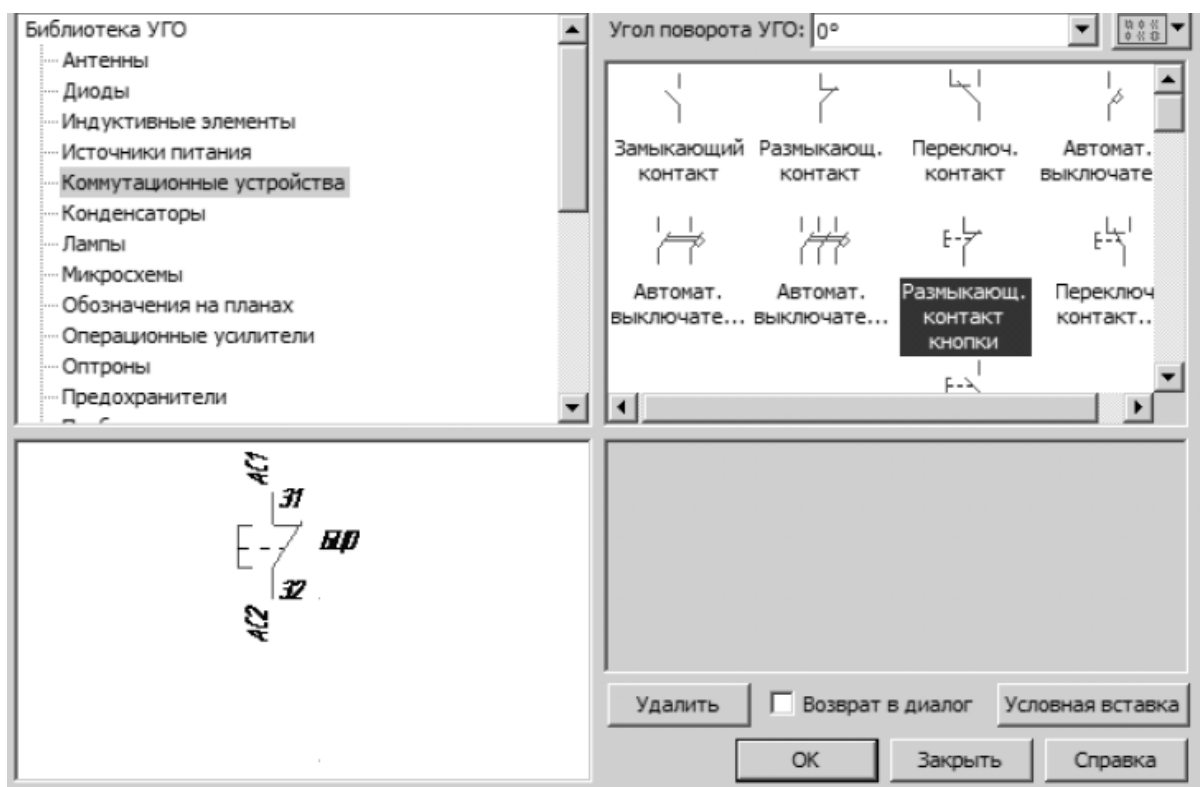


Рис. 4.25. Вставка УГО в лист документа проекта

К обязательным свойствам УГО относится буквенно-цифровое обозначение. Остальные пользователь определяет по своему усмотрению. После выбора типа аппарата диалоговое меню изменится с отображением

обозначения аппарата и схемы. Буквенно-цифровые обозначения, созданные на схеме, могут быть упорядочены.

После ввода данных об аппарате на УГО отображаются номера зажимов, соответствующие той функциональной части аппарата, которой принадлежит это обозначение (рис. 4.26).

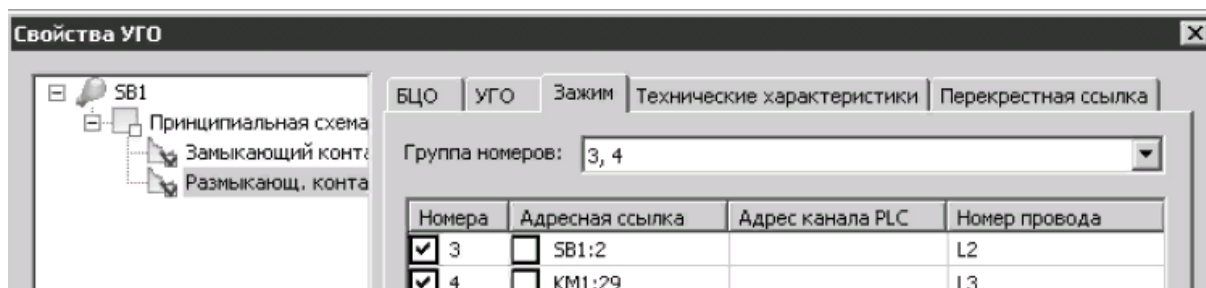


Рис. 4.26. Задание свойств УГО при проектировании схем

В качестве соединителей в схемах используются линия электрической связи, групповая линия связи, электрическая шина. Линия электрической связи показывает наличие электрической связи между зажимами аппаратов. Линии связи, следующие в одном направлении, могут объединяться в групповую линию. Всем линиям электрической связи нужно присвоить порядковый номер в группе. Порядковый номер на входе в группу отдельной линии и на выходе должен быть одинаковым. Электрическая шина на схеме отображается в виде прямоугольника шириной 3 мм. Шину нельзя подключить к выводу аппарата.

При построении соединителей необходимо указать начальную, а затем последующие точки соединителя. После построения соединителя на него могут быть установлены дополнительные символы: точка связи, обрыв, переключатель, клемма, коаксиальный кабель, экран, скрутка, объединение в кабель, соединение с корпусом, заземление. Свойства соединителя – маркировка провода потенциального узла, имя электрической шины, номер линии в группе. Все соединители могут быть автоматически промаркированы в документе.

В системе предоставляется возможность компоновки новой схемы из цепей схемы других проектов. Перечни элементов создаются на спроектированные схемы или на весь проект. В проекте может быть несколько перечней элементов.

База данных системы служит основой для проектирования документации и содержит описания комплектующих изделий, применяемых в проектах электрооборудования и моделей ПЛК, библиотеку УГО и библиотеку форм отчетов. База данных (БД) имеет иерархическую структуру (рис. 4.27). По умолчанию в дереве структуры БД отображаются наименования аппаратов и других изделий. Каталоги и подкаталоги БД формируют иерархию хранения изделий. В БД можно

хранить классы изделий: электроаппараты, кабели, наконечники проводов, оболочки жгутов, элементы крепежа кабелей, прочие изделия. Слияние БД разных проектов можно производить для всех типов СУБД, поддерживаемых системой «КОМПАС-Электрик».

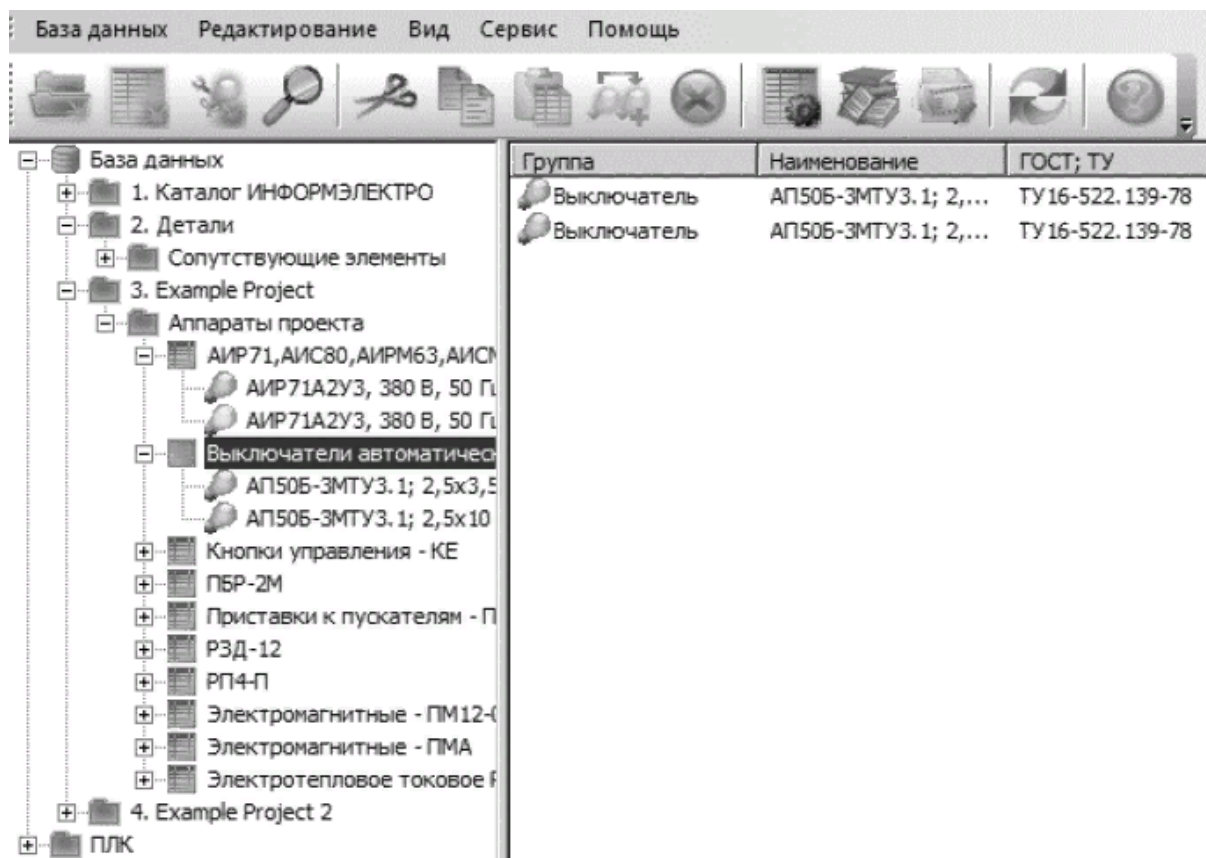


Рис. 4.27. Структура БД системы

В подкаталогах БД содержатся таблицы. Они представляют собой слоты для хранения данных о родственных по назначению изделиях (например, автоматические выключатели, кнопки управления, изоляционные материалы и т. п.). Каждая запись (строка) таблицы хранит информацию об одном исполнении изделия (например: «выключатель КЕ181УЗ, исп. 1, черный, ТУ16_89 ИКЖШ. 641211. 002ТУ»). Запись состоит из полей (ячеек). Каждое поле хранит информацию о вносимом в БД изделии (например: «поставщик изделия», «масса изделия», «справочная информация об изделии» и т. п.). Поля таблицы разделены на группы, три из которых обязательны для любого класса изделия и пять зависят от класса таблицы.

Обязательными являются данные, которые заносятся в перечни, сведения о наличии драгоценных металлов, технические характеристики.

Свойства изделий класса «Электроаппараты»:

перечень УГО, которыми аппарат представляется на схемах различного типа;

описание основных характеристик выводов аппарата (номер; максимальное сечение подключаемого проводника; максимальное количество подключений; вид подключения проводника (пайка, клемма и т. п.); диаметр зажима (для винтового соединения); вид наконечника, которым оконцовывается проводник, подключаемый к выводу (рис. 4.28).

Графика аппарата

- [-] Аппарат
 - Принципиальная схема
 - Общий вид
 - Монтажный вид

Буквенный код позиционного обозначения аппарата, БЦО составных частей и зажимы:

	Значение	Коммен...	Max S ...	Подкл.	Монтаж	D ...	Наконечник
[-] Буквенный код аппарата	M	Двигатели					
Зажим	C1		2.50	2	Клемма	6.00	Проушина
Зажим	C2		2.50	2	Клемма	6.00	Проушина
Зажим	C3		2.50	2	Клемма	6.00	Проушина
Зажим	PE		2.50	2	Клемма	6.00	Проушина

Графика аппарата

- [-] Аппарат
 - Принципиальная схема
 - Общий вид
 - Монтажный вид

Принципиальная схема аппарата

Схема показывает аппарат с выводами, обозначенными буквами *БЦО* и цифрами *з1*–*з12*. Выводы *з1*–*з6* расположены в верхнем ряду, *з7*–*з10* – в левом столбце, *з11*–*з12* – в правом столбце. Выводы *з1*–*з3* и *з11*–*з12* имеют дополнительные обозначения *з1*–*з3* и *з11*–*з12* соответственно.

Соответствие текстовых полей УГО

Текстовое п...	БЦО
[-] БЦО	A
з1	1
з2	2
з3	3
з4	4
з5	5
з6	6
[-] БЦО1	X1
з7	1
з8	2
з9	3
з10	4
[-] БЦО2	X2
з11	
з12	

Графика аппарата

- [-] Аппарат
 - Принципиальная схема
 - 3 ЗК автомат. выкл.
 - ЗК автомат. выкл.
 - ЗК автомат. выкл.
 - ЗК автомат. выкл.
 - Зам. конт. (ЗК)
 - Зам. конт. (ЗК)
 - ПК - разборный ЗК+РК
 - ПК - разборный ЗК+РК
 - Разм. конт. (РК)
 - Разм. конт. (РК)
 - Общий вид
 - Монтажный вид

Общий вид аппарата

Изображены пять вариантов внешнего вида аппарата: фронтальный, задний, и две боковые стороны (левая и правая).

Рис. 4.28. Свойства изделий на вкладке «Аппарат»

Свойства изделий класса «Кабели»:
 общий диаметр кабеля с учетом изоляции;
 наличие экранов и скруток жил;
 перечень жил кабеля (кабель с одной жилой является обычным проводом) и их параметров (цвет, сечение, внешний диаметр жилы с учетом изоляции);
 материал проводника;
 является ли жила кабеля коаксиальной (рис. 4.29).

№	Цвет изоля...	Сечение, кв...	Внеш.диам...	Материал	Коакс.
1	Белый	1.50	0.00	Медь	
2	Белый	1.50	0.00	Медь	
3	Белый	1.50	0.00	Медь	
4	Зелено-же...	1.00	0.00	Медь	

Рис. 4.29. Свойства соединителей на вкладке «Кабели»

Заполнение полей таблиц свойств производится сразу после создания записи (рис. 4.30).

Общие данные | Электроаппарат | Драгметаллы | Технические характеристики

Спецификация

Группа: Двигатель

Наименование: АИР71А2У3, 380 В, 50 Гц, IM1081,

ГОСТ; ТУ; ...: ТУ16-525.564-84

Обозначение документа:

Формат документа:

Вид изделия: 6. Прочие изделия

Применяемость

Покупные данные

ОКП: 33 2800 Покупной

Поставщик: АО "Электромотор"

Сопутствующие элементы

Наименование	К-во на ед. ...

Добавить

Удалить

Рис. 4.30. Заполнение записей в таблице

Редактор моделей ПЛК служит для создания и настройки модулей ПЛК. В редакторе осуществляются два вида настроек: «Общие настройки» и «Настройки модели ПЛК». Настройки отображаются в виде дерева (рис. 4.31).

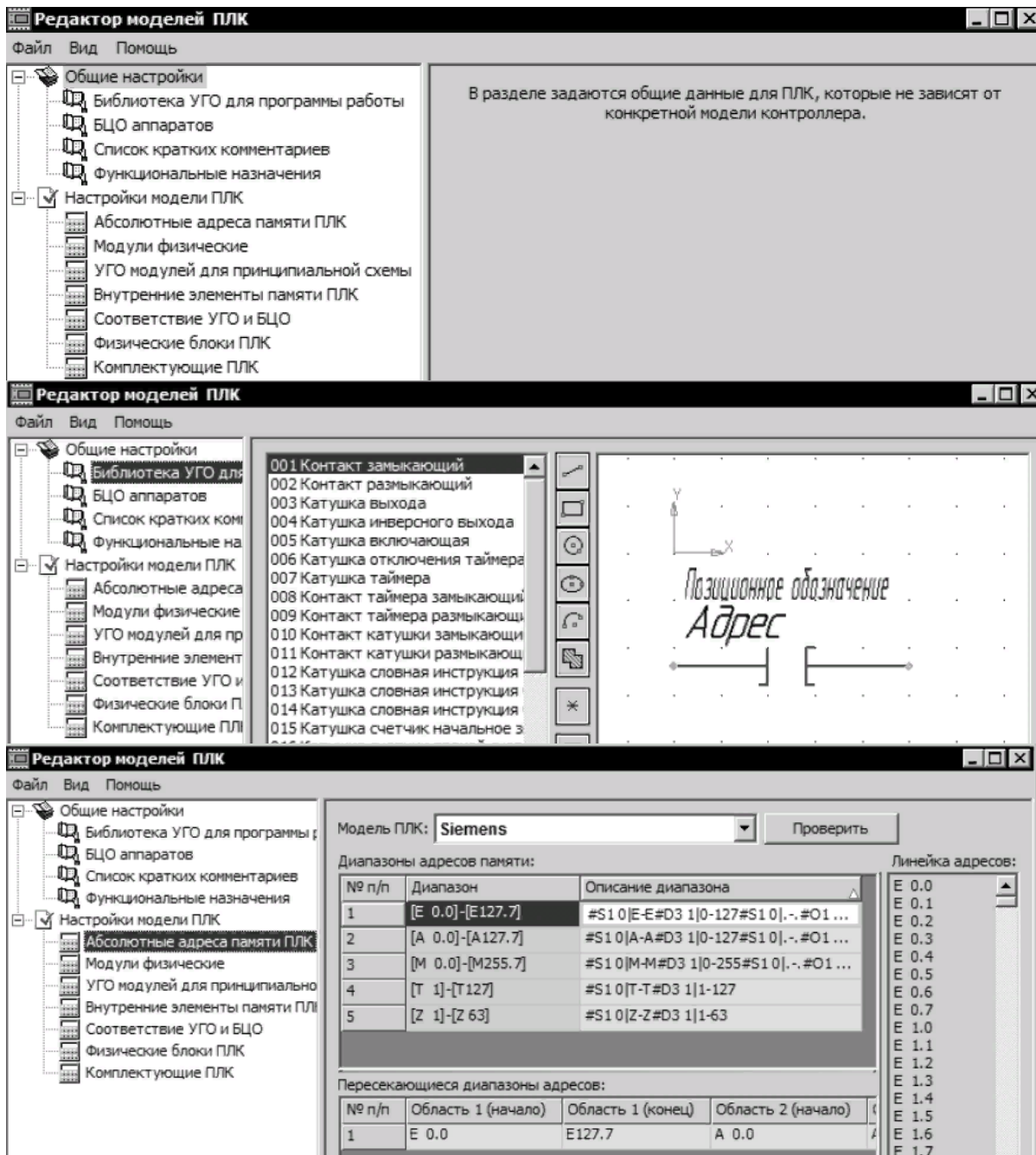


Рис. 4.31. Заполнение свойств ПЛК

В библиотеке содержатся УГО для программ ПЛК:
 релейно-контактные управляющие команды;
 блочные инструкции в виде программных модульных блоков с несколькими входами и выходами (таймеры, счетчики, логические функции, арифметические функции, операции сравнения, сдвига, переноса и др.);
 строчные инструкции, в которых их функция отражается буквенно-цифровым кодом, реализуемым в строке текста программы.

В ходе проектирования востребована документация на ПЛК с программами пользователя (рис. 4.32). Программируемые логические контроллеры (ПЛК) требуют присвоения абсолютных адресов памяти каждому элементу аппаратов, присоединяемому к входам и выходам соответствующих модулей ПЛК. Помимо абсолютных адресов все элементы внутри ПЛК имеют символические адреса.

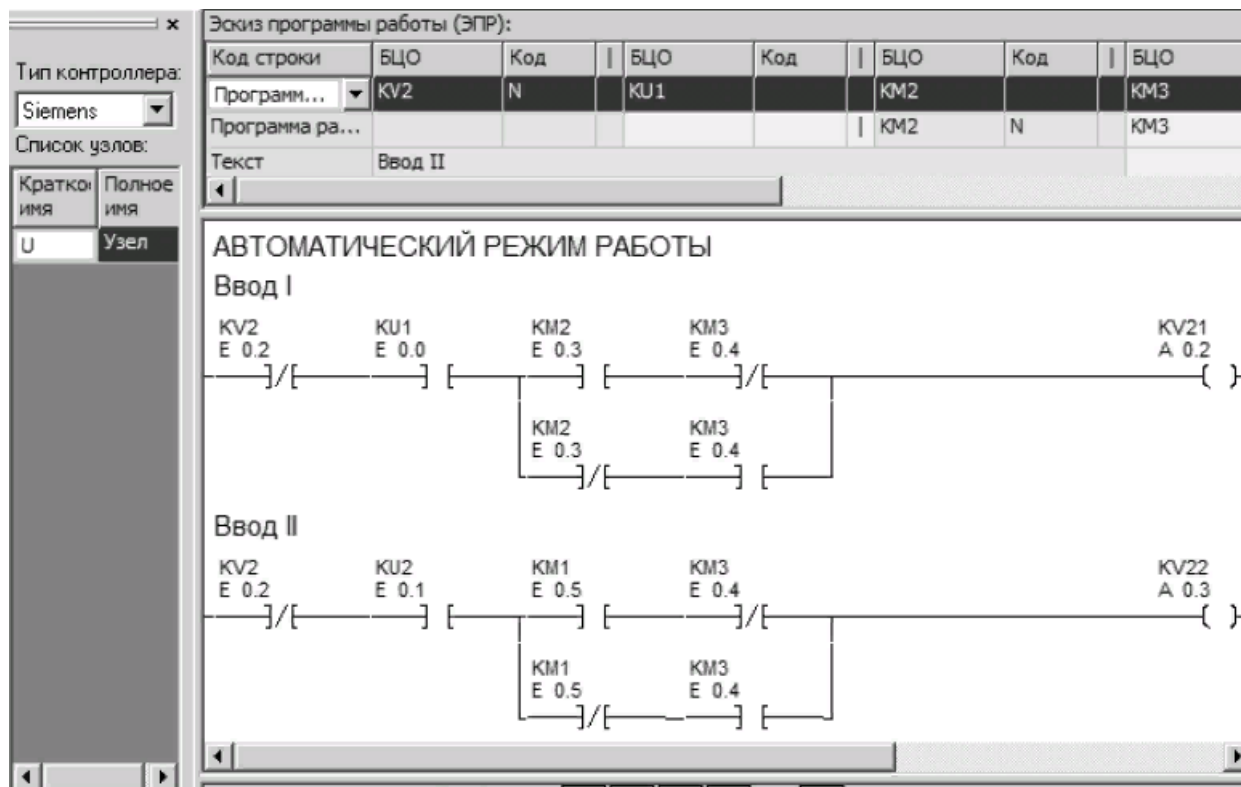


Рис. 4.32. Составление программы для ПЛК

В БД хранятся УГО для схем: принципиальных, монтажно-коммутационных, расположения.

Документы проекта электрооборудования можно создавать в любой последовательности. Однако при создании документов на электрооборудование максимальный уровень автоматизации достигается, если придерживаться последовательности проектирования, представленной на рис. 4.33. Рекомендуется начинать разработку с создания схемы электрической принципиальной. Экспорт данных проекта предназначен для сохранения информации о комплектующих в файле формата *.xml.

Альтернативный вариант – начать проектирование с ввода данных о комплектующих изделиях. Свойства последних можно изменять вплоть до удаления.

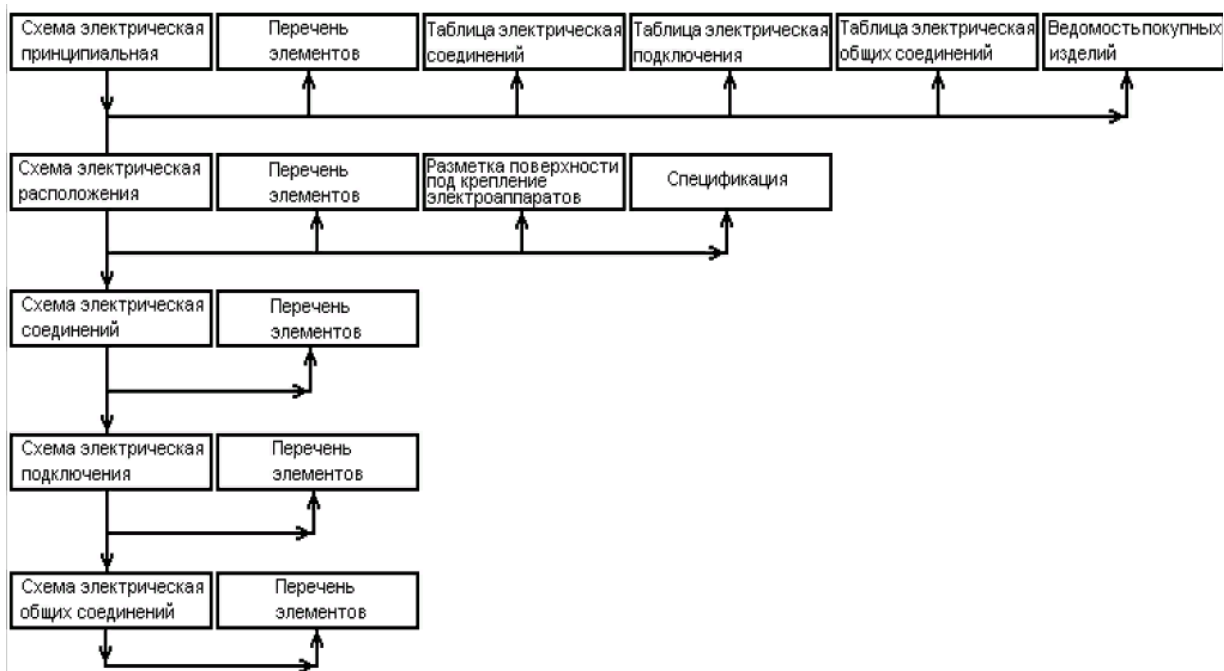


Рис. 4.33. Последовательность разработки схем

5. ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА «Т-FLEX»

5.1. Обзор программных продуктов ЗАО «Топ Системы»

Альтернативной интегрированной системой, разработанной и выпускаемой на основе программных систем ЗАО «Аскон», является система на базе набора приложений ЗАО «Топ Системы» (РФ) (рис. 5.1).

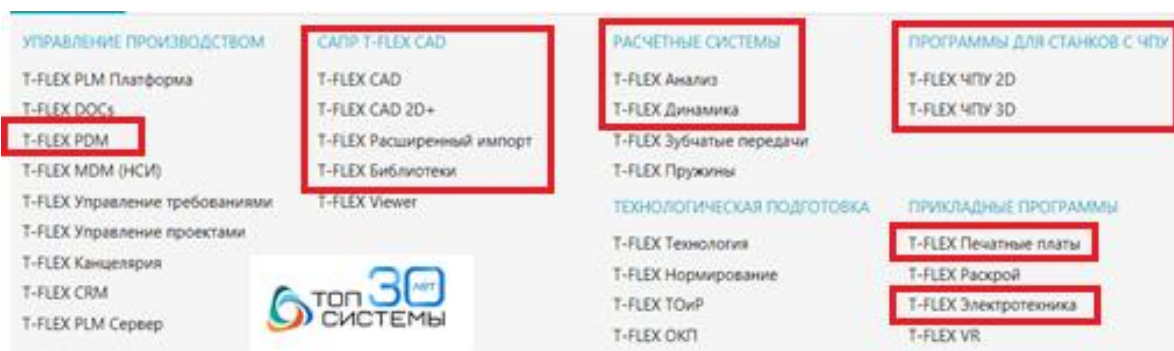


Рис. 5.1. Продукты и приложения «Т-FLEX»
(рамками выделены продукты, входящие в состав ИСПиУ)

В настоящий момент продукты компании работают под управлением ОС Windows разных модификаций. В последнее время ведутся работы по выпуску кроссплатформенных приложений, способных функционировать под управлением ОС Linux.

Для подготовки УП для станков с ЧПУ ЗАО «Топ Системы» предлагает приложение «T-FLEX ЧПУ», которое поставляется в двух вариантах: «T-FLEX ЧПУ 2D» и «T-FLEX ЧПУ 3D». В «T-FLEX ЧПУ 2D» можно программировать 2.5-координатную фрезерную обработку, а в «T-FLEX ЧПУ 3D» – 3- и 5-координатные фрезерные обработки [10].

Интегрирующую роль в комплексе «T-FLEX» играют системы технического документооборота и управления инженерными данными об изделиях «T-FLEX DOCs» и «T-FLEX PDM». Регистрация пользователя в «T-FLEX DOCs» влечет за собой автоматическую регистрацию пользователя SQL-сервера. Это обеспечивает повышенную защиту системы от несанкционированного доступа извне. Под доступом понимается право пользователя на выполнение операций в отношении какого-либо объекта системы. Доступы определяются пользователями, обладающими правами на администрирование системы. Клиентское приложение – это самостоятельный модуль с доступом через пароль, предоставляющий полный спектр возможностей системы в строгом соответствии с выделенными правами [16]. Благодаря системе все корпоративные данные хранятся в едином хранилище (рис. 5.2).

Структура данных представляет собой набор справочников. Основу составляют системные справочники, используемые для хранения объектов (документов), файлов, списка пользователей, материалов и т.д. Помимо указанных, любые данные в системе могут быть описаны при помощи произвольного количества пользовательских справочников.

Номенклатурный справочник – это специализированная структура, предназначенная для связывания данных из разных источников. Значения параметров объектов справочников могут регламентироваться механизмом проверки уникальности объектов, определяющим правила проверки комбинаций параметров на совпадение при добавлении в справочник новых объектов.

Идеология построения системы «T-FLEX» в области технологического проектирования дает возможность при параметрическом изменении исходной модели детали, полученной на этапе конструирования, автоматически изменять УП. Эта особенность позволяет начать разработку УП на более раннем этапе подготовки производства и значительно улучшить их качество [10].

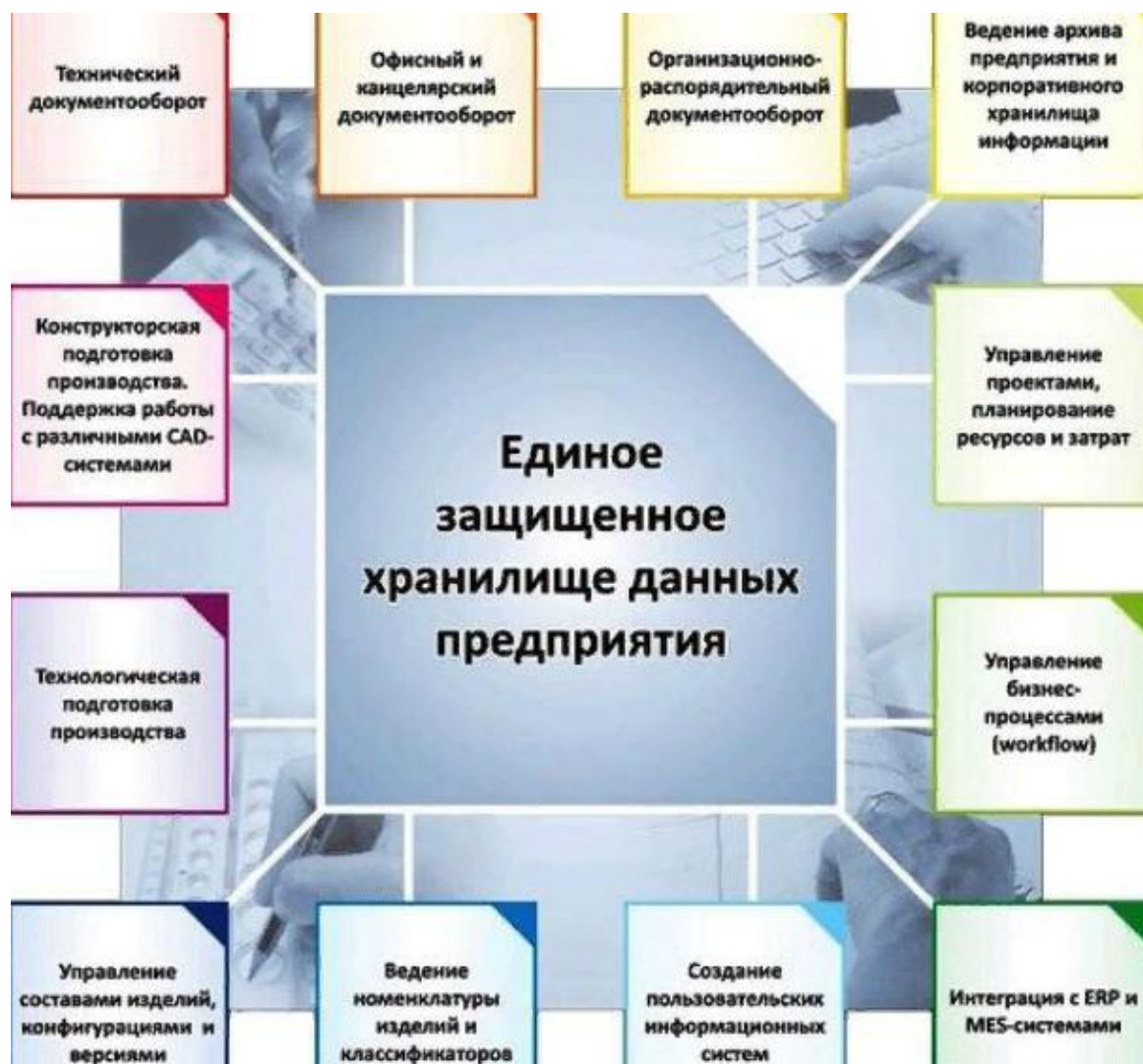


Рис. 5.2. Состав данных в «T-FLEX DOCs»

В комплексе «T-FLEX» разные системы работают совместно сразу после установки, обеспечивая интеграцию де-факто. Большая часть приложений требуют для своей работы САПР «T-FLEX CAD», реализующей функции графического редактора. Приобретение программного продукта из семейства «T-FLEX» дает возможность бессрочного пользования с возможностью обращения в службу технической поддержки. Учебная версия имеет ограничения:

при сохранении документа создается файл в формате, отличном от формата обычной версии «T-FLEX CAD» (*.grs), не распознаваемым в коммерческой версии;

при печати чертежей по периметру листа выводится надпись мелким шрифтом «Напечатано в учебной версии «T-FLEX CAD»»;

экспорт 3D-моделей осуществляется только в сеточные форматы (STL, VRML, OBJ, PLY, 3D PDF, X3D, U3D); экспорт чертежей – только в форматы растровых изображений и PDF; импорт 2D-чертежей – только в формате DWG; импорт 3D-моделей с точной геометрией – только в формате STEP; импорт 3D-изображений с полигональной сеткой – в форматах STL, VRML, OBJ, PLY, 3D PDF, X3D, U3D;

отсутствует возможность автоматического формирования спецификаций и подключения дополнительных модулей «T-FLEX CAD»;

ограничены возможности по использованию конечно-элементного анализа и динамического анализа;

отсутствует возможность детализировки фрагментов, а также создания и редактирования сценариев анимации.

Перечисленные ограничения приводят к сложностям эксплуатации учебных версий в ходе практикума и самостоятельной работы.

Под «Рабочим столом» в системе понимается область монитора, с которой пользователь работает на конкретном компьютере. «Рабочий стол» обеспечивает:

целостность данных при внесении изменений;

возможность одновременной работы нескольких пользователей с одними и теми же справочниками;

блокировку данных для предотвращения одновременного редактирования разными пользователями;

ведение протокола создания, изменения и удаления объектов;

возврат изменения объекта на определенную версию, определенную дату и т.д.

В ходе проектирования данным присваиваются атрибуты «сообщения» и «задания». Задания имеют срок исполнения, адресата и контролера, а также статус, который присваивается им при отправлении и контролируется при получении данных.

Поисковая служба в «T-FLEX» предназначена для отбора объектов справочников, имеющих набор признаков и свойств, определяемых условиями поиска. В целом задача поиска сводится к указанию условий поиска, которые определяют текст запроса, и получению результата. Определение условий поиска подразумевает выбор области данных, для которых будет выполняться поиск. Область данных может состоять из одного или нескольких справочников, которые могут быть связаны между собой. Результатом поиска могут быть как объекты справочника, так и связанные с ними отношениями «один к одному» или «один ко многим» другие объекты.

5.2. «T-FLEX Электротехника»

По аналогии с «КОМПАС-Электрик» ЗАО «Топ Системы» предлагает для проектирования схем и электротехнических изделий (шкафов систем управления, приборов измерения и контроля, распределительных шкафов, сетей передачи данных, ЛВС) приложение «T-FLEX Электротехника». Приложение интегрировано с «T-FLEX CAD».

В рамках единого инженерного проекта проектирование электрических схем и разработка трехмерных моделей может вестись параллельно с последующим связыванием разработанных документов и файлов. Привязка модуля к PLM-системе позволяет работать в едином информационном пространстве без отрыва от других компонентов АС и смены формата файлов. В ходе работы идет обмен данными с системой электронного документооборота «T-FLEX DOCs». Пользователям доступна расширяемая библиотека электрических компонентов с разграничением доступа отдельным группам сотрудников для защиты БД и архивов от кражи и повреждения. Приложение позволяет создавать принципиальные электрические схемы, схемы подключений, схемы соединений, комбинированные, расположения. Информация обо всех изделиях, которые добавлены в схему, хранится внутри схемы. Каждое из изделий имеет не только УГО, но и набор характеристик.

При проектировании выполняется комплекс операций выбора и добавления реальных изделий из БД (рис. 5.3). На основе добавленных в схему изделий формируются перечни элементов, таблицы соединений, таблицы подключений.

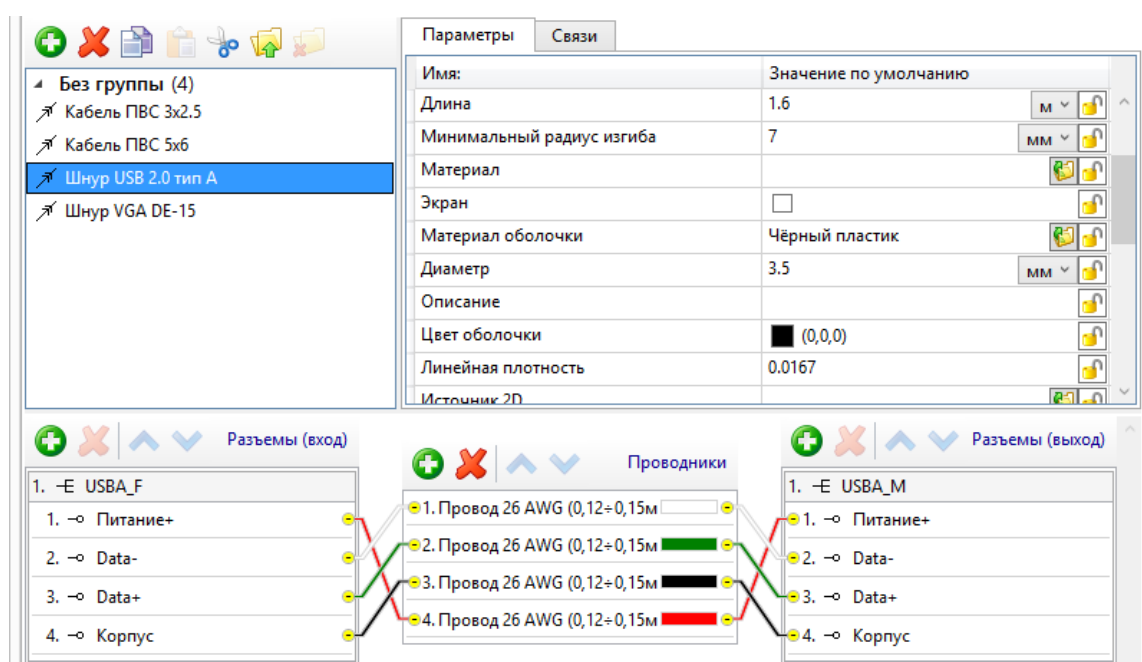


Рис. 5.3. Пример добавления кабеля в схему системы управления

В процессе проектирования осуществляется создание 3D-сборок на основе 2D-схем (рис. 5.4). Между компонентами схемы и 3D-моделями можно установить связь. Это позволяет упростить процесс прокладки кабельных изделий и редактирование готовой схемы при внесении изменений. Пользователь может загрузить 3D-модель из каталога в любом доступном для импорта формате. Создав в модели несколько локальных точек, которые будут использованы для подключения, пользователь сможет соединять эти модели в сборке между собой.

Кабельные изделия можно прокладывать вручную или в полуавтоматическом режиме. Система отслеживает связи элементов на схеме, что позволяет избежать их неправильного соединения. Можно сформировать также общую схему расположения элементов в щите. Жгут кабельной трассы можно выгрузить из сборки в отдельный файл и сформировать для него отдельную документацию.

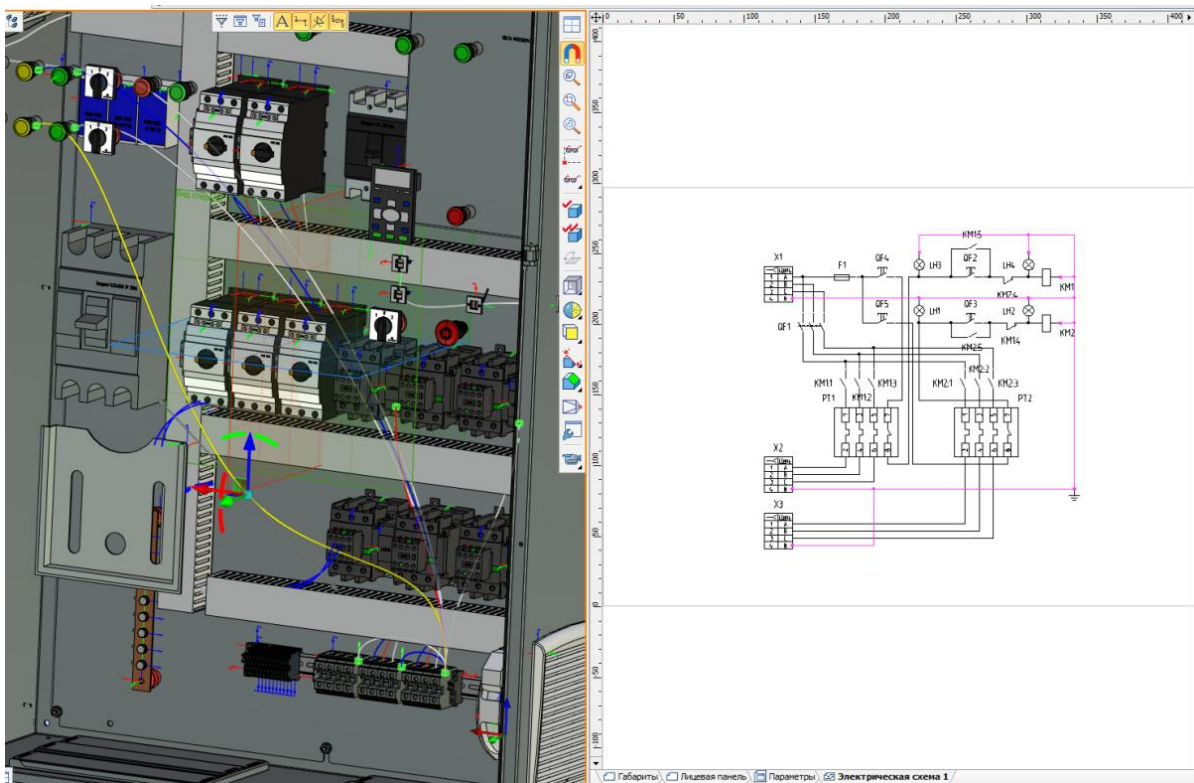


Рис. 5.4. Связь 3D-сборки щита автоматизации и управления с принципиальной схемой системы управления

После ввода в проект кабельных изделий можно автоматически сформировать (рис. 5.5): ведомости материалов и кабельных изделий с учетом длин кабелей, а также таблицу соединений и таблицу подключений, дополненные информацией о типах кабельных изделий.

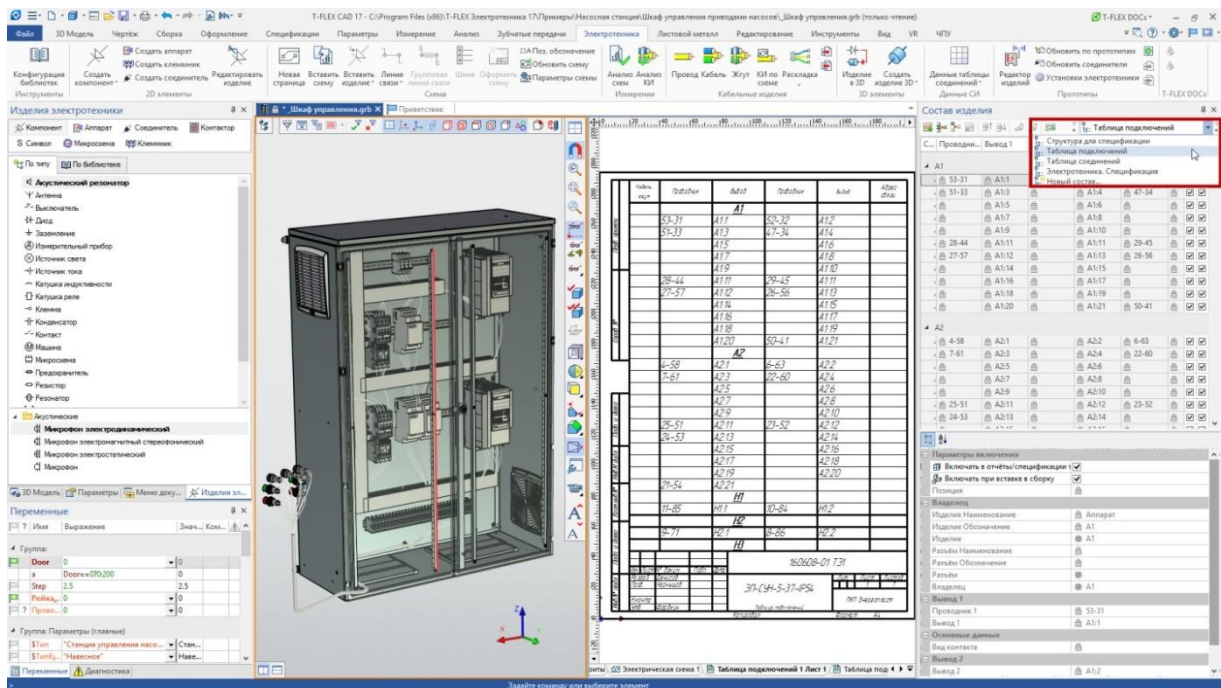


Рис. 5.5. Формирование по 3D-сборке таблиц подключений и соединений

В состав интегрированной системы может входить программа для проектирования печатных плат «T-FLEX Печатные платы». Сама печатная плата может импортироваться из импортного программного приложения PCAD. «T-FLEX Печатные платы» используется для разработки трехмерной модели печатной платы с установленными на ней элементами (3D-модель сборки электронного устройства). 3D-модель печатной платы можно вставить в 3D-модель электронного модуля, а модели модулей – в 3D-модель электронного блока. Таким образом осуществляется получение 3D-модели сложного электротехнического изделия.

3D-модель печатной платы можно использовать для математического моделирования и расчетов режимов функционирования (рис. 5.6). Модели должны иметь заполненными поля свойств, необходимых для моделирования (тепловые и механические свойства материалов, электрические параметры электрорадиоэлементов и т.д.). Передача моделей для моделирования возможна только в программы, совместимые с «T-FLEX CAD».

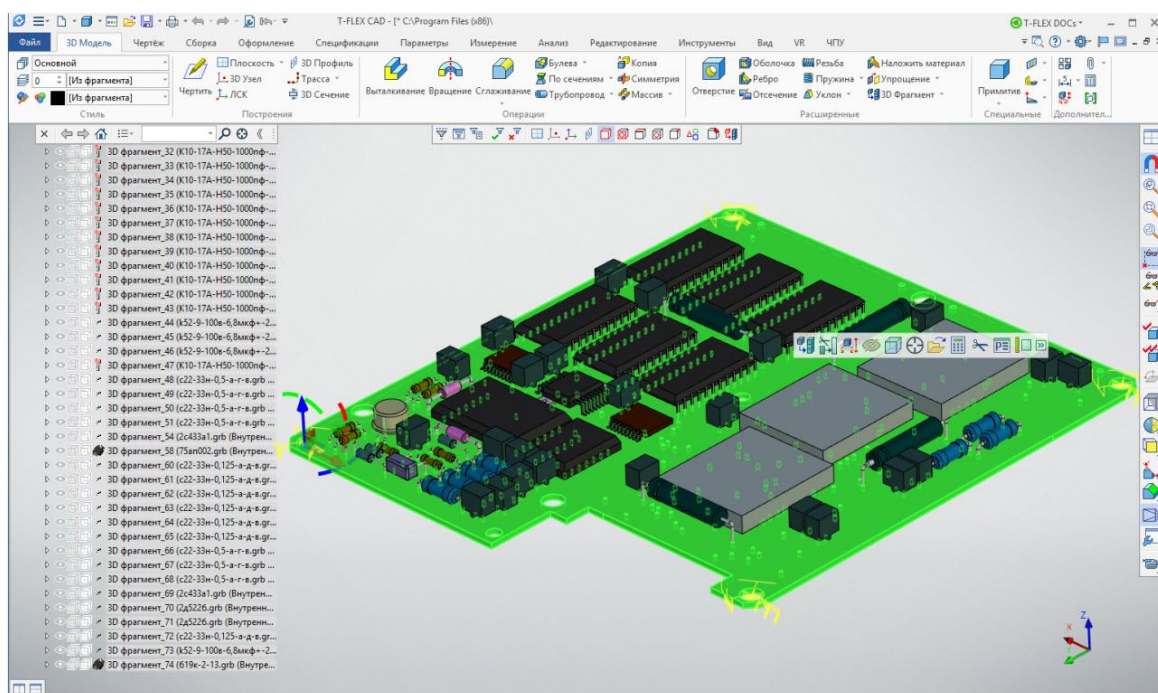


Рис. 5.6. Получение трехмерной модели печатной платы

5.3. САМ-система ЗАО «Топ Системы»

Система «Т-FLEX Технология» предназначена для проектирования процессов дискретного производства. Она рассчитана на технологов, создающих директивные, маршрутные и операционные технологические документы любых отраслей промышленности.

Система обеспечивает:

- разработку ТП изготовления деталей и сборочных единиц, создание маршрутных, маршрутно-операционных и операционных ТП, единичных, групповых и типовых ТП;

- создание параметрических и непараметрических прототипов ТП;

- составление ТП из прототипов, создание библиотек прототипов ТП и их фрагментов;

- ведение технологической структуры изделия;

- работу в едином информационном пространстве в режиме коллективной параллельной конструкторско-технологической подготовки производства;

- создание маршрутных технологий, документов для любых технологических переделов в соответствии с ЕСТД;

- связь параметров САД модели/чертежа с параметрами ТП;

- ведение технологических справочников и классификаторов;

- редактирование справочников при адаптации для конкретного производства;

создание шаблонов документов и правил их автозаполнения;
автоматическое изменение интерфейса для различных технологических переделов (заготовительных, механообработки, сборки, штамповки, термообработки, нанесения покрытий, гальваники, литья, прессования, сварки, окраски, технического контроля, транспортирования и других);
поиск технологической информации, подбор ТП и оснащения по заданным условиям;
расчет временных и материальных нормативов;
защиту технологической информации и разграничение прав доступа к ней;
контроль готовности ТП, их автоматизированное согласование и утверждение;
передачу данных в систему оперативно-календарного планирования «Т-FLEX ОКП» [17].

Назначением «Т-FLEX Технология» является исключение человеческого фактора при формировании различных технологических данных и документов и обеспечение эквивалентности данных в системе и документации; накопление положительного опыта и легкий доступ к его результатам; обеспечение поиска технологической информации; облегчение труда инженеров – технологов путем автоматизированного создания и редактирования ТП, что, в свою очередь, позволит сократить количество ошибок, сократить трудоемкость и время, затрачиваемые на разработку ТП [17].

Результатом работы в «Т-FLEX Технология» является комплект документов (в том числе электронных версий), включающий титульные листы, маршрутные, маршрутно-операционные и операционные карты, ведомости и другие необходимые технологические документы; типовые и групповые ТП для последующего автоматического формирования ТП; технологические базы знаний конкретного производства; взаимосвязи между объектами в информационном пространстве предприятия.

«Т-FLEX Технология» одновременно позволяет работать с несколькими ТП. Для работы с каждым отдельным ТП может использоваться отдельное окно. Каждый процесс включает технологические операции, выбираемые из справочника операций (рис. 5.7).

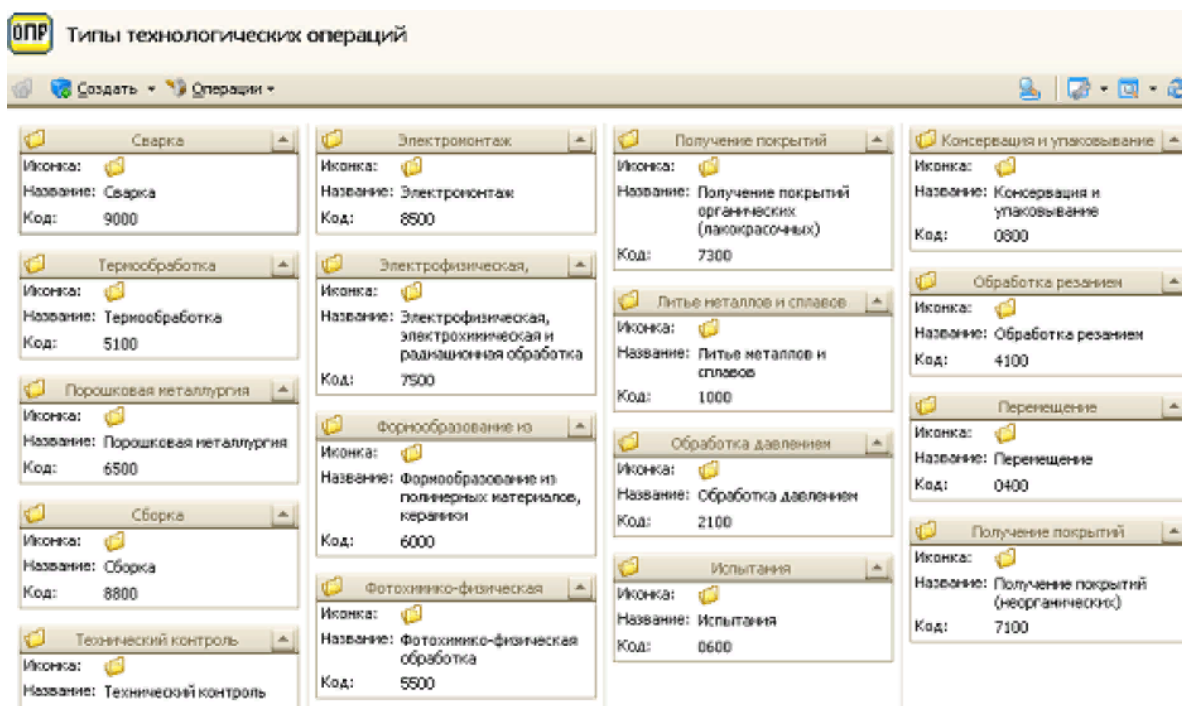


Рис. 5.7. Примеры технологических операций

Параметры всех объектов делятся на параметры, описывающие собственно объект, и параметры, описывающие вхождение объекта в состав изделия. Например, имеется деталь, используемая при создании трех различных сборок. Система хранит один набор параметров самой детали (объект номенклатуры). Среди них наименование объекта, его обозначение, заводской код, дата создания, автор и др. Также система хранит наборы параметров вхождения этого объекта в различные сборки. Это количество, примечание, позиция на чертеже и т. п. В результате, в номенклатуре можно увидеть параметры, описывающие объект вне зависимости от того, где и как они используются, а в дереве состава изделия можно увидеть в дополнение к предыдущим параметрам еще и свойства вхождения объекта в сборку.

При формировании состава любого изделия система «Т-FLEX Технология» автоматически формирует спецификацию как способ отображения данных о составе рассматриваемого изделия. Интеграция системы с САПР обеспечивается на уровне файлов чертежей и моделей.

Справочная система «Т-FLEX Технология» представляет собой часть справочной системы «Т-FLEX DOCs», в которой сохраняются технологические данные (в том числе введенные пользователем) и данные, необходимые для работы самой системы (информация о ТП, изделиях, пользователях, отчетах и т. д.).

С системой «Т-FLEX Технология» поставляются технологические справочники (рис. 5.8): «Инструкции» (для создания и хранения инструкций); «Параметры режимов обработки» (для хранения и

управления параметров режимов обработки); «Покрытия» (для хранения и управления списком возможных покрытий); «Профессии» (хранит список профессий для персонала, занятого в ТП); «Средства технологического оснащения» (для хранения и управления списком режущего, измерительного, вспомогательного и другого инструмента); «Технические условия» (для хранения описаний технических условий); «Технологические переделы (виды обработки)» (для хранения и управления списком возможных технологических переделов); «Технологические процессы» (для хранения и управления списком ТП, каждый объект которого представляет собой ТП); «Технологические элементы» (для элементов обрабатываемых деталей: фаска, резец, выемка, зуб и т.д.); «Типы технологических операций» (для типов операций, используемых при проектировании ТП); «Шаблоны текстов переходов» (содержит готовые шаблоны текста технологических переходов); «Шероховатости» (представлен список шероховатостей и классов точности обрабатываемых поверхностей).

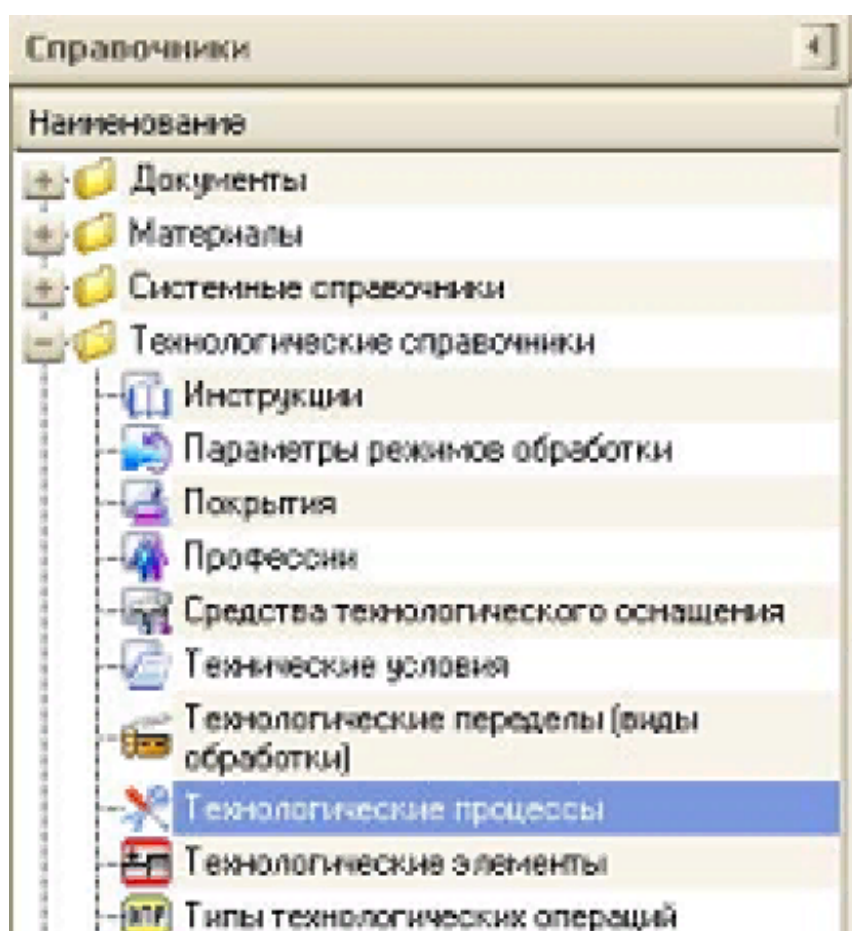


Рис. 5.8. Примеры технологических справочников

Каждый создаваемый объект справочника соответствует своему типу данных, для которого определены собственные параметры и характеристики. Чтобы увидеть справочник, пользователь должен обладать правами на просмотр, а чтобы иметь возможность изменить заголовок или управлять доступом на него – еще и правами на эти операции. Возможность назначения доступа на отдельные объекты настраивается для каждого справочника в отдельности.

Создание и редактирование режимов доступа выполняется администратором «Т-FLEX Технология», который может изменить тип доступа любому пользователю (автору элемента включительно) к любому элементу системы, а также обладает правом запрета доступа к любому элементу системы.

Изменение типа, описывающего параметры пользователя системы, может происходить при расширении или ограничении полномочий сотрудника, его увольнении и т.д. Для каждого пользователя группы может быть назначена дата подключения к группе и дата его отключения.

Для каждого элемента структуры изделия (ДСЕ) создается ТП, который является хранилищем всей производственной информации об изготовлении (рис. 5.9). Объект типа «ТП» может состоять из последовательности видов обработки, выполняемых при изготовлении изделия и определяющих очередность работ (механообработка, гальваника, термообработка и т. п.). Последовательность работ определяет маршрут изготовления ДСЕ по производственным подразделениям и устанавливается объектами типа «Группа технологических операций». Группа операций связана с производственным подразделением, например: механообработка – «Цех 10. Заготовительный». Установленный к группе доступ наследуется входящими объектами типа «Технологическая операция», «Технологический переход», «Ссылочная операция».



Рис. 5.9. Модель ТП

При работе в системе различают простой, типовой и групповой ТП, каждый из которых описывается в справочнике «Технологические процессы». Любой ТП содержит постоянную и переменную части. Данные в переменной части ТП зависят от конкретной детали или технологической группы деталей. Каждый ТП представляется в справочнике объектом одного из базовых или наследуемых от него типов.

Состав и иерархию операций, переходов, оснастки и других элементов, составляющих ТП изготовления ДСЕ, отображает так называемое дерево ТП (рис. 5.10), корневым элементом которого является ТП или типовая операция.



Рис. 5.10. Модель ТП

При работе со структурой ТП следует различать структуру справочника «Технологические процессы» и структуру самого процесса. Первая определяет совокупность созданных в справочнике и доступных пользователю ТП, а вторая – структуру конкретного ТП.

Окно справочника «Технологические процессы» позволяет выполнять операции копирования/вставки и другие действия, характерные для любых справочников. Дерево справочника решает задачи быстрого просмотра ТП и управления разработками (рис. 5.11). На странице «Структура» слева отображается дерево ТП, а справа – свойства выбранного элемента ТП. В поле «Обозначение» для разных объектов отображаются разные параметры: для ТП – «Обозначение ДСЕ», для групп

технологических операций – «Подразделение», для операций – «Код», для оборудования – «Марка». Для работы с текущим ТП на этапе разработки можно использовать виды: «Основной», «Актуальный ТП» и «Технологический вид». Окно структуры позволяет изменять структуру ТП, перемещая, создавая или удаляя его элементы. При перемещении элементов ТП происходит сквозная автоматическая нумерация операций и переходов в пределах конкретного ТП.

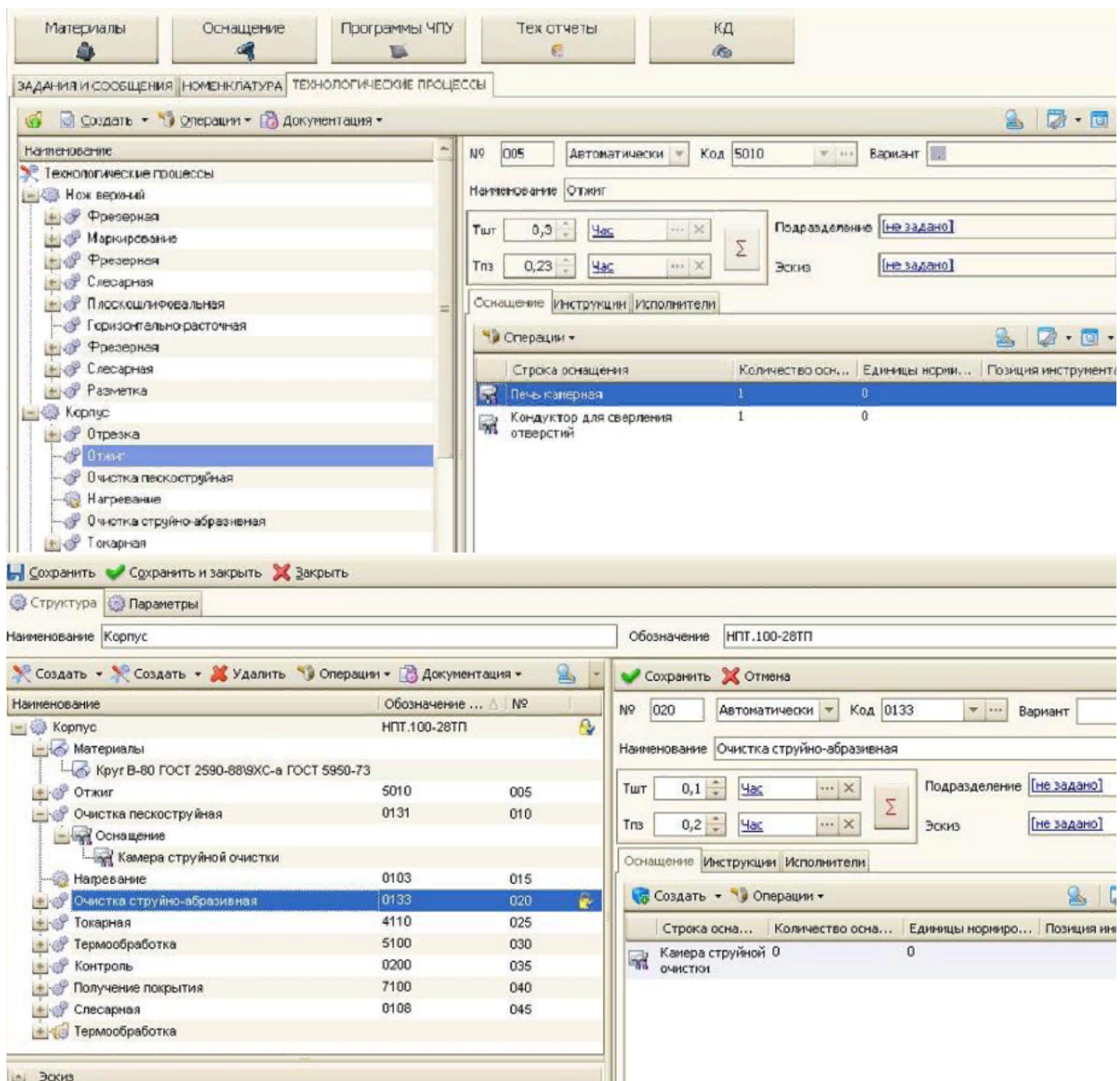


Рис. 5.11. Работа со справочником ТП

Группа технологических операций предназначена для группировки элементов ТП по тем или иным признакам. В ТП их основным назначением является группировка операций одного производственного подразделения и определение доступов для этих элементов.

Технологический процесс (ТП) со свернутыми в группы операциями является технологическим маршрутом по подразделениям.

Технологическая операция представляет собой объект справочника «Технологические процессы», где описывается специальным типом «Технологическая операция». Объекты этого типа могут наследовать свойства от типов «Технологический процесс» и «Группа технологических операций». В дереве ТП «Технологическая операция» может входить в состав объектов типа «Технологический процесс» и «Группа технологических операций» и включать объекты типа «Технологический переход». Технологический переход – законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установке.

При заполнении наименования операции работает автоподбор значения из справочника «Типы технологических операций». Справочник содержит наименования и коды операций по классификатору технологических операций. При выборе наименования из списка автоматически заполняется поле «Код».

В группе параметров «Время на операцию» значения можно проставить вручную, а можно получить с соответствующих параметров переходов. В качестве подразделения может подключаться либо цех, либо участок, либо рабочее место (рис. 5.12). Если существует файл операционного эскиза, то он подключается в поле «Эскиз».

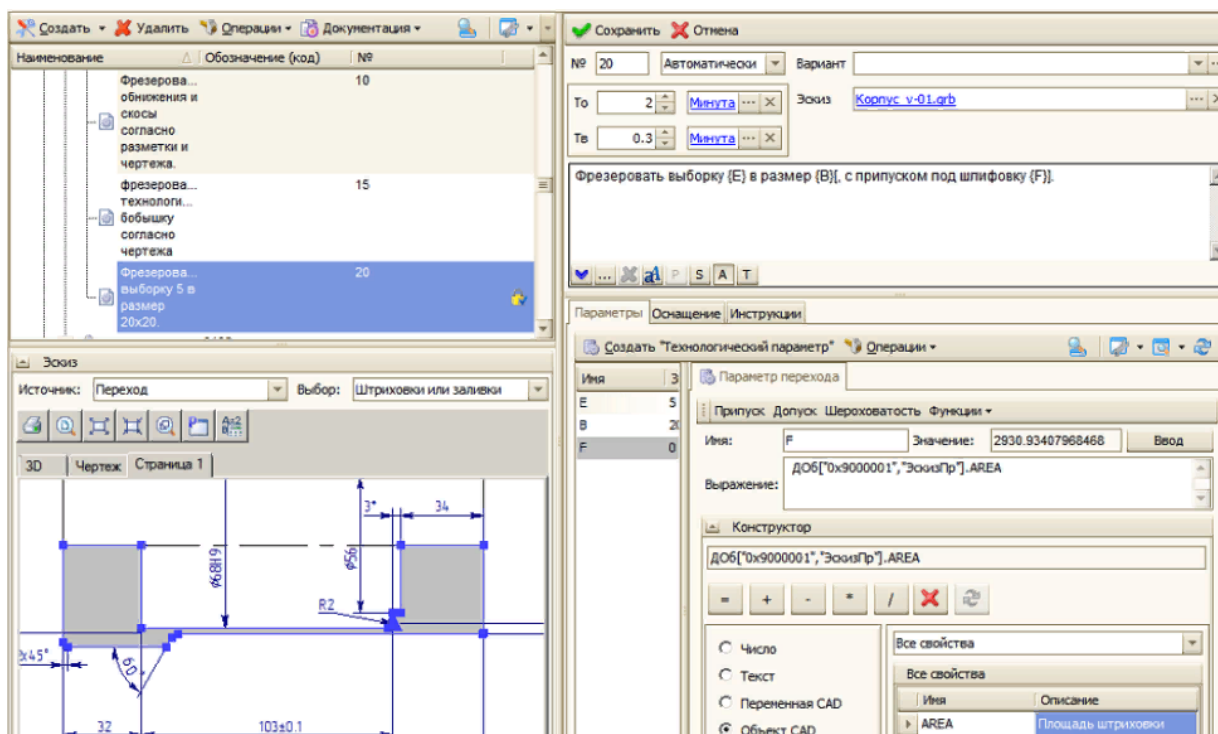


Рис. 5.12. Создание технологической операции

Панель свойств позволяет задавать значения переменной, выражения, выбирать параметры из справочников, визуально связывать параметры САД-модели с параметрами ТП [17]. Для связи могут использоваться любые параметры САД-модели: переменные, размеры, предельные отклонения, допуски расположения, допуски формы, измеренные значения (площадь выделенных поверхностей, объемы, массы, расстояния между геометрическими элементами и др.).

Свойства операции задаются в специальной вкладке (рис. 5.13). В группе «Информация в картах» настраивается отображение операции в технологических картах. В полях группы «Неуказываемые отклонения» аналогично редактору ТП выбирается класс обработки, который должен быть получен в результате операции. В полях группы «Дополнительно» задается операционный эскиз (выбором чертежа из хранилища), а также указывается документация на операцию.

Рис. 5.13. Свойства технологической операции

Редактор перехода содержит несколько панелей, аналогичных редактору операции: «Вывод перехода в карты», «Дополнительные параметры перехода», «ДСЕ из состава изделия на переход», «Инструкции для перехода», «Материалы для перехода», «Операционный эскиз», «Оснащение перехода», «Чертеж ДСЕ». Переходы определяются шаблонными текстами и имеют обязательные параметры: время и номер перехода. Время подразделяется на основное и вспомогательное. Если в тексте перехода фраза вместе с параметром заключена в квадратные скобки и параметр равняется нулю либо не имеет значения, то все содержимое квадратных скобок исключается из текста перехода. Панель

«Обрабатываемые поверхности перехода» позволяет выбрать поверхность обработки перехода и задать данной обработке технологический элемент. Это действие позволит выбрать вид механообработки.

Панель «Исполнители операции» позволяет выбрать профессии исполнителей, работающих с выбранным оснащением в ходе операции. Панель «Производственные подразделения» предназначена для определения подразделений, выполняющих текущую операцию.

Создание технологической документации производится при установке системы «T-FLEX CAD».

6. ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ОАО «СПРУТ-ТЕХНОЛОГИИ»

6.1. Обзор программных продуктов ОАО «Спрут-технологии»

При построении ИСПиУ могут использоваться такие продукты ОАО «Спрут-технологии» (РФ), как открытая параметрическая среда конструкторского проектирования «SprutCAD»; система проектирования и нормирования ТП «СПРУТ-ТП»; система автоматизированной разработки УП для многокоординатного оборудования с системами ЧПУ «SprutCAM»; система твердотельного моделирования для контроля и настройки УП станков с ЧПУ «NSTuner»; система оперативно-календарного планирования и диспетчеризации производства «СПРУТ-ОКП».

6.2. Система «SprutCAM»

Система автоматизированного проектирования (САПР) УП для станков с ЧПУ «SprutCAM» интегрируется с приложениями AutoCAD, Alibre Design, Inventor, SolidEdge, SOLIDWORKS, КОМПАС-3D и др. С учетом постепенного перехода на отечественные программные продукты необходимо отметить, что «SprutCAM» работает на предприятиях, где внедрена PLM система «Teamcenter».

С использованием «SprutCAM» программируются многокоординатные фрезерные, токарные, токарно-фрезерные, электроэрозионные станки и обрабатывающие центры для изготовления штампов, пресс-форм, литейных форм, прототипов изделий, мастер-моделей, деталей машин и конструкций, корпусных деталей и запасных частей, изделий из дерева, пластика и камня, при гравировке надписей и изображений.

«SprutCAM» функционирует под управлением ОС Windows. Требуемая конфигурация компьютера значительно зависит от сложности моделей обрабатываемых изделий и точности обработки: чем сложнее модель изделия и чем выше точность обработки, тем больший объем расчетов необходимо произвести для генерации траектории инструмента и тем мощнее должен быть компьютер (больше тактовая частота процессора, частота шины данных, объем оперативной памяти).

Система имеет несколько версий:

«SprutCAM Профи» используется в системах проектирования ТП на базе операций плоской и объемной фрезерной обработки (рис. 6.1), гравировки, резки, электроэрозионной и токарной обработки, предназначена для решения большинства задач обработки на 2–5-координатных фрезерных, токарных, проволочных электроэрозионных, резательных станках и токарно-фрезерных обрабатывающих центрах;

«SprutCAM Мастер» – полная версия для обработки резанием, содержащая операции для плоской и объемной фрезерной обработки, гравировки, резки и токарной обработки;

«SprutCAM Эксперт» – наиболее полная версия с акцентом на фрезерную обработку;

«SprutCAM Универсал» – версия для решения задач обработки деталей на токарных, гравировальных, резательных и проволочных электроэрозионных станках, а также обработки деталей с плоскими уступами, карманами, колодцами на фрезерных станках.

Предлагаются версии для специализации на токарной, электроэрозионной обработках и резки.

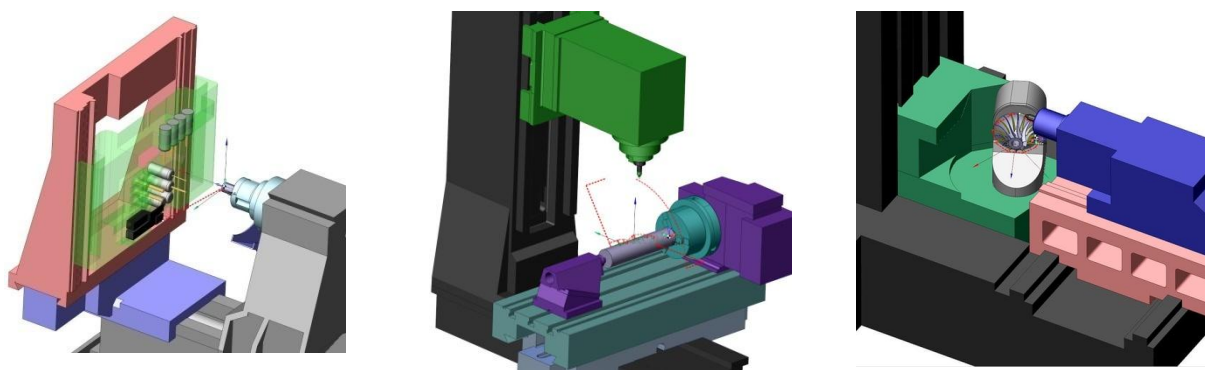


Рис. 6.1 . Типы станков в «SprutCAM»

Основные исполняемые файлы системы:

SprutCAM.exe – исполняемый модуль системы;

Inp.exe – исполняемый модуль <Генератор постпроцессоров>;

SCUpdater.exe – исполняемый модуль системы обновления.

Для передачи данных о геометрии изделия в системе применяются файлы с расширениями *.igs, *.iges; *.dxf; *.stl; *.vrl; *.ps, *.eps; *.3dm (объекты Rhinoceros); *.x_t, *.x_b (объекты Parasolid); *.sldasm, *.sldprt (объекты SolidWorks); *.asm, *.par, *.psm, *.pwd (объекты SolidEdge); *.step, *.stp (объекты, созданные по стандарту STEP).

Назначение файлов разных расширений:

*.stc – файлы проектов системы, содержащие всю необходимую информацию: геометрическую модель, технологические операции, траекторию и т. п.;

*.stcx – xml файлы для файлов *.stc;

*.sto – файлы, содержащие информацию о таких операциях, как структура операций в проекте, параметры операций и т. д.;

*.dxf; *.eps; *.ps – файлы, содержащие информацию о 2D-геометрии;

*.stl – файлы, содержащие информацию о результатах моделирования;

*.xml – файлы, содержащие информацию о траектории движения для внешнего моделирования;

*.sppx – файлы настройки постпроцессора для систем ЧПУ;

*.spp – файлы настройки постпроцессора версий «SprutCAM»;

*.inp – файлы настроек постпроцессора версий «SprutCAM»;

*.snci – файлы настройки интерпретатора для разных систем ЧПУ;

*.stfc – файл-контейнер (в формате zip-архива, содержимое может быть зашифровано и подписано цифровой подписью);

*.dsk, *.cfg – файлы, содержащие информацию о настройках экранных форм системы, генерируются автоматически.

Анализ многообразия файлов позволяет сделать вывод о возможностях прямого импорта данных из CAD-систем: SolidWorks, AutoCAD, КОМПАС-3D, AutoDesk Inventor, Rhinoceros, **T-Flex**, Geomagic, CADbro, FreeCAD, IronCAD, MegaCAD, SolidEdge, SpaceClaim, ZW3D.

Такое многообразие вариантов представления данных для САПР разных изготовителей, несомненно, делает предпочтительным выбор «SprutCAM» среди аналогичных систем. Кроме того, расчет траектории производится с учетом кинематики станка и, в отличие от других САМ-систем, потенциальные столкновения деталей и инструмента и выходы за зоны перемещений видны сразу после расчета траектории с учетом расположения заготовки на станке.

При расчете траектории в «SprutCAM» учитываются результаты выполнения предыдущей технологической операции. Пользователь работает над созданием траектории движения детали в схеме станка, а не в абстрактном поле, как в других САМ-системах. Траектории получаются реальными, адаптированными к ограничениям станка и с учетом

расположения детали на столе. Разработка схемы станка является проектной операцией при использовании на предприятии данной системы. Для вывода УП из САМ-системы требуется постпроцессор (рис. 6.2).

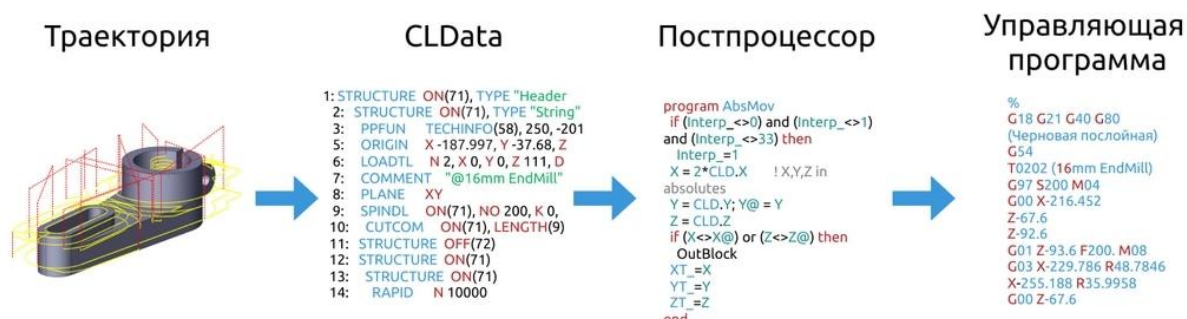


Рис. 6.2. Преобразование данных с использованием постпроцессора

Разработку постпроцессора можно заказать у поставщика системы, или приобрести уже готовый набор, или разработать самостоятельно в специализированной среде «Sprut INP».

Структура геометрической модели изделия представляет собой дерево каталогов, внутри которых сгруппированы геометрические объекты (рис. 6.3). Работа со структурой геометрической модели напоминает работу с файловой системой в Windows.

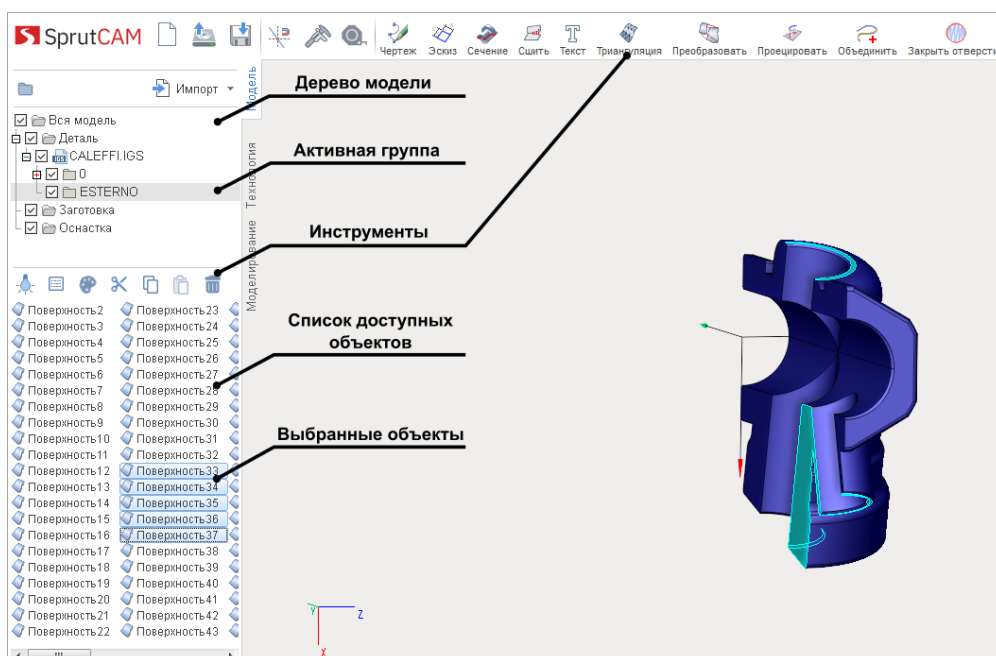


Рис. 6.3. Представление изделия в виде дерева

В окне геометрической модели сосредоточено большинство функций для корректировки структуры модели. При создании нового проекта автоматически генерируется главная группа геометрической модели – <Вся Модель>, которая содержит группы: <Деталь>, <Заготовка>, <Оснастка>.

Группа < Деталь > по умолчанию принимается в качестве изготавливаемой детали для всего ТП, поэтому рекомендуется импортировать и переносить в группу <Деталь> те геометрические объекты, которые описывают получаемую деталь.

В группу <Заготовка> следует, при необходимости, заносить модель заготовки. При использовании заготовок простых форм папку лучше оставлять пустой.

Группа <Оснастка> предназначена для размещения моделей прихватов, упоров, тисков, патронов и другой технологической оснастки.

Переход в режим подготовки геометрической модели изделия осуществляется выбором закладки <Модель> в главном окне системы.

В режиме <Модель> производятся:

- импорт из файлов обмена геометрической информацией;
- корректировка структуры геометрической модели;
- пространственные преобразования геометрических объектов;
- генерация новых элементов из существующих;
- управление визуальными свойствами объектов.

Для расчета траектории движения инструмента и получения УП в «SprutCAM» необходимо задать требуемые исходные данные и параметры обработки:

- станок, на котором будет производиться обработка;
- геометрические модели детали, заготовки и оснастки;
- последовательность технологических операций, описывающих основные этапы обработки.

Система рассчитывает траекторию движения инструмента и добавляет необходимые технологические команды для получения УП, удовлетворяющей заданным требованиям.

Последовательность операций обработки детали на станке с ЧПУ представляется в виде иерархической структуры [16].

Базовым узлом дерева ТП является <Операция>. Именно операция определяет стратегию обработки детали и объединяет в себе набор параметров, индивидуальный для каждого типа обработки. Для структурирования последовательности обработки используются группы операций, содержащие другие операции (рис. 6.4).

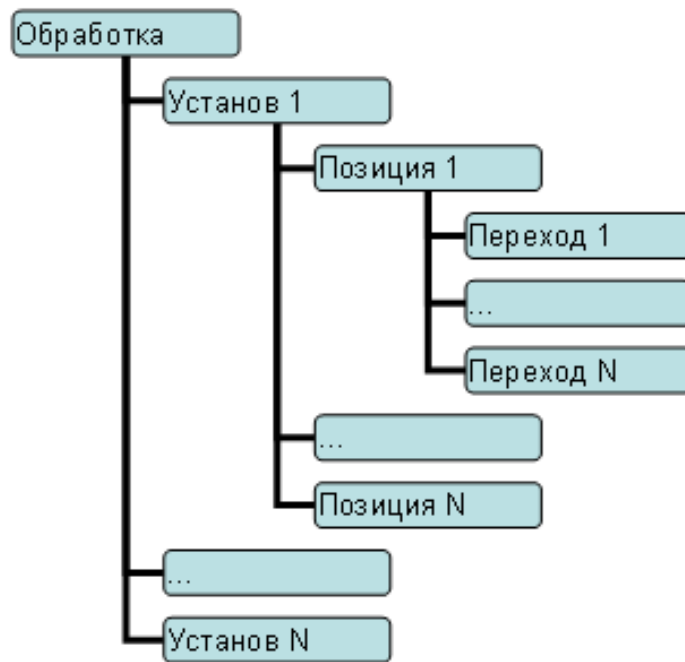


Рис. 6.4. Пример структуры обработки

Под <Установом> понимается совокупность действий при неизменном положении заготовки, под <Позицией> – совокупность действий одним инструментом. <Переход> определяет движения инструмента для обработки конкретной поверхности.

Для любой операции можно задать систему координат, рабочее задание, инструмент и т.д. (т. е. операция может включать в себя и установ и позицию и переходы одновременно). Это позволяет избежать усложнения структуры ТП.

Задача проектировщика – формирование последовательности операций обработки заготовки до уровня перехода. Дальнейшая детализация осуществляется автоматически, путем расчета траектории перемещения инструмента для каждой операции. Траектория является атрибутом операции. Она зависит от типа и параметров операции. Тип операции выбирается при ее создании, он определяет стратегию обработки. Изменение параметров приводит к перерасчету траектории.

При окончательной детализации траектория перемещения инструмента представляет собой последовательность команд в формате <CLDATA> (Cutter Location Data – данные траектории перемещения режущего инструмента). Она содержит не только элементарные команды на перемещение инструмента, но и технологические команды переключения подач, включения/выключения шпинделя, охлаждения и т. д.

Траектория отдельной операции представляется в виде иерархической структуры, т. е. элементарные команды объединены в группы, состав и структура которых зависит от типа операции (рис. 6.5).

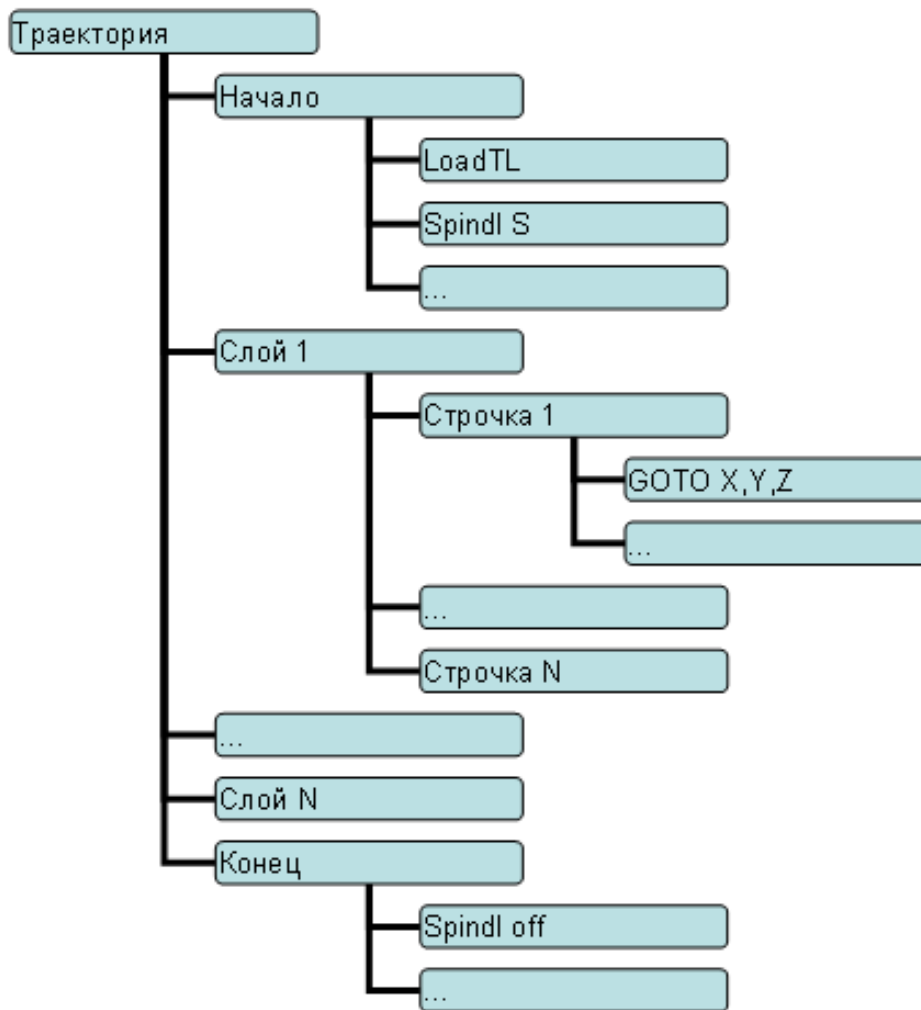


Рис. 6.5. Состав черновой построчной операции

По принципу формирования траектории инструмента операции можно условно разделить на черновые и чистовые. Разница между ними состоит в том, что для первых производится выборка материала, тогда как для вторых рассматривается обработка поверхности без выборки материала.

В «SprutCAM» проектирование ТП начинается с выбора станка, на котором будет производиться обработка. От типа станка и его параметров зависят набор доступных операций, их возможности, параметры по умолчанию и дальнейшее поведение системы. Например, если выбран токарный станок, то доступны только токарные операции, если фрезерный – только фрезерные, а если токарно-фрезерный, то доступны как фрезерные, так и токарные операции. При выборе 5-координатного фрезерного станка у 3D-операций появляется возможность позиционирования поворотной головки и т.д.

Для смены станка необходимо выбрать корневой узел ТП, нажать кнопку <Параметры> и выбрать закладку <Станки> (рис. 6.6).

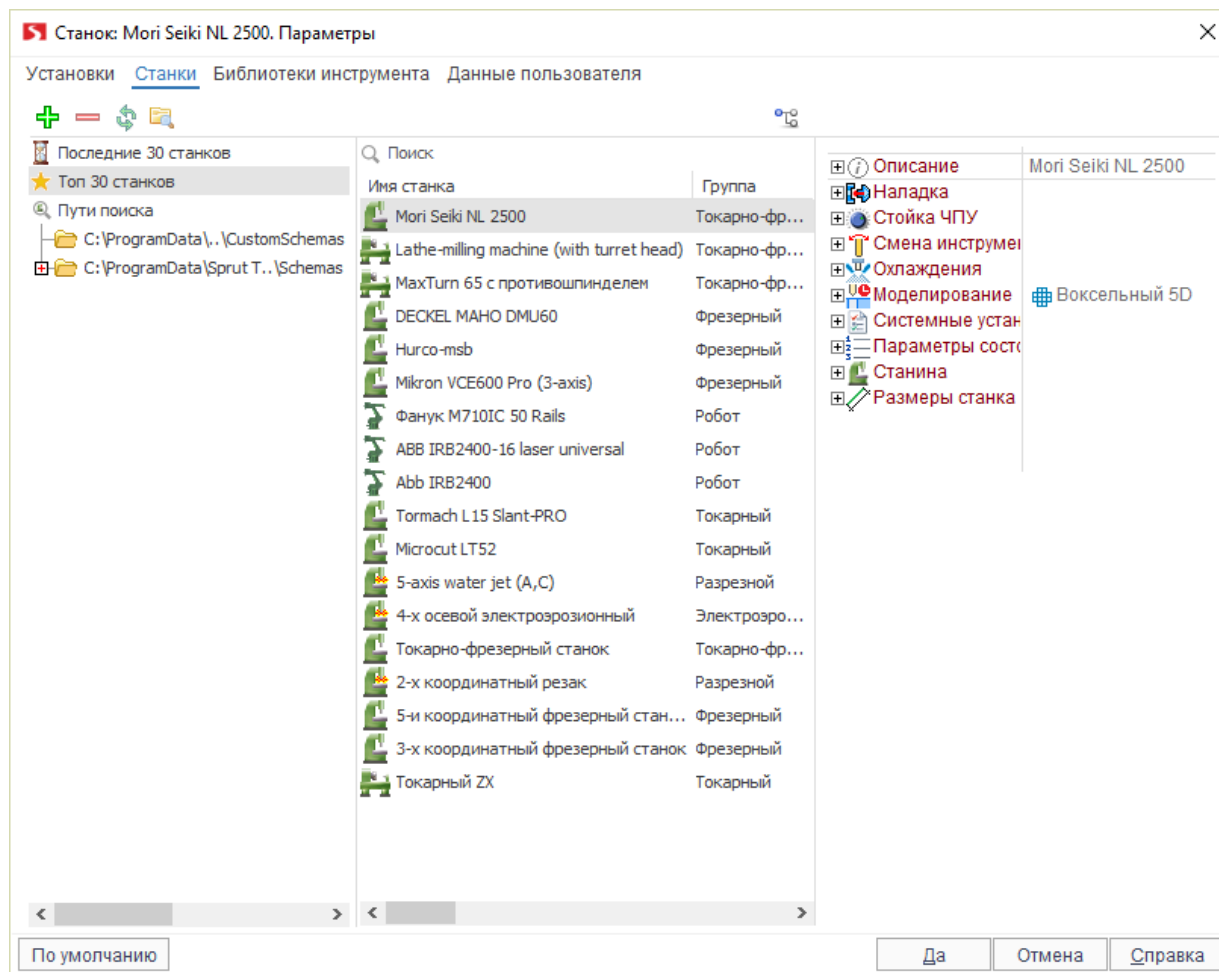


Рис. 6.6. Выбор станка при проектировании

В левой части открывшегося окна расположен список папок, в которых осуществляется поиск файлов, а также списки: 30 станков, которые использовались последними на данном компьютере, отсортированный по дате последнего использования; часто используемых на данном компьютере станков, отсортированный по частоте использования.

При выборе одной из групп или папок в левом списке на панели в средней части окна отобразятся станки, находящиеся в данной группе или папке. При выборе станка в списке показываются его свойства и изображение.

В списке свойств станка отображается множество параметров. Поле <Файл постпроцессора> задает имя файла постпроцессора, который будет использоваться по умолчанию при генерации УП. Поле <Файл

интерпретатора> задает имя файла интерпретатора, который будет использоваться для моделирования обработки по УП. Поле <Библиотека инструментов> задает имя файла библиотеки инструментов, из которой будет выбираться инструмент для всех операций. Библиотека используется как при автоматической первоначальной установке инструмента при создании операции, так и при задании инструмента через окно параметров.

В группе <Стойка ЧПУ> задаются ограничения, определяемые стойкой ЧПУ станка. Координаты в командах CLDATA округляются до указанной точности. При расчете траектории команда перемещения инструмента не будет сформирована в том случае, если величина перемещения меньше указанной точности. При отсутствии флажка в поле <Использовать дуги> в процессе расчета траектории будут формироваться только линейные перемещения. Если флажок установлен, то будут формироваться дуги, лежащие в разрешенных плоскостях и имеющие длину больше минимальной длины дуги с радиусом меньше максимального. Остальные дуги окружностей будут аппроксимированы отрезками.

Поля в группе <Смена инструмента> задают координаты точки смены инструмента, которые будут использоваться при расчете траектории движения, а также последовательность перехода в них.

Секция <Схема> определяет конструкцию станка и наличие приспособлений, таких как поворотный стол, поворотная головка и т. д.

Станок описывается как дерево узлов, перемещающихся относительно друг друга. Корневой узел «схема» соответствует станине станка. Внутри схемы перечислены те узлы, которые прикреплены непосредственно к станине. В свою очередь внутри каждого узла перечисляются подузлы, осуществляющие элементарные перемещения относительно узла-владельца. Концевыми узлами дерева обязательно является заготовка или режущий инструмент. Способ и направление перемещения узла задаются полями. Адрес описывает префикс, с помощью которого осуществляется изменение положения данного узла из УП. Тип движения узла относительно родительского может быть линейным или поворотным. Поля «мин» и «макс» задают минимальные и максимальные координаты по данной оси.

Описание конфигурации станка хранится в xml-файлах. Последние в свою очередь могут ссылаться на 3D-модели узлов станка, которые обычно находятся в отдельных файлах *.osd или *.stl, а также на вспомогательные *.xml и *.supplement файлы в той же папке, что и файл станка. Иногда файлы станка могут быть помещены внутрь архива с расширением *.stfc.

Прежде чем приступить к формированию последовательности операций, необходимо задать обрабатываемую деталь, заготовку и оснастку для всего ТП. Сначала следует определить, что требуется получить (деталь), из чего (заготовка), а уже потом – как этого достичь (последовательность обработки).

<Деталь> ТП будет контролироваться большинством создаваемых в дальнейшем операций вне зависимости от того, обрабатывает указанная операция всю деталь либо какую-то ее часть.

<Заготовка> ТП должна быть обязательно указана. Исключение составляют случаи обработки элементов только чистовыми операциями без учета начальной и промежуточных заготовок. Модель заготовки обязательно твердотельная, т. е. ограничивает замкнутый объем пространства. При добавлении поверхностной модели производится сшивка с указанной точностью или замыкание до указанного уровня. Заготовка также может быть задана телами, построенными на базе кривых или описанными вокруг детали. Она определяет исходную геометрическую форму обрабатываемого материала, которая изменяется при переходе от операции к операции. Таким образом, заготовка каждой последующей операции является результатом обработки предыдущей. Соответственно, при изменении текущей операции меняются исходные данные для расчета последующих операций. Заготовка ТП также используется в режиме моделирования в качестве исходной.

<Оснастка> ТП должна определять начальные ограничения на обработку. Если в операциях не переопределять положение оснастки, то эти ограничения будут распространяться на все операции.

<Результат обработки> – материал, оставшийся после начальной операции. Узел добавлен для возможности визуального контроля остаточного материала. Узел рассчитывается автоматически и его параметры не редактируются.

В режиме технологии верхняя половина окна содержит структурированную последовательность технологических операций и узлы для доступа к основным параметрам (рис. 6.7).

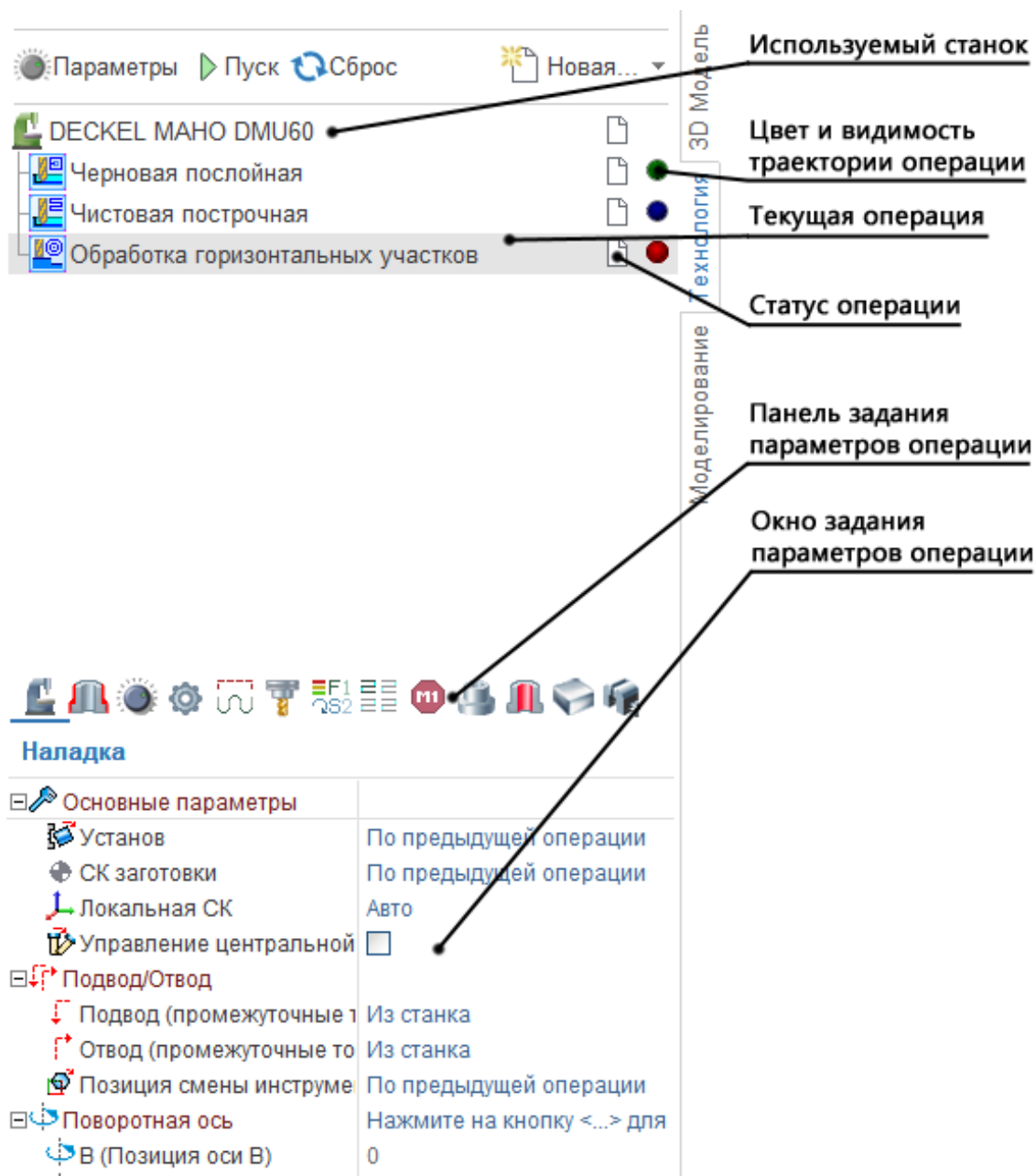


Рис. 6.7. Задание технологических операций при проектировании

Текущая операция может быть удалена, переименована, скопирована. Структура дерева операций может быть изменена.

Более подробно информация об операции, включая ее статус, отображается в окне свойств операции. Для открытия окна необходимо кликнуть правой кнопкой мыши по операции и в открывшемся контекстном меню выбрать пункт <Свойства...> (рис. 6.8).

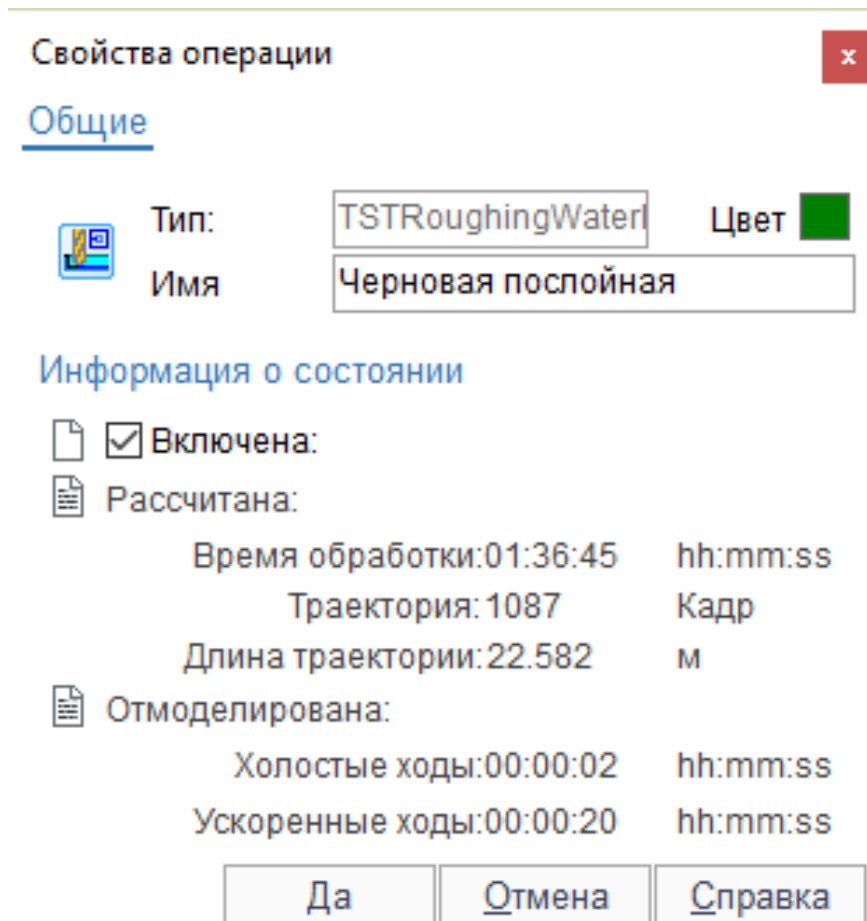


Рис. 6.8. Свойства технологической операции

Генерация УП производится программой-постпроцессором путем преобразования последовательности технологических команд для перемещения инструмента по рассчитанной траектории в формат выбранной системы ЧПУ. Установка системы ЧПУ производится выбором соответствующего файла настройки (*.sppx). В полях <Стойка> и <Станок> отображаются названия системы ЧПУ и станка, для которых создан выбранный файл настройки. Папка, в которой по умолчанию производится поиск файлов настройки постпроцессора, устанавливается в поле <Каталог с файлами постпроцессоров>. Управляющая программа (УП) будет выводиться в текстовый файл с именем, указанным в поле <Файл вывода> (рис. 6.9).

Постпроцессор создает УП для всех технологических операций, включенных в нее на момент запуска постпроцессора. Для генерации нескольких УП с разным составом операций можно выполнить все технологические операции, а затем, устанавливая флажки для соответствующих строк в дереве операций, запускать постпроцессор для генерации различных УП.

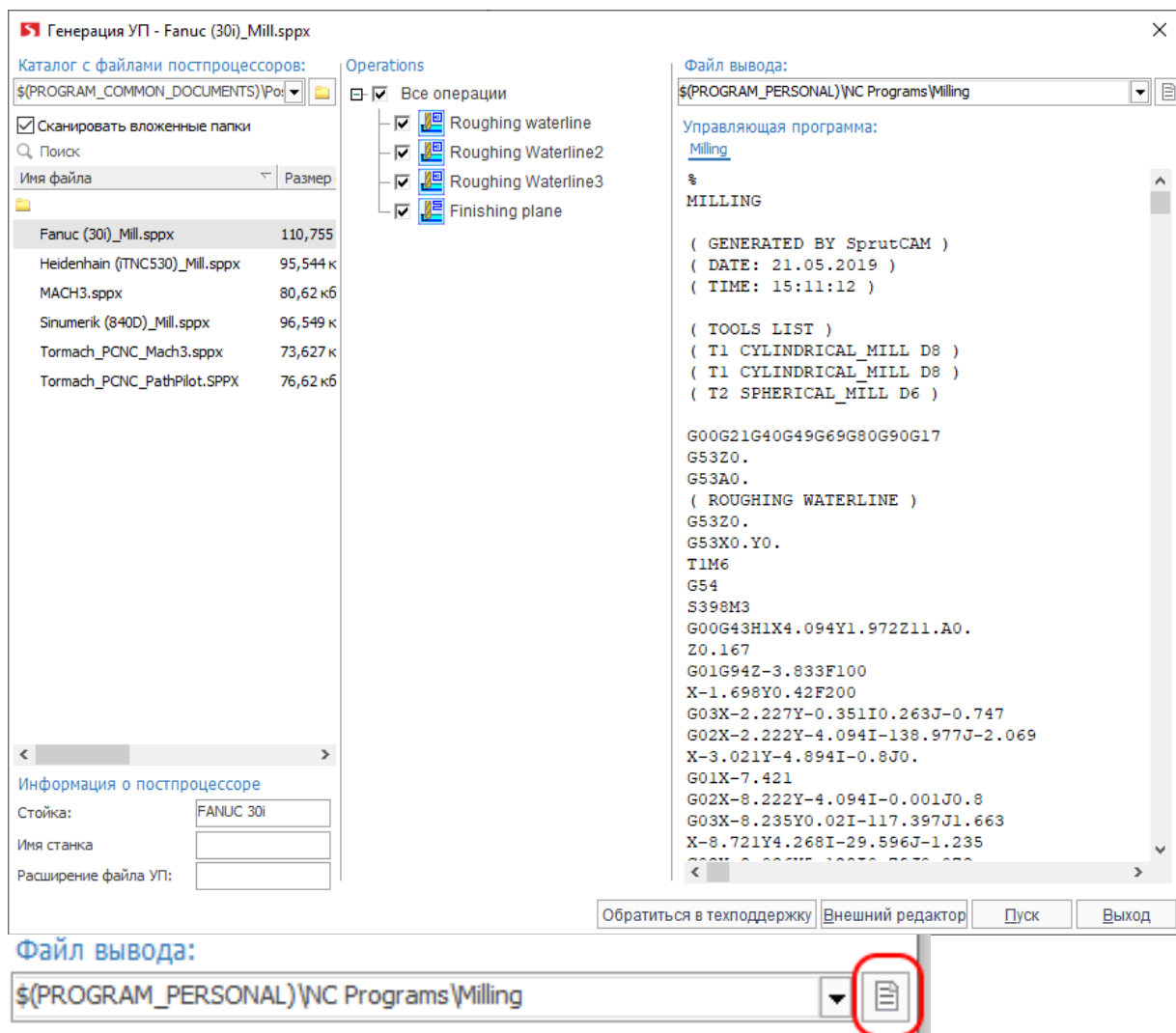


Рис. 6.9. Генерация УП

Файлы настройки постпроцессора на систему ЧПУ (*.sppx) создаются и редактируются при помощи поля <Генератор постпроцессоров> (запускает программу INP.exe) (рис. 6.10).

Система позволяет автоматически формировать в формате HTML РТК, содержащую вспомогательную информацию:

эскизы, детали и траектории с габаритными размерами детали и привязкой к нулю;

таблицу операций (переходов) с нормами времени для определения трудоемкости обработки;

таблицу используемого режущего инструмента;

таблицу координат отверстий для предварительного засверливания под опускание инструмента и для контроля.

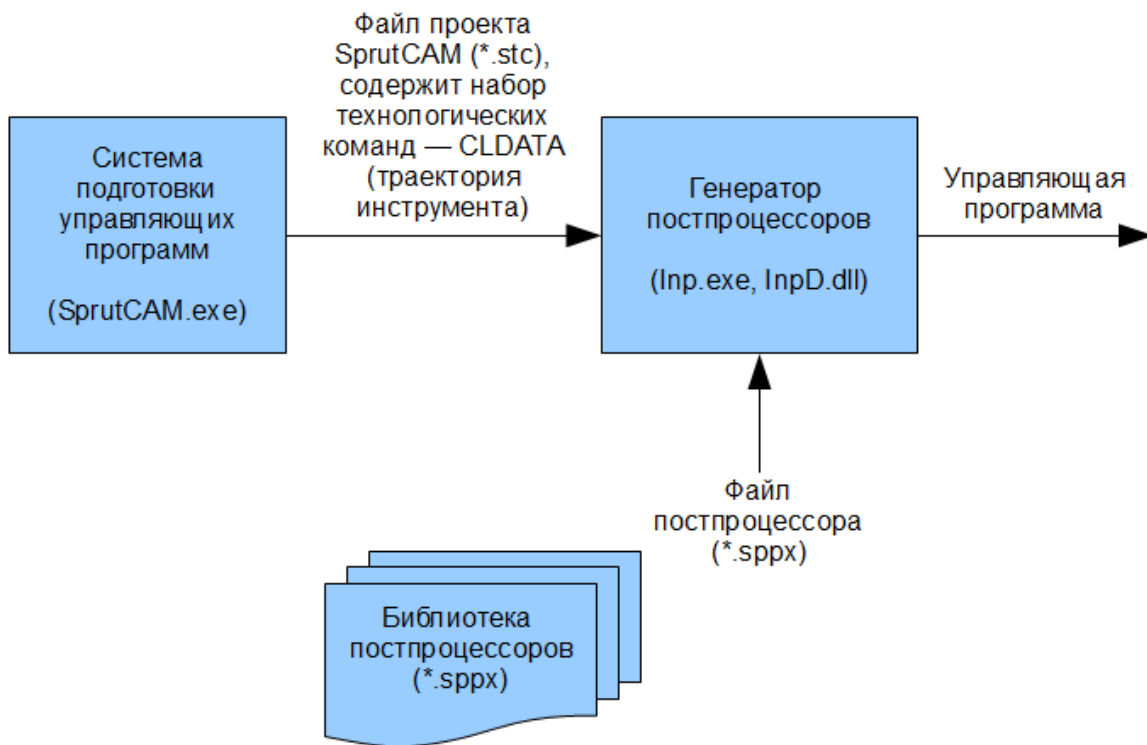


Рис. 6.10. Работа постпроцессора при генерации УП

Открытие окна создания РТК осуществляется из окна ТП (рис. 6.11).

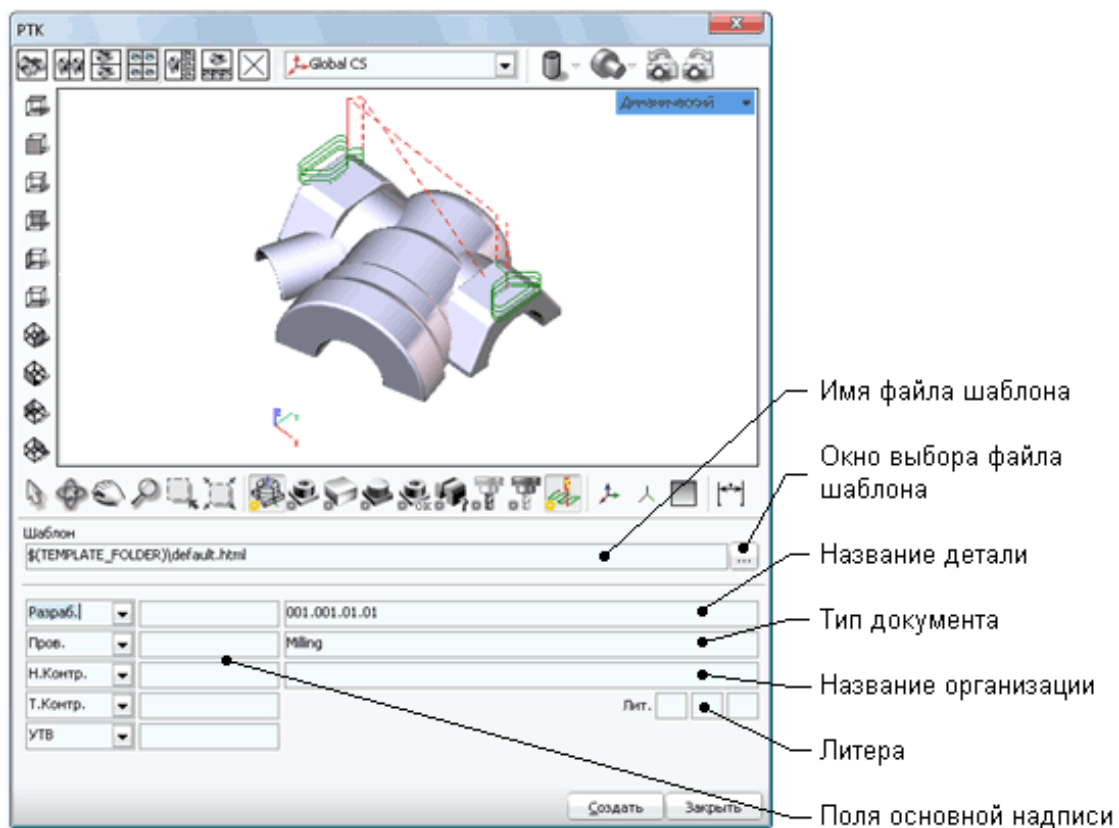


Рис. 6.11. Вспомогательная информация РТК

На эскизе могут быть отображены геометрическая модель, модель операции, траектория, заготовка операции, системы координат, градиентная заливка фона и размеры. Для расположения эскизов в системе координат определенной операции следует выбрать на панели соответствующую систему координат.

Размеры детали расставляются автоматически (рис. 6.12). Вид для отображения размера также выбирается автоматически. Размеры отображаются только на стандартных видах (кроме изометрии). Всего может быть выставлено до шести размеров: три габаритных и три размера расстояния от точки модели до точки отсчета системы координат.

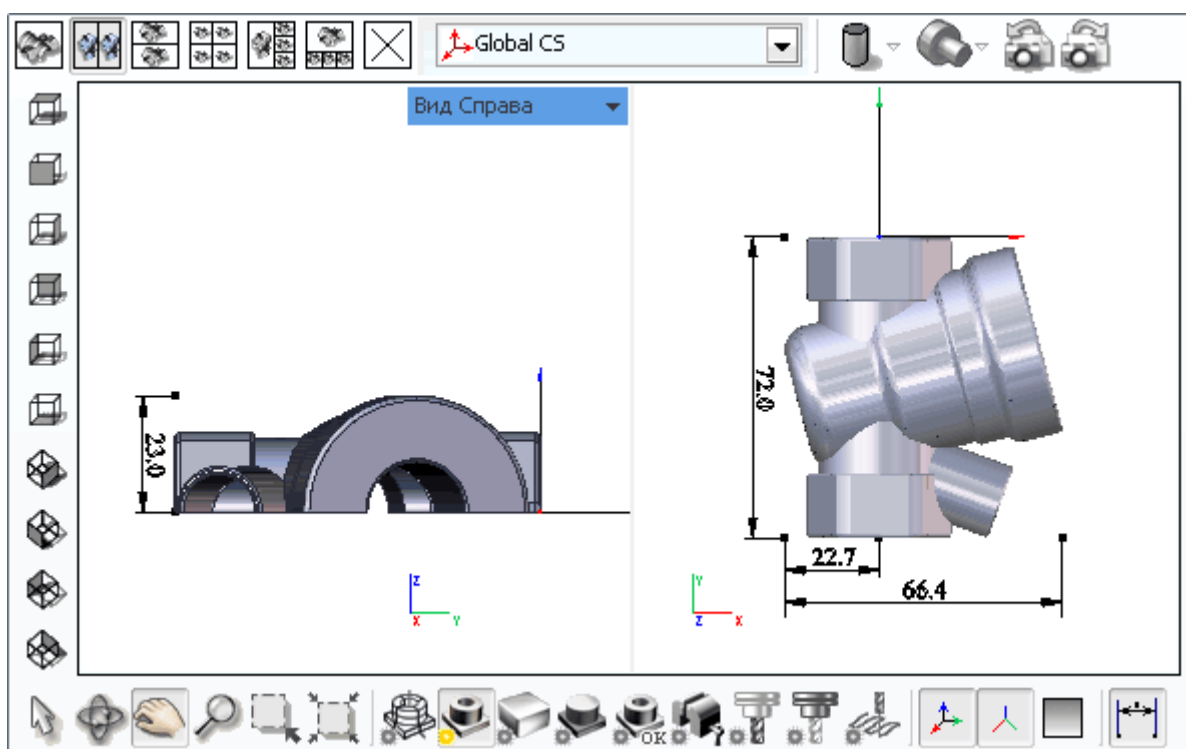


Рис. 6.12. Автоматическая расстановка размеров на эскизах

Источником данных для заполнения шаблона отчета является файл *.stcx генерируемый автоматически при формировании шаблона. Он представляет собой xml-файл (рис. 6.13). Для вставки переменной следует указать полный путь до нее в файле *.stfc.

Для добавления в отчет произвольных переменных, которые должны быть выведены, но при этом отсутствуют в «SprutCAM», используется команда VAR (<Имя переменной>, <Заголовок>, <Значение по умолчанию>). Например: VAR (Detail, Деталь, Корпус).

Изображения могут быть добавлены в шаблон текстовыми командами «Tool Images» вывода эскиза инструмента и «View Images» вывода созданных в проекте изображений.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
- <StcxProject>
  - <CustomData>
    <CustomDataItem ItemValue="001.001.01.01" ItemName="DocCode"/>
    <CustomDataItem ItemValue="HSC" ItemName="DocName"/>
  </CustomData>
  <Model/>
  - <Technology>
    - <Operation ToolpathLength="0.000" Toolpath="0" WorkTime="" Auxiliary
      - <ToolpathBox>
        <MinX>0</MinX>
        <MinY>0</MinY>
        <MinZ>0</MinZ>
        <MaxX>0</MaxX>
        <MaxY>0</MaxY>
        <MaxZ>0</MaxZ>
      </ToolpathBox>
      - <WorkpieceBox>
        <MinX>-2.5</MinX>
        <MinY>-2.5</MinY>
        <MinZ>-10</MinZ>
        <MaxX>221</MaxX>
        <MaxY>187.5</MaxY>
        <MaxZ>0</MaxZ>
      </WorkpieceBox>
      <OperationType>HoleMachiningOp</OperationType>
      <OperationType2>Hole machining</OperationType2>
      <RotationKind>rpm</RotationKind>
      <RotationValue>200</RotationValue>
      - <MachiningMode ModeName="Rapid">
        <FeedKind>const feed</FeedKind>
        <FeedValue>10000</FeedValue>
      </MachiningMode>
    </Operation>
  </Technology>
</StcxProject>

```

Рис. 6.13. Файл шаблона отчета

Окно создания новой технологической операции разделено на три части (рис. 6.14). Слева расположен список групп операций. Здесь можно выбрать одну из групп и на средней панели окна отобразится список операций, которые принадлежат данной группе. Можно выбрать элемент «Все операции», тогда в списке операций будут показаны все доступные операции. Для быстрого поиска нужной операции можно также воспользоваться строкой поиска, расположенной над списком операций. При вводе символов в списке операций остаются видимыми только те, в имени которых есть указанная последовательность символов. Для того чтобы создать операцию, нужно выбрать ее в списке и нажать на кнопку «Создать» – операция будет создана и окно закроется.

В правой части окна создания операции отображается информация о выбранной операции. Здесь можно указать имя вновь создаваемой операции, а также скопировать параметры из другой операции. Достаточно включить галочку в поле <Заполнить параметры по операции> и выбрать нужную операцию из списка. В нижней части панели информации находится картинка, поясняющая смысл операции. Щелчком мыши по картинке можно запустить либо остановить воспроизведение видеоролика.

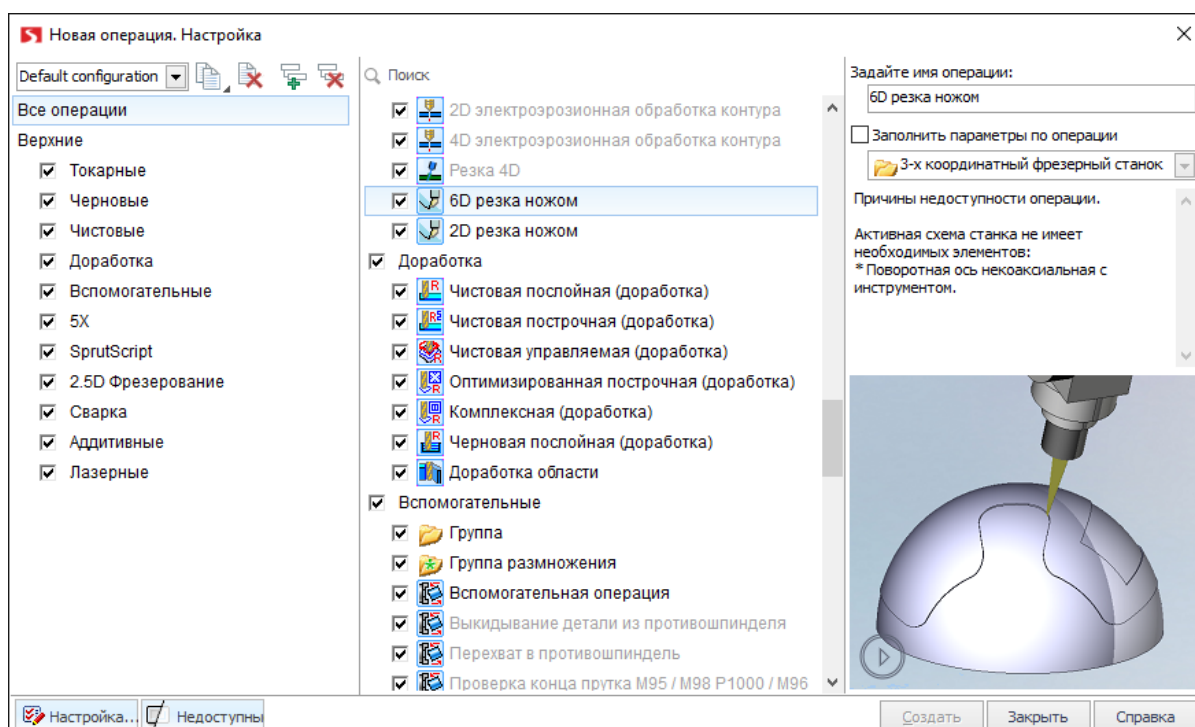


Рис. 6.14. Создание технологической операции

В зависимости от типа лицензии, а также от выбранного станка, некоторые операции могут быть невидимыми в списке.

Черновые операции используются для первичной выборки материала в случаях, когда форма и размеры обрабатываемой детали значительно отличаются от формы и размеров заготовки. Чистовые операции применяются для окончательного формирования поверхности детали после предварительной (например, черновой) обработки, а также и без нее в случаях небольшого отличия детали от заготовки или при использовании заготовки из легкообрабатываемого материала. При выборе пунктов меню <Комплексная> или <Построчная оптимизированная> система создает пару смежных операций.

<Операции доработки> позволяют производить обработку только в тех областях, в которых остался не удаленный после обработки предыдущими операциями материал. Черновые операции при доработке производят выборку всего остаточного материала, тогда как чистовые обрабатывают поверхность детали только в местах недоработок. Операции доработки имеют место в производстве сложных деталей при использовании инструментов другой формы или меньшего диаметра, чем у предыдущих операций.

Просмотр и редактирование инструментов проекта, инструментов операций, создание и заполнение библиотек инструментов осуществляются в окне <Список инструментов> (рис. 6.15).

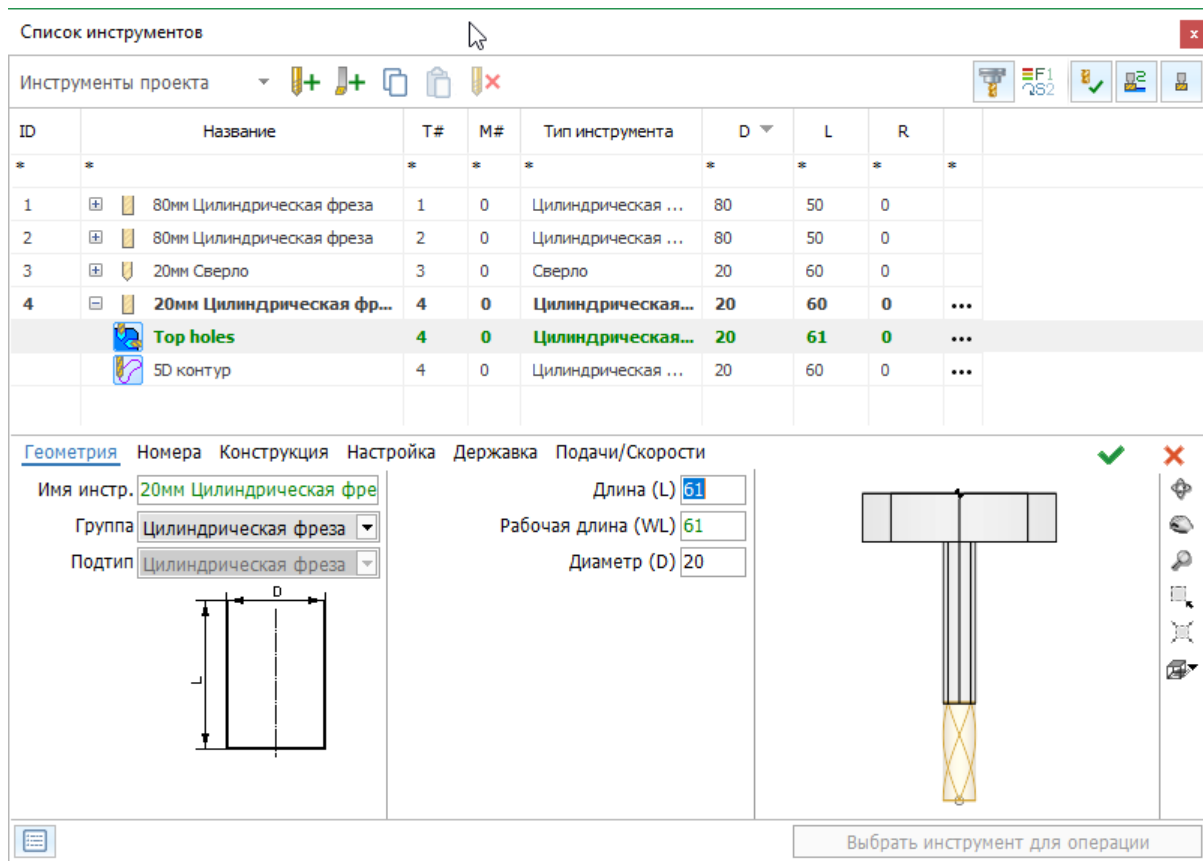


Рис. 6.15. Параметры инструмента

В центральной части окна отображается список инструментов. Каждая строка соответствует отдельному инструменту. Строки могут быть вложенными друг в друга. На верхнем уровне всегда располагаются инструменты проекта либо библиотеки, на вложенном уровне отображаются инструменты операций, использующие инструмент с тем же ID. Вложенные инструменты операций можно перетаскивать из одного инструмента верхнего уровня в другой. Это позволяет быстро менять инструмент, используемый операцией. Правую часть верхней панели инструментов занимают кнопки фильтров, при помощи которых можно ограничить список видимых инструментов.

Специальным образом указывается фильтр по типу инструмента. При щелчке на ячейку фильтра в колонке «Тип инструмента» на экране появляется дополнительное окно, в котором можно выбрать желаемые типы инструментов (рис. 6.16).

Инструменты считаются конфликтными, если при разных ID они имеют одновременно одинаковые номер инструмента, номер магазина, номер корректора и вставлены в один коннектор станка (в одну позицию револьвера).

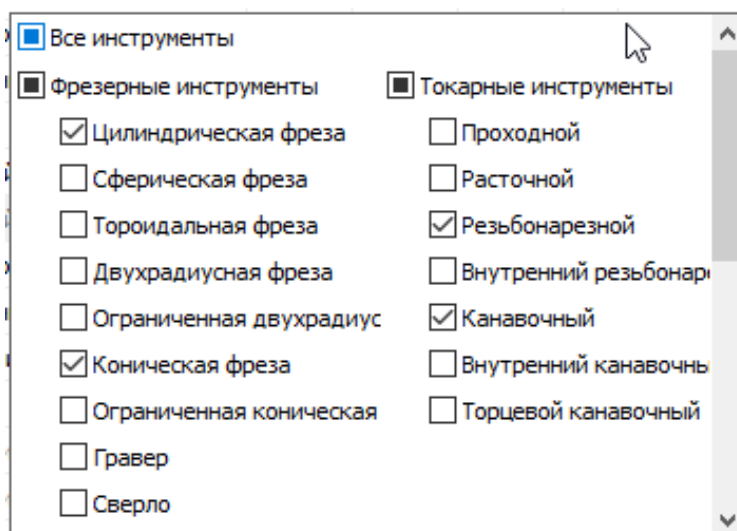


Рис. 6.16. Выбор типа инструмента

Список свойств зависит от типа инструмента. Значения для некоторых свойств могут отображаться зеленым шрифтом. Это означает, что свойство имеет значение по умолчанию, которое зависит от значений других свойств. Например, если имя инструмента содержит диаметр, то при изменении диаметра имя будет обновляться автоматически. Если имеется несколько операций, использующих данный инструмент, и параметры инструмента в этих операциях отличаются, то после нажатия кнопки «Применить» будет показано дополнительное диалоговое окно выбора.

7. ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

7.1. Применение модели многокомпонентных объектов при передаче данных

Рассмотрим технологии передачи данных, применяемые при построении SCADA-систем (СЦК) и ориентированные на работу с ОС Windows. Как указывалось выше, SCADA-системы являются одной из составляющих АСУТП, поэтому представляемые технологии передачи данных привязаны к уровню управления производственными процессами.

Технология передачи данных в SCADA создана на базе модели многокомпонентных объектов (Component Object Model – COM). Компонент – это готовый к использованию двоичный код, содержащийся либо в динамической библиотеке (DLL), либо в файле с расширением *.exe, который может быть загружен в память и подключен к приложению.

Компоненты характеризуются тем, что динамическое связывание вызова функции в приложении и ее кода в теле компонента осуществляется не на этапе компоновки приложения, а в процессе выполнения. Программно обеспечивается скрытая внутренняя реализация (инкапсуляция) функций, когда при запуске приложения не имеет значения, как реализован компонент внутри, но известно, как запускать его функции.

Компонент поставляется пользователю как двоичный код, скомпилированный, скомпонованный и готовый к использованию. Модификация приложения сводится к замене одного из его компонентов новой версией. Если некоторые компоненты А и В переносятся с одной ЭВМ на другие, то на локальной ЭВМ вместо этих компонентов появляются переадресовщики, перенаправляющие запросы к данным компонентам по сети.

Если компонент изменяется без изменения интерфейса, то изменений в клиенте не требуется. Аналогично, если сам клиент изменится без изменения интерфейса, все созданные ранее компоненты можно продолжать использовать. Таким образом, СОМ определяет стандарт, которому должны соответствовать компоненты, чтобы гарантировать возможность совместной работы. Интерфейс СОМ включает в себя набор функций, которые реализуются компонентами и используются клиентами. Интерфейсом служит массив указателей на функции в памяти (рис. 7.1).

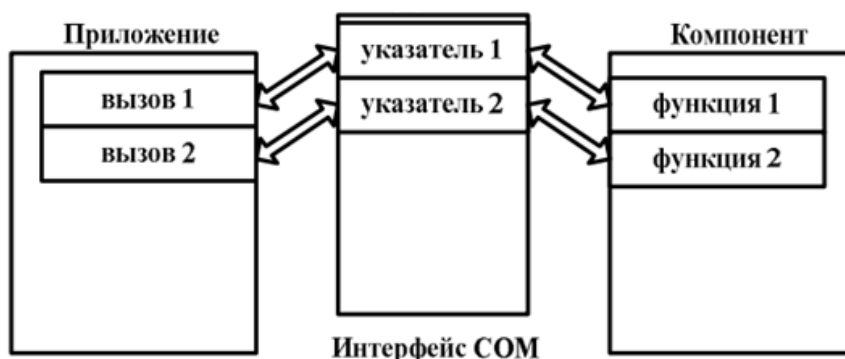


Рис. 7.1. Модель многокомпонентных объектов

Модель распределенных компонентных объектов DCOM разработана компанией Microsoft для распределения приложений между несколькими компьютерами в сети. Программный компонент на одной из машин может использовать DCOM для передачи сообщения приложению на другой машине. Технология DCOM автоматически устанавливает соединение, передает сообщение и возвращает ответ удаленного компонента. В случае использования DCOM неважно, на разных или на одной ЭВМ находятся клиентская часть приложения и компонент (сервер). Распределенная компонентная архитектура DCOM поддерживает множество распространенных сетевых протоколов: TCP/IP, UDP, IPX/SPX,

NetBIOS и др. Программы, использующие эту технологию, могут работать в различных типах сетей.

Реализуют DCOM библиотеки ActiveX. Технология ActiveX предоставляет программистам наборы стандартных библиотек и позволяет программным компонентам взаимодействовать друг с другом по сети независимо от языка программирования, на котором они написаны.

Для физической передачи программных компонентов применяется множество протоколов передачи данных: Modbus, Ethernet, CAN, HART, Profibus и пр. Протоколы разрабатываются с учетом особенностей производства и технических систем, обеспечивая надежное соединение и высокую точность передачи данных между различными устройствами. Наряду с надежностью работы в жестких условиях все более важными требованиями в системах АСУТП становятся функциональные возможности, гибкость в построении, простота интеграции и обслуживания, соответствие промышленным стандартам.

Протокол передачи гипертекста HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) относится к прикладному и представительскому уровням открытой модели взаимодействия систем. HTTP базируется на технологии «клиент – сервер», когда существует потребитель данных (клиент), который инициирует соединение и посылает запрос, и поставщик (сервер), который ожидает соединения для получения запроса, формирует и передает ответ. Основным типом HTTP-клиента является браузер. На базе HTTP разработаны расширенные протоколы: HTTPS (Hyper Text Transfer Protocol Secure), поддерживающий шифрование, и HTTP-NG (HTTP Next Generation), увеличивающий быстродействие и расширяющий возможности промышленного применения.

Соединение драйверов ввода/вывода полевого уровня со SCADA-системой может быть организовано с использованием динамического протокола обмена данными (DDE), собственных протоколов производителей SCADA-систем, OPC-протокола.

Протоколы физического уровня передачи данных (например, Modbus) поддерживаются серверами OPC (OLE for Process Control). OLE (Object Linking and Embedding) представляет собой программный код для связывания и внедрения объектов. В рамках технологии OLE базовым является понятие «документ». Документ – это объект, с которым происходит связывание или в который происходит внедрение других объектов. Связывание объекта (Linking) – действие, при котором объект не переходит к клиенту, а последний хранит о нем визуальное представление и его адрес на сервере. Изменение объектов на серверном и клиентском приложениях синхронизированы. Внедрение объекта (Embedding) – действие, при котором объект переходит к клиенту, а последний запоминает сервер и при необходимости редактирования объекта обращается к серверу. OLE-объект – это часть данных, которая

используется совместно несколькими приложениями. OLE-контейнер – приложение, в которое может быть встроен OLE-объект. OLE-сервер – приложение, способное создавать и обслуживать OLE-объекты.

OPC-протокол является стандартным, поддерживается большинством SCADA-систем, что позволяет объединить на уровне объектов различные системы управления и контроля, функционирующие в распределенной гетерогенной среде, а также устраняет необходимость использования нестандартных протоколов обмена данными между устройством и SCADA-системой.

Появление OPC-серверов означает разработку стандартов обмена данными компьютеров с технологическими устройствами. OPC-интерфейс допускает различные варианты обмена:

- получение данных с физических устройств;
- обмен между частями распределенного приложения;
- обмен между различными приложениями.

Применительно к SCADA-системам OPC-серверы, расположенные на всех компьютерах системы управления, стандартным образом могут поставлять данные в программу визуализации, БД и т.д. При обмене данными с OPC-сервером возможны режимы:

периодический, когда данные запрашиваются OPC-клиентом с заданной частотой;

обмена по изменению значения, когда обмен происходит при изменении значения переменной на заранее заданную величину.

С точки зрения нормативной документации OPC описывается спецификациями:

OPC Data Access определяет доступ к данным реального времени (обмен текущими значениями);

OPC Alarms and Events определяет обмен информацией о тревогах и событиях;

OPC Historical Data Access содержит информацию по обмену историческими данными;

OPC Batch определяет обмен информацией о состоянии оборудования;

OPC Security предоставляет характеристики процесса авторизации.

Каждый элемент данных (например, измеряемая величина) состоит из полей: <Value> (значение); <Quality> (качество); <Timestamp> (отметка времени). В поле <Value> могут быть любые данные скалярного типа. Поле <Quality> позволяет определить, не произошла ли ошибка в момент измерения величины или во время передачи данных. Поле <Quality> может принимать значения: UNCERTAIN (не определено), GOOD (удовлетворительно), BAD (неудовлетворительно). В случае значения BAD в этом поле содержится дополнительный признак, позволяющий уточнить причину непо-

ладки (например, «отсутствие связи», «сбой устройства», «ошибка конфигурации», «отказ датчика», «данные заблокированы», «причины неизвестны»).

В рамках стандарта OPC все элементы данных объединяются в группы. Каждый элемент данных и группа имеют свое уникальное имя. Элементы данных и группы могут быть организованы в иерархическую структуру (рис. 7.2). Все элементы в каждой группе обновляются периодически, через равные промежутки времени. Элементы данных часто называют тегами (TAG). Именно теги и являются технологическими переменными в SCADA-системе.

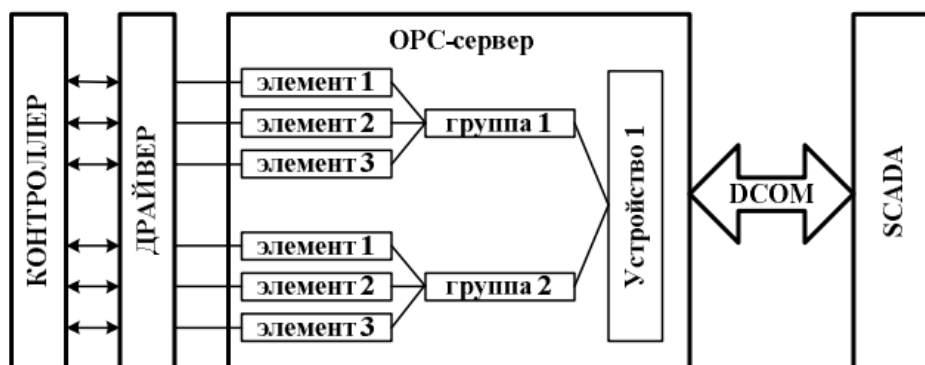


Рис. 7.2. Организация данных в рамках стандарта OPC

Обязательные свойства тега:

текущее значение переменной, ее тип и права доступа (чтение и/или запись);

качество переменной (зависит от выхода измеряемой величины за границы динамического диапазона, отсутствия данных, ошибки связи и др.);

метка времени (сообщает о времени, когда переменная получила данное значение);

частота опроса переменной (задает время обновления значения переменной);

описание переменной (содержит информацию о том, что представляет собой эта переменная).

Дополнительно могут быть указаны необязательные свойства: диапазон изменения значения, единица измерения и др.

Для чтения данных из OPC-сервера можно использовать режимы:

синхронный, когда клиент посылает запрос серверу и ждет от него ответ;

асинхронный, когда клиент отправляет запрос и сразу же переходит к выполнению других задач;

подписки, когда сервер отправляет клиенту только те теги, которые изменились (чтобы шум данных не был принят за их изменение, вводится понятие «мертвой зоны», которая превышает максимально возможное значение помехи);

обновления данных, когда клиент вызывает одновременное чтение всех активных тегов.

Активными называются все теги, кроме обозначенных как «пассивные». Такое деление тегов уменьшает загрузку процессора обновлением данных, принимаемых из физического устройства. Клиент получает данные от OPC-сервера, либо из буфера, либо сразу из конечного устройства. Чтение из буфера выполняется быстрее, но данные в нем могут оказаться неактуальными. OPC-сервер периодически обновляет данные, запрашивая информацию у конечных устройств. Запись данных в конечное устройство осуществляется в синхронном или асинхронном режиме без промежуточной буферизации. В синхронном режиме клиент осуществляет запись данных и ждет подтверждения о выполнении команды от конечного устройства. Это может занять много времени. Асинхронный режим позволяет клиенту направить запрос серверу и переключиться на другие задачи. После окончания записи сервер отправит клиенту уведомление.

Обработка тревог и событий производится соответствующим OPC-сервером (OPC Alarms and Events). Он формирует и посылает дискретные сигналы клиентам, которые подтверждают получение сообщений. Доступ к историческим данным производится через OPC-сервер исторических данных (OPC Historical Data Access). Данная программа полученные в реальном времени значения архивирует и предоставляет по запросам.

OPC-сервер должен осуществлять буферизацию данных, запрашиваемых различными клиентскими приложениями, и оптимизировать их передачу. Буферизация необходима для исключения потерь данных и их многократного считывания. Использование технологии OPC позволяет производителям оборудования создавать универсальные «переходники» от своего устройства к стандартному интерфейсу. Разработчики ПО могут ориентировать свои продукты на работу со стандартным интерфейсом, не зависящим от типа устройства. Потребители комплектуют системы управления устройствами и ПО, которые в наибольшей степени подходят для решения задач.

Реальное время передачи данных не превышает 50 мс, но в целом технология OPC не обеспечивает работу в жестком реальном времени, поскольку в DCOM отсутствуют понятия качества обслуживания, крайних сроков и т.д.

Сервер OPC UA (Unified Architecture) функционирует по стандарту, описывающему передачу данных в промышленных сетях. Он обеспечивает защищенную и надежную коммуникацию между устройствами, являясь при этом аппаратно- и платформонезависимым, что позволяет обеспечить обмен данными между устройствами с разными ОС. Вместо дерева тегов в OPC UA вводится понятие узлов или объектов. Каждый узел включает в себя переменные, методы и другие структуры данных реального объекта (рис. 7.3). Обмен данными происходит через бинарные структуры и

XML-документы. Прикладной протокол пользователя (API) определяет процедуру формирования сообщений.

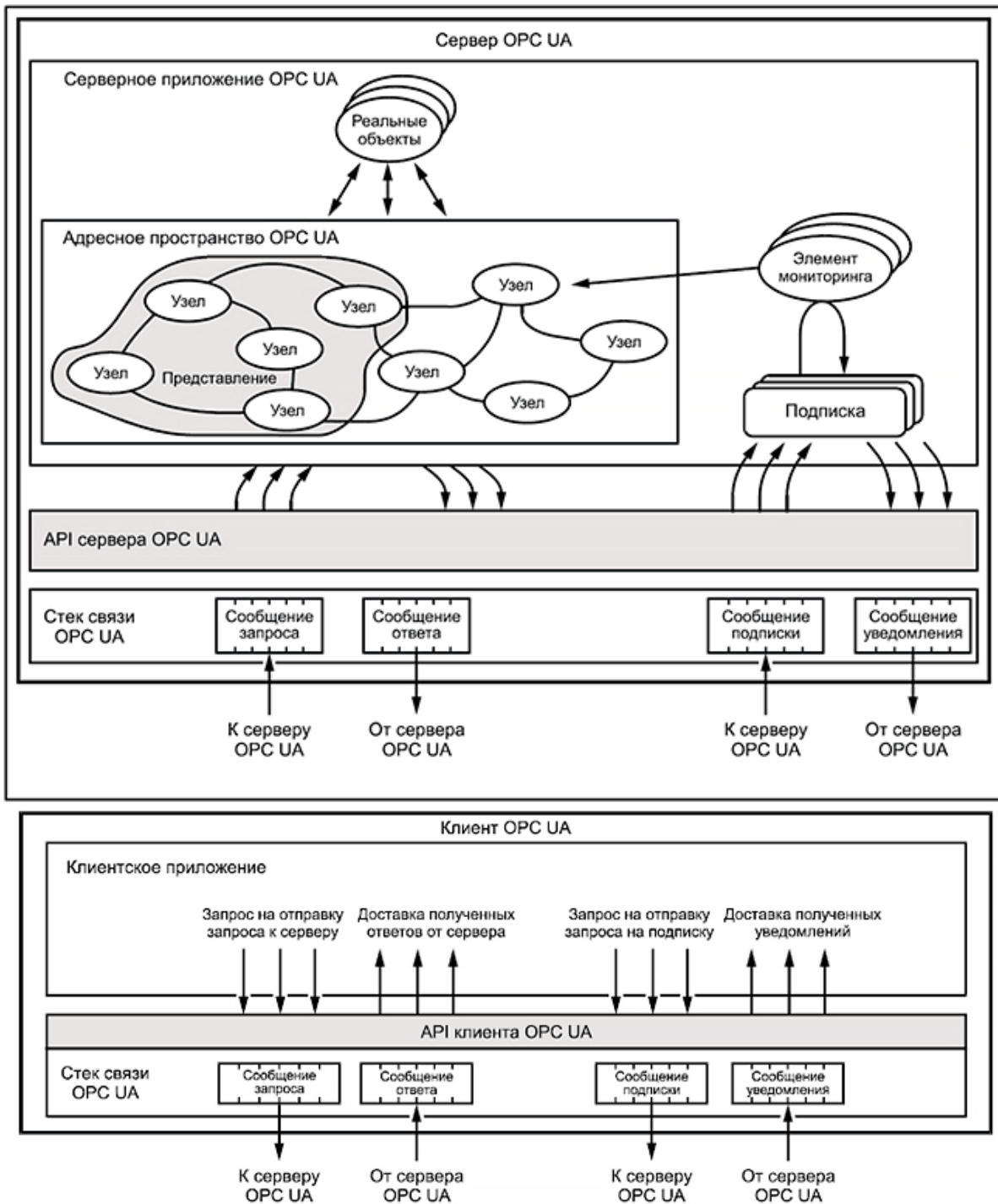


Рис. 7.3. Клиент-серверная реализация OPC UA

Технология OPC UA определяет механизм для поддержки резервирования (если один клиент станет недоступным, то его заменит другой) и быстрого восстановления связи в случае сбоя. Передача данных происходит через транспортный слой TCP, HTTP/SOAP или HTTPS.

Вместо механизмов контроля прав доступа ОС Windows в OPC UA реализована поддержка цифровых сертификатов и возможность шифрования передаваемых данных.

OPC UA работает без промежуточного ПО при передаче данных через маршрутизаторы и межсетевые экраны. С целью интеграции реализована обратная совместимость с OPC DA через специальную оболочку (wrapper) и проху-модуль.

В ходе проектирования мнемосхем и модулей обработки данных проектировщик использует разные форматы данных, выбор которых важен для интеграции приложений (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Перечень типизированных форматов данных

Характеристика типа	Обозначение	Длина (байт)	Диапазон возможных значений	ТYP.0...3
Булева переменная	Bool	1	00h = False, FFh = True	0
Беззнаковое байтовое	Ubyte	1	0...255	1
Знаковое байтовое	Byte	1	-128...127	2
Беззнаковое целое	Uint	2	0...65535	3
Знаковое целое	Int	2	-32768...32767	4
Беззнаковое длинное	Ulong	4	0...4294967295	5
Знаковое длинное	Long	4	-2147483648...2147483647	6
С плавающей точкой (формат IEEE)	Float	4	$\pm 1.2E-38 \dots \pm 3.4E+38$	7
С плавающей точкой (формат IEEE)	Double	8	$\pm 2.2E-308 \dots \pm 1.8E+308$	8
Нуль – терминирующая строка	ASCIIZ	1...32, включая завершающий 0	Любая последовательность ASCII кодов, заканчивающихся нулем	9

Программируемые логические контроллеры (ПЛК), исполнительные устройства, измерительные преобразователи представляются в виде регистровой модели прибора (табл. 7.2).

Таблица 7.2

Регистры измерителя-регулятора серии «Метакон»

Адрес	Доступ	Тип	Название регистра.	Диапазон допустимых значений	Примечание
00h	R	Ubyte	Код канала данного типа	02h	--
01h	R	Int	Результат измерения	-999...9999	1,2,3,4
02h	RW	Int	Уставка ПДД регулятора	-999...9999	1,2,5,6
03h	RW	Uint	Зона пропорциональности	1...9999	1,2,5,6
04h	RW	Uint	Постоянная интегрирования	1...30000	5,6,9
05h	RW	Ubyte	Постоянная дифференцирования	0...255	5,6,9
06h	RW	Byte	Сигнал управления	-100...100	4,6,8,13
07h	R	Bool	Выход "Больше"	0h или FFh	4
08h	R	Bool	Выход "Меньше"	0h или FFh	4
09h	RW	Int	Уставка H	-999...9999	1,2,5,6,7
0Ah	RW	Ubyte	Ширина гистерезиса H	0...255	1,2,5,6
0Bh	RW	Bool	Выход H	0h или FFh	4,7,8
0Ch	RW	Int	Уставка L	-999...9999	1,2,5,6,7
0Dh	RW	Ubyte	Ширина гистерезиса L	0...255	1,2,5,6
0Eh	RW	Bool	Выход L	0h или FFh	4,7,8

7.2. Интерфейсы передачи данных полевого уровня

Большое прикладное значение имеет выбор интерфейсов передачи данных от измерительных устройств в программно-технические комплексы верхних уровней автоматизации производства. Данные могут передаваться с использованием как проводных, так и беспроводных каналов связи. Рассмотрим широко применяемый в РФ для организации взаимодействия по последовательным линиям связи между элементами промышленных сетей передачи данных интерфейс RS485.

Физические характеристики канала передачи данных по стандарту RS485:

- способ передачи – асинхронный полудуплекс;
- скорость передачи выбирается из значений 2.4, 4.8, 9.6, 19.2 Кбод;
- формат посылки фиксирован – один стартовый бит, восемь бит данных без проверки на четность, один стоповый бит;
- максимальное количество устройств в одной сети без повторителей – 32;
- максимальное расстояние передачи без повторителей – не более 1 км.

Версия протокола передачи данных Modbus TCP стандарта RS485 применяется для передачи данных по сетям Ethernet поверх TCP/IP. Различие между протоколами Modbus ASCII и Modbus RTU заключается в способе кодирования символов. В режиме ASCII данные кодируются при помощи таблицы ASCII, где каждому символу соответствует два байта данных. В режиме RTU данные передаются в виде 8-разрядных двоичных символов, что обеспечивает более высокую скорость передачи данных. ASCII допускает задержку до 1 с, в отличие от RTU, где сообщения должны быть непрерывны.

Modbus ASCII, Modbus RTU и Modbus TCP/IP используют один и тот же прикладной протокол, обеспечивающий возможность совместимости при интеграции. Протяженность линий связи и скорость передачи данных зависит от физической реализации интерфейса. В сети есть одно устройство, называемое «ведущим» (master), и несколько «ведомых» (slave). Запросы в сети может инициировать master-устройство, slave-устройства только отвечают на запросы и не могут инициировать передачу данных. Ведущий может обращаться индивидуально к определенному ведомому или инициировать передачу широковещательного сообщения для всех устройств сети. Ведомый формирует сообщение в ответ на запрос, адресованный именно ему. Протокол определяет передачу данных пакетами (рис. 7.4).

В зависимости от реализации протокола заголовки пакета различаются. Основными составляющими пакета являются ADU, представляет собой пакет целиком, со всеми заголовками, PDU, контрольной суммой, адресом и маркерами, и PDU – основная часть пакета, одинаковая для всех реализаций протокола.

В одном сегменте Modbus-сети могут находиться до 247 устройств. Адреса имеют только slave-устройства, master-устройство не имеет адреса. Адрес «0» используется для широковещательных запросов от ведущего, slave-устройства не отвечают на эти запросы.

В протоколах Modbus RTU и ASCII используется два байта контрольной суммы. В Modbus RTU применяется алгоритм CRC16, в Modbus ASCII – более простой и менее надежный LRC8. В Modbus TCP контрольная сумма не добавляется в ADU, так как целостность проверяется на уровне TCP.

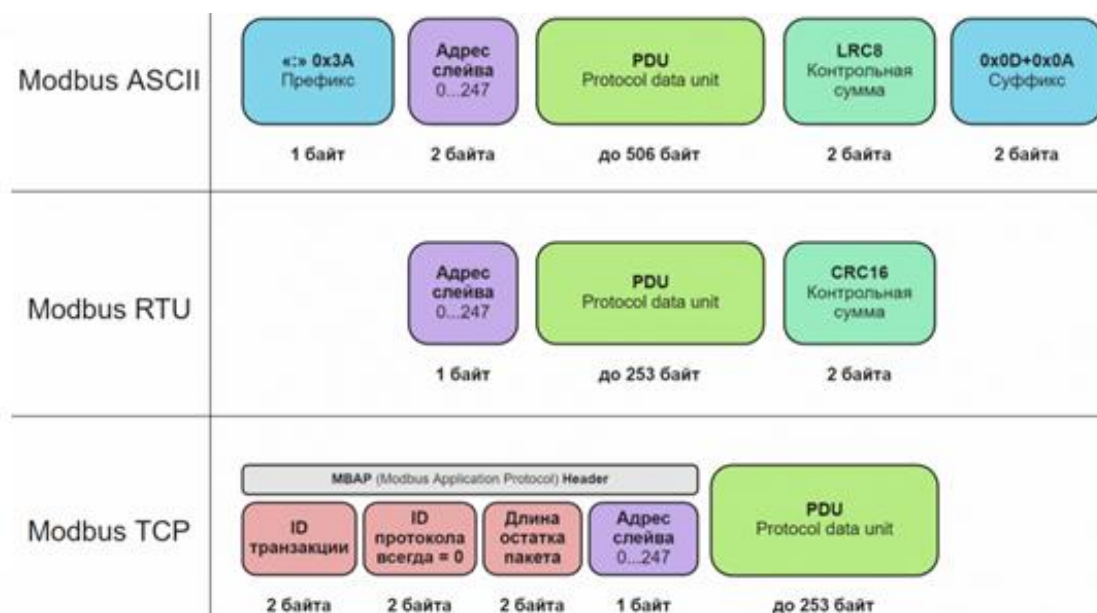


Рис. 7.4. Пакеты данных для разных протоколов Modbus

В упрощенном виде структура запросов Modbus состоит из данных и кода функции для операций с ними (рис. 7.5).

Коды функции различаются для разных типов данных. Например: дискретные входы устройства доступны только для чтения, имеют функцию «02» (чтение группы регистров); дискретные выходы или внутренние значения доступны для чтения и записи и имеют функции «01» (чтение группы регистров), «05» (запись одного регистра), «15» (запись группы регистров); 16-битные входы доступны только для чтения, имеют функцию «04» (чтение группы регистров); 16-битные выходы доступны для чтения и записи.



Рис. 7.5. Коды функций при работе с данными

Несмотря на названия «входы» и «выходы», данные могут являться внутренними переменными или сигналами управляющих триггеров, хранить счетчики и флаги.

Тег состоит из набора атрибутов и программного кода (скриптов) для их обработки (табл. 7.3). Количество атрибутов произвольно. Тег зависит от вида сигналов созданного виртуального или реального объекта. Для каждого сигнала создается несколько тегов (например, теги аналогового ввода ВА1, ВА2, ..., которые различаются количеством атрибутов). В тегах с меньшим номером количество атрибутов меньше и, следовательно, меньше объем информации о состоянии переменной [18].

Таблица 7.3

Атрибуты тега «Тег 1»

№	Имя	Тип	Пользовательское имя
1	Time	DateTime	Метка времени
2	Quality	String	Качество тега (строка)
3	QualityN	Int32	Качество тега N
4	Error	Int32	Ошибка чтения
5	WriteError	Int32	Ошибка записи
6	StopOproS	Boolean	Отключение опроса
7	Name	Single	Имя тега
8	Value	Single	Текущее значение
9	Number	Single	Номер

Расширение объема информации, необходимой для управления и организации информационного взаимодействия составляющих АС, требует расширения множества атрибутов, например уставки для формирования сигнализаций о выходе значения параметра за допустимые пределы (ВАГ, НАГ – верхняя и нижняя аварийные границы значения

параметра; ВПГ, НПГ – верхняя и нижняя предупредительные границы изменения параметра) (табл. 7.4).

Таблица 7.4

Атрибуты тега «Измерение» [18]

№	Имя	Тип	Пользовательское имя
1	Time	DateTime	Метка времени
2	Quality	Строка	Качество тега (строка)
3	QualityN	Int32	Качество тега N
4	Error	Int32	Ошибка чтения
5	WriteError	Int32	Ошибка записи
6	StopOproS	Boolean	Отключение опроса
7	Name	String	Имя тега
8	Value	Single	Текущее значение
9	#Low EU	Single	Начало шкалы
10	#High EU	Single	Конец шкалы
11	#Description	String	Длинная позиция
12	Alarm Inh	Boolean	Снятие с сигнализации
13	#LoLo Limit	Single	НАГ
14	#Lo Limit	Single	НПГ
15	#Hi Limit	Single	ВПГ
16	#HiHi Limit	Single	ВАГ
17	Tag	String	Позиция
18	Status Color	Byte	Цвет состояния
19	Valid Alm New	Boolean	Новая сигнализация по достоверности
20	Valid Alm	Boolean	Сигнализация по достоверности
21	On Almll New	Boolean	Новое нарушение НАГ
22	On Almll	Boolean	Нарушение НАГ
23	On Almhh New	Boolean	Новое нарушение ВАГ
24	On Alm New	Boolean	Новое нарушение НПГ
25	On Alm	Boolean	Нарушение НПГ
26	On Almh New	Boolean	Новое нарушение ВПГ
27	On Almh	Boolean	Нарушение ВПГ
28	On Almhh	Boolean	Нарушение ВАГ
29	UnitMeasure	String	Единицы измерения
30	Receipting	Boolean	Квитирование
31	#OldLoLo Limit	Single	Предыдущее значение НАГ
32	#OldLo Limit	Single	Предыдущее значение НПГ
33	#OldHi Hi Limit	Single	Предыдущее значение ВПГ
34	#OldHi Limit	Single	Предыдущее значение ВАГ

Каждый атрибут тега имеет свой формат данных. Активизация атрибута производится в ходе разработки контуров сигнализации и регулирования (рис. 7.6).

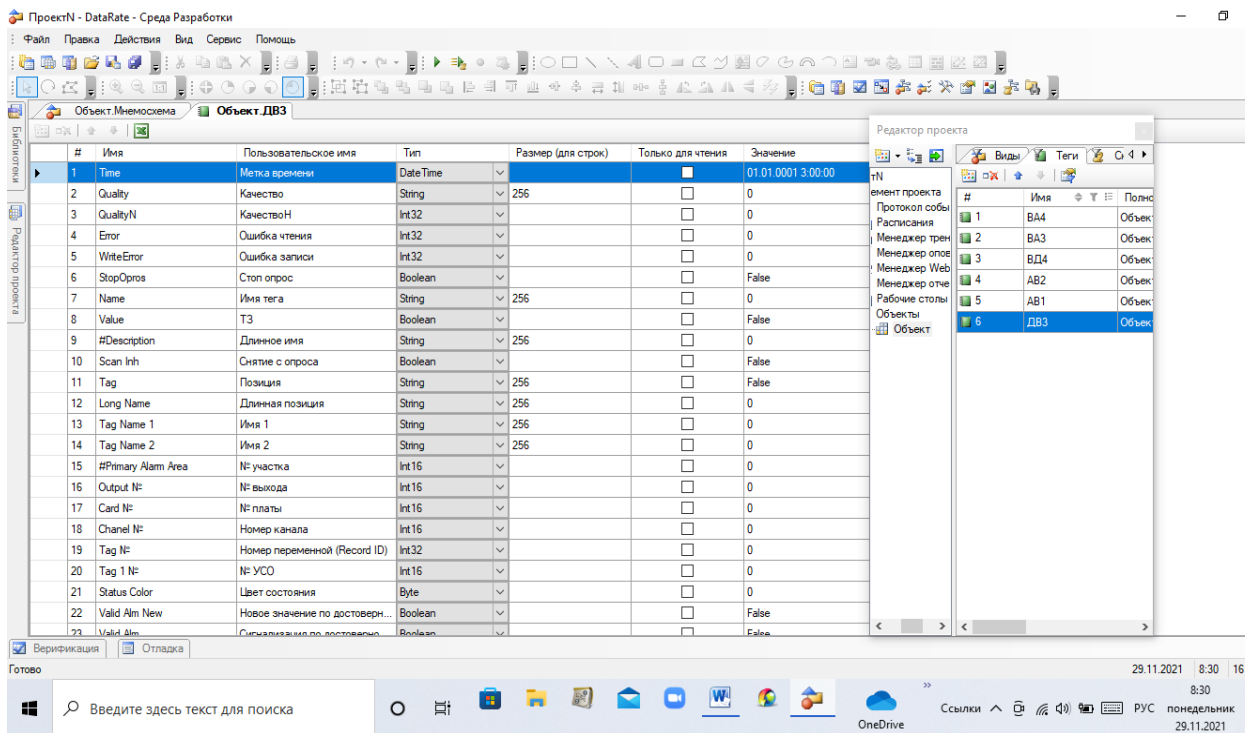


Рис. 7.6. Настройка атрибутов тега

Соединение между тегами OPC-коннекторов и внутренними тегами можно устанавливать связями «звезда» и «магистраль» (через другой внутренний тег) (рис. 7.7).

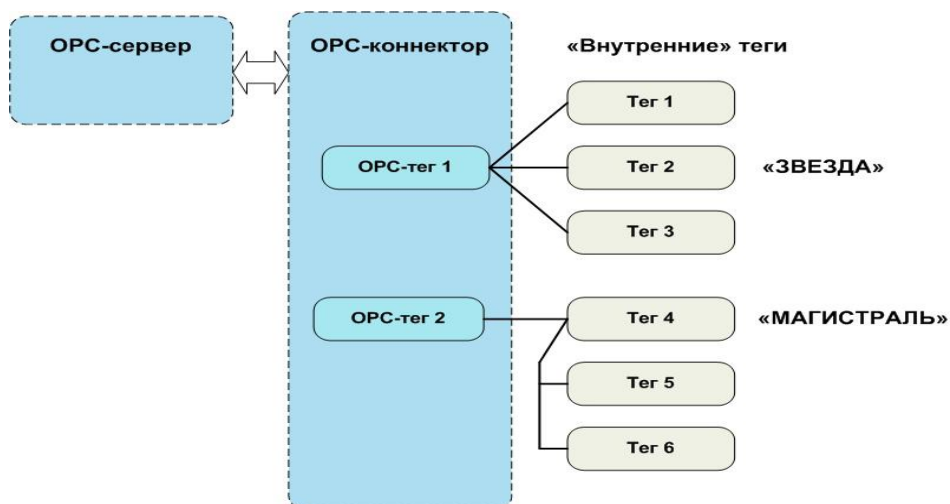


Рис. 7.7. Типы связей тегов

При выборе связи «магистраль» внутренние теги разных приложений должны иметь одинаковые непривязанные атрибуты, причем изменение значения атрибута в одном из тегов приведет к изменению соответствующих атрибутов всех остальных связанных с ним тегов.

7.3. Сигнализация в автоматизированных системах

Функции сигнализации в АСУТП реализуются процедурой формирования алармов. Аларм (alarm) представляет собой сообщение, предупреждающее оператора о возникновении ситуации, которая может привести к серьезным последствиям. Появление такого сообщения требует вмешательства оператора или системы верхнего уровня управления.

Принято различать неподтвержденные и подтвержденные сообщения. Аларм считается подтвержденным после того, как оператор отреагировал на сообщение. Дискретные алармы возникают при изменении состояния дискретной переменной (1) или (0). Аналоговые алармы возникают при выходе значений контролируемой переменной за установленные пределы и могут быть заданы в нескольких комбинациях: «High» и «High High» (верхний и выше верхнего); «Low» и «Low Low» (нижний и ниже нижнего); «Deviation» (отклонение от нормы); «Rate of Change» (скорость изменения).

Фильтрация сигнала при формировании сообщений производится установкой зоны нечувствительности («Dead band»), определяющей допустимое отклонение от заданного значения («Set point»). Заданное значение может изменяться оператором или программно. Зона нечувствительности для скорости изменения параметра не применяется.

Каждому аларму соответствует показатель, называемый приоритетом. Он характеризует важность аларма и может принимать значения из диапазона от 1 до 999. Самое важное сообщение имеет приоритет 1. Если одновременно возникает несколько алармов, то они будут обрабатываться в порядке возрастания значения приоритета.

Наряду с алармами, в SCADA-системах существует понятие событий. События представляют собой сообщения системы, которые не требуют реакции оператора. Обычно событие генерируется при возникновении в системе определенных условий (типа регистрации оператора в системе). События делятся на типы: ACK – аларм был подтвержден; ALM – возникла аварийная ситуация; EVT – возникло аварийное событие; RTN – значение переменной вернулось в заданные для штатного состояния пределы; SYS – возникло системное событие; USER – значения переменной было изменено оператором; DDE – получено новое значение переменной от DDE-клиента; LGC – скрипт изменил значение переменной; OPR – оператор ввел новое значение переменной.

Формирование сообщений и изменение атрибутов тегов возможно специально написанными подпрограммами, называемыми «скриптами» (рис. 7.8). Язык для написания скриптов определяется используемой системой контроля.

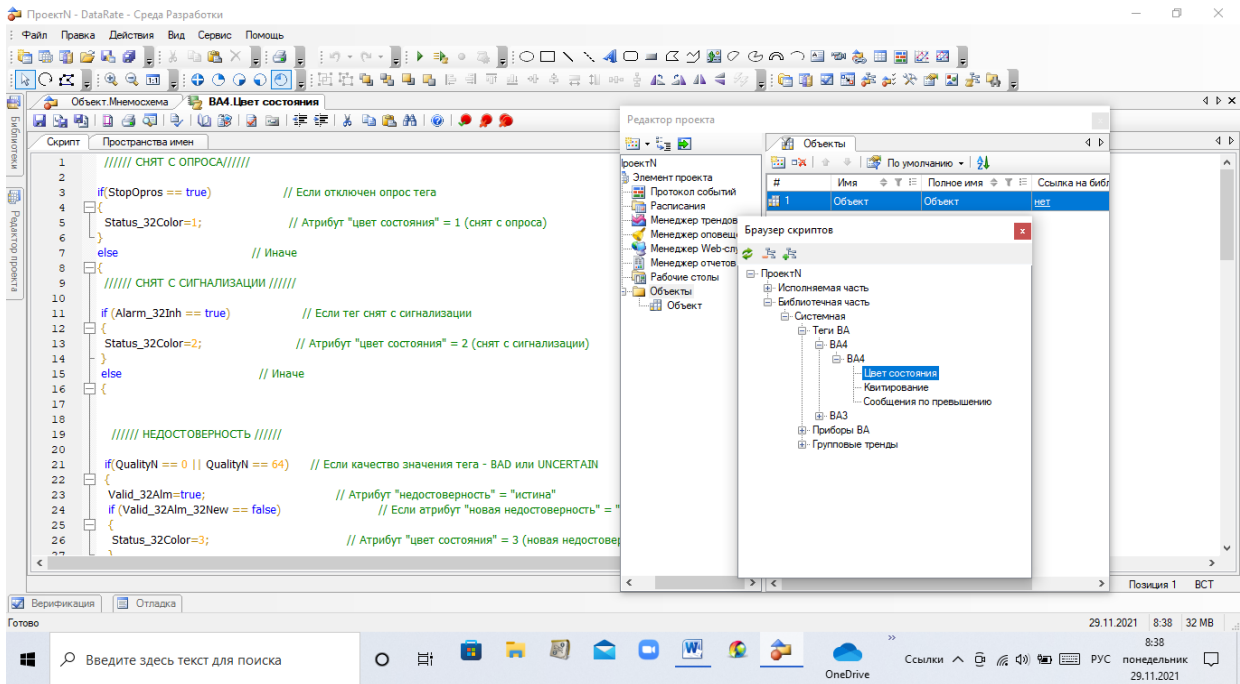


Рис. 7.8. Использование скриптов в интегрированной системе

По аналогии с рассмотренными ранее программными приложениями большое значение для стадий проектирования имеет наличие в системе контроля библиотек. Например, с системой «DataRate» поставляются «Системная библиотека», «Библиотека технологических объектов учета энергоресурсов», «Библиотека объектов электрических схем» (рис. 7.9), которые содержат шаблоны объектов, необходимые для создания АС. Библиотечному объекту можно добавлять новые свойства и переопределять доставшиеся в наследство. Созданный разработчиком объект можно поместить в библиотеку объектов. Библиотека технологических объектов ТО содержит набор шаблонов мнемосхем, скриптов, тегов, типовых отчетов для создания проекта.

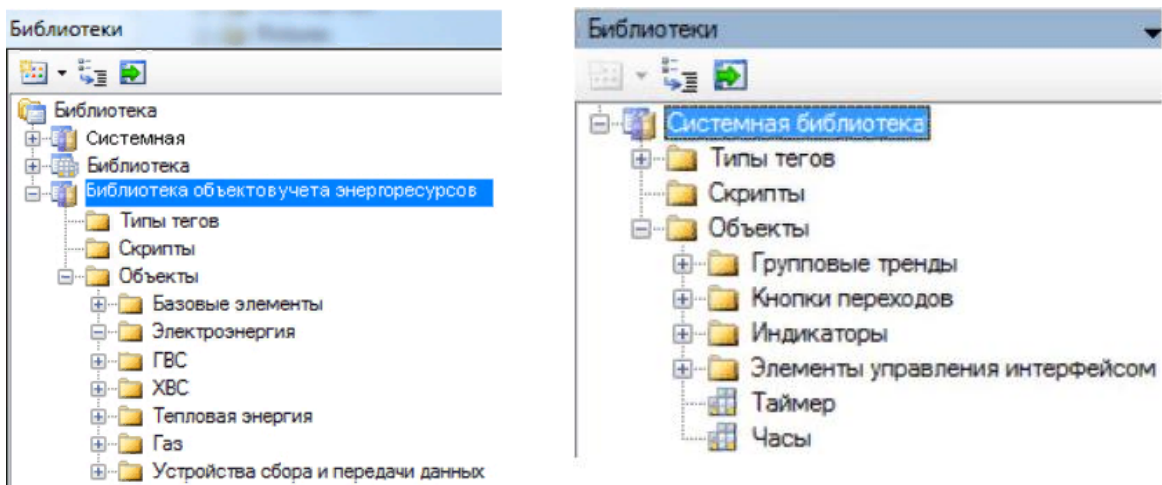


Рис. 7.9. Библиотеки SCADA-системы

Библиотека объектов электрических схем предназначена для создания, просмотра, распечатки и хранения схем электрических соединений в проектах систем контроля и управления энергетическими объектами (рис. 7.10).

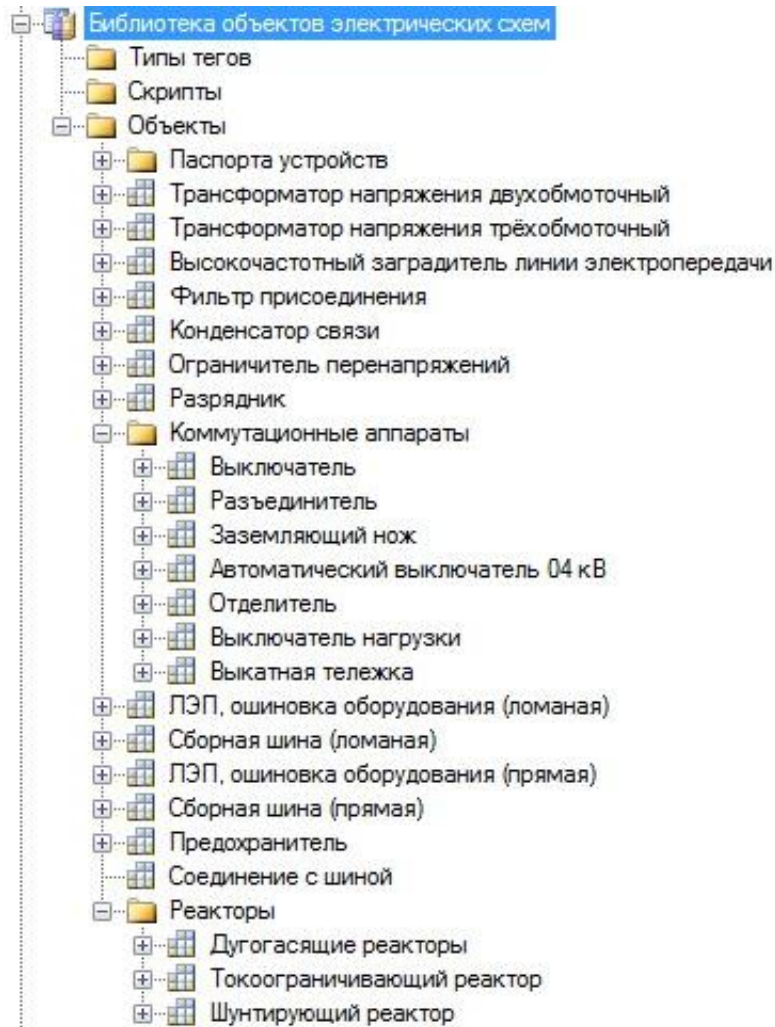


Рис. 7.10. Состав библиотеки объектов электрических схем

Объект библиотеки содержит УГО и параметры электрического элемента (рис. 7.11). При смене значения «Класс напряжения» цвета изображений на схемах автоматически изменяются в соответствии с настройками проекта. В состав библиотеки входят типовые элементы: устройства с неизменяющимся состоянием, трансформаторы, реакторы, линии электропередачи и сборные шины, устройства с изменяющимся состоянием (в том числе коммутационное оборудование с состояниями «Включено»/«Отключено»). Есть также объекты с состояниями «Рабочее», «Ремонтное», «Контрольное». В библиотеке предусмотрена папка «Паспорта устройств», содержащая информацию, предоставляемую изготовителями устройств.

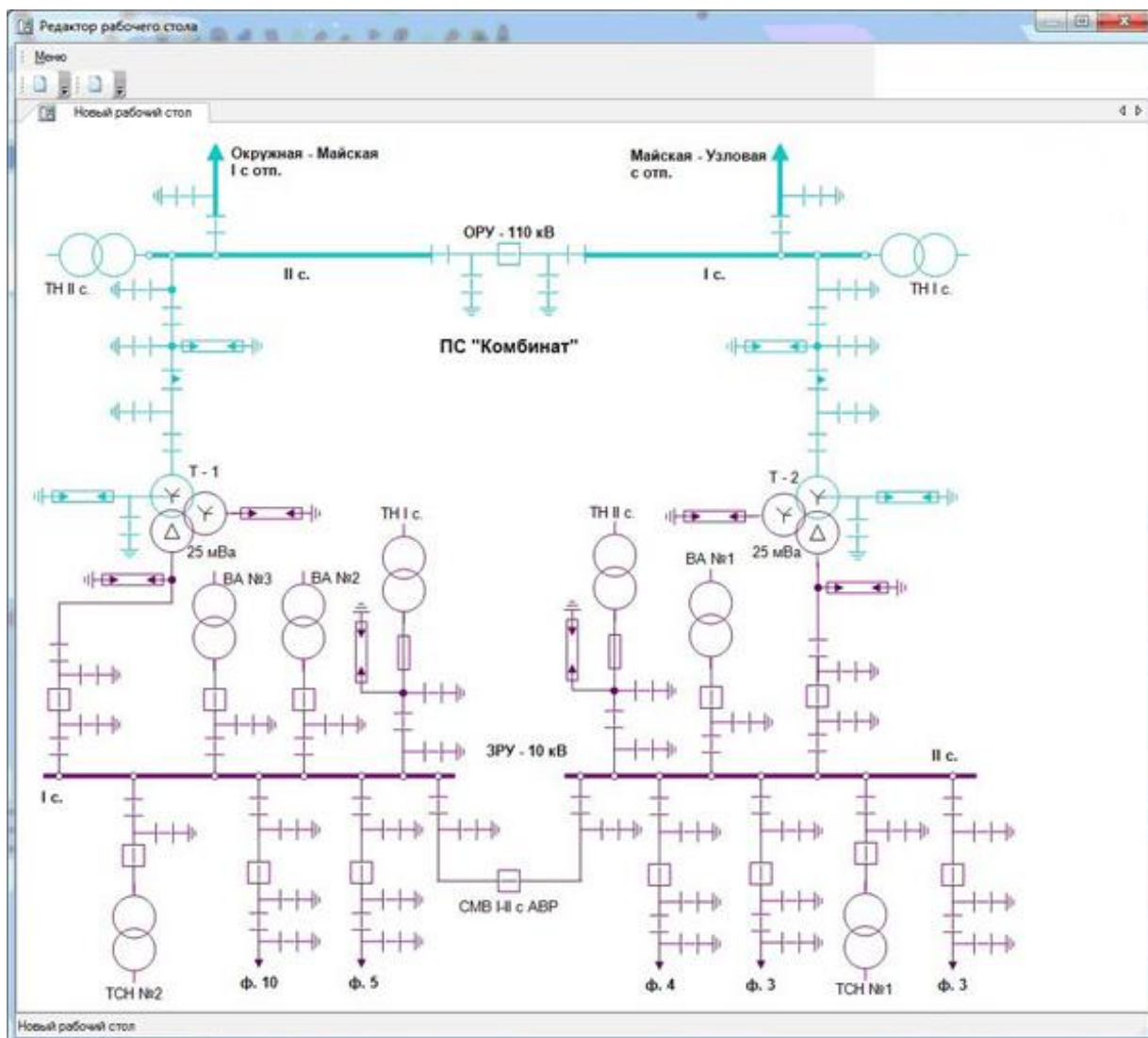


Рис. 7.11. Пример схемы энергоснабжения [18]
 (ОРУ, ЗРУ – открытое и закрытое распределительные устройства;
 ТЧН – трансформатор; АВР – автоматическая релейная защита;
 СМВ – системный магистральный ввод)

Типовые решения, предлагаемые разработчиками АС, также могут рассматриваться как библиотека. Например, ООО «ЭнергоКруг» предлагает в свободном доступе решения по созданию проектов систем управления вентиляцией и кондиционированием, пожаротушения и дымоудаления, технического учета электроэнергии [18]. Решения могут использовать как проводные каналы связи (RS 485), так и радиоканалы (GSM). Практика организации распределенных АС с использованием GSM-каналов (GPRS) позволяет в десятки раз сократить стоимость организации информационного обмена с оборудованием и сэкономить на обслуживании сетей связи. Недостатком типовых решений в сложившихся условиях является их ориентация на ОС Windows, т. е. платформозависимость (в частности, от приложения Netware).

8. СИСТЕМЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Частью интегрированной производственной системы по выпуску измерительных устройств, регулирующих приборов, модулей архивации и сбора данных является система «Delta Design» (ОАО «Эремекс», РФ). Важно отметить, что компания «Эремекс» работает в тесном сотрудничестве с ЗАО «Аскон» и «Delta Design» и интегрирована через специальный модуль «Инструмент программиста» с «Лецман: PLM».

«Delta Design» включает функции систем CAD, CAM, EDA и обеспечивает полный цикл разработки документации на печатные платы электронных устройств (рис. 8.1).

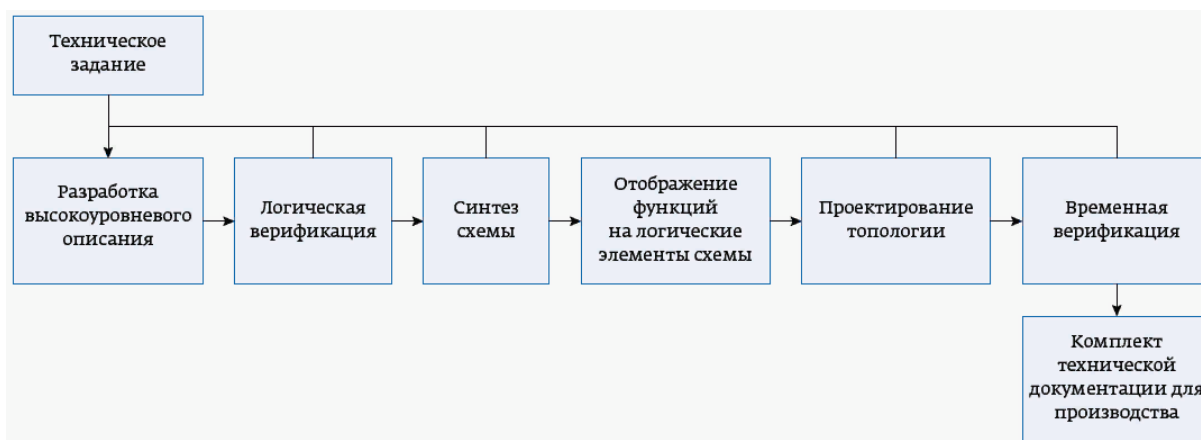


Рис. 8.1. Последовательность разработки документации на печатные платы

В системе реализуются:

- формирование БД компонентов;
- разработка электрических принципиальных схем;
- моделирование работы схем;
- разработка конструкции печатных плат;
- выпуск конструкторской и производственной документации, в том числе для автоматизированных производственных линий;
- составление перечней закупаемых изделий и материалов [19].

Библиотека «Delta Design» содержит информацию для использования системы при проектировании и позволяет осуществлять импорт и экспорт в другие приложения отдельных компонентов, отдельных частей описаний компонентов [19].

Функционал схмотехнического редактора обеспечивает возможность проектировать электрические схемы на основе выбираемых стандартов проектирования и оформления, благодаря чему можно совместить процессы проектирования и выпуска документации. Система позволяет осуществлять автоматическое прокладывание цепей и перестроение схемы прибора при редактировании без нарушения стандартов оформления.

Система дает возможность моделировать работу не только схемы устройства, но и ПО, которое планируется использовать. В редакторе правил реализуется управление правилами и технологическими ограничениями разрабатываемой печатной платы. Дерево иерархии правил формируется в зависимости от сложности проекта. Ведение правил осуществляется с использованием принципа наследования заданных параметров по иерархии цепей, слоев и областей на плате. Каждый из уровней правил представляет собой отдельную таблицу с едиными принципами ведения данных.

Функционал редактора плат позволяет создавать печатные платы любого уровня сложности, при этом используется встроенный справочник материалов. Размещение компонентов и прокладка трекков осуществляется с непрерывным контролем правил проектирования. Для трассировки дифференциальных пар применяется дополнительный контроль зазоров и длин проводников. Такой подход позволяет точно определять свойства проектируемого изделия и в целом повысить эффективность разработки многослойных плат. Трассировка печатной платы может выполняться в автоматическом режиме.

3D-визуализация обеспечивает возможность получить реалистичную 3D-модель платы и отслеживать пересечения компонентов между собой, а также совместимость компонента с его посадочным местом.

Формат производственной документации таков, что она может использоваться на автоматических производственных линиях. Конструкторская документация выпускается в соответствии с выбираемыми проектировщиком в отдельном модуле стандартами (доступны российские ГОСТы, стандарты ANSI (ISO), корпоративные стандарты) (рис. 8.2).

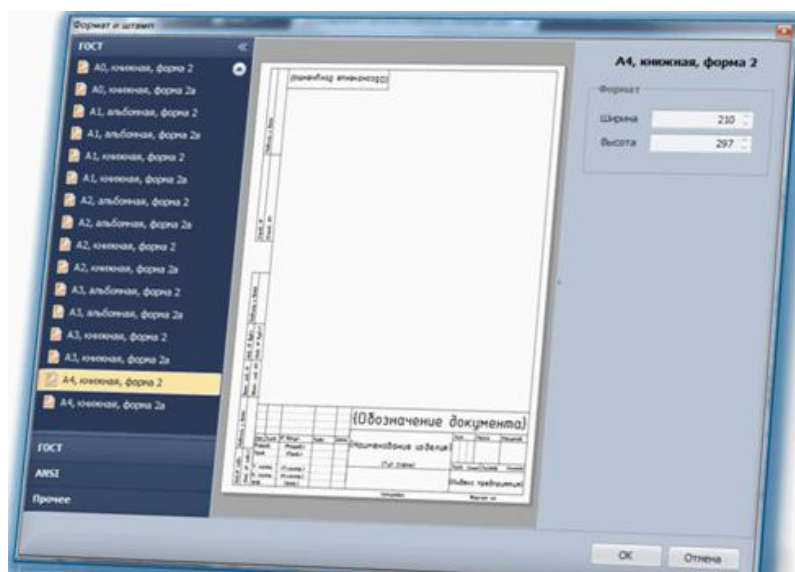


Рис. 8.2. Выбор формата листа чертежа

Процесс разработки электрических схем в системе совмещен с процессом выпуска документации. Для реализации данного подхода рабочее поле схмотехнического редактора представляется в виде отдельных листов, на которых выполняется построение схемы. В процессе создания схемы ведется автоматический сбор данных для формирования документов «Спецификация», «Перечень элементов», «Ведомость покупных изделий» и др. (рис. 8.3).

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Устройства			
A4	Устройство	1	
A5	Устройство	1	
Микрофоны			
BHT	Микрофон	1	
Конденсаторы			
C2	Схемб 0,000047 10 4,7 нФ	1	
C3	ЭНО_С1006 0,0000022 50 Х7R 2,2 нФ	1	
C4	ЭНО_С0603 0,0000000068 50 Х7R 6,8 нФ	1	
C5	ЭНО_С0603 0,00000000047 50 С00 4,7 нФ	1	
C7	ЭНО_С0603 0,0000047 10 Х7R 4,7 нФ	1	
C8	ЭНО_С0603 0,000000010 50 Х7R 10 нФ	1	
C9	ЭНО_С1006 0,000010 16 Х7R 10 нФ	1	
C10	TRC107K010R0075 100 нФ	1	
C11	ЭНО_С0603 0,0000047 10 Х7R 4,7 нФ	1	
C12	ЭНО_С0603 0,000000010 50 Х7R 10 нФ	1	
C13	ЭНО_С0603 0,000000000068 С00 6,8 нФ	1	
C14	ЭНО_С0603 0,0000047 10 Х7R 4,7 нФ	1	
C15	ЭНО_С0603 0,000000010 50 Х7R 10 нФ	1	
C16	ЭНО_С1006 0,000010 16 Х7R 10 нФ	1	
C17	ЭНО_С0603 0,000000000036 50 С00 3,6 нФ	1	
C18	ЭНО_С0603 0,000000000033 50 С00 3,3 нФ	1	
C19	ЭНО_С0603 0,0000001 50 Х7R 100 нФ	1	
C20	ЭНО_С0603 0,0000000000016 50 С00 1,6 нФ	1	
C23	ЭНО_С0603 0,000000000033 50 С00 3,3 нФ	1	
C24	ЭНО_С0603 0,0000001 50 Х7R 100 нФ	1	
C26	ЭНО_С0603 0,0000001 50 Х7R 100 нФ	1	
C32	ЭНО_С0603 0,0000001 50 Х7R 100 нФ	1	
C33	ЭНО_С0603 0,000000000010 50 С00 10 нФ	1	
C34	ЭНО_С0603 0,000000000033 50 С00 3,3 нФ	1	
C35..C37	ЭНО_С0603 0,000000000033 50 С00 3,3 нФ	3	
C38..C40	ЭНО_С0603 0,000000000010 50 С00 10 нФ	3	
C41	ЭНО_С0603 0,000000000033 50 С00 3,3 нФ	1	
C43..C45	ЭНО_С0603 0,000000000033 50 С00 3,3 нФ	3	
C49..C50	ЭНО_С0603 0,0000001 50 Х7R 100 нФ	2	
C56	ЭНО_С0603 0,0000001 50 Х7R 100 нФ	1	
C58	ЭНО_С0603 0,0000022 16 Y5V 2,2 нФ	1	
C59..C61	ЭНО_С0603 0,0000001 50 Х7R 100 нФ	3	
C62	ЭНО_С0603 0,000000010 50 Х7R 10 нФ	1	
C63	ЭНО_С0603 0,000000000010 50 С00 10 нФ	1	
C65	ЭНО_С0603 0,0000047 10 Х7R 4,7 нФ	1	
C66..C67	ЭНО_С0603 0,0000001 50 Х7R 100 нФ	2	

Рис. 8.3. Автоматическое построение перечней элементов

Для проекта можно сформировать ограниченный набор компонентов, который будет использоваться в его реализации (рис. 8.4). Размещение компонентов на схеме может осуществляться из доступных в системе библиотек, из панели поиска компонентов, а также из сформированного для проекта набора компонентов. Для поиска необходимых компонентов (особенно в обширной БД, состоящей из большого количества библиотек) предусмотрен специализированный механизм для быстрого поиска по БД. Проектировщик может использовать сложные поисковые запросы, которые могут сохраняться.

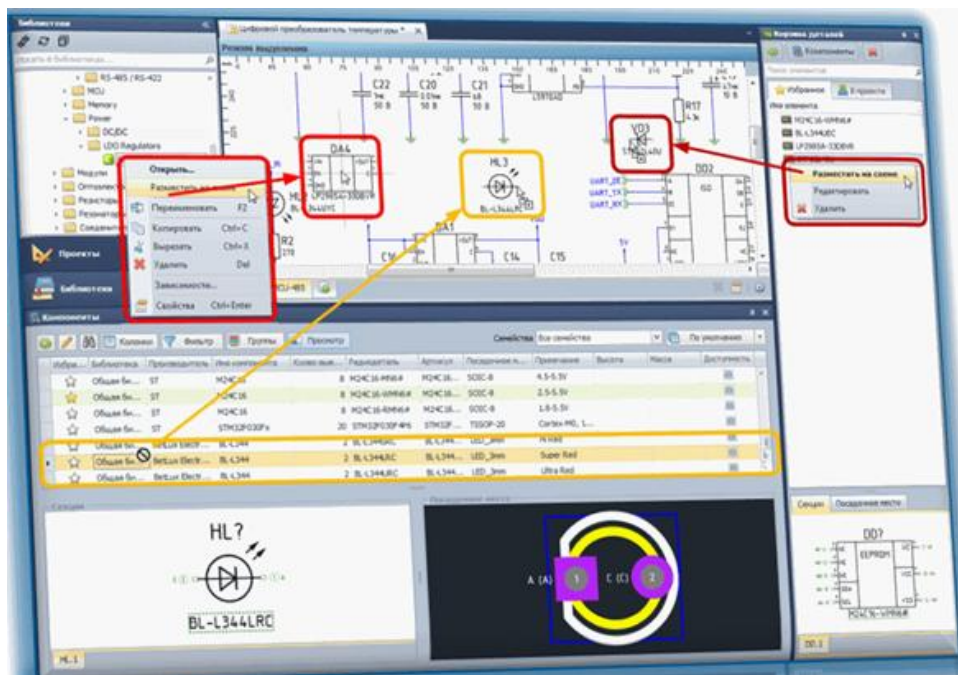


Рис. 8.4. Размещение и выбор компонентов на поле схемы

Проведение цепей между компонентами схемы автоматизировано, и при перемещении и выполнении других действий с компонентами на схеме их проводники прокладываются автоматически. Для создания графического разрыва цепи (например, для переноса цепей с одного листа на другой) используется механизм портов, между которыми отсутствует графическое изображение цепи, но электрическая целостность при этом сохраняется. Порты также указывают для обозначения заземления или источника питания.

На схеме несколько цепей могут быть объединены одной шиной. Последняя позволяет упростить схему, уменьшая количество линий электрической связи (например, объединяя все цепи магистрали передачи данных одной линией). В процессе формирования электрической схемы в системе автоматически создается список цепей, содержащий существующие цепи и контакты компонентов, к которым они подключены (рис. 8.5).

Все добавленные на схему компоненты могут быть отображены в виде списка, сгруппированного по листам. Данный список может быть

использован для быстрого поиска компонентов на схеме. Для большинства объектов на схеме можно изменить свойства отображения, чтобы придать схеме необходимый вид.

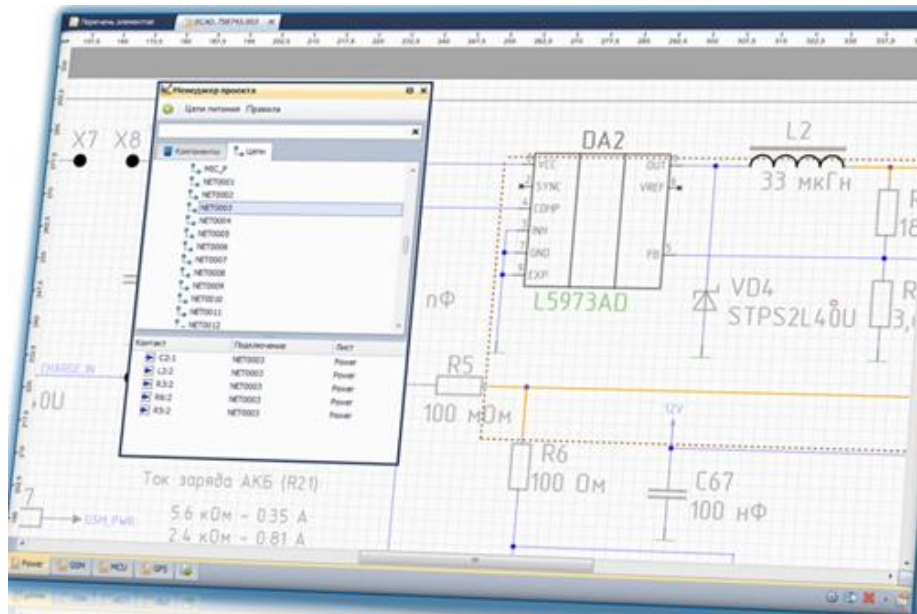


Рис. 8.5. Формирование списка цепей при проектировании

На основании схемы система позволяет создать SPICE-список (рис. 8.6). Этот список используется для моделирования работы (в том числе в сторонней EDA-системе).

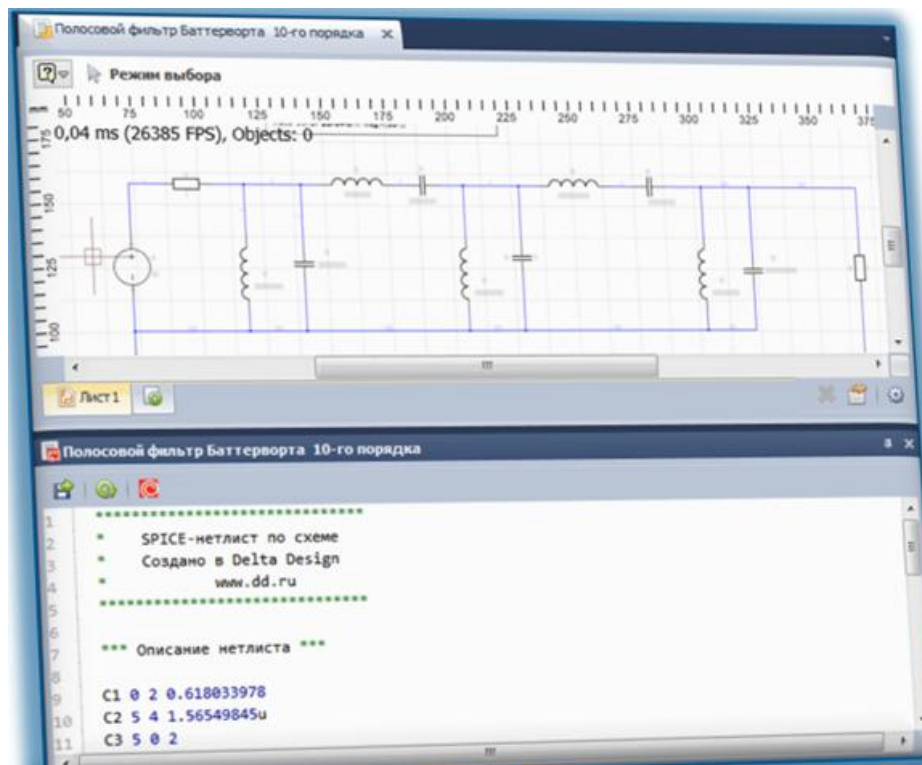


Рис. 8.6. Формирование SPICE-списка для моделирования схемы

Цифровое моделирование производится в модуле «Delta Design Simtera», работающего на основе описания работы устройств на HDL-языках (Verilog / SystemVerilog / VHDL) [18]. Для пользователей предусмотрены упрощенный и продвинутый режимы работы. Первый ориентирован на схемотехников и специалистов, незнакомых с HDL-языками. В систему встроены инструменты работы с цифровым моделированием в схемотехническом виде, помогающим пользователю на любом из этапов процесса проектирования «библиотека – схема – моделирование». Пользователю необходимо создать библиотеку компонентов с УГО и привязать УГО к компонентам HDL-модели. В системе предусмотрена автогенерация HDL-кода по УГО. На этапе проектирования схемы пользователю доступны все схемотехнические инструменты – работа с шинами, портами и пр. Второй режим предусматривает возможность моделирования работы устройств на основе SPICE-списков, описывающих связи элементов.

Моделирование устройства ориентировано на разработчиков систем автоматики на базе ПЛИС, специалистов по верификации и тестировщиков электронных устройств. В системе предусмотрены инструменты ведения проектов в текстовом виде с импортом существующих HDL-проектов. Встроенный осциллограф может отображать данные непосредственно в процессе расчета, что позволяет уменьшить время обнаружения ошибок. Синтез устройств доступен для выпускаемых ПЛИС компаний Intel (Cyclone IV, Cyclone IV E, Cyclone V, Cyclone 10, MAX10, Arria 10 GX) и Xilinx (Spartan-7, Artix-7, Kintex-7, Virtex-7). Моделирование устройств на базе российских ПЛИС невозможно.

На всех этапах проектирования доступен экспорт проектов, после синтеза результаты работы синтезатора могут быть выгружены в форматах VQM/EDIF [19]. Просмотр, редактирование, верификация и создание производственных файлов для выпуска устройств осуществляются в системе «DeltaCAM».

Редактор системы позволяет:

импортировать/экспортировать производственные данные в форматах Gerber, Excellon, IPC-D-356A (SPICE-список) (рис. 8.7);

просматривать данные и производить расчет списка цепей по геометрии проводящего рисунка;

осуществлять анализ данных с выявлением «коротких замыканий» и «обрывов»;

сравнивать слои с заданной точностью;

измерять расстояния между объектами;

формировать программы фрезерования и сверления для станков с ЧПУ;

размещать несколько заготовок на одной панели;
проводить проверки с возможностью фильтрации проверяемых объектов по D-коду.

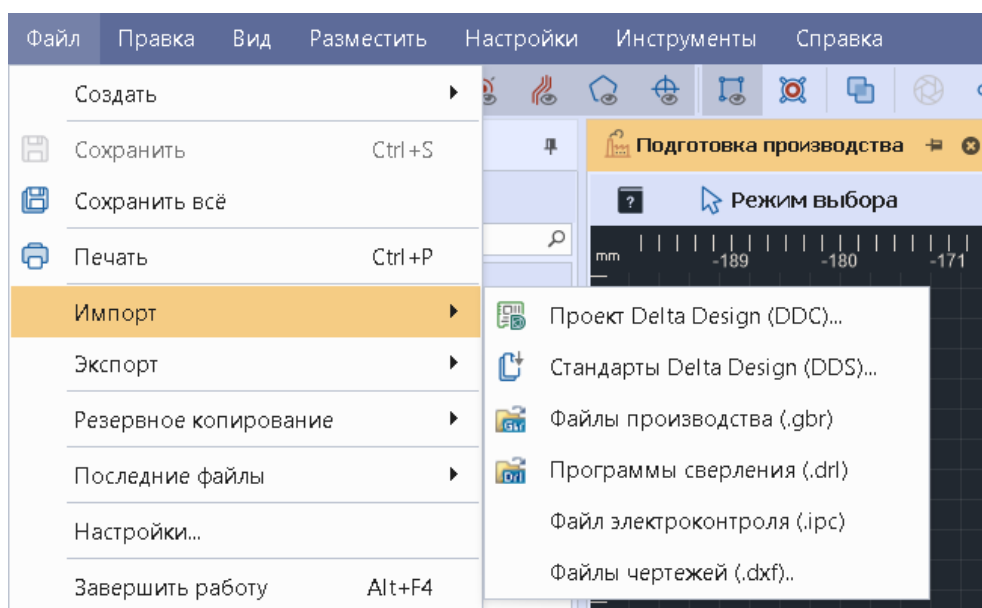


Рис. 8.7. Импорт-экспорт файлов при разработке программ

В систему «DeltaCAM» встроен модуль «Менеджер проекта» с отдельными закладками («Апертуры», «Инструменты», «Цепи»), что позволяет переходить к выбранным объектам проекта платы.

Пользователь может настраивать фильтр видимости треков, флешей, полигонов (областей металлизации) и заливки фигур. В режиме «объединения фигур» происходит геометрическое сложение фигур различной полярности. В базовом режиме пользователь может как редактировать форму фигур, так и осуществлять вырезы геометрических объектов из других.

Этап разработки устройства, на котором инженер-конструктор печатных плат передает данные своего проекта на производство, не всегда является окончательным. Возможны ситуации, когда для того, чтобы производитель запустил в производство изготовление той или иной печатной платы, необходима ее технологическая доработка. Это приводит к дополнительным итерациям по внесению и согласованию изменений. Для осуществления контроля за возможными технологическими правками удобно использовать функционал геометрического сравнения двух слоев.

Для проверки проекта платы реализован редактор правил, который совмещает в себе функционал по созданию набора проверок и по их запуску.

9. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ

Корпоративные информационные системы (КИС, ERP) служат для решения задач управления бизнес-процессами предприятия, к которым относятся:

- регистрация данных и обработка элементарных событий, сопутствующих протеканию бизнес-процессов;
- среднесрочное планирование;
- анализ и организация работ;
- выпуск и продвижение на рынок новой продукции, поиск новых рынков;
- привлечение инвестиций.

Работа системы основана на единой программно-аппаратной платформе и общей БД. Отдельные функциональные подсистемы взаимосвязаны на основе единого процесса обработки информации.

Исторически прототипом КИС были системы планирования материальных потребностей предприятий военно-промышленного комплекса (MRP – Material Requirement Planning). Основными целями MRP-систем являются:

- удовлетворение потребности в материалах, компонентах и продукции для планирования производства и доставки изделий потребителям;
- поддержка уровней запасов на определенном уровне;
- планирование производственных операций, расписаний доставки, закупочных операций.

Система MRP реализует принципы «вовремя выполнить» (Just In Time – JIT), «вовремя заказать» (Order In Time) и «вовремя произвести» (Kanban) [20]. Методология работы основана на алгоритмах оптимального управления заказами на готовую продукцию, производством и запасами сырья и материалов.

Недостатки MRP-систем:

- значительный объем вводимых данных;
- возрастание затрат на обработку заказов и транспортировку при стремлении уменьшить запасы материальных ресурсов или перейти на работу с малыми заказами с высокой частотой их выполнения;
- нечувствительность к кратковременным изменениям спроса.

Следующим шагом развития АС стала концепция MRPII, согласно которой прогнозирование, планирование и контроль производства осуществляются в течение всего жизненного цикла продукции, начиная от закупки сырья и заканчивая отгрузкой продукции потребителю [20]. Система имеет целью интеграцию основных реализуемых предприятием процессов: планирования и контроля выполнения плана, затрат,

снабжения, производства, продажи, управления запасами, загрузки основных средств и т. д. В такой системе интегрировано большое число модулей, результаты работы которых анализируются в целом. Стандарт МРРП был принят за основу при разработке ядра ERP-системы.

В основе ERP-систем лежит принцип создания единого хранилища данных, содержащего всю корпоративную бизнес-информацию: плановую и финансовую информацию, производственные данные, данные по персоналу и др. Наличие единого хранилища устраняет необходимость в передаче данных от одной системы к другой (например, от производственной системы к финансовой или кадровой), а также обеспечивает одновременную доступность информации для сотрудников предприятия, обладающих соответствующими полномочиями. Целью ERP-систем является не только улучшение управления производственной деятельностью предприятия, но и уменьшение затрат и усилий на поддержку его внутренних информационных потоков. Под ERP-системой понимается набор интегрированных приложений, позволяющих создать интегрированную информационную среду для автоматизации планирования, учета, контроля и анализа всех основных бизнес-операций предприятия [20].

Основные функции ERP-систем:

- ведение конструкторских и технологических спецификаций, которые определяют состав производимых изделий, а также материальные ресурсы и операции, необходимые для их изготовления;

- формирование планов продаж и производства;

- планирование потребностей в материалах и комплектующих, сроков и объемов поставок для выполнения плана производства продукции;

- управление запасами и закупками (ведение договоров, реализация централизованных закупок, обеспечение учета и оптимизации складских и цеховых запасов);

- планирование производственных мощностей от стратегии всего предприятия до планов использования отдельных станков и оборудования;

- оперативное управление финансами, включая составление финансового плана и осуществление контроля его исполнения, финансовый и управленческий учет;

- управление проектами, в том числе планирование этапов и ресурсов, необходимых для их реализации.

ERP-системы сфокусированы на автоматизации управленческих процессов, сопровождении бизнес-процессов и снижении операционных затрат, но не способны обеспечить всеобъемлющий, легкий и быстрый доступ к необходимой управленческой информации.

В ERP-системах реализованы [20]:

1. Планирование продаж и производства. Результатом действия блока является разработка плана производства основных видов продукции.
2. Управление спросом. Блок предназначен для прогнозирования спроса на продукцию и определения объема заказов.
3. Укрупненное планирование мощностей. Используется для конкретизации планов производства и определения степени их выполнимости.
4. План-график выпуска продукции. Определяется продукция в конечных единицах (изделиях) со сроками изготовления и количеством.
5. Планирование потребностей в материалах. Определяются виды материальных ресурсов (сборных узлов, готовых агрегатов, покупных изделий, исходного сырья, полуфабрикатов и др.) и конкретные сроки их поставки для выполнения плана.
6. Спецификация изделий. Определяет состав конечного изделия, материальные ресурсы, необходимые для его изготовления, и др. Фактически спецификация является связующим звеном между основным планом производства и планом потребностей в материалах.
7. Планирование потребностей в мощностях. На данном этапе планирования более детально, чем на предыдущих уровнях, определяются производственные мощности.
8. Маршрутизация / рабочие центры. С помощью этого блока конкретизируются как производственные мощности различного уровня, так и маршруты, в соответствии с которыми выпускаются изделия.
9. Проверка и корректировка цеховых планов по мощностям.
10. Управление закупками, запасами, продажами.
11. Управление финансами (ведение реестра, расчеты с дебиторами и кредиторами, учет основных средств, управление наличными средствами, планирование финансовой деятельности и др.).
12. Управление затратами (учет всех затрат предприятия и калькуляция себестоимости готовой продукции или услуг).
13. Управление проектами/программами.
14. Управление персоналом.

В ERP-системе обязательно наличие возможности электронного обмена данными с другими приложениями, а также моделирования ряда ситуаций, связанных в первую очередь с планированием и прогнозированием. ERP-система включает модули:

управления логистическими цепочками (Distribution Resource Planning – DRP);

усовершенствованного планирования и составления производственных графиков (Advanced Planning and Scheduling – APS);

управления взаимоотношениями с клиентами (Customer Relation Management – CRM, ранее назывался модулем автоматизации продаж – Sales Force Automation);

электронной коммерции (Electronic Commerce – EC);

управления данными об изделии (Product Data Management – PDM);

конфигурирования системы (Standalone Configuration Engine – SCE);

детализированного планирования ресурсов FRP (Finite Resource Planning).

В конце 90-х годов XX века была разработана методология планирования ресурсов предприятия, синхронизированного с запросами потребителя (Customer Synchronized Resource Planning – CSRP), которая охватывает взаимодействие предприятия с клиентами: оформление наряд-заказа, ТЗ, поддержку клиентов, планирование ресурсов в зависимости от объема и состава клиентских заказов. Если стандарты MRP/MRPII/ERP ориентированы на управление запасами и мощностями, планирование, производство и продажу продукта, то в стандарт CSRP включен жизненный цикл от проектирования изделия с учетом требований заказчика до сервисного обслуживания после продажи. Этот тип КИС стали называть ERP-системами, основа которых – управление взаимодействием компании с внешней средой.

Соединение ERP-системы с технологией обработки данных в реальном времени (OLAP), заключающееся в подготовке агрегированной информации на основе больших массивов данных, структурированных по многомерному принципу), а также с системой сбалансированных показателей и ФСА привело к появлению и развитию систем BPM (Business Performance Management). BPM-системы объединяют известные управленческие технологии и программные решения, которые прежде применялись локально и решали задачи отдельных подразделений и пользователей.

BPM-система поддерживает исполнение четырех этапов управления эффективностью бизнеса:

1. Этап разработки стратегии ориентирован на выделение целевых (ключевых) показателей эффективности – KPI (Key Performance Indicators) и планирование их количественных значений.

2. Этап тактического планирования направлен на разработку планов достижения стратегических целей (получение значений KPI). Основным инструментом оперативного планирования является бюджетирование различных аспектов деятельности предприятия.

3. Этап мониторинга и контроля исполнения бюджетных и производственных планов. Фактические значения по статьям управленческого и финансового учетов вычисляются на основе собранных

в хранилище первичных данных. Для сравнения намеченных и достигнутых показателей бюджетов и KPI используются инструменты многомерного анализа данных OLAP.

4. Этап анализа и регулирования позволяет корректировать планы в соответствии с реальными условиями работы предприятия. Для планирования изменений применяются инструменты прогнозирования и моделирования различных сценариев развития ситуации.

Выбор КИС, приобретение и внедрение требуют планирования в рамках длительного проекта с участием партнерской компании-поставщика. Намерение предприятия использовать КИС зависит от внутренней готовности персонала к реинжинирингу бизнес-процессов. ERP-системы характеризуются:

- высокой стоимостью (до нескольких миллионов долларов);
- разнообразием предлагаемых решений;
- необходимостью обучения и подготовки специалистов;
- наличием предпродажного цикла (от нескольких месяцев до нескольких лет);
- значительным временем внедрения (до нескольких лет на одной производственной площадке).

Система ERP является инструментом для повышения эффективности и качества управления предприятием, принятия решений на основе автоматизированной обработки информации. Выбор и внедрение ERP-системы должны рассматриваться руководством предприятия как стратегическая инвестиция. Перед принятием решения об использовании систем верхнего уровня автоматизации бизнес-процессов должны быть поставлены цели, заданные в SMART-системе: конкретные (Specific), измеряемые (Measurable), согласованные (Adjusted), релевантные (Relevant), реализуемые в заданные сроки (Time of Execution).

Процесс управления внедрением необходимо формализовать и представить в цифрах и диаграммах (объем сэкономленных средств, более высокая оборачиваемость товаров, сокращение времени на работу с поставщиками и клиентами и др.).

Если для внедрения ERP-системы предприятию придется потратить значительные (сопоставимые с ее стоимостью) средства на модернизацию своих сетей обработки и передачи данных, то такое применение системы верхнего уровня автоматизации может оказаться невыгодным. В общем случае внедряемая система должна соответствовать финансовому и технологическому уровням предприятия. На цикл ее работы (включая внедрение, сопровождение, развитие) придется потратить в несколько раз больше средств, чем на приобретение самого ПО (с коэффициентом 3–10) [20].

По численности работающих на предприятии выделяют большие корпорации (более 10 тыс. сотрудников), средние корпорации – от 1 000 до 10 тыс. человек, средние (от 100 до 1 000) и малые предприятия (до 100 сотрудников). Приобретение рассматриваемых систем малыми и средними предприятиями затруднено в силу того, что стоимость поставки, внедрения и сопровождения ERP-системы не может превышать стоимость активов и продукции всего предприятия.

Эффект достигается при комплексной эксплуатации ERP-системы с полным использованием функционала без постоянных доработок и изменений. На уровне ERP-системы приобретается не набор программ с документацией, а опыт компании-разработчика, несущей ответственность за качество и эффективность работы установленного и сопровождаемого ПО и технологических систем.

Рациональное применение системы затрудняется наличием в российской экономике нецелостных и нелогичных бизнес-моделей, связанных с нарушением действующего законодательства, уклонением от уплаты налогов, ведением «двойной бухгалтерии», цепочкой зачетов, предоплатой, оплатой в неденежной форме и др.

При решении задачи выбора системы необходимо построить матрицу выбора на основе экспертных оценок, позволяющую дать количественную оценку «веса» продукта для сравнения (табл. 9.1).

Таблица 9.1.

Матрица критериев выбора ERP-системы

Критерии	Критичность	По степени детализации	По сложности оценки	По важности для потенциальных пользователей	Итоговый вес
Открытость	0,8	0,1	0,2	0,8	1,9
Функциональность	0,6	0,3	0,4	1	2,3
Инструментальный набор	0,6	0,2	0,4	0,4	1,6
Документированность	0,6	0,3	0,4	1	2,3
Надежность	0,9	0,4	0,3	0,8	2,4
Простота использования	0,3	0,2	0,4	0,8	1,6
Клиентская база	0,8	0,5	0,5	0,3	2,1
Успешные внедрения	0,9	0,5	0,2	0,3	1,9
Техническая поддержка	0,7	0,3	0,3	0,9	2,1
Стоимость	0,4	0,5	0,5	0,2	1,6

ERP-система должна удовлетворять ряду требований, основными среди которых являются [20]:

1. Возможность интеграции с программными продуктами на уровне открытых кодов командной строки или поддержки стандарта OLE объектов.

2. Обеспечение безопасности с помощью различных методов контроля и разграничения доступа к информационным ресурсам. Наличие в составе ERP-системы программно-аппаратных средств защиты информации, позволяющих шифровать данные, поддерживающих электронную цифровую подпись и аутентифицирующих на ее основе пользователей. Эффективность программных средств защиты может быть также существенно повышена за счет применения аппаратных и биометрических средств (аппаратных ключей, токенов, смарт-карт, устройств распознавания отпечатков пальцев, сетчатки глаза, голоса, лица, оцифрованной подписи и др.), появившихся в последнее время на российском рынке.

3. Масштабируемость для работы с различным числом клиентских мест и возможностью развития системы.

4. Модульный принцип построения системы из независимых функциональных блоков с расширением за счет открытых стандартов (API, COM и др.).

5. Возможность миграции с платформы на платформу. Обязательно должны быть версии для ОС MS Windows, Novell NetWare и UNIX (и ее клонов).

6. Обязательное наличие в наборе СУБД, поддерживаемых ERP-системой, распространенного в России ПО (например, Oracle Database, Sybase ASE, MS SQL Server, Informix, PostgreSQL).

7. Поддержка технологий распределенной обработки информации, интернет-технологий с возможностью работы через «тонкого клиента».

8. Поддержка технологий многоуровневого электронного архивирования информации на различных носителях.

9. Наличие аналитических возможностей и встроенных инструментальных средств, позволяющих самостоятельно наращивать функциональность.

10. Эксплуатационные характеристики (легкость администрирования и обучения, эргономичность рабочих мест, русскоязычный интерфейс и пр.).

Неэффективность внедрения является основной проблемой в широком использовании систем типа ERP [20]. На многих предприятиях, потративших средства на приобретение и внедрение таких систем, их запуск привел к отрицательным результатам (по данным зарубежных аналитиков, до 40 % внедрений ERP-систем завершаются неудачно). По итогам длительного и затратного процесса руководители приходили к выводу, что практически аналогичных результатов можно было достигнуть за счет оптимизации бизнес-процессов на базе существующих аппаратно-программных средств. Это объясняется необходимостью перестройки бизнес-процессов под функциональность ERP-системы. Система становится частью технологии функционирования предприятия. Возникают сложности интеграции с ПО третьих фирм, например с приложениями электронного бизнеса (e-Business). Большое число пользователей хотят объединить внутреннюю систему (Back-Office) с внешней системой (Front-End), через которую осуществляется взаимодействие с клиентами и партнерами.

ERP-системы хорошо справляются с получением и хранением данных, но схема данных, используемых для управления ресурсами предприятия, характеризуется тем, что данные «внутри» системы остаются «скрытыми» и извлечь их для анализа сложно [20].

Огромную проблему в настоящее время составляет невозможность выгрузки и использования данных в ранее установленных приложениях фирм, объявивших о приостановлении деятельности в РФ: SAP, Oracle и др. Поэтому желательно рассмотрение отечественных систем, одной из которых является ERP-система «КОМПАС». Система разработана на языке C++ и использует разные СУБД: MSDE, MS SQL Server, Oracle, ОС Windows, на сервере можно использовать UNIX. Для пользователей ERP-системы «КОМПАС» существуют возможности выгрузки данных в Excel и DBF-форматы, подготовки документов на основе редактора Word, импорта из систем в DBF и Paradox-структуры.

Как и все интегрированные системы, ERP-система является иерархической. Классическая трехуровневая модель включает:

уровень клиента, реализующего интерфейс пользователя для работы с данными и приложениями (интерфейс представлен в виде HTML-страниц);

уровень приложений, серверы которого обрабатывают бизнес-логику приложений и обеспечивают связь между клиентом и БД (Web Server отвечает за представление данных на интерфейсе пользователя, Logic Server обрабатывает данные);

уровень БД представляет собой сервер БД для хранения информации.

В состав системы входит подсистема «Управление финансами» с модулем «Бюджетирование», позволяющим рассчитывать бюджет продаж и бюджет закупок в стоимостном и натуральном выражении, бюджет размещения и привлечения ресурсов, бюджет по бизнес-направлениям, бюджет проектов, смету капитальных вложений, план резервов, платежный календарь, финансовый план и др.

Модуль «Основные фонды» ERP-системы «КОМПАС» позволяет производить параллельный расчет налоговой и бухгалтерской амортизации. Модуль представляет собой картотеку основных фондов в иерархии по группам и местам нахождения, хранения или эксплуатации.

Модуль «Управление затратами» обеспечивает автоматическое списание общепроизводственных, общехозяйственных и косвенных затрат на шифры, договоры, заказы, темы, подразделения по заданному пользователем алгоритму. Ежемесячный автоматический расчет оборотов и сальдовых остатков предполагает, что суммы затрат по отдельным шифрам или темам накапливаются за весь срок существования проекта (до закрытия работ, оформленного соответствующим актом). Суммирование затрат производится как в целом по предприятию, так и по структурным подразделениям.

Модули подсистемы «Управление производством» («Конструкторско-технологическая подготовка производства», «Планирование», «Оперативное управление производством») соответствуют стандарту MRPII. За счет наличия визуальных «Мастеров» эти модули могут интегрироваться с САПР (CAD) и управления данными (PDM).

10. ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

Список вопросов

Вопросы к главе 1

1. Определите состав классов основных и обеспечивающих АС при управлении производством (по заданию преподавателя, например производством электроэнергии, муки, изделий приборостроения).
2. Перечислите основные функции АСУ.
3. Какие компоненты входят в состав ИСПиУ?
4. Какие виды обеспечений АСУ вам известны?
5. В чем состоит общая концепция построения ИСПиУ?
6. Какие способы формирования моделей геометрических элементов применяются в АС?
7. Представьте детализированное описание уровней АСУТП.
8. Как рассчитывается управляющее воздействие по ПИД закону?
9. Какие операции выполняются при разработке технологического маршрута в САМ-системе?
10. Перечислите основные свойства АС.

Вопросы к главе 2

1. Какие языки используются при разработке электронных документов и описаний?
2. Чем различаются модели проектирования по ГОСТ34.601 и с использованием ИСПиУ?
3. В примере определите элементы документа, принадлежащие родовому и ассоциативному уровням описания объекта проектирования.
4. Опишите структуру стандарта ISO 10303.
5. Перечислите разделы описания изделия в стандарте STEP.
6. Укажите назначение и приведите пример использования диаграмм IDEF0.
7. Укажите назначение и приведите пример использования диаграмм IDEF1.
8. Укажите назначение и приведите пример использования диаграмм IDEF5.
9. Укажите назначение и приведите пример использования диаграмм IDEF3.
10. Определите применение ориентированных графов как моделей процессов.

11. Дайте характеристики UML-диаграмм и описаний 4GL.
12. Опишите синтаксис и приведите пример применения языка EXPRESS.

Вопросы к главе 3

1. Какие изменения в алгоритм проектирования необходимо внести, если предполагается изменение части АСУ без вывода ее из эксплуатации?
2. Как осуществляется изменение режима работы регуляторов при проектировании и отладке модернизируемых частей?
3. В чем различия данных для АСУП и PDM?
4. Какие методы представления данных применяются в CASE-технологии?
5. Какие виды изделий доступны пользователям при работе с PDM-системой?
6. Представьте модель проекта в виде дерева.
7. Где находятся данные проекта при использовании PDM-системы?
8. Какой этап управления конфигурацией встроенного ПО позволяет сократить временные и финансовые затраты на проектирование?
9. Какие разделы содержит ТЗ на проектирование?
10. После какой стадии проектирования вносятся изменения в задание?
11. Перечислите стадии классического проектирования АС.
12. Какая документация выпускается на этапе технического проектирования?

Вопросы к главе 4

1. Как описывается жизненный цикл изделий в системе «ЛОЦМАН:PLM»?
2. Какие системы управления БД совместимы с системой «ЛОЦМАН:PLM»?
3. Что является цифровым прототипом изделия в системе «ЛОЦМАН:PLM»?
4. Что представляет собой иерархически связанная совокупность информационных объектов различных типов, характеризующих изделие?
5. С какими системами интегрирована система «Лоцман:PLM»?
6. Для чего предназначен модуль Web-клиент?
7. Какие документы формируются в «Компас-Электрик»?
8. Какие поля данных для документов заполняются в «Компас-Электрик»?

9. Какие проектные операции производятся при работе в «Компас-Электрик»?
10. Какие свойства имеют листы документа в «Компас-Электрик»?
11. Каким образом формируются извещения в интегрированной системе?

Вопросы к главе 5

1. Какие программные продукты разработаны ЗАО «Топ Системы»?
2. Каким образом обеспечивается интеграция этих продуктов?
3. Какое ПО обязательно установить на компьютер для работы с «Т-FLEX Электротехника»?
4. Какую документацию можно сформировать на основе схем кабельных соединений в программе «Т-FLEX Электротехника»?
5. Какие положительные черты имеет применение в проектировании продукта «Т-FLEX Печатные платы»?
6. Какие направления развития продуктов ЗАО «Топ Системы» можно предложить?
7. Как выглядит УП для станка с ЧПУ?
8. Что является основой системы «Т-FLEX DOCs»?
9. Какие задачи решает «Рабочий стол»?
10. В чем отличие технологической операции от технологического перехода?
11. Какие свойства имеет ТП?
12. Как выглядит иерархическое представление технологической операции?
13. Приведите примеры технологических операций.
14. Какие справочники содержит «Т-FLEX Технология»?
15. Представьте модель ТП в «Т-FLEX Технология».

Вопросы к главе 6

1. С какими приложениями интегрируется система «SprutCAM»?
2. Чем отличаются версии «SprutCAM»?
3. В чем заключается особенность создания траектории движения детали в системе «SprutCAM»?
4. В файлах какого формата сохранено описание конфигурации станка в «SprutCAM»?
5. Какие свойства имеет технологическая операция?
6. Что такое «постпроцессор»?
7. От каких параметров зависит доступность технологических операций?

8. Как задается тип инструмента при проектировании технологической операции?

Вопросы к главе 7

1. Перечислите базовые функции СЦК.
2. Какие параметры учитываются при выборе и оценке стоимости SCADA-системы?
3. Что такое технология COM (Component Object Model)?
4. Что представляет собой OPC-протокол и каково его назначение?
5. Что такое «клиент-серверная реализация OPC UA»?
6. В чем заключается различие пакетов данных в разных протоколах Modbus?
7. Какие функции при операциях с данными используются в протоколе Modbus?
8. Раскройте понятие «тег» и перечислите его атрибуты на примере библиотечного тега.
9. Какие библиотеки входят в состав SCADA-системы?
10. Приведите пример объектов библиотеки.
11. Как связаны теги и скрипты?
12. Как осуществляется выбор языка для написания скрипта?

Вопросы к главе 8

1. Какие стадии включает в себя процесс разработки документации на печатные платы?
2. Какие справочники используются при проектировании и изготовлении печатных плат?
3. С какой целью в состав САПР включен редактор правил?
4. С какими программируемыми логическими схемами возможна работа системы «Delta Design»?
5. В чем отличие цепи от шины при проектировании?
6. На каком языке описывается электронный компонент в «Delta Design»?
7. Какие библиотеки входят в состав «Delta Design»?
8. Как осуществляется построение перечня элементов?
9. Приведите пример из комплекта документов, разработанных с применением «Delta Design».

Вопросы к главе 9

1. В чем суть информационного сопровождения управления производством?
2. Что понимается под ERP-системой? Какие функции она выполняет?
3. Какие модули входят в состав ERP-системы?
4. Какие показатели учитываются при выборе ERP-системы?
5. Какие основные проблемы возникают при внедрении и использовании ERP-систем?
6. Представьте характеристику состояния и направления развития отечественных ERP-систем.
7. Какие типы процессов описываются в системе управления ресурсами?
8. В чем смысл кроссплатформенности АС?
9. Каким образом осуществляется интеграция разнородных систем?
10. Какие модули входят в ERP-систему «КОМПАС»?

Задание, выполняемое при промежуточной аттестации

Задания, предлагаемые на экзамене или зачете, включают вопросы для проверки уровней «знать» и «уметь».

Вопросы уровня «знать»

1. Опишите архитектуру и модульный состав ИСПиУ.
2. Назовите виды обеспечений ИСПиУ.
3. Что представляет собой декомпозиция процесса проектирования сложных технических объектов?
4. Как классифицируются ИСПиУ?
5. Опишите жизненный цикл ИСПиУ.
6. Что представляет собой протокол OPC (OLE for Process Control)?
7. Что такое технология COM (Component Object Model)?
8. Что такое технология тегов? Укажите свойства тегов.
9. Каковы требования к технической документации при использовании ИСПиУ со стороны единых систем документации (ЕСКД, ЕСПД, ЕСТД)?
10. Опишите стандарт для компьютерного представления и обмена данными о продукте STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data).

11. Опишите стандарты IDEF (Integrated DEFinition).
12. Представьте структуру электронного описания элементов ИСПиУ.
13. Перечислите виды лицензий на прикладное ПО, используемое в составе ИСПиУ.
14. Представьте описание процедуры и методов анализа элементов ИСПиУ.
15. Представьте описание процедуры и методов структурного синтеза ИСПиУ.
16. В чем заключается сущность контроля проектных решений?
17. Охарактеризуйте постановку и стадии решения задачи верификации проектного решения.
18. Можно ли считать испытания элементом жизненного цикла технических объектов?
20. Что такое дерево проекта и его детализация?

Вопросы уровня «уметь»

1. Укажите назначение и свойства систем САД. Приведите пример документации, разработанный с применением системы.
2. Укажите назначение и свойства систем САМ. Приведите пример документации, разработанный с применением системы.
3. Укажите назначение и свойства систем PDM. Приведите пример документации, разработанный с применением системы.
4. Укажите назначение и свойства систем САЕ. Приведите пример документации, разработанный с применением системы.
5. Укажите назначение и свойства систем системы настройки регуляторов. Приведите пример документации, разработанный с применением системы.
5. Укажите назначение и свойства систем системы настройки регуляторов. Приведите пример документации, разработанный с применением системы.
6. Укажите назначение и свойства систем CNC. Приведите пример документации, разработанный с применением системы.
7. Укажите назначение и свойства систем ERP. Приведите пример документации, разработанный с применением системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время отечественная промышленность практически не применяет ИСПиУ. Разработка интегрированных с точки зрения информационного и ПО систем автоматизации находится в начальной стадии и осуществляется крайне медленно. В силу ведомственной и корпоративной разобщенности промышленного сектора (за исключением ряда предприятий обрабатывающей промышленности) обмен перспективными технологиями и программно-техническими комплексами затруднен. Традиционно сложившееся разделение проектных организаций и серийных производств (в отличие от западных компаний, где объединены проектные и производственные структуры) привело к тому, что организация работ по конструкторско-технологической подготовке производства (постановке изделия на производство) осуществляется без своевременной коррекции на основе данных об изменении конъюнктуры рынка и технологического базиса.

Проектирование маршрутно-операционных ТП осуществляется вручную или с использованием отечественных САПР ТП без одновременной разработки УП. Механическая обработка деталей производится как на универсальном оборудовании, так и на оборудовании с ЧПУ. Практически не используются автоматизированные системы управления дискретными производственными процессами, в связи с чем отсутствует текущая информация о ходе производства, состоянии оборудования, инструмента, технологической оснастки, данные контроля качества продукции.

В условиях постоянного реформирования экономики нет возможности составлять средне- и долгосрочные планы выпуска продукции. Имеется ряд недостатков в системе ценообразования новой продукции, в частности, используется устаревшая нормативная база, не отражающая возросших затрат на автоматизацию и цифровизацию производства как составляющие деятельности.

Развитие и обновление составляющих интегрированной системы управления разнесено во времени. Практика хозяйствования показывает, что приходится постоянно изменять структуры данных, что приводит к нарушению целостности ИСПиУ. Развитие интегрированных систем происходит при отказе от единого банка данных производства и проектирования, а формирование баз данных и знаний осуществляется на уровнях проектирования, подготовки производства, производства, эксплуатации и др. В этой связи основу интеграции разнородных АС составляет процесс сохранения и вывода данных в файловые структуры установленного формата с последующей обработкой в системах

управления моделями данных, что должно приводить к определению структуры информационных массивов и правил связывания массивов в нормативно-справочной документации. Программные модули в ИСПиУ должны быть независимыми от данных, а информационный обмен должен осуществляться по технологии сервис-ориентированной системы.

Интегрированные системы проектирования и управления представляют собой часть «фабрик будущего», позволяющую разрабатывать и использовать документацию в электронной форме на основе цифрового представления моделей организационных, технологических, логистических и прочих процессов производства на уровне цепочек поставок (поставки => производство => дистрибуция и логистика => сбыт => послепродажное обслуживание => эксплуатация) для распределенных производственных. Развитие АС происходит столь стремительно, что любое учебное пособие по компьютерной автоматизации служит кратким историческим очерком прошлых достижений. Автор надеется, что, ознакомившись с представленным материалом, студенты сформируют целостное понимание задач проектирования и управления производством изделий разного назначения на базе моделей, методов и технологий компьютерной автоматизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бойков В.И., Болтунов Г.И., Мансурова О.К. Интегрированные системы проектирования и управления. СПб.: ИТМО, 2010. 162 с.
2. Ойхман Е.Г., Попов Э.В. Реинжиниринг бизнеса: реинжиниринг организаций и информационные технологии. М.: Финансы и статистика, 1997. 336 с.
3. ГОСТ Р 59853-2021. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 16 с.
4. ГОСТ 2.053.2013. Электронная структура изделия: Общие положения. М.: Стандартиформ, 2014. 10 с.
5. ГОСТ Р ИСО 10303-11. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Ч. 11. Методы описания: Справочное руководство по языку EXPRESS. М.: Стандартиформ, 2007. 53 с.
6. Назаров С.В. Архитектуры и проектирование программных систем. М.: ИНФРА-М, 2013. 413 с.
7. ГОСТ Р 59793-2021. Автоматизированные системы: Стадии создания. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 8 с.
8. ГОСТ 34.602-2020. Техническое задание на создание автоматизированной системы. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 12 с.
9. ГОСТ Р 59795-2021. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 32 с.
10. Федотов А.В. Интегрированные системы проектирования и управления. Омск: ОмГТУ, 2007. 71 с.
11. Долганов А.В., Минигалиев В.В., Елизаров Г.Б. Интегрированные системы проектирования и управления. Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт, 2014. 196 с.
12. Teamcenter 11. Обзор функциональных возможностей системы. М.: Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., 2015. 78 с.
13. Методика оформления технологической документации в САПР «Вертикаль» / Ю.С. Андреев и [др.]. СПб.: ИТМО, 2020. 78 с.
14. Азбука Вертикаль. Система автоматизированного проектирования технологических процессов. СПб.: ОАО «Аскон», 2013. 146 с.
15. Компас-Электрик: Руководство пользователя. СПб.: ОАО «Аскон», 2014. 463 с.
16. Петухов А.В. Системы управления проектами и документооборотом: лаб. практикум. Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2014. 100 с.
17. Петухов А.В. T-Flex Технология: руководство пользователя. Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2018. 138 с.
18. SCADA DataRate 5.2. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.scadatarate.ru/> (дата обращения: 21.12.2023)
19. САПР Delta Design [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aremex.ru/products/delta-design/#review> (дата обращения: 21.12.2023)
20. Миньков С.Л. Корпоративные информационные системы (ERP). Томск: ТУСУР, 2019. 145 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений.....	3
Введение.....	5
1. Состав интегрированной системы проектирования и управления...	7
1.1. Уровневая организация интегрированной системы проектирования и управления.....	7
1.2. Термины и определения элементов интегрированной системы проектирования и управления	20
2. Формализованное представление данных в интегрированных автоматизированных системах.....	24
2.1. Электронная структура изделия	24
2.2. Интерактивные электронные руководства	25
2.3. Стандарт обмена данными модели продукта STEP.....	27
2.4. Методы построения диаграмм IDEF.....	34
3. Процесс проектирования технических систем.....	44
3.1. Алгоритмы и стадии проектирования автоматизированных систем.....	44
3.2. Функции и задачи PDM-систем	53
4. Программные продукты ОАО «Аскон».....	62
4.1. Система «ЛОЦМАН:PLM»	62
4.2. САМ-система «ВЕРТИКАЛЬ».....	73
4.3. Система «КОМПАС-Электрик».....	81
5. Интегрированная система «Т-FLEX».....	92
5.1. Обзор программных продуктов ЗАО «Топ Системы».....	92
5.2. «Т-FLEX Электротехника».....	96
5.3. САМ-система ЗАО «Топ Системы»	99
6. Интегрированная система на основе продуктов ОАО «Спрут-технологии».....	108
6.1. Обзор программных продуктов ОАО «Спрут-технологии».....	108
6.2. Система «SprutCAM»	108
7. Технологии передачи данных в интегрированных системах.....	126
7.1. Применение модели многокомпонентных объектов при передаче данных.....	126
7.2. Интерфейсы передачи данных полевого уровня	134
7.3. Сигнализация в автоматизированных системах	139
8. Системы для разработки электронных устройств.....	143
9. Системы управления ресурсами	150
10. Вопросы и задания.....	159
Заключение.....	165
Библиографический список.....	167